dat in voorhistorische tijden ook reeds een dergelijke eerste kennis is opgetreden. Daaruit heeft zich dan in het begin der beschaving de wetenschap verder ontwikkeld, het eerst bij de volken van oudste cultuur, in het Oosten.

II. DE OOSTERSE STERREKUNDE

2. LANDBOUW EN KALENDER

Uit de veelheid van volksstammen op de trap der barbaarsheid, die de aarde bewoonden, treden tussen 4000 en 2000 v. C. in de vruchtbare riviervlakten van China, Indië, Mesopotamië, Egypte, grote staten te voorschijn met een hogere cultuur, waarvan geschreven optekeningen aan het nageslacht zijn overgeleverd. De eerst zelfstandige boerengemeenten en stadstaten, met eigen opperhoofden of districtskoningen, met eigen eredienst en locale goden, consolideerden zich daar tot samenhangende grote politieke eenheden. De buitengewone vruchtbaarheid van de alluviale slibgrond schiep daartoe de mogelijkheid, doordat zij een overschot van product leverde, waarvan een afzonderlijke klasse van heersers en leidende ambtenaren kon leven. De noodzakelijkheid werd echter primair opgelegd door de behoefte aan centrale regeling en beheersing van het water. De grote rivieren, die daar stroomden, de Hoang-ho, de Euphraat, de Nijl, vulden hun bedding met slib, zwollen in bepaalde maanden sterk aan en overstroomden de vlakten òf vernielend, òf vruchtbaar makend, of groeven zich een nieuw bed. Voortdurend moesten de bewoners door het aanleggen van dijken, het uitdiepen van beddingen, het graven van kanalen het water leiden en beteugelen. Dit kon niet aan elk district naar eigen goeddunken of belang worden overgelaten; centrale regeling over het gehele land was nodig, en alleen sterk centraal gezag kon zorgen, dat het algemeen belang niet aan plaatselijke belangen werd opgeofferd. Dan alleen was er vruchtbaarheid en welvaart. Viel echter het land uiteen in elkaar bestrijdende kleine vorstendommetjes, en werden dijken en kanalen verwaarloosd, dan verdorde de akker of werd moeras, dan bracht de karige oogst gebrek, dan rustte de toorn der goden op het land.

Een tweede noodzaak voor een sterke staatsmacht lag in de verdediging van de vruchtbare laaglanden tegen de omwonende geharde berg- of steppenvolken, die in hun eigen gebied in harde arbeid slechts een karig bestaan vonden, en er derhalve hun beroep van maakten hun welvarende buren uit te plunderen of te brandschatten. Dus was een verdeling van arbeid nodig, de vorming van een kaste van krijgslieden, die met hun aanvoerder, de vorst, tot een heersende klasse werd en het arbeidsoverschot aan zich trok. Soms ook werd het naburige volk van plunderaars tot veroveraars, die zich als militaire heersers te midden van de boeren vestigden, en nu natuurlijk tot taak kregen de bevolking tegen andere aanvallers te beschermen. Of nu de

heersers uit de eigen of uit vreemde stam komen, het resultaat, een sterke en centrale staatsmacht, is hetzelfde.

Dit is, nu en dan herhaald, de korte inhoud van de geschiedenis van al deze landen. Telkens opnieuw dringen naburige barbaren veroverend binnen, soms als een dunnere heersende bovenlaag, zoals de Mandsjoes in China, de Mongolen in Indië, de Hyksos in Egypte, soms als een geheel volk, dat het oude verdringt of er zich mee vermengt, als de Ariërs in Indië, de Semieten in Mesopotamië. Mogen ze in het begin, als plunderende veroveraars, veel cultuur verwoesten, mettertijd nemen ze de hogere beschaving van het oude volk over en geven er, doordat zij zich assimileren, een nieuwe frisse kracht aan; totdat zij na ettelijke generaties, als ze hun ruwe kracht verloren hebben, zelf het voorwerp van aanval van nieuwe indringers worden.

In zulke monarchieën is de vorst de algemene wetgever, de opperste rechter, en het hoofd van het burgerlijk bestuur. Dit bestaat uit ambtenaren, die als leiders en verzorgers van economische belangen een tweede heersende klasse naast de militaire vormen. Doorgaans waren het de priesters, die in vroeger tijd plaatselijk reeds de intellectuele leiding hadden, en die nu tot een georganiseerde hiërarchie samengevoegd worden. Deze verenigt in zich de geestelijke leiding van staat en maatschappij; zij beschikt over alle theoretische en algemene kennis, die voor de productie nodig is; dit is de bron van haar aanzien en haar maatschappelijke macht. Waar de landbouw het hoofdbedrijf is, behoort dus speciaal ook de kennis van kalender en tijden tot haar gebied. De godsdienst, in deze tijden één met maatschappij en staat, wordt ook gecentraliseerd; de locale godheden van de belangrijkste plaatsen worden samengevoegd tot een Pantheon, waar zij naast elkaar onder een oppergod staan, en de goden van de kleinere of veroverde plaatsen dalen tot een lagere rang af, of worden in de andere goden opgenomen. Zo verdwijnen in het oude Babylonië de godinnen Innina en Nisaba en Nana, die allen opgaan in de latere Ishtar; dat Borsippa tot voorstad van de groot opgroeiende hoofdstad Babylon werd, werd theologisch uitgedrukt door de stadsgod Nebo tot zoon van Marduk te maken. Terwijl de godheden van de oudste cultuurcentra Eridu, Uruk en Nippur steeds de eerwaarde hoogste goden Ea, Anu en Bel bleven, werd door de politieke hegemonie van Babylon sinds 2000 v. C. de lokale god Marduk tot opperste der goden, vaak met Bel geïdentificeerd. Toen in latere eeuwen Assyrië de opperheerschappij kreeg, nam Assur die plaats in. Met de samenvoeging van de goden tot een hiërarchie verliezen deze gaandeweg hun lokaal karakter en treedt hun verschillend karakter als personificaties van natuurkrachten meer op de voorgrond. Sin van Ur en Shamash van Sippara worden later algemeen als de maangod en de zonnegod vereerd.

Met de opkomst van een bevolkingsgroep, die als leidende en heersende klasse ontheven was van de zorg om zich door eigen harde arbeid het leven te verzekeren, groeiden nieuwe levensvoorwaarden op. De structuur van de maatschappij wordt ingewikkelder; de geestelijke leiding stelt hogere eisen. Handel en bedrijf ontwikkelden zich en brachten nieuwe geestelijke behoeften; met de grotere weelde der heersers kwam zin voor kunst en wetenschap. Zo ontstonden in deze vruchtbare riviervlakten, voor het eerst op aarde, met de hogere maatschappelijke organisatie ook hogere vormen van cultuur, ontwikkelder dan de hoogste trap der voor-historische barbaarsheid. Het tijdperk der beschaving breekt aan.

Daartoe behoort ook een eerste hogere ontwikkeling van de sterrekunde. Deze is het meest onmiddellijk voortgekomen uit de eisen van de tijdrekening, speciaal uit het vraagstuk van de aanpassing van de maanrekening aan het zonnejaar.

Een maanperiode bedraagt gemiddeld 29,53059 dagen, een zonnejaar 365,24220 dagen, dus 11 dagen meer dan 12 maanperioden, die tesamen 354,3671 dagen tellen. Telkens na drie jaren is de maankalender 33 dagen vooruit geraakt bij de zon. Wil men dus met het zonnejaar in overeenstemming blijven, dan moet telkens na 3 jaren, soms iets vaker, een extra-maand ingeschakeld worden. De kalenderkunde bestaat daarin, dat een langere periode wordt gevonden, een kalenderperiode, die een veelvoud van de maand zowel als van het jaar is, waarna dus zon en maan telkens in dezelfde betrekking tot elkaar terugkomen. Precies is natuurlijk zulk een gemeen veelvoud niet te vinden, maar alleen benaderd, in verschillende graad. Wij kunnen met onze nauwkeurige kennis van de perioden zulke benaderingen theoretisch afleiden door hun verhouding in een kettingbreuk te ontwikkelen en daarvan de opeenvolgende benaderingsbreuken neer te schrijven. [1]) Wij vinden dan, dat op weinig na 8 jaren gelijk zijn aan 99 maanden (nl. 2921,94 en 2923,53 dagen), waarbij dus in 8 jaar drie maal een dertiende maand moet worden ingeschakeld. Toch zal hierbij reeds na 24 jaar de maandatum 5 dagen achter raken bij het zonne-jaargetij. Veel nauwkeuriger (blijkens de daaropvolgende grote noemer 17) is de periode van 19 jaren gelijk aan 235 maanden (6939,60 en 6939,69 dagen), waarbij 7 keer een extra maand wordt ingeschakeld.

[1]) De kettingbreuk wordt verkregen door telkens de rest van de vorige deling op de deler te delen. Men vindt dan

$$\frac{365,24220}{29,53059} = 12 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{17 + \ldots}}}}}}$$

Door nu telkens een volgende noemer mee te nemen kan men daarvan steeds nauwkeuriger opeenvolgende benaderingsbreuken neerschrijven; men vindt dan:

$$\frac{12}{1}\ ;\ \frac{2\times 12+1}{2\times 1+0} = \frac{25}{2}\ ;\ \frac{1\times 25+12}{1\times 2+1} = \frac{37}{3}\ ;\ \frac{2\times 37+25}{2\times 3+2} = \frac{99}{8}\ ;\ \frac{1\times 99+37}{1\times 8+3} = \frac{136}{11}\ ;$$

$$\frac{1\times 136+99}{1\times 11+8} = \frac{235}{19}\ ;\ \frac{17\times 235+136}{17\times 19+11} = \frac{4131}{335}\ .$$

Wie handig in wiskunde is, zal zonder veel moeilijkheden de hier gevolgde methode van berekening der opeenvolgende benaderingsbreuken kunnen afleiden. Deze breuken zijn beurtelings te groot en te klein; die welke afbreken vlak vóór een grote noemer, zijn natuurlijk bijzonder nauwkeurig.

Voor de volken in de oudheid, die geen preciese waarden van omloopstijden kenden, was het vinden van zulk een kalenderperiode een moeilijk vraagstuk, dat slechts in een moeizaam proces van practische aanpassingen van zon- en maanrekening kon worden opgelost; maar dat dan daarbij zelf tot stuwkracht voor oplettender sterrekundig onderzoek werd.

Men mag hier de vraag stellen, waarom een zo nauwkeurige aanpassing nodig was, daar toch de eisen van het landbouwbedrijf speling toelaten, en door de wisselingen van het weer zelf niet geheel regelmatig zijn. Maar men moet daarbij in het oog houden, dat de praktijk van het bedrijf door godsdienstige feesten en ceremoniën begeleid en geleid werd. Deze landbouwfeesten droegen, als alle grote voor het maatschappelijk leven gewichtige momenten, een godsdienstig karakter; godsdienst, recht, politiek en economie vormen in deze primitieve tijden nog een ongescheiden eenheid. De goden, representanten van de beheersende natuurlijke en maatschappelijke krachten, zijn deelgenoten in het leven der mensen; wat maatschappelijk doeltreffend of noodzakelijk is, wordt een gebod der goden, in de ritus als bindend voorschrift in strikte vorm vastgelegd. Wat door de natuur aan een bepaald jaargetij wordt gebonden, b.v. een oogstfeest, wordt als religieus feest aan een vaste datum, b.v. een vast maanaspect gebonden. De dienst der goden mag niet zorgeloos geschieden; ze eist precies volgen van de ritus. De kalender is de chronologische ordening van de ritus. Door deze strengheidseis was de kalender een voorwerp van voortdurende zorg voor de daarmee belaste beambten, speciaal de priesters; maar daardoor tevens, door hun monopolie van kennis van de goede en gunstige tijden, voor hen een bron van sociaal aanzien en macht.

Voor de wijze waarop het economisch-religieuze leven tot het opkomen van een lunisolair-kalender moest leiden, zijn ons een paar treffende voorbeelden overgeleverd. Door de afstamming uit een woestijnvolk berustte de Joodse kalender op de maan; maar deze moest zich, daar in het land Kanaän landbouw het hoofdbedrijf werd, aan de zon aanpassen. In het voorjaar was het *massôth*-feest een feest van de beginnende oogst; de eerste schoven gerst werden als offer gebracht en uit het eerste graan werden ongezuurde broden gebakken en geofferd. Dit feest was samengegroeid met het nomadische *passah*-feest, waarbij in het voorjaar, bij volle maan, de eerste jonge dieren aan Jahwe geofferd werden. Dit karakter van landbouwfeest bepaalde de tijd van het jaar, terwijl de nomadische traditie, en de doelmatigheid, ze aan de volle maan bond; dus vielen ze op de volle maan van de eerste maand Nisan. Hoe daarvoor kon gezorgd worden, leest men aldus in GINZEL's grote handboek der Chronologie. „Wanneer de laatste maand ten einde liep, be„gonnen de priesters de stand van het gewas op het veld na te gaan, om te „zien of de gerst in de volgende maand rijp zou zijn. Was te voorzien, dat „dit het geval zou zijn, dan werd de Massôth-Passah op de maand vastgesteld, „die met de eerstvolgende nieuwe maan zou beginnen; was echter rijpheid „der aren niet te verwachten, dan verschoof men de feestmaand een maan„periode verder. Dit bepaalde dan ook de tijd voor de overige feesten." Hieruit blijkt op hoe natuurlijke wijze, als het ware instinctief, het inschuiven van een 13de maand, als herhaling van de 12de, zich opdrong om de feesten volgens voorschrift te kunnen vieren. Door wisselingen van de weersgesteldheid vonden deze inschakelingen natuurlijk niet volkomen regelmatig plaats.

Met deze empirische methode hebben de Israëlieten zich gedurende de gehele oudheid tevreden gesteld. Toen zij echter in de verstrooiïng kwamen en over alle landen verspreid werden, ging dit niet meer. Toen echter was de sterrekunde zover ontwikkeld, dat zij nauwkeurige perioden kende, die de Israëlieten van andere volken konden overnemen, evenals de daarop berustende methoden van schakeling. Sinds die tijd was de periode van 19 jaren, waarin 12 jaren van 12 maanden en 7 jaren van 13 maanden op vastgestelde wijze met elkaar afwisselen, de grondslag van de Joodse tijdrekening.

Een ander voorbeeld wordt gegeven door de ontwikkeling in Arabië in de tijd vóór MOHAMMED. Onder de Arabische maanden waren er enkele heilige, waarin de bloedwraak rustte en de karavanen zonder gevaar konden trekken. Dit was voor het economisch leven volstrekt noodzakelijk; zo onvermijdelijk de twisten van stam tegen stam waren, en zo noodzakelijk de bloedwraak als juridische vorm van de solidariteit der stamgenoten was, hun onbeperkte heerschappij zou het handelsverkeer ter verzorging van de markten met levensmiddelen onmogelijk hebben gemaakt. „De maand Safar heeft zijn „naam vanwege de markt in Yemen.... de Arabieren haalden daar koren, „en wie dit verzuimde, kwam van honger om" aldus MASUDI. In de heilige maand werden grote markten gehouden, waar van alle zijden dan de karavanen heentrokken; de belangrijkste marktplaats was Mekka, de stad met het onvergelijkelijk koele bronwater, waaraan het zijn belangrijkheid als centrum van handel en bedevaart heeft te danken. Want deze samenkomsten van alle stammen waren behalve markten tegelijk politieke en godsdienstige reünies, en de plaats van samenkomst werd tot heilige stad en politieke hoofdstad. Het spreekt vanzelf dat het nu van belang was, dat zulk een heilige maand met zijn grote jaarmarkt steeds in dezelfde tijd van het jaar viel, als de producten geoogst en verhandelbaar waren. Zo schrijft de latere Moslem-geleerde ALBIRUNI: „In de tijden van het heidendom gebruikten de Arabieren hun „maanden evenals de Moslemin nu, en hun pelgrimsfeest doorliep alle jaar„getijden. Dan echter wilden zij het pelgrimsfeest verleggen op de tijd, dat „hun waren, huiden, vruchten, voor de markt gereed waren en zochten het „dus onbewegelijk te maken, opdat het steeds in de overvloedigste tijd van „het jaar zou vallen. Daarom leerden zij van de Joden het stelsel van insch„keling, 200 jaren vóór de Hedsjra. En zij pasten het evenzo toe als de Joden, „doordat zij het verschil tussen hun jaar en het zonnejaar, als het tot een „volle maand was opgelopen, bij de maanden van het jaar voegden. Dan „traden aan het eind van een pelgrimsfeest de *Kalammas* (daarmee belaste „sjeichs van bepaalde stam) op, spraken het volk toe, en schakelden een „maand in, doordat zij aan de nieuwe beginnende maand de naam van de „afgelopen maand gaven. De mensen gaven door hun bijval te kennen, dat „zij het besluit der Kalammas goedkeurden. Deze manier van doen noemden „zij *Nasi*, d.w.z. verschuiving, omdat elk tweede of derde jaar het begin van „het jaar verschoven werd.... Zij konden dat beoordelen naar het opkomen „en ondergaan van de *menazil*. Zo bleef het tot de tijd, dat de profeet van „Mekka naar Medina vluchtte."

MOHAMMED heeft in het 9de jaar na de Hedsjra de verschuivingen verboden, misschien wel om de geestelijke macht van de Kalammas te breken door hun functie overbodig te maken; en ook om zich scherp van de Joden af te zonderen. Zo bestaat de Mohammedaanse kalender nu uit maanjaren

elk van 12 maanperioden, dus van 354 dagen, en doorlopen de Muselmanse maanden elke 33 jaren alle verschillende jaargetijden. Hier is dus de kalender, nu als formeel voorschrift afgesneden van de levende maatschappelijke practijk, tot een versteende godsdienstige traditie van primitief bedoeïenendom geworden.

Dit kan mede als voorbeeld dienen hoe bij verschillende volken, door hun bijzondere levensomstandigheden en politieke geschiedenis, de kalender en de kennis der sterren verschillende wegen insloegen.

3. OUD-BABYLONISCH HEMELBEDRIJF

In de oudste tijden, waarover wij gegevens hebben, was het land Sinear, de laagvlakte tussen Euphraat en Tigris, bewoond door twee verschillende volken; in het Noorden, het land Akkad, door een Semitisch ras, in het Zuiden door de Sumeriërs, een volk van geheel andere taal, uiterlijk, zeden en gewoonten. Deze laatsten waren de oorspronkelijke bewoners, terwijl de Semieten naderhand in steeds groter getal vanuit de Westelijke woestijn ingedrongen zijn. De Sumerische taal toont geen verwantschap met Semitische of Indo-europese talen, wel enigszins met Toeranisch, zodat men over het raskarakter van dit oorspronkelijkste cultuurvolk geheel in het duister tast. In de eeuwen sinds 3000 v. C. treft men in de Sumerische steden in het Zuiden (Eridu aan de zee, Ur aan de woestijnrand, Uruk, Lagash, Nippur, Larsa) de bloeiendste cultuur aan; meestal heeft een van hen de politieke hegemonie. De Semieten in de Noordelijke steden (Agade, Sippar, Borsippa, Babylon) hebben naderhand deze cultuur overgenomen en zijn, na voortgaande immigraties, steeds meer tot heersende stam geworden. Toen, nog vóór 2000 v. C. SARGON van Agade, en NARAM-SIN over geheel Mesopotamië regeerden, blijkt deze verhouding daaruit, dat het militaire element uit Semieten, het beambten- en schrijversgilde uit Sumeriërs schijnt te hebben bestaan. In de volgende eeuwen komt de hegemonie weer aan het Zuiden, waar achtereenvolgens de heersers van Lagash en die van Ur zich koningen van Sumer en Akkad betitelen. Daarna wint het Semitische element door het binnentrekken van Amoritische stammen uit het Westen voorgoed het overwicht. Dan wordt onder een dynastie, waarvan CHAMMURABI de bekendste vorst is geweest, de stad Babylon tot hoofdstad van een uitgestrekt rijk en tot een centrum van handel en cultuur.

De Sumeriërs waren de uitvinders van het spijkerschrift, waarin de verschillende uit een klinker met één of twee medeklinkers bestaande klanken door afzonderlijke tekens worden voorgesteld. Deze zijn opgebouwd uit aan de ene zijde brede, aan de andere zijde spits toelopende indrukken van een wig in weke klei; daarna wordt het kleitablet door branden gehard. Voor hun agglutinerende taal, die stammen en klanken aan elkaar plakte, was deze weergave door lettergreep-tekens zeer natuurlijk. De Semieten hebben dit schrift overgenomen voor hun taal met woordverbuiging, waarvoor het

veel minder geschikt was en vaak omslachtige weergave meebracht. Toen Babylon tot een cultuurcentrum van geheel Voor-Azië werd, is haar taal met dit spijkerschrift als internationale taal tot in Egypte en Klein-Azië doorgedrongen.

De ontcijfering van het spijkerschrift en de daarin weergegeven talen is een van de grote prestaties van de 19de eeuw geweest; daardoor werd een gehele verloren gegane geschiedenis- en cultuurperiode weer aan het licht gebracht. Wat men te voren daarover uit Griekse bronnen wist, verminkt vaak en anecdotisch, ging niet verder terug dan tot omstreeks 700 v. C. Nadat in 1846 de opgravingen van LAYARD uit de ruïnes van het oude Niniveh grote kunstwerken, reliefs met gevleugelde stieren en draken aan het licht hadden gebracht, viel de aandacht op de overvloed daarnaast van met spijkertekens beschreven scherven. Door latere expedities voor de Europese musea verzameld, bleken zij afkomstig te zijn uit de „bibliotheek" van koning ASSURBANIPAL: nieuwe inscripties met daarnaast talloze copieën van oude teksten uit vroegere eeuwen, aangevuld met woordenboeken en lexicografische hulpmiddelen. Zij gaven een sterke impuls aan de studie — die daarvan nog steeds Assyriologie heet — van de oude Mesopotamische cultuur. Deze studie van taal en teksten werd eerst nog door het door elkaar voorkomen van de twee geheel verschillende talen bemoeilijkt; doorgaans werd elk teken naar zijn (Sumerische) klankwaarde als lettergreep in het Semitisch gebruikt, maar daartussen ook vaak naar de betekenis (als z.g. ideogram) overgenomen, als een bij een bepaald ding of begrip behorend teken. Zo werden gaandeweg twee talen tegelijk ontraadseld; en uit deze bibliotheekscherven, aangevuld met teksten uit opgravingen van tal van ruïnes van oude steden, konden geschiedenis en cultuur van af de oudste tijden tot steeds grotere klaarheid worden gebracht.

Daarbij kwam ook een te voren onbekende oudheid der sterrekunde aan het licht. Een geheel nieuwe wereld, waarin de sterren een grotere plaats innamen dan ergens naderhand, ging hier open. Wel moest de kennis van deze wetenschap uit kleine en schaarse fragmenten opgebouwd worden, waarbij slechts over onzekere vermoedens en gewaagde conjecturen, verkeerde interpretaties en onhoudbare theorieën heen, geleidelijk de waarheid kon worden gevonden. Een tijd lang stond het z.g. Panbabylonisme, de leer van HUGO WINCKLER in groot aanzien, volgens welke reeds in de oudste oudheid, tussen 3000 en 2000 v. C. in Babylon een hoog ontwikkelde sterrekundige wetenschap bestond, gebaseerd op grondige kennis van de perioden der hemellichten en van de verschuiving van het hemelbeeld door de praecessie. Zij had de vorm van een astraal-mythologie, een nauwe correlatie van aardse en hemelse verschijnselen, die niet slechts de oorsprong van alle latere Oosterse en Griekse wereldbeschouwing en wetenschap is geweest, maar ook tot in de verste uithoeken van Europa en tot in moderne tijden legenden, gebruiken en opvattingen heeft bepaald. Deze meeslepende maar grotendeels fantastische leer werd bij latere zorgvuldige studie der teksten en preciese narekening van hun gegevens onhoudbaar bevonden. Het waren voornamelijk drie paters Jezuïeten, de Assyrioloog J. N. STRASSMAIER, en de sterrekundigen J. EPPING en F. X. KUGLER, op wier werk onze tegenwoordige kennis van de sterrekundige wetenschap in Babylon berust.

De tijd van het eerste Babylonische rijk was een hoogtepunt van econo-

mische en politieke macht alsook van culturele ontwikkeling. Handel en handwerk stonden op hoge trap; als belangrijke handelsstad was Babylon niet slechts metropole van een zich over geheel Mesopotamië uitstrekkend rijk, maar ook een centrum, waarvan de culturele invloeden over geheel Voor-Azië uitstraalden. Wat de Sumerische cultuur in vorige eeuwen had voortgebracht, werd hier samengevat; het theologisch systeem krijgt de vorm, die men uit latere tijden kent; kunsten en wetenschap bloeiden. De structuur van het burgerlijk leven kent men nauwkeurig door de befaamde wetboeken van CHAMMURABI, ingegrift in een zuil van natuursteen, die, in een latere tijd van verval door Oostelijke veroveraars weggesleept, in de 19de eeuw in Susa werd opgegraven. Onder de vele opgegraven kleitafeltjes, die na ontcijfering een beeld geven van toestanden, instellingen en gebruiken, bevinden zich een groot aantal met contracten over koop en verkoop van land en waren, over huur en dienstovereenkomst, die in de tempels als een soort notariskantoren gedeponeerd en bewaard werden. Deze hebben ons in staat gesteld om als geraamte der geschiedenis de tijdrekening, de namen en de volgorde der maanden zowel als de regeringsjaren der opeenvolgende vorsten vast te stellen.

Onder de Sumerische 12 namen der maanden, in gebruik onder koning DUNGI van Ur, — ze waren van plaats tot plaats verschillend, — is die van de 4de maand samengesteld uit de tekens zaad en hand, die van de 11de maand uit koren en afsnijden, van de 12de uit koren en huis; dus het jaargetijde blijkt onmiskenbaar. Dat het bij inschakeling van een extra maand juist de 11de maand is die verdubbeld wordt, is uit dit karakter van oogstmaand begrijpelijk. Met de heerschappij van Babylon komen de Semitische namen in gebruik: Nisannu, Airu, Simannu, Duzu, Abu, Ululu, Tishritu, Arachsamma, Kislimu, Tebitu, Sabatu, Adaru [1]). Zij worden echter steeds, in elk geval in sterrekundige teksten, door hun tekens aangeduid, die niet anders zijn dan de eerste lettergrepen der Sumerische namen.

In het Oud-Babylonische rijk werd als extra-maand een 2de Adaru aan het eind van het jaar ingeschakeld. Dat deze inschakeling empirisch, naar de stand van het gewas of naar gebleken behoefte plaats vond, wordt door de onregelmatigheid bewezen; soms zijn zelfs twee opeenvolgende schrikkeljaren voorgekomen, als de kalender ál te veel bij het seizoen was achtergeraakt. Ook treedt een enkele maal, als er blijkbaar haast is om de fout snel te herstellen, verdubbeling van de 6de maand op; er bestaat daarover een document, dat aldus luidt „Aldus zegt CHAMMURABI: daar het jaar niet goed „is, laat de volgende maand als 2de Ululu noteren. Inplaats van dat de tien„den op de 25ste van Tishritu naar Babylon gebracht worden, laat ze op de 25ste van Ululu II brengen." De voedselvoorziening van het hof mocht natuurlijk niet een maand verlaat worden.

De kalender maakte het waarnemen van enkele hemelverschijnselen nodig. Om elke nieuwe maand met de juiste dag te laten beginnen moest telkens op de nieuw verschijnende maansikkel gelet worden. Dat was hier niet moeilijk; in dit wonderbaarlijk heldere klimaat met zijn altijd stralende hemel — enkele wintermaanden uitgezonderd —, waar boven de eindeloze vlakte het hemelgewelf in zijn volle uitgebreidheid was te overzien, konden de priesters op hun boven de steden uitstekende trappentempels (Ekurru, huis des hemels, heette de tempel van Bel in Nippur) zonder moeite aan de avondhemel het eerste verschijnen van de fijne lichtboog van de maan waarnemen. Daarbij voegde zich dan de waarneming van de volle maan voor de feesten, en, ter voorbereiding, van de laatste morgensikkel aan het einde van de maand. Is het denkbaar, dat zij geen acht geslagen hebben op de sterren, die daar aan de hemel straalden en statig voorttrokken, elke volgende maand verder gevorderd? Of dat hun aandacht niet gevallen is op de schitterende planeten, nu en dan daartussen, en vooral op de onvergelijkelijke avondster? Er zijn weinig teksten, die daarover spreken; de gedachten der Babyloniërs waren, ondanks het gunstige klimaat, niet zo volledig door de sterrenwereld beheerst, als later wel eens is gemeend. Maar geleidelijk heeft zich daar toch, voortgekomen uit de noodzaak van de waarneming van de maan, ondersteund door het schitterende klimaat, een verdere sterrekundige practijk ontwikkeld, zoals die uit enkele teksten blijkt.

[1]) In de weergave van de Babylonische namen wordt hier de oe-klank door u, de medeklinker š (klinkend als sj), door sh weergegeven.

Het eerste wat bij dit regelmatige waarnemen van de jonge maansikkel moest opvallen, was het regelmatige voortschuiven en wisselen van de sterrebeelden in de loop van het jaar. De sterren aan de Westelijke avondhemel zijn een aanwijzing van het jaargetijde, en kunnen dus de kalender-schakeling controleren; hetzelfde geldt voor de 's morgens in het Oosten voor het eerst verschijnende sterren. Langzamerhand zal dus een schakeling naar de heliakische opkomst en ondergang der sterren, als een meer regelmatige fundamentele ondergrond, de empirisch-onregelmatige naar de stand van het gewas verdrongen hebben. Een positieve aanwijzing daarvan vindt men in een lijst — een Assyrische copie van een oudere tekst uit onbekende tijd — van 36 namen van sterren of sterrebeelden, drie toegevoegd aan elke maand, waarvan de eerste blijkbaar met heliakische opkomst in die maand te maken heeft: bij Nisannu staat als eerste Dilgan (d.i. de Ram en de Walvis), bij Airu staat als eerste Mulmul (d.i. de Plejaden; mul betekent ster), bij Simannu staat Sibziannu (d.i. Orion), enz. Dan is er nog een andere zeer geschonden tekst: „Ster Dilgan verschijnt in de maand Nisannu; als deze ster uitblijft moet de maand .....; ster Mulmul verschijnt in de maand Airu...." Het verschijnen of niet verschijnen dezer sterren geeft dus directieven voor het handelen.

In een groot dichtwerk, een scheppings-epos uit de tijd van het eerste Babylonische rijk, wordt verhaald hoe Marduk, de stadsgod van Babylon, de heerschappij over de goden wint door het monster Tiamat (de chaos) te verslaan, en dan uit haar lichaam hemel en aarde ordelijk opbouwt.

„Hij stelde het jaar vast en bepaalde de verdelingen
„Voor de 12 maanden bestemde hij drie sterren
„Overeenkomstig de tijden van het jaar vormde hij de beelden
„De maan liet hij opglanzen om de nacht te verlichten
„Hij bestemde hem als licht van de nacht, om de dagen te bepalen"

Tal van sterren en sterrebeelden zijn dus reeds bekend en door namen onderscheiden. Er blijkt nergens, dat de twaalf sterrebeelden van de dierenriem de oudst bekende zouden zijn of een bijzondere plaats innemen. Een enkele aanwijzing daarvoor zou men kunnen vinden in het feit, dat het Gilgamesh-epos, met vele karaktertrekken van een zonnemythe, in twaalf zangen is verdeeld, die de twaalf dierenriemsbeelden karakteriseren. Maar

dit kan ook een latere redactie zijn. De planeten spelen in deze door de kalender bepaalde ontwikkeling nog geen rol.

Deze kennis van de sterren is blijven bestaan in de volgende eeuwen, toen Babylon politiek in verval was en door uit de Oostelijke bergen gekomen veroveraars, de Kassiten, beheerst werd; Voor-Azië was toen een strijdtoneel van Egyptische expansie en de Klein-Aziatische Chetiten. Uit die tijd vindt men gegevens in de *Kudurru's*, grensstenen der landerijen, die, om ze tegen willekeurige verplaatsing te behoeden, onder bescherming van de goden werden gesteld door deze daarop af te beelden. Men vindt daarop behalve figuren die de zon, de maan, en waarschijnlijk Venus moeten voorstellen, nog andere die voor sterrebeelden gehouden worden: een stier, een korenaar, een hond, een slang, een schorpioen en een geit met een vissestaart, zoals in latere tijden ons sterrebeeld de Steenbok werd afgebeeld. Bij opgravingen in Boghazkoi in Klein-Azië, waar eenmaal de hoofdstad van het Chetitische rijk lag, zijn baksteentafeltjes gevonden met inscripties, waarin Babylonische goden worden aangeroepen; en in deze opsomming komen een groot aantal namen voor van sterren en sterrebeelden: die van de Plejaden, Aldebaran, Orion, Sirius, Fomalhaut, de Arend, de Vissen, de Schorpioen, e.a. Het teken voor wat wij de Schorpioen noemen: *gir-tab*, bestaat uit de tekens angelschaar; dat dit beeld evenzo getekend werd als later bij de Grieken — dus dat deze het uit Babylon hebben overgenomen — met de angel voorgesteld door het heldere sterrenpaar λ en υ Scorpii, zou o.a. kunnen blijken uit een tablet uit Nippur met enige getallen, die aldus gelezen worden, dat de afstand van de angel en van de kop tot de ster Arkturus juist 9 maal en 7 maal eenzelfde in maatgetallen gegeven bedrag uitmaken. Dit zou inhouden, dat toen reeds een of ander soort metingen plaats vond; maar de interpretatie staat niet vast, en het tijdstip van dat „toen" kan ook later zijn geweest.

Er bestaat echter een ander sterrekundig document, waarvan men wel met zekerheid kan zeggen dat het betrekking heeft op de tijd van de eerste Babylonische dynastie. Het is een tekst met opgaven over de planeet Venus, die als copie in de bibliotheek van ASSURBANIPAL bewaard was, en waarvan de fragmenten naar het British Museum zijn overgebracht. In 1911 gelukte het voor het eerst aan KUGLER haar betekenis te ontraadselen. Het ene deel omvat een aantal groepen van regels, waarin verschijnselen van de planeet Venus — hier *Nin-dar-anna*, heerseres des hemels, genoemd — als astrologische voortekenen gevolgd worden door daarbij behorende voorspellingen. Dat het geen waarnemingen of astronomische vooruitberekeningen zijn, blijkt uit de steeds identieke tussentijden en de regelmatige gefingeerde begindatums, die voor elke volgende groep beurtelings Oost en West, met 1 maand en 1 dag opschuiven. Zo b.v. de 5de groep:

„In de maand Abu op de 6de dag verschijnt Nindaranna in het Oosten; regenbuien „zullen in de hemel zijn, verwoesting zal zijn. Tot de 10de dag van de maand Nisannu „staat zij in het Oosten; op de 11de dag verdwijnt zij. Drie maanden blijft zij weg van „de hemel; op de 11de dag van de maand Duzu vlamt Nindaranna in het Westen „weer op. Vijandschap zal in het land zijn; de veldvruchten zullen gedijen.

„In de maand Ululu op de 7de dag verschijnt Nindaranna in het Westen.... enz."

De tussentijden zijn steeds: 8 maanden en 5 dagen tussen het Oostelijk verschijnen en verdwijnen, dan tot het Westelijk verschijnen 3 maanden, van

daar tot het verdwijnen weer 8 maanden 5 dagen, en dan tot het Oostelijk verschijnen 7 dagen, totaal dus 19 maanden 17 dagen, of 587 dagen. Zij blijken te zijn afgeleid uit de waarnemingsgegevens, die het overige gedeelte van de tekst vormen, ook alles datums van verschijnen en verdwijnen. Daaronder zijn echter een groot aantal vaak sterk foutieve, dus verkeerd gecopieerde getallen, die soms bij verkeerde verschijnselen zijn terecht gekomen. Het merkwaardige is, dat de uit onjuist gecopieerde waarden afgeleide intervallen dienst gedaan hebben om door middeling de in de voorspellingen gebruikte waarden af te leiden; doordat voor de langere tijd van onzichtbaarheid, die doorgaans ruim 2 maanden is, één keer door zulk een verschrijving, 5 maanden 16 dagen voorkomt, is er als gemiddelde 3 maanden uitgekomen. Het blijkt dus, dat hier een latere bewerker optrad, wie het om de omens te doen was, en die zo weinig sterrekundig inzicht of oplettendheid had, dat hij zulke grove vergissingen in de gebruikte copie gewoon als echt opnam. Doordat een deel van de fouten en vergissingen in deze waarnemingsgegevens, die tesamen over 21 jaar lopen, te herstellen is, zijn ze voor verder onderzoek bruikbaar.

Tussen de op verkeerde plaatsen geraakte verschijnselen van Venus staat ook ergens, in het achtste jaar van begin af geteld, in plaats van een Venusopgave een karakteristiek van het jaar: „het jaar van de gouden troon". Nu komt in de teksten van burgerlijke contracten dezelfde betiteling voor bij het 8ste jaar van koning AMMI-ZADUGA, de op een na laatste van de dynastie; en de regeringstijd van deze vorst was ook juist 21 jaar. Dus lag de gevolgtrekking voor de hand, dat de 21 jaren van de Venus-tekst juist de 21 regeringsjaren van deze koning omvatten. Dit werd bevestigd, doordat in de tekst dezelfde schrikkeljaren van 13 maanden optraden als in de burgerlijke teksten uit deze regering. Daar uit onze moderne gegevens de verschijnselen van Venus voor die oude tijden precies kunnen worden berekend, deed dit een middel aan de hand om de jaren van deze koning, dus van de gehele dynastie vast te leggen, en daarmee aan de gehele chronologie van omstreeks 2000 v. C. een vaste basis te geven. Het eenvoudigst ging dit door gebruik te maken van de opgave, dat in het 6de jaar op de 26ste dag van de 8ste maand Arachsamma Venus in het Westen verdween en op de 3de dag van de volgende maand Kislimu in het Oosten verscheen; dus dat, in een tijd omstreeks December of Januari, haar conjunctie met de zon zo goed als samenviel met die van de maan met de zon. KUGLER vond, dat hieraan het best voldaan werd door 23 Januari van het jaar 1971 v. C. Daaruit volgde dan, dat de eerste Babylonische dynastie van 2225 tot 1926 v. C. heerste, en CHAMMURABI regeerde van 2123—2081 v. C. Tevens kon dan voor die tijden de gemiddelde begindatum van het jaar (dus 1 Nisannu) op 26 April vastgesteld worden.

Deze nauwkeurige vastlegging was ongetwijfeld een bewonderenswaardig staaltje van scherpzinnig chronologisch-astronomisch onderzoek. Het merkwaardige is echter, dat de eerste uitkomst waartoe het leidde, geheel foutief was. Er zijn meerdere jaartallen, die aan de voorwaarden voldoen. De samenstanden van Venus en de zon vinden telkens na 8 jaren op nagenoeg dezelfde datum plaats, slechts 2,4 dag terug verschoven, en die van de maan en de zon eveneens na acht jaren, telkens 1,6 dag later. Dus twee 8 jaar op elkaar volgende jaartallen zullen doorgaans beide in voldoende mate aan de eis voldoen.

Daarna lopen ze steeds verder uit elkaar, de Venus-conjuncties komen op een steeds vroeger, de maanconjuncties op een later datum. Na 7 keer 8 jaren zijn de eersten 17 dagen vroeger gekomen, de laatsten 11 dagen later, dus valt dan de 29½ dag voorafgaande nieuwe maan weer bijna met een Venus-conjunctie samen. Er is derhalve een reeks van 56 of 64 jaren op elkaar volgende jaartallen of jaartalparen, die aan de door de oude Babylonische waarneming gestelde eis min of meer voldoen. Andere onderzoekers hebben dan ook op verschillende gronden aan afwijkende, b.v. 120 jaar later vallende jaartallen de voorkeur gegeven. Men is hier geheel afhankelijk van de verdere historische gegevens, die ongeveer de eeuw moeten kunnen aangeven. Toen KUGLER zijn onderzoek deed, stelden de geschiedkenners algemeen de tijd van deze dynastie op ongeveer 2000 v. C. In de laatste jaren echter won op grond van nieuw ontdekte teksten de overtuiging veld, dat de eerst verworpen kronieken van de in Griekenland opgetreden Babylonische priester BEROSSOS betrouwbaar zijn geweest, waarnaar dit alles vier eeuwen later zou moeten gesteld worden. Dus wordt het nu voor het meest waarschijnlijk gehouden, dat de datum van de samenvallende conjuncties 25 Dec. van 1641 v. C. is geweest, en dat CHAMMURABI 1782—1750 v. C. en de gehele dynastie 1894—1595 v. C. heerste. Of alles nog 64 jaar later; want er schuilen nog allerlei onzekerheden in.

Hoe dit ook zij, het blijkt in elk geval, dat tijdens de eerste opkomst en bloei van Babylon — misschien ook al vroeger — de planeet Venus met regelmatige zorg is waargenomen. Waarschijnlijk zij alleen onder de planeten; waren de anderen evenzo opgemerkt, dan waren er allicht latere Assyrische copieën van bewaard. Het is ook volkomen begrijpelijk, dat deze schitterendste van alle sterren, beurtelings als avondster en als morgenster boven alle sterren uitstralend, aan de priesters die naar de maansikkels spiedden, het eerst als een bijzonder hemellichaam moest opvallen, geheel anders dan de overige stoet van sterren en planeten. Nog lang daarna vormen zon, maan en Venus een trits van steeds tezamen genoemde en bijeenbehorende godheden, onderscheiden van de vier andere planeten. Kan het zijn, dat de Babyloniërs wellicht iets van de sikkelvorm van Venus — in de tijd van haar grootste glans, voor en na onderste conjunctie — geweten hebben? Er is een tekst, waarbij over de uitleg nog gestreden wordt, en die door sommigen aldus gelezen wordt: „Als Ishtar aan de hoorn rechts een ster nadert, zal „overvloed in het land zijn. Als Ishtar aan de hoorn links een ster nadert, „zal kwaad in het land zijn." Het lijkt niet onmogelijk, dat door de buitengewoon zuivere en rustige lucht van deze streken de horens van de Venussikkel zijn opgemerkt. Want ook moderne waarnemers hebben daarvan melding gemaakt; zo vermeldt een Amerikaanse zendeling, D. T. STODDAERT, vanuit Oermia in Perzië in 1852, dat de manen van Jupiter en de langwerpigheid van Saturnus in de schemering met het blote oog te zien waren, en dat door een donker glas de halve-maan-vorm van Venus onmiddellijk in het oog viel. Dan wordt het nog veel meer begrijpelijk, dat de Babyloniërs aan de ster van Ishtar als zustergesternte van de maan bijzondere aandacht hebben gewijd.

En de priester-astronomen hebben niet enkel met religieuze verering het verschijnen en verdwijnen van de goddelijke ster bespied en opgetekend; de regelmaat heeft hun geest getroffen, en zij hebben, zij het ook ruw, perioden

berekend en in een schema vastgelegd: een eerste stap op de weg van wetenschap. Hiervan weet men echter niet in welke tijd het geschiedde; het kan in alle latere eeuwen van politiek verval, tussen 1600 v. C. en 800 v. C. plaats gevonden hebben.

4. ASSYRIË EN DE ASTROLOGIE

In de tweede helft van het tweede duizendtal jaren v. C. komt in het Noorden, aan de bovenloop van de Tigris, een nieuwe Semitische staat op, waarvan de hoofdstad en de hoofdgod beide Assur heten. In voortdurende strijd met omliggende staten, ook met Babylon, breidde hij zich uit en werd tot dominerende macht in de Mesopotamische vlakte. Omstreeks 800 v. C. begint Assyrië tot de machtigste staat van Voor-Azië omhoog te groeien. Onder de koningen TIGLAT-PIL-ESAR (745—727), SALMANESAR (726—722), SARGON (722—705), SENNACHERIB (705—682) ASARHEDDON (682—668) en ASSURBANIPAL (668—626 v. C.) worden in een reeks van geweldige, vaak met woeste wreedheid gevoerde oorlogen Syrië, Palestina en Phenicië, en tijdelijk zelfs Egypte veroverd, en de grenzen naar Klein-Azië, Armenië en Medië uitgezet. Volgens de Amerikaanse Assyrioloog OLMSTEAD heeft meer dan enige andere stoffelijke factor het gebruik van ijzer door de Assyriërs tot hun verovering van de wereld bijgedragen. Naast de nieuwe hoofdstad Niniveh, als politiek centrum van het militaire wereldrijk met grootse bouwwerken versierd, blijft het oude Babylon als de grote en rijke handelsstad, met haar onder vorstenmacht toch werkdadig zelfbestuur van een patricische burgerij, de rang innemen van een eerwaardige zetel van oude cultuur. De Assyrische vorsten erkennen dit door zelf in Babylon „de handen van Marduk te grijpen," d.w.z. plechtig het koningschap te aanvaarden, als zij er niet de voorkeur aan geven daar verwanten als afzonderlijke afhankelijke vorsten aan te stellen.

Zoals doorgaans bij ruwe krijgshaftige veroveraars nemen ook deze de cultuur van de overwonnenen over, en zetten daarvan de vormen en tradities voort. Het Assyrische pantheon is dat van Babylon, waarbij alleen Assur nu als nieuwe oppergod optreedt. Dezelfde priesterschap stelt zich in dienst van de nieuwe heersers, vervult dezelfde maatschappelijke functie als vroeger, en denkt, werkt en schrijft in de van ouds geheiligde vormen. De beeldende kunst beleeft een nieuw tijdperk van bloei; niet enkel, doordat een nieuw volk met zijn nog frisse energie en nieuwe heersers, rijk door verovering en plundering, er de dragers van zijn, maar ook doordat in plaats van de baksteenarchitectuur van het kleiland Babylon nu de natuursteen uit het bergland om Niniveh komt, die een voortreffelijk materiaal bood voor de prachtige reliëf-plastieken, welke nu in de Westerse musea staan. Dit alles bereikte zijn hoogtepunt, toen de eerste energieke veroveraars, bij steeds toenemende rijkdom en cultuurbehoeften, opgevolgd waren door vorsten, die als beschermers van kunst en wetenschap optraden. Toen was het dat ASSURBANIPAL

in zijn paleis een uitgebreide bibliotheek liet aanleggen; in alle oude steden en tempels van Babylonië liet hij de oude teksten opsporen, verzamelen en kopiëren. Ordelijk gerangschikt, met titels aan de randen voorzien, toegelicht door catalogi, woordenlijsten, lexica, en commentaren, lagen daar de vele duizenden kleitafeltjes, voortdurend vermeerderd door nieuwe archiefstukken, de aan de koning gerichte rapporten en zijn correspondentie met de ambtenaren. De 13000 fragmenten, die alleen al uit deze ruïnes opgegraven zijn en in het British Museum bewaard worden, met de vele duizenden van andere herkomst, stellen ons in staat ons een goed beeld van zeden en inzichten, godsdienst en geestesleven, cultuur en bedrijf in de toenmalige maatschappij te vormen. Dit geldt ook voor de sterrekunde van die tijd.

In de talrijke teksten treedt dezelfde kalenderregeling op als in de voorafgaande tijden: de maanmaand die begint met de avond waarop de eerste sikkel verschijnt; de 12 maanden, waar telkens een 13de bij ingeschakeld wordt. Al wordt het niet uitdrukkelijk vermeld, toch is het welhaast zeker, dat deze inschakeling naar de morgenopkomst en de avondondergang der sterren geregeld werd. Dit blijkt o.a. uit de reeds vermelde lijst van 3 × 12 maandsterren, die als copie uit de bibliotheek van ASSURBANIPAL afkomstig is. De meeste sterrebeelden van latere tijd komen reeds in teksten van deze tijd voor; ook treedt een groepering op van sterren van En-lil (de oude naam voor Bel), van Anu, en van Ea, de Noordelijke, de middelste en de Zuidelijke beelden. Dit geschiedt meest in verband met voorspellingen; vooral de beelden van de dierenriem, met de daarin zich bevindende planeten, komen herhaaldelijk voor.

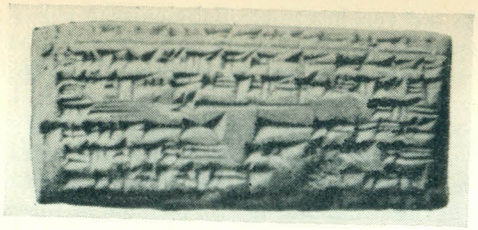
Want nu is niet meer, als in vroeger eeuwen, de kalenderregeling het hoofddoel van de waarneming der sterren. Nu treedt als de gedachtenwereld, die alle practijk beheerst, de astrologie op, de leer van de betekenis van de loop der sterren voor het gebeuren op aarde. Nu worden met veel diepere belangstelling alle verschijnselen aan het hemelgewelf gevolgd, als voortekenen van het lot, dat de mensen, speciaal de vorsten en staten beschoren is.

Geloof in voortekens is bij de oorspronkelijke mens zo oud als alle geloof in onzichtbare geestelijke machten, die hem omringen en zijn werk beïnvloeden. Hun gunst en hulp winnen, hun vijandschap stillen of afweren, hun bedoelingen leren kennen, dat wordt voor hem een levenskwestie. Bezweringen, offers, voortekens, toverformulieren zijn met zijn dagelijks bedrijf en leven ten nauwste verbonden. Vooral boven, in het luchtruim, waarheen de offerrook opstijgt, in de hemel wonen deze geesten en goden; en nergens drong zich de sterrenhemel met zo stralende kracht aan de mensen op als in het Tweestromenland. Zo groeide reeds in de voorbabylonische tijden in de geest van de priesters de voorstelling op, dat tussen de loop der sterren en de gebeurtenissen op aarde een nauw verband bestond. De hemel was niet zo ver weg, en de aardse heersers met hun volk stonden dichtbij de goden, die daarboven regeerden. In een inscriptie van koning GUDEA van Lagash (2500 v. C.), op een steencylinder waarop hij de stichting van een tempel beschrijft, vermeldt hij hoe in een droomgezicht de godin Nisaba, de dochter van Ea, hem verschijnt: „de zuivere schrijfstift had zij in de hand, een tafel „met gunstige hemeltekens droeg zij, en dacht na." En even verder: „de gun„stige ster voor het bouwen van de tempel verkondigde zij." En in de reeds

vermelde Venus-tekst uit de tijd van het eerste Babylonische rijk vindt men eveneens bij elk der planetenverschijnselen een omen vermeld; wij behoeven er niet aan te twijfelen, dat deze voorspellingen zin en doel van de astronomische gegevens waren.

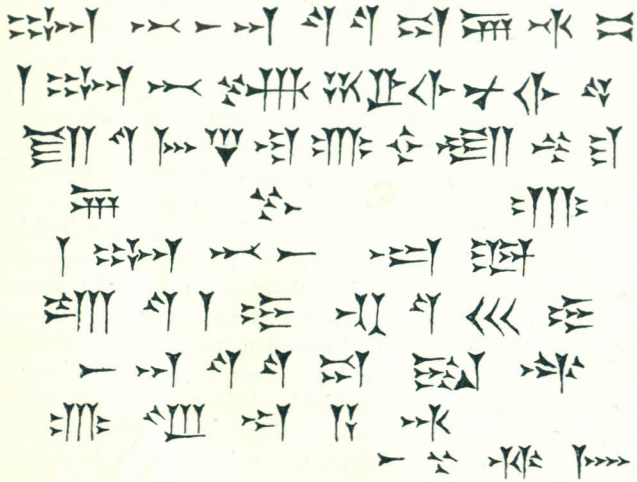
Dit geloof was in Babylon en in de andere steden, waar zich tempels met priestercolleges bevonden, steeds levendig gebleven en heeft zich vandaar overal heen verbreid, waar Babylonische cultuurinvloed zich deed gelden, ook naar Assyrië. Hier, aan het hof van machtige vorsten, die in wisselend oorlogsgeluk de bekende wereld steeds verder trachtten te veroveren, vond de astrologie een gunstig en lonend afzetgebied. Niet enkel moesten de hof-astrologen voor elke grote onderneming hun omina geven; maar ook werden uit de voornaamste steden regelmatig rapporten aan de koning gezonden over de stand der sterren en wat dat betekende. De bibliotheek van ASSURBANIPAL was het archief waarin de talloze rapporten van deze aard verzameld werden; en het was voor dit practische doel van dienst te doen bij hun interpretatie, dat alle oude gegevens hier bijeengebracht en gecopieerd werden. Natuurlijk had niet alles betrekking op de sterren. Voortekens wist men overal uit te halen: uit de levers van de offerdieren, een veranderlijk en dus dankbaar orgaan, uit het vliegen der vogels, uit misgeboorten, aardbevingen, wolken en onweer, kleur van de hemel, halo's en regenbogen. En daarbij bestonden handboeken, die voor elk verschijnsel aangaven, wat de legendarische koning SARGON van Agade daarbij gedaan of ondervonden had. De sterrekundige verschijnselen nemen daarin natuurlijk wel een zeer belangrijke plaats in.

Voor het waarzeggen zijn vooral die hemellichten belangrijk, die de grootste verscheidenheid en de minst regelmatige afwisseling tonen. Dus niet de zon en de vaste sterren nemen de eerste plaats in, maar de maan en de planeten. De vaste sterren vormen de blijvende achtergrond. De zonnegod Shamash, de alziende waker over het recht, loopt standvastig dag aan dag zijn baan langs de hemel, zonder afwijking; hij kan hoogstens doffer zijn of roder, of wel door wolken of een verduistering aan het oog onttrokken worden. Daarentegen vertoont de maan, steeds als god Sin aangegeven, een overvloed van steeds terugkerende wisselende verschijnselen. En hetzelfde geldt voor de planeten, die op de meest onvoorziene wijze tussen de sterren voortwandelen, dan weer stilstaan en omkeren, met de heldere sterren en met elkaar steeds wisselende figuren vormen, en als vrije bezielde met eigen wil begaafde wezens door het sterrenlandschap zwerven. Zij worden steeds meer de hoofdvoorwerpen van aandacht voor de Babylonische priesters. Zij zijn de sterren van de grote goden, die de lotgevallen van de wereld besturen en zich in deze schitterende lichten manifesteren. De namen der planeten — vaak verschillende namen voor elk — in al deze teksten worden dan ook, wel soms door het sterteken, maar meest door het godenteken voorafgegaan. Venus (Dilbat) is de ster van Ishtar; Jupiter (Umanpa-udda, later meest Sagmegar) is de ster van Marduk, Mercurius (Gud-ud) de ster van Nebo; maar door de verwantschap der goden wordt de laatste ook wel als ster van Marduk betiteld. Saturnus is de ster van Ninib (ook een zonnegod), en Mars is de ster van de pestgod Nergal. De rode Mars geldt als een kwaad gesternte, Jupiter is een geluk-aanbrengende planeet. Maar geluk of kwaad voor wie? Dat hing van plaats en tijd af; verschillende maanden, verschillende hemelstreken en verschillende sterrebeelden behoorden bij elk der vier landen, waarin toen —



Tablet K-725
(Br. Mus.)

Thompson 205
Voorzijde



Copie

mul*Dil-bat ina* ilu*Šamši ṣît ir-ti-bi*
Ana mul*Dil-bat mušḫa irši(ši) la damiḳti*
*ša ûmi*pl *ša la ú-šal-li-mu-ma*
ir-bu-u
Ana mul*Dil-bat ina* arḫu*Nisanni*
*ultu ûmi I*kam *adi ûmi XXX*kam
ina ilu*Šamši ṣît it-bal*
ú-ru-ba-a-ti
*ina mâti ibaššu*pl

Transscriptie

(ster) Venus verdwijnt in het Oosten. Wanneer Venus schitterend is, is zij niet genadig voor die dagen, die niet volledig zijn en verdwijnen. Wanneer Venus in (de maand) Nisannu vanaf de 1ste tot de 30ste dag in het Oosten verdwijnt, verwoestingen in de landen vinden plaats.

Vertaling

of juister in de vroege oudheid waaraan men de leringen zeide te ontlenen — de wereld werd verdeeld: Akkad (Babylonië), Elam (het Oostelijke bergland), Amurru (het Westelijk woestijnland en in later tijd Syrië), en Subartu (het Noorden; Subartu zijn wij, zegt ergens een astroloog van Niniveh). Het verschijnen van de planeten in verschillende sterrebeelden, de duur van hun verblijf aldaar, hetzij stilstand, hetzij snel doorlopen, hun ontmoetingen met elkaar of met de maan, bood een letterlijk eindeloze verscheidenheid van verschijnselen, waarin vernuft en combinatievermogen, traditie en fantasie, of ook voorzichtige vleierij der astrologen een ruim veld voor persoonlijke uitleggingen vonden.

Als voorbeeld van deze teksten mogen hier enkele volgen uit de door R. C. THOMPSON voor studiedoeleinden gepubliceerde verzameling (*The Reports of the magicians and astrologers of Niniveh and Babylon; 1900*).

„Als de ster van Marduk in het begin van het jaar verschijnt, zal de oogst overvloedig zijn. Mercurius verscheen in Nisannu. Als de planeet de ster Li (Aldebaran) nadert, zal de koning van Elam sterven.... Mercurius verscheen in de Stier; tot aan Shugi (Perseus, Plejaden) ging hij terug." (Th. 184)

„Venus verdwijnt in het Westen. Wanneer Venus flauw wordt en verdwijnt in de maand Abu zal er slachting zijn in Elam. Als Venus verschijnt in Abu van de eerste tot de dertigste dag, zullen er regens zijn en de oogst van het land zal voorspoedig zijn. In het midden van de maand verscheen Venus in de Leeuw in het Oosten. Van Nirgal-itir." (Th. 208)

„Wanneer Venus stilstaat op haar plaats, zullen de dagen van de vorst lang zijn, rechtvaardigheid zal in het land zijn. Venus in het gebied van Ea...." (Th. 206)

„Mars is zichtbaar in de maand Duzu; hij is flauw.... Als Mars hoog staat en schitterend wordt, zal de koning van Elam sterven. Als god Nergal bij het verdwijnen kleiner wordt en evenals de sterren van de hemel zeer flauw is, zal hij genadig zijn voor het land Akkad.... Als Mars flauw is, is het gunstig, als Mars helder is, is het ongunstig. Als Mars komt na Jupiter, zal het jaar gelukkig zijn. Van Bulutu." (Th. 232)

„Mars is in het begin van Allul (de Kreeft) ingetreden. Dit geldt niet als omen. Want in het gebied bleef hij niet staan, hij wachtte niet, hij rustte niet, snel ging hij voort. Van Bil-nasir." (Th. 236)

„Als Jupiter gaat naar het Westen zal het wonen veilig zijn, vrede zal op aarde heersen; hij verscheen in het begin van Allul. Als Jupiter in het gebied van Bel schitterend wordt en Nibiru wordt.... zal Akkad overvloed hebben en de koning van Akkad zal machtig worden.... Als een grote ster als vuur komt uit het Oosten en verdwijnt in het Westen, zullen de troepen van de vijand verslagen worden. In het begin van uw regering werd Jupiter op de goede plaats gezien; moge de heer der goden u gelukkig maken en uwe dagen verlengen. Van Asharidu, de zoon van Damka." (Th. 187)

De vurige ster, waarvan hier sprake is, was waarschijnlijk een meteoor. Zo ook in de volgende tekst:

„Na twee uren van de nacht straalde een grote ster van het Noorden naar het Zuiden. Haar omens zijn gunstig voor 's konings wensen. De koning van Akkad zal zijn opdracht vervullen. Van Asharidu de oudere, 's konings dienaar." (Th. 201)

In een brief van MAR-ISHTAR aan koning ASARHEDDON (uit het jaar 668 v. C.) vindt men

„....in de eerste maand.... op de 29ste werd Jupiter weggenomen.... nu is hij een maand en 5 dagen in de hemel gebleven (d.w.z. onzichtbaar); op de 6de van de

3de maand is Jupiter in het gebied van Orion zichtbaar geworden; 5 dagen over zijn tijd heeft hij laten voorbijgaan. Dat past bij het omen: als Jupiter in de 3de maand zichtbaar wordt, zal het land verwoest worden en het graan duur worden.... als Jupiter in Orion treedt zullen de goden het land opvreten...."

In deze en dergelijke teksten — waarin de betekenis voor iedere uitdrukking vaak nog niet zeker is — treedt ons een waarnemingsbezigheid tegemoet, die veel verder en dieper gaat, dan te voren voor kalender en oriëntering nodig was. De astrologie bindt het lot der mensen zo vast aan de hemel, dat daarmee eerst de sterren, hun bewegingen en hun wisselingen een brede plaats in hun leven, gedachte en practijk gaan innemen; wat de lichtgoden daarboven in hun stille wonderlijke banen weven, is hun levenslot. En nu hun ogen geopend zijn en hun scherpe belangstelling gewekt is, worden zij steeds meer vertrouwd met de loop der planeten. Wij lezen het in hun rapporten: Jupiter loopt naar het Westen, Mars staat stil of spoedt zich voort, Venus blijft stilstaan, Mercurius loopt terug; al deze verschijnselen worden opgemerkt. Ook dat Mars, meer dan de anderen, zijn helderheid wisselt. Al is er nog geen theorie die regelmatigheden uitdrukt en perioden vastlegt — jaar en datum ontbreekt ook bij de opgaven — toch moet er al onbewust bij de waarnemers een beeld van vertrouwde en verwachte regelmaat groeien, kenbaar in de uitdrukking, dat de planeet op de goede plaats stond, of dat Jupiter over zijn tijd was.

Naast de planeten was de maan het voornaamste hemellichaam voor de astroloog. Haar chronologische betekenis raakt nu op de achtergrond naast de astrologische. De gebrekkigheden van de chronologie worden zelfs een element van voorspelling voor de astroloog; is de maan niet op tijd dan is dat meestal een ongunstig teken. Dat zo iets mogelijk was, wijst er op dat men, in plaats van op de zuivere empirie van het eerste zichtbaar worden van de maansikkel af te gaan, een zekere regel in de afwisseling van volle en holle maanden (van 30 of van 29 dagen) trachtte op te stellen; zonder daarin echter te slagen. Zo alleen — of anders wellicht door nalatigheid in verwarde en onrustige tijden — wordt het begrijpelijk dat de nieuwe sikkel op de 29ste of 30ste van de maand kon verschijnen. Evenzo kan dan de volle maan, die normaler wijze op de 14de moet komen, soms op de 13de, 15de of 16de dag vallen; ook dat was niet gunstig.

„Als de maan op de eerste dag verschijnt, zal er rust heersen en het land is tevreden." (Th. 1, 2, 4 enz.)

„Als de maan verschijnt op de 30ste Nisannu, zal Subartu Achlamu verdelgen; een vreemd volk zal over Amurru heersen. Wij zijn Subartu. Als de maan op de 30ste dag verschijnt zal er koude in het land zijn. De maan werd zonder de zon gezien op de 14de van Tebitu; de maan maakt de dag in Sabatu vol...." (Th. 62)

„Als de maan en de zon met elkaar op de 13de dag gezien worden, zal er geen rust zijn; de handel van het land zal onvoordelig zijn, de vijand zal het land veroveren. Van Apla." (Th. 120)

„Als de maan de zon bereikt en met hem uit het gezicht verdwijnt en flauw wordt, zal er waarheid in het land zijn.... Op de 14de dag werd de god met de god gezien.... Als de maan en de zon met elkaar op de 14de gezien worden, zal er rust zijn, het land zal tevreden zijn; de goden beramen heil voor Akkad...." (Th. 124)

„Als de maan niet op de zon wacht en ondergaat, zullen leeuwen en wolven woeden.... Op de 15de werd zij met de zon gezien.... later in Tishritu zal zij de dag vol maken. Van Balasi." (Th. 140)

„Aan de koning zond ik op de eerste aldus „Op de 14de dag zal de maan met de zon gezien worden".... Op de 14de werd de maan met de zon gezien." (Th. 154)

„....Als de maan op den 14den en 15den van Duzu niet met de zon gezien wordt, zal de koning in zijn paleis belegerd worden. Als zij op de 16de dag gezien wordt, is het geluk voor Subartu, ongeluk voor Akkad en Amurru. Van Akullanu." (Th. 166)

Om dit soort waarnemingen en de gevolgtrekkingen te verstaan, moet men zich voor ogen stellen welke verschijnselen omstreeks volle maan zullen optreden. Als een maand normaal begint, en dus op de avond waarop de sikkel voor het eerst gezien wordt (stel normaal 1,4 dag na de conjunctie) de 1ste dag begint, dan zal volle maan, 14,7 dagen na de conjunctie (gemiddeld; maar door de onregelmatigheden van de maan kan het wel eens tot ¾ dag meer of minder zijn), in de nacht van de 14de vallen. In de nacht van de 13de is het dan nog geen volle maan; 's avonds staat de maan bij zonsondergang al in het Oosten, en aan het eind van de nacht gaat zij onder vóór de zon opkomt: zij wacht niet op de zon. In de nacht van de 14 de is zij ook in het Oosten al op als de zon ondergaat, en aan het eind is zij nog niet onder als de zon opkomt, maar wordt dan bleek en zwak in het Westen; dit drukten de Assyrische sterrekundigen uit door te zeggen: de maan werd met de zon gezien; de god (Sin) is met de god (Shamash) verschenen; of ook: de maan bereikt de zon. Dit normale geval was met allerlei gunstige omina verbonden. Wanneer echter „de maan niet op de zon wachtte", dan moest de tijd van volle maan nog komen, en eerst in de volgende nacht, de 15de, kon 's morgens de maan met de zon worden gezien.

In deze waarnemingen zijn astrologie en chronologie tot een eenheid geworden; de priester-astronomen constateren óf dat alles aan de hemel goed loopt, dus ook op aarde vrede zal heersen, óf zij constateren afwijkingen in de kalender, die, behalve ongunstige voortekens, ook aanwijzingen zijn voor het weer in orde brengen. Uit de dag van eerste verschijnen leiden zij al van te voren af, dat volle maan op de 14de zal komen; maar dat is door de onregelmatigheden wel eens mis. Zij rekenen er ook op dat, als de volle maan reeds op de 13de komt, de maand maar 29 dagen mag hebben, anders zou de nieuwe sikkel vóór de eerste verschijnen. Komt de maan met de zon later dan de 14de, dan eist zij voor die maand een 30ste dag; dan „maakt zij de dag vol". Komt zij op de 14de en was de vorige maand vol, dan zal de volgende maand 29 dagen hebben.

„De maan zal de dag in Nisannu volmaken. Van Nabu-achi-iriba." (Th. 51)

„De maan maakte de dag in Adaru vol; op de 14de met elkaar.... in de maand Airu neemt zij een dag weg.... (Th. 53)

Zo leidde het astrologisch motief, doordat het de waarnemers noopte zorgvuldiger op de verschijnselen van de maan te letten, tot vastere grondslagen der chronologie. Orde en regel werden opgemerkt, en toegepast in het voorspellen van toekomstige verschijnselen.

Natuurlijk was er nog meer aan de maan op te merken: kleur en helderheid, de vorm van de horens, de zichtbaarheid van het aardschijnsel (de maan draagt een „agu", een koningsmuts), een nevelkrans, of een halo, een ring om de maan. Zulk een ring werd beschouwd als omtuining van een schapenweide, met de maan als herder in het midden; het Babylonische ideogram voor planeet, *lu-bat*, betekent afgedwaald schaap. Of wel als rivier;

of wel de ring betekende een belegering; wie belegerd werd, werd aangegeven door de planeten of sterren, die er binnen stonden. Was de ring niet gesloten, dan betekende dat natuurlijk ontsnapping.

„Als er een ring om de maan is en Jupiter staat er binnen, dan zal de koning belegerd worden. De ring was niet gesloten; dit duidt niet op kwaad." (Th. 95)

„Als er een ring om de maan is en Sudun staat er binnen, zal een koning sterven en zijn land zal verminderd worden; de koning van Elam zal sterven. Sudun is Mars; Mars is de ster van Amurru; het is ongunstig voor Amurru en Elam. Saturnus is de ster van Akkad; het is gunstig voor de koning, mijn heer." (Th. 107)

Ook de eclipsen waren bijzonder belangrijk als voortekens. Te allen tijde heeft hun onverwacht optreden op de mensen een diepe indruk gemaakt; hoeveel te meer hier, waar ook reeds aan de gewone verschijnselen zoveel betekenis werd toegekend. Een overvloed van duidingen leverden ze op: bij een zoneclips werd nagegaan welke maand het was en waar ze aan de hemel stond, als de zon de vorm van de maan aannam, waarheen haar horens gericht waren; meestal was een eclips een ongunstig omen. Bij zonsverduisteringen behoeft niet altijd aan een astronomische eclips gedacht te worden; dichte stofwolken kunnen er ook onder begrepen zijn, als er soms sprake van is op geheel andere maanddatums dan 27 of 28.

Veel talrijker zijn de voorspellingen uit de maaneclipsen. Wordt de maan geheel verduisterd, dan is dat een teken voor alle landen; wordt zij gedeeltelijk verduisterd dan betekent iedere zijde een ander land, en dan verschilt de betekenis naar maand, dag, en uur. Derhalve wordt ook in het omenwerk „*Enuma Anu Bel*", het handboek, waarin alle oude duidingen zijn verzameld, als voorschrift gegeven:

„Als de maan een verduistering heeft, zult gij maand, dag, nachtwake, windrichting, gang en plaats van de sterren, in wier gebied de verduistering plaats vindt, nauwkeurig waarnemen. De voortekens ten opzichte van haar maand, haar dag, haar nachtwake, haar windrichting, haar gang en haar ster zult gij aangeven."

Zo vindt men in de rapporten over een eclips in de maand Simannu, aan het eind van de nacht:

„Een eclips in de morgenwake betekent ziekte.... De morgenwake is Elam, de 14de dag is Elam, Simannu is Amurru, de 2de zijde is Akkad.... Als een eclips in de morgenwake plaatsvindt en die tijd duurt, terwijl een Noordewind waait, zullen de zieken in Akkad herstellen. Als een eclips begint op de 1ste zijde en blijft op de 2de, zal er slachting in Elam zijn; Guti zal Akkad niet naderen.... Als de maan donker is in Simannu, zal na een jaar Rammanu (de stormgod) overstroming brengen." (Th. 271)

Zo gaat het voort met een rijke keus van omens; elk detail heeft betekenis. Op deze wijze, met al deze details, kan men al van een vrij nauwkeurige astronomische waarneming spreken. Het is dan ook geen wonder, dat uit deze tijd de eerste eclipswaarnemingen afkomstig zijn, die vele eeuwen later PTOLEMAEUS voor afleiding van de omloopstijd van de maan gebruikte: 19 Mrt. 721 v. C., 8 Mrt. 720 v. C., en 1 Sept. 720 v. C. Het enige wat daarbij nog nodig was, was een preciese kennis van het aantal jaren en dagen, dat nadien verstreken was. Het is mogelijk dat het ontbreken van gegevens daaromtrent het gebruik van nog vroegere eclipsen verhinderd heeft. PTOLEMAEUS laat dan ook de geordende reeks van koningen met hun aaneensluitende

regeringsjaren met de Babylonische koning NABONASAR (747 v. C.) beginnen.

Is het denkbaar dat de Babylonische hemelwachters uit zo oplettend waargenomen verschijnselen niet zelf een regel afgeleid hebben? Uit de rapporten blijkt, dat zij eclipsen verwachtten en aankondigden, en dan de uitkomst tegelijk meedeelden.

„Op de 14de zal een eclips plaatsvinden; het is kwaad voor Elam en Amurru, goed voor de koning, mijn heer; moge de koning, mijn heer, gerust zijn. De eclips zal gezien worden, zonder Venus. Tot de koning, mijn heer, zeg ik: „er zal een eclips zijn." Van Irasshilu, de dienaar des konings." (Th. 273)

„Aan de koning der landen, mijn heer, uw dienaar Belusur.... Een eclips heeft plaatsgevonden, maar was niet zichtbaar in de hoofdstad; de eclips ging de hoofdstad, waar de koning woont, voorbij; wolken zijn overal, zodat wij niet weten of er een eclips was of niet.... De grote goden van de stad, waar de koning woont, hebben de hemel verduisterd om de eclips niet te laten zien; dus moge de koning weten, dat deze eclips niet gericht is tegen de koning, mijn heer, en zijn land." (Th. 274)

Is het niet een lumineuze gedachte, dat de eclips wel van nature plaats vindt, maar de beschermgoden van Assur, wetende dat voor de koning van Assur geen kwaad dreigt, een wolkgordijn over de stad schuiven, om de koning niet beangst te laten worden? Volgens de Leidse Assyrioloog DE LIAGRE BÖHL valt het grootste deel van deze rapporten tussen de jaren 675 en 665 v. C., een kritieke tijd voor het Assyrische rijk, toen de koning ziek en vol ongerustheid uit een half mislukte Egyptische veldtocht terugkwam. Hier hebben wij dus een vrij nauwkeurig omgrensd tijdstip, waarvoor wij de stand van de astronomische kennis kunnen opmaken. Kennis inderdaad, want in de rapporten worden reeds met stelligheid voorspellingen omtrent eclipsen gedaan en geverifieerd.

„Aan de koning, mijn heer, deelde ik mede: „Een eclips zal plaats vinden." Nu is zij niet voorbijgegaan; zij heeft plaats gevonden...." (Th. 274 F)

Al wordt nergens in deze teksten meegedeeld waarop de voorspellingen der priesters berusten, er bestaat een zo eenvoudige regelmaat in het optreden der maaneclipsen, dat deze hun spoedig vanzelf moest opvallen. Zij konden opmerken dat een eclips nooit minder dan zes maanden na een vorige kwam en dan dikwijls zes maanden later weer een. Soms kwamen er op die wijze 4 of 5, een enkele maal zelfs 6 na elkaar met 6 maanden tussentijd. Vaak ook ontbrak er een in de reeks, wanneer zulk een eclips op een dag-uur viel, dus onopgemerkt bleef, omdat de volle maan beneden de horizon stond. Kwamen de waarnemers op de gedachte om deze onzichtbare te onderstellen en er bij in te voegen, dan werden het allemaal rijtjes van 5 of 6 regelmatig opeenvolgende eclipsen. Daarmee was het rijtje uit; maar na 1 of 2 jaar begon dan een nieuw rijtje, één maand vroeger dan wat de voortzetting van de oude reeks zou zijn. Namen ze dus een eclips waar, die geen voorgangers 6, 12 of 18 maanden vroeger had gehad, dan konden ze vermoeden, dat een nieuw rijtje begon en konden ze volgende eclipsen voorspellen.

De oorzaak van deze regelmaat kunnen wij nu gemakkelijk nagaan. Na zes maanmaanden (177,18 dagen) is de zon, dus ook de plaats van de volle maan, gemiddeld 174,64° langs de ecliptika gevorderd — door de wisselende snelheid van zon en maan is het soms wat meer, soms wat minder —,

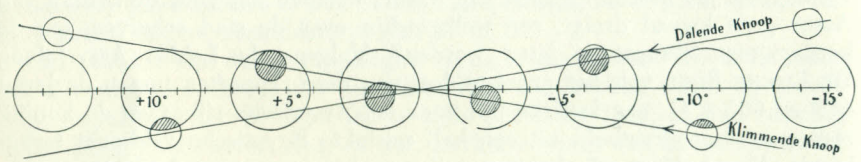
terwijl in dezelfde tijd de knopen van de maanbaan 9,38° teruggelopen zijn, dus de tegenoverliggende knoop 170,62° verderop ligt. De volle maan staat dan dicht bij die knoop, en wel t.o.v. haar 4,023° verder opgeschoven; dus kan er dan weer een eclips zijn. De volle maan kan alleen door de aardschaduw gaan als de afstand tot de knoop niet meer dan 10—12° is, en voor een totale verduistering mag de afstand niet groter dan 5° of 6° zijn; daarbuiten is de eclips partieel. Stellen wij als voorbeeld een rijtje van volle manen met 6 maanden interval in de buurt van de knopen op („eclipsmanen"), en berekenen wij de telkens met 4,02° of 4.03° toenemende afstand tot de knoop, beginnende met —14.50° als willekeurig beginpunt, dan vinden wij:

—14,50 —10,48 —6,45 —2,43 +1,59 +5,62 +9,65 +13,67

met de bijbehorende aspecten:

geen part.? part. tot. tot. tot.? part. geen eclips

In de figuur, waar de grote cirkels de schaduw, de kleine de maan voorstellen, zijn deze aspecten weergegeven.



In zulk een gunstig klimaat als in Mesopotamië, waar, buiten de paar wintermaanden, alles wat aan de hemel gebeurde, regelmatig kon worden gevolgd, moeten de priester-astrologen deze regel gaandeweg opgemerkt hebben. Wel werd dit inzicht bemoeilijkt doordat een deel van de eclipsen onzichtbaar bleef en de reeksen aldus verbroken werden. In de eeuw van 750 tot 650 v. C. kwamen echter rijtjes van vijf opeenvolgende zichtbare maaneclipsen toch nog vier keer, en rijtjes van vier ook nog vier keer voor. En uit het regelmatig waarnemen van de maan, als ze vol werd, konden de waarnemers opmaken dat, als 's ochtends de maan niet op de zon wachtte, maar onderging, het ogenblik van tegenoverstand van zon en maan nog moest komen, dus ook de eclips niet te zien zou zijn.

„De eclips gaat voorbij; zij zal niet plaatsvinden. Als de koning vraagt: „welke tekenen hebt gij gezien": de goden zijn niet met elkaar gezien." (Th. 274 A)

Aldus komt reeds in de Assyrische tijd, uit de overvloed van waarnemingen ten behoeve van astrologische waarzegging, een begin van sterrekundige voorspellingen op, gegrond op kennis van de regelmaat der verschijnselen.

5. NIEUW-BABYLONISCHE WETENSCHAP

In de eeuwen van de opperheerschappij van het Assyrische rijk treden aldus voor het eerst omstandigheden op, waaruit een sterrekundige wetenschap kon ontstaan. De astrologie richtte de ogen der mensen met gespannen opmerkzaamheid op de hemellichten en hun beweging; want zij voelen nu een diepe samenhang, die de sterrenwereld met hun leven verbindt. Wat het enkele gebruik der hemellichamen voor tijdrekening en voor oriëntatie niet kon geven, trad hier op: een grondige detailkennis van alle verschijnselen aan de hemel. Toch lag hierin nog niets van wetenschappelijke doelstelling. Wij moeten er ons wel voor wachten deze vroege voorgangers als natuuronderzoekers in moderne zin te willen zien, beheerst door een drang naar onderzoek en verklaring. In deze gehele oudheid bepaalt niet het gezichtspunt van causaliteit, maar dat van finaliteit de wijze, waarop de mens zich tegenover de natuurverschijnselen plaatst. De samenhang der verschijnselen is niet die van oorzaak en gevolg, maar van voorteken en betekenis.

Dus werd niet naar regelmaat of wetmatigheid gezocht. Maar regelmatigheden drongen zich op zonder verwondering te wekken. Van ouds kende men immers de regelmaat in de zon en de gestalten van de maan. Nu wordt regelmaat opgemerkt, gaandeweg, in de loop der planeten, in het optreden der eclipsen. Eerst als een instinctieve verwachting, een onbewuste kennis, zoals die elke levenspractijk begeleidt, dan steeds meer als een bewuster weten, dat zich in toenemende bekwaamheid ook aan voorspelling der verschijnselen waagt. Zo groeit een begin van wetenschap op als een ordening der ervaring, die de toekomstige loop der sterren vooruit ziet. En wel bepaaldelijk in de vorm van perioden, waarna dezelfde verschijnselen in dezelfde volgorde zich herhalen.

De uiterlijke omstandigheden werken daartoe mee. De krachtige energie, die uit de Assyrische veroveringen blijkt, treedt ook op andere gebieden op. Dat Babylon, rijk door handel, zich krachtig voelt en laat gelden, blijkt daaruit, dat het in herhaalde opstanden, waarin het soms verwoest werd, telkens opnieuw de strijd aanbindt tegen de Assyrische heersers. En ten slotte met succes. Als Assyrië door zware strijd tegen uit Europa gekomen barbarenvolken, de Kimmeriërs, verzwakt is, stort het rijk onder de aanval van de verenigde Babyloniërs en Meden in 612 v. C. ineen, en van Niniveh blijft slechts een puinhoop over. Babylon wordt nu de onbetwiste hoofdplaats van het nieuwe rijk, dat vooral onder NEBUCHADNEZAR (604—561 v. C.) zijn macht over geheel Voor-Azië uitbreidt. Alle Oud-Babylonische tradities worden zoveel mogelijk opgehaald, de stad wordt met talloze tempels versierd, de priesterschap voelt zich het leidende intellect van een wereldrijk. En dat wordt niet anders wanneer, waarschijnlijk door de priesterschap van Marduk binnengeroepen, uit de Oostelijke berglanden van Elam de Perzische koning CYRUS in 539 v. C. de stad komt veroveren; hij en zijn opvolger KAMBYSES treden als uitverkorenen van Marduk op, als Babylonische vorsten, die de cultuurtradities van deze hoofdstad voortzetten. Eerst de opstand der Perzische edelen onder DARIUS tegen deze verbabyloniseerde regering dringt de stad na harde strijd tot gelijkwaardigheid met de andere Perzische hoofdsteden terug. Als naderhand het Perzische rijk in 330 v. C. door ALEXANDER

wordt veroverd, wordt Babylon weer de hoofdstad, die nu door de glans van haar oude cultuur en door haar wetenschap aan de Griekse sterrekunde een sterke stoot geeft. Door al deze eeuwen heen, van ASSURBANIPAL tot ALEXANDER, blijft onder de uiterlijke wisseling van dynastieën Babylon de grote handelsstad, middelpunt van een bloeiend wereldrijk, centrum van Voor-Aziatische cultuur.

Het is niet verwonderlijk, dat onder deze omstandigheden een begin van wetenschappelijke sterrekunde opgroeit. Wij kennen niet de wegen, waarlangs dit gegaan is; de onderzoekingen zijn niet bewaard gebleven maar alleen uitkomsten. En hoe fragmentarisch de vondsten en dus hoe onvolledig deze uitkomsten ons bekend zijn, hoezeer wij er op moeten rekenen, dat door verder ontdekken en ontcijferen van teksten onze opvattingen gewijzigd en aangevuld zullen worden, zij kunnen toch een waarschijnlijk beeld geven van de ontwikkelingsgang van sterrekundige kennis in deze eeuwen.

Nemen we eerst de sterren zelf. Uit de 5de eeuw v. C. zijn lijsten bewaard gebleven, die een systematisch overzicht geven van de ligging en groepering der sterrebeelden. Men heeft ze zo goed als alle kunnen identificeren; een aantal ervan hebben wij reeds in oudere tijden ontmoet. Voor een groot deel dragen ze dezelfde namen als bij ons, een bewijs, dat ze door de Grieken van de Babyloniërs zijn overgenomen; zo de Stier, de Tweelingen, de koning (Regulus), de Korenaar, de Schorpioen, de Schutter, de Vis-geit (Steenbok), de Arend, de Wagen, de Leeuw, de Waterslang, de Vis van Ea (Zuidelijke vis), de Wolf, de Raaf. Maar dit geldt niet voor alle; zo hadden zij de Panter (bij ons de Zwaan), de Geit (de Lier), de Offerschaal (de Voerman), de Pijlster (Sirius), terwijl van een aantal namen de betekenis nog niet vaststaat. Dan zijn er lijsten waarop een 30-tal sterren aan bepaalde jaardatums verbonden zijn; dit zijn sterren die op die datums heliakisch opkomen. Daar door de maand-inschakelingen de datums 10 tot 20 dagen kunnen verspringen, is daarbij natuurlijk een zeker gemiddeld of normaaljaar ondersteld; de datums zijn ook alle tot 5 dagen afgerond. Zo b.v. (de maandnamen zijn hier kortheidshalve met I tot XII weergegeven): Voerman I 20 (berekend: Capella I 16); Zevenster II 1 (berekend II 6); Aldebaran II 20 (II 18); Orion III 10 (Betelgeuze III 13); Tweelingen III 10 (Castor III 13); Sirius IV 15 (IV 10); Regulus V 5 (IV 26); enz. Deze laatste ster toont een grote afwijking; kopieerfouten zijn steeds mogelijk in deze tabletten; maar overigens komen de opgegeven en de berekende datums goed met elkaar uit.

Weer een ander soort sterlijsten vult de morgenopkomst met de gelijktijdige culminatie van een andere ster aan, en is aldus geredigeerd: „Wanneer „gij de paal voor uw waarneming in de maand Nisannu op de dag 20 in de „morgenschemering vóór zonsopkomst zo stelt, dat rechts het Westen, links „het Oosten, en voor uw oog het Zuiden is, zal de ster γ Cygni in het midden „des hemels voor uw borst staan, en ster Capella zal verschijnen." (In een fragmentarische Assyrische tekst werd ook reeds bij een maaneclips gesproken van de ster Kumaru recht boven, en van een paal, wat op waarneming van dit karakter wijst.) En zo voor alle volgende maanden het jaar rond. Begrijpelijkerwijze zochten de Babyloniërs astrologisch verband of verwantschap tussen zulke bijeenvermelde sterren. Nog meer van betekenis was de relatie, meest als antagonisme gedacht, tussen twee sterren, waarvan de een opkomt als de ander ondergaat. Van zulke combinaties bestaan ook

lijsten: de Zevenster komt op, de Schorpioen gaat onder; Aldebaran komt op, Arkturus gaat onder; Orion komt op, de Schutter gaat onder; enz. Hier blijkt welk een belangrijke rol de horizon als waarnemingscirkel in Babylon speelde. Als een door de natuur gegeven grote cirkel, die de hemel in twee helften verdeelt, rondom naar alle zijden vanaf de terrastorens te overzien, was zij vanzelf aangewezen om de ligging der sterren vast te leggen. Bij die zuivere atmosfeer, waardoor de sterren een paar graden boven de horizon al in volle glans zichtbaar werden, waren opkomst en ondergang duidelijk bepaalbare tijdstippen.

Zijn de Babyloniërs bij deze kwalitatieve beschrijving blijven staan, of hebben ze ook metingen in getallenwaarden gedaan? Wij weten eigenlijk niets van instrumenten, waarmee ze metingen hadden kunnen verrichten; geen beschrijving daarvan is ons overgeleverd. Er bestaat echter een lijst met namen van sterren, in een gesloten kring om de hemel heen, met getallen er achter. Deze zijn blijkbaar verschillen of afstanden tussen de opeenvolgende sterren. En wel in drie kolommen; deze zijn evenredig met elkaar, dus drukken hetzelfde in drie verschillende maten uit. Eerst in de gewone 60-delige gewichtsmaat, (biltu, mana, sjikulu, die bij de Grieken en in de Bijbel talent, mine, sekel heten); en ten tweede in tijdmaat (beru = dubbeluur, verdeeld in 30 ush van 4 minuten). Daar het uit Griekse bronnen bekend is, dat de Babyloniërs wateruurwerken gebruikten, waarbij de verlopen tijd door volume of gewicht van het uitgevloeide water werd gemeten, ligt het voor de hand, deze getallen als verschillen van doorgangstijd op te vatten. De waarden komen ook vrij goed overeen met de verschillen in rechte klimming tussen deze sterren, al zijn ze vrij ruw, meestal tot volle vijftallen van „ush" afgerond. Men mag er uit afleiden, dat de Babyloniërs van de culminatie der sterren gebruik maakten om het verloop van de nachtelijke uren direct aan de hemel af te lezen. Maar van andere meetinstrumenten, waarop een graadverdeling wordt afgelezen, blijkt hier niets.

Het feit, dat maanden en datums in samenhang met de heliakische opkomst der sterren opgegeven worden, wijst er op, dat nu een zekere regelmaat in de kalender optreedt. De schakelingen, die nodig blijken om de morgenopkomst van een ster zo dicht mogelijk bij een bepaalde datum te houden, komen telkens op dezelfde wijze terug; en dat leidt er toe, al was het bij dit klimaat niet nodig, dat inplaats van de empirie der directe waarneming steeds meer het gebruik van een vaste regel van afwisseling zich opdringt. Daarbij komen dan vanzelf de 8-jarige en de 19-jarige kalenderperioden naar voren. Bij de 8-jarige periode komen de 13 maandse schrikkeljaren met intervallen van 3, 3, 2 jaren; telkens na het tweede der 3-jarige intervallen, als de datums het verst vooruit waren gekomen, werd reeds de 6de maand Ululu verdubbeld — zeker om ten minste de herfst-feestdagen op een behoorlijke tijd te hebben — in plaats van op de 12de maand Adaru te wachten. Bij de 19-jarige periode waren de intervallen 3, 3, 2, 3, 3, 3, 2 jaren; hier was het om dezelfde reden, dat het jaar komende na de drie 3-jarige intervallen, als dus het langst met schakelen gewacht was, een 2de Ululu kreeg, en elk der andere een 2de Adaru. Wij zagen reeds hoe in vroegere tijden de verdubbeling van de Ululu een snelle noodmaatregel was, als door een of ander verzuim de datum te veel vooruitgelopen was.

Uit burgerlijke documenten en sterrekundige tabellen heeft men vrij vol-

ledige lijsten van schrikkeljaren kunnen opstellen, zij het ook door tijdperken zonder volledige gegevens onderbroken. Daarbij blijkt dat ze in de tijd van KAMBYSES en DARIUS een 8-jarige periode volgen, wat daaraan kenbaar is, dat de jaartallen bij deling door 8 telkens dezelfde resten overlaten. Hier is een lijst van de opeenvolgende schrikkeljaren, eerst als jaren van de opeenvolgende koningen, daaronder omgezet in onze tijdrekening, daaronder de rest bij deling door 8, waarbij een sterretje een schrikkeljaar met 2de Ululu aanduidt;

	Cyrus					Kambyses				Darius						
jaar	2*	3	4	7	9*	3*	5	8	3*	5	8	11*	13	16	19	22
= jaar	537*	536	535	532	530*	527*	525	522	519*	517	514	511*	509	506	503	500 v. C.
	1	0	7	4	2 |	7	5	2	7	5	2	7	5	2 |	7	4

In het eerst zien wij geen regelmaat; vanaf 530 v. C. treedt de regelmatige 8-jarige periode op; maar dan blijkt na drie zulke perioden dat het niet goed gaat, en reeds in 503 v. C. wordt tegen de regel gewacht met schakelen tot de 12de maand. Eerst ruim een eeuw later, na 400 v. C., beschikken wij weer over een aaneensluitende reeks van schrikkeljaren; en hier treedt nu weldra de 19-jarige periode op:

	Artaxerxes									Ochus					Darius		
jaar	29	32	34	37	40	43	45	2	5	8*	10	13	16	18	21	1	4*
jaar v. C.	376	373	371	368	365	362	360	357	354	351*	349	346	343	341	338	335	332*
rest	15	12	10 |	7	4	1	18	15	12	9	7	4	1	18	15	12	9

Alexander	Philippus		Antigonus				Seleukus						
1	4	7	2	5	2	5*	1	4	7	9	12	15	18* ...
330	327	324	322	319	316	313*	311	308	305	303	300	297	294* ...
7	4	1	18	15	12	9	7	4	1	18	15	12	9

Blijkens de resten bij deling door 19 is vanaf 370 v. C. een 19-jarige periode in gebruik. En deze is sindsdien gebleven. Het gebruik om de jaren naar de regeringsjaren der koningen te nummeren is naderhand gewijzigd, doordat onder de opvolgers van SELEUKUS de jaren van zijn regering onbeperkt werden doorgeteld; deze jaartallen vormen de zogenaamde Seleucidische Era (S.E.), waarvan het eerste jaar begon in het voorjaar van 311 v. C. In de jaren van deze Era zijn die met de resten 1, 4, 7, 9, 12, 15, 18* de schrikkeljaren.

De vraag doet zich hier voor of misschien ook in de lengte van de maand, 29,53059 dagen, dus afwisselend 29 en 30 dagen, een regelmatige cyclus in plaats is gekomen van de empirische vaststelling telkens van de nieuwe sikkel. Benaderingswaarden zijn 17 maanden (9 vol, 8 kort) = 502,02 dagen; 49 maanden (26 vol, 23 kort) = 1446,999 dagen. Een reden om dit te vermoeden zou men daarin kunnen vinden, dat PTOLEMAEUS acht eeuwen later in staat was, door kennis van het preciese aantal dagen van elke maand de Babylonische datums met de volkomen regelmatige van de Egyptische kalender te identificeren. Deze kennis kan echter ook eenvoudig daarop berusten, dat de duur van elke maand behoorlijk was opgetekend. Waar wij uit teksten de lengte van een lange rij opeenvolgende maanden kunnen vaststellen, blijkt niets van zulk een regelmaat; soms komen na elkaar twee maanden van 29 dagen, soms twee van 30 dagen voor. En dat is toch ook te begrijpen; het zichtbaar worden van de nieuwe maansikkel is aan grote onregelmatig-

heden onderworpen. Ten eerste komen, door de wisselende snelheid van de maan zowel als van de zon de ontmoetingen van zon en maan niet met gelijke intervallen van 29,53 dagen na elkaar. Bovendien hangt de eerste zichtbaarheid van de sikkel sterk van de steilheid van de ecliptika t.o.v. de horizon af; daardoor is de maansikkel in het voorjaar op korter afstand van de zon zichtbaar dan in het najaar. In het Babylonische klimaat was dus de weg van empirische waarneming toch de beste en eenvoudigste. In nog latere tijd, zoals blijken zal, is de wetenschap zo hoog gestegen, dat deze onregelmatigheden vooruit berekend konden worden.

De maan was het voorwerp van zoveel waarnemingen geweest, dat men niet anders kan verwachten dan dat zij ook steeds meer een voorwerp van theoretische berekening werd. Dat begon al in de Assyrische tijd zelf; men heeft teksten gevonden op tafeltjes uit de bibliotheek van ASSURBANIPAL afkomstig, met berekende regelmatig verlopende getallen, die men houdt voor het tijdsverloop tussen zons- en maanondergang op de eerste van elke maand, en evenzo voor de tijdsduur tussen zonsondergang en opkomst van de volle maan op de 15de van elke maand, voor normale gevallen geschematiseerd.

De vorm, waarin in de volgende eeuwen de theoretische kennis van de maanbeweging optreedt, geheel afwijkend van de onze, toont duidelijk hoe ze uit de voorafgaande waarnemingspractijk is ontstaan, en als voorspelling voor geijkt waarnemingsbedrijf moet dienen. Het oudste document van zodanige wetenschappelijke sterrekunde is een tekst gedateerd uit het jaar 7 van KAMBYSES (524 v. C.). De latere copie, die wij daarvan bezitten, bevat opgaven over de eerste en de laatste maansikkel, en over de verschijnselen rondom de tijd van volle maan, in getallenmaat met de eenheid „ush" = 4 minuten vooruitberekend voor elk der opeenvolgende maanden. De tekst bevat alleen getallen en enkele tekens voor namen en korte aanduidingen; hier volgt het stuk voor de 2de maand.

Airu	30	23		
	13	8	20	onder
avond	14	1		tegenover
	14	1	40	hoog
avond	15	14	30	nacht
	27	21		
Simannu	30	18	30	

Dit wordt aldus gelezen: de vorige maand had 29 dagen dus 1 Airu krijgt nu 30; op 1 Airu gaat de maan 23 ush (92 m) na de zon onder. Op 13 Airu gaat de maan $8^1/_3$ ush ($33^1/_3$) *onder* vóór zonsopkomst. Op 14. 's avonds komt de maan 1 ush (4 m) vóór zonsondergang op, dus worden ze *tegenover* elkaar gezien. Op 14. staat de maan nog *hoog* als de zon opkomt, en gaat $1^2/_3$ ush ($6^2/_3$ m) daarna onder. Op 15. 's avonds komt de maan in de *nacht* op, $14^1/_2$ ush = 58 m na zonsondergang. Op de 27ste is de laatste sikkel 21 ush (84 m) vóór de zon opgekomen. Airu heeft 29 dagen; op 1 Simannu gaat de maan $18^1/_2$ ush (74 m) na de zon onder.

Dit zijn dus juist de soort verschijnselen, die in de Assyrische tijd werden opgemerkt, nu in getallenwaarden, gegeven zoals ze voor de Babylonische astronomen direct waarneembaar en meetbaar waren, en die tesamen weergeven wat wij als het tijdstip van oppositie kennen.

Vraagt men, waarop deze berekende waarden berusten, dan hebben wij een vingerwijzing in het voorkomen van een aantal teksten (uit 378 v. C., uit S.E. 38 en 79, d.i. 273 en 232 v. C.), waarin dezelfde opgaven, maar nu als waargenomen grootheden, voorkomen tussen naar tijd geordende opgaven over planeten, halo's, eclipsen, prijzen van levensmiddelen en politieke gebeurtenissen. Ze zijn als een meer verfijnde, kwantitatieve voorzetting van de oude kwalitatieve Assyrische waarnemingspractijk te beschouwen. En daarnaast komen in die latere eeuwen ook telkens berekende tafels van dezelfde bouw als die van 524 v. C. voor. Dezulke waren het, uit S.E. 188, 189 en 201, waarvan de ontcijfering, de onthulling van de betekenis van de getallen en tekens, door EPPING in 1889 het begin van een wetenschappelijke studie der Babylonische sterrekunde markeerde. Ongetwijfeld zijn de berekende opgaven op een of andere wijze uit gelijksoortige vroeger waargenomen waarden afgeleid; waarschijnlijk door ze met behulp van de kennis van de perioden, waarna gelijke omstandigheden terugkomen, van de vroegere, misschien met enige correcties, over te nemen.

Kennis van de perioden, waarin dezelfde verschijnselen zich herhalen, dat is de eerste vorm waarin de wetenschappelijke sterrekunde optreedt. De periodiciteit der hemelse verschijnselen, die zich bij opmerkzaam en regelmatig waarnemen vanzelf aan de geest opdringt, was de brug, die van de empirische practijk leidde tot de voorspellende theorie. In de periodieke herhaling treedt de abstracte regel het eerst uit de concrete feiten te voorschijn. De periode was het fundament, het wezen van de eerste wetenschap der sterren. Met de afleiding en vaststelling van de perioden werd het weten tot theorie, tot wetenschap. Dit is de korte inhoud van de ontwikkeling der sterrekunde in Babylon van de 7de tot de 3de eeuw v. C. Niet enkel voor de maan, maar nog veel meer voor de planeten.

De perioden waarin de conjuncties en opposities, dus dezelfde standen der planeten t.o.v. de zon terugkomen, voluit de „synodische perioden" genoemd, zijn tegelijk de perioden waarin rechtlopen en teruglopen, dus toename en afname van de lengte met elkaar afwisselen. Een volkomen gelijke herhaling vindt echter niet plaats, daar de snelheid van voortlopen met de lengte in de ecliptica varieert. De omloopstijd, waarin de gehele ecliptica eenmaal doorlopen wordt, treedt dus op als tweede meest langere periode. Daar deze omloopstijd niet een vol aantal jaren is, is een nog langer tijdsruimte nodig van vele omlopen, een gemeen veelvoud van synodische periode en omloopstijd, om de standen tussen de sterren èn de bewegingen beide tot dezelfde waarden te zien terugkeren. En daar deze grote perioden ten slotte ook maar weer benaderd zijn, is de plaats van de planeet telkens daarna een paar graden en de datum van b.v. de oppositie een paar dagen verschoven.

Zulke grote perioden kennen wij b.v. voor

Saturnus:	57	syn. per.	=	2	omlopen	=	59	jaren	+	2 d	(in maanjaren	— 6 d)
Jupiter:	65	„	„	= 6	„	=	71	„	—	5 d	(„	„ — 0 d)
„	76	„	„	= 7	„	=	83	„	+	0 d	(„	„ — 13 d of + 17 d)
Mars:	22	„	„	= 25	„	=	47	„	—	7 d	(„	„ + 2 d)
„	37	„	„	= 42	„	=	79	„	+	4 d	(„	„ + 7 d)
Venus:	5	„	„	= 8	„	=	8	„	—	2 d	(„	„ — 4 d)
Mercurius:	19	„	„	= 6	„	=	6	„	+	8 d	(„	„ + 14 d of — 16 d)
„	41	„	„	= 13	„	=	13	„	+	2 d	(„	„ — 4 d)
„	145	„	„	= 46	„	=	46	„	+	0,3 d	(„	„ — 1 d)

De jaren zijn gewone zonnejaren en het dagenoverschot is, omdat de zon één graad per dag doet, gelijk aan de verplaatsing in graden na elke periode. Rekent men met Babylonische jaren, dus met het naaste volle aantal maanden, dan wordt het aantal bij te voegen dagen wat veranderd, volgens de opgave in de laatste kolom.

Dat de Babyloniërs met deze perioden werkten blijkt o.a. uit een tekst, helaas uiterst geschonden, uit de Perzische tijd, waar de leesbare delen aldus gelezen worden:

....Dilbat[1]) 8 jaren achter u keren terug, ...4 dagen zult gij aftrekken ....Gud-ud[2]) 6 jaren achter u keren terug.... de verschijnselen van Zalbatanu[3]) 47 jaren ....12 dagen er bij ....zult gij waarnemen. De verschijnselen van Sag-ush[4]) 59 jaren.... keren terug dag voor dag zult gij waarnemen. De verschijnselen van Kaksidi[5]) 27 jaren.... keren terug dag voor dag zult gij waarnemen...."

Hier worden de planetenperioden dus uitdrukkelijk genoemd. De 27 jaar bij Sirius hield KUGLER voor een kalenderperiode (27 = 8 + 19); deze komt echter in de ons bekend geworden schrikkeljaren niet duidelijk voor den dag.

Hoe konden nu de oude astronomen deze perioden voor hun voorspellingen gebruiken? Om de loop van een planeet voor een bepaald jaar te weten, behoefden ze slechts zoveel jaren terug te gaan als de periode bedraagt, en de loop in dat vroegere jaar over te nemen, zo nodig met enige graden en dagen correctie. Wilden ze b.v. een ephemeride voor het jaar S.E. 140 samenstellen, dan namen ze voor Jupiter de gegevens uit het jaar S.E. 57 (= 140 — 83), voor Venus uit S.E. 132 (140 — 8), voor Saturnus uit S.E. 81 (140 — 59), enz.

Dat zij het werkelijk zo deden wordt bewezen doordat wij in de teksten voorbeelden voor al de opeenvolgende phasen van deze berekening bezitten. Men begint daarbij met de in tijdsorde neergeschreven waargenomen verschijnselen, als een soort dagboek; daarna komt dan de verwerking. Het oudste voorbeeld van zulk een dagboek van waarnemingsgegevens is bevat in een ander deel van de reeds genoemde tekstcopie voor 524 v. C. Daar wordt van de planeten meegedeeld waar ze staan (in het Westen, het Oosten, of het midden van een sterrebeeld), met opgaven van afstanden tot de maan en tot elkaar.

„Jaar 7 V 22 Jupiter W. Maagd hel. onder; VI 22 O. Maagd hel. op; X 27 in W. Weegschaal staat stil; jaar 8 II 25 in Maagd staat stil; VI 4 O. Weegschaal hel. onder. Jaar 7 III 10 Venus W. Leeuw avond-onder; III 27 in Kreeft, morgen-op; XII 7 in Vissen morgen-onder; jaar 8 I 13 in de Wagen (β-ζ Tauri) avond-op, Jaar 7 VI 3 Saturnus in Maagd hel. onder; VII 13 O. Maagd hel. op.... Jaar 7 IV 1 Maan 3 ammat W van Mercurius verschijnt; VI 24 Venus grootste elongatie; VII 23 morgen, Jupiter 3 ammat O van de maan; VII 29 morgen, Venus 2 ub. N van Jupiter; VII 12 Saturnus 1 ammat W. van Jupiter.... Jaar 7 IV 14 nacht, $1^2/_3$ beru na begin van de nacht maaneclips, geheel zichtbaar, omvatte de Noordelijke halve schijf; X 14 $2^1/_2$ beru tegen de morgen maan verduisterd, gehele verloop zichtbaar, omvatte Z. en N. deel...."

Hier zijn de afstanden van de planeten tot elkaar en tot de maan gegeven in getallen, waarbij 1 ammat = 24 ubani gebleken is ongeveer $2^1/_2{}^\circ$ te zijn. Een andere tekst met een opeenvolgende reeks van waarnemingsgegevens is uit het jaar 379 v. C., en draagt de titel: „Waarnemingen voor de offer-

[1]) Venus. [2]) Mercurius. [3]) Mars. [4]) Saturnus. [5]) Sirius.

feesten, van de maand Tishritu tot het einde van Adaru van het jaar 26 van Arses, genoemd Artaxerxes". Uit deze titel blijkt, hoezeer dit reeds geheel wetenschappelijk waarnemingswerk nog van priesterlijke ideologie vervuld is; in het bewustzijn van deze sterrekundigen was het nog steeds dienst der goden. Men leest daar b.v.

„VIII 30; maan verschijnt 58m, sikkel; nacht 1, Mars loopt W. onder β Arietis.... nacht 10 maan W van η Pisc; 12 volle maan door halo omgeven, Mars stond er in; de koning en de zoon des konings.... 16 Jupiter in de Schorpioen hel. opk. 46m zichtbaar; 17 in de morgen maan 1 ammat onder β Gem.; 20 in de morgen 1½ ammat O van Regulus.... enz."

Hier wordt de plaats van de maan en de planeten t.o.v. bepaalde sterren aangegeven. Dergelijke daglijsten van de verschijnselen, registers van de geregelde waarneming, zijn ongetwijfeld in alle jaren door de priester-astronomen als deel van hun ambtsplichten samengesteld.

Overgenomen uit deze lijsten werden nu, als eerste volgende stap, voor elke planeet verzamelstaten voor een groot aantal opeenvolgende jaren aangelegd. Zulk een tekst bezit men als fragment van een tafel, die de gegevens voor Jupiter van 387 tot 346 v. C. bevat; datum en plaats t.o.v. de sterren worden daar gegeven voor oppositie, stilstand, heliakische op- en ondergang, benevens het aantal dagen van elke maand, 29 of 30, ten einde daarover geen onzekerheid te laten bestaan. Als volgende stap wordt dan de „hulptafel" voor een bepaald jaar samengesteld door uit al deze planeten-verzamelstaten datgene over te nemen wat juist nodig is. Zo geeft een tekst, die de titel draagt „de eerste dag, de verschijnselen, de bewegingen en de verduisteringen, die voor het jaar 140 Seleukus.... bepaald zijn" achtereenvolgens: jaar 69 opgaven voor Jupiter, jaar 57 eveneens voor Jupiter, jaar 132 voor Venus, jaar 94 voor Mercurius, jaar 81 voor Saturnus, jaar 61 voor Mars, jaar 93 weer voor Mars, en op de achterkant voor het jaar 122 (dus 18 jaren terug) de verduisteringen. Dus juist de boven opgegeven perioden vroeger. En daaruit ontstaat dan, door enige kleine correcties aan datum en plaatsen, de ephemeridentafel voor een bepaald jaar, hier S.E. 140.

Kleinere en grotere fragmenten van zulke vooruitberekende tafels, vaak met afgebroken randen, namen en getallen, zodat allerlei aangevuld moet worden, zijn onderzocht en ontcijferd voor de jaren S.E.104, 120, 194, en evenzo voor S.E. 129, 178 en 301. Alle geven ze voor de planeten heliakische opkomst, ondergang en stilstanden, benevens oppositie, of, bij Venus en Mercurius, grootste elongatie; verder de eclipsen van zon en maan; maar overigens zijn ze niet alle gelijk gebouwd. Het eerste drietal geeft telkens stand en afstand van de planeten tot vaste sterren in boogmaat, b.v. bij S.E. 120:

„II 7 avond Mars boven γ Gem. 4 ammat; 23 avond Mercurius onder β Gem. 2½ ammat.... XII 24 morgen Mars onder α Capr. 2½ ammat...."

In het andere drietal ontbreken deze afstanden, en wordt enkel het sterrebeeld genoemd; b.v. bij S.E. 178 vindt men: „IV.30 Venus en Mars in de Tweelingen, Mercurius in de Kreeft, Saturnus in de Leeuw". Dit lijkt dus ruwer; maar er staan andere opgaven tussen door: „IV.4 Mercurius bereikt de Leeuw, V.3 Mars bereikt de Kreeft, V.15 Venus bereikt de Leeuw.... VI.9 Venus bereikt de Maagd". Waar liggen deze bereikte grenzen? Bij narekening blijkt dat deze grenzen nagenoeg 30° van elkaar verwijderd zijn;

voor alle dierenriemsbeelden werd eenzelfde uitgestrektheid van 30° aangenomen, dus ze werden als „tekens", theoretische afdelingen van de ecliptika opgevat. Zulke opgaven hebben dan de betekenis van lengten in de ecliptika en stellen een hogere vorm van kennis der planetenbeweging voor.

Deze ephemeridentafels tonen reeds een hoge graad van theoretische beheersing van de verschijnselen der planeten. Ze zijn tot in de laatste eeuwen in gebruik gebleven. Want ze zijn uitermate betrouwbaar, daar ze door een eenvoudig rekenmechanisme op waarnemingsgegevens van vroegere jaren berusten. Wij moeten aannemen, dat in al de vroegere eeuwen de theorie geleidelijk verbeterd werd, doordat, nadat de perioden zelf eenmaal gevonden waren, de overschotjes en aan te brengen correcties, door de voorspellingen met nieuwe waarnemingen te vergelijken, steeds zekerder en nauwkeuriger konden worden vastgesteld.

Naast de loop der planeten waren het steeds de eclipsen, die een bijzondere plaats in de voorspellingen innamen. En dus ook in de theorie de grootste vooruitgang toonden. In de Assyrische tijd werden ze reeds in tal van gevallen aangekondigd, waarschijnlijk op grond van de eenvoudige boven aangegeven regel van herhaling telkens na zes maanden binnen elke reeks. Was de afstand tot de knoop te groot geworden, dan hield de reeks van eclipsen op. Maar dan begon spoedig een nieuwe reeks. Immers, de voorafgaande volle maan heeft een lengte 29,11° kleiner, dus ten opzichte van de maandelijks 1,56° teruglopende knoop lag ze 30,67 verder terug. Was dus de afstand tot de knoop zoals in het boven berekende voorbeeld +9,65, +13,67, +17,69, dan was deze voor de vorige volle maan —21,02, —17,00, —12,98, —8,95.... en werd voor deze steeds kleiner. Voor de nieuwe reeks, die 8 keer 6 maanden min één (dus 47 maanden) later valt dan de vorige reeks, schrijven we nu de afstanden tot de knoop (evenals toen afziende van bijkomstige onregelmatigheden) onder die van de eerste reeks van blz. 36:

1ste reeks	—14,50	—10,48	—6,45	—2,43	+1,59	+5,62	+ 9,64	+13,67
2de reeks	—12,98	— 8,95	—4,93	—0,91	+3,11	+7,14	+11,16	+15,18
	geen	part.	tot.	tot.	tot.	part.	part?	geen eclips

De nieuwe reeks begint met een partiële eclips 47 maanden na het begin van de vorige reeks. Tot ook deze ten einde loopt en er een derde op volgt. Laten we verder rekenen en evenzo de waarden voor de volgende rijen opschrijven.

3de reeks	—11,46	— 7,44	—3,42	+0,61	+4,63	+8,65	+12,67	
4de reeks	—13,97	— 9,95	—5,93	—1,90	+2,12	+6,14	+10,16	+14,19
5de reeks	—12,46	— 8,44	—4,41	—0,39	+3,63	+7,66	+11,68	
6de reeks	—14,97	—10,94	—6,92	—2,90	+1,12	+5,15	+ 9,17	+13,19

Zo volgen de reeksen op elkaar, steeds in het midden enige totale eclipsen, die voorafgegaan en gevolgd worden door een of meer partiële eclipsen, en deze groepen zijn van elkaar gescheiden door 3 of 4 maal 6 maanden min één, zonder eclips. De eersten van deze reeksen volgen met tussenpozen van 41 of 47 maanden op elkaar. Aan de getallen kan men zien, dat elk dezer reeksen een eigen verloop of aspect heeft, sommige met twee, andere met drie totale eclipsen. Maar de 6de reeks heeft de getallen weer ongeveer

hetzelfde als de 1ste reeks. Na 5 zulke reeksen moeten dus volgorde en aspect weer op dezelfde wijze terugkomen.

Het is wel waarschijnlijk, dat reeds in de Assyrische tijd de priesters opgemerkt hebben, dat 41 of 47 maanden na een totale eclips weer op een totale of bijna totale eclips was te rekenen. Stellige bewijzen zijn daarvoor moeilijk te geven; zij zeggen er in hun rapporten nooit bij, hoe ze aan hun voorspellingen komen. Van meer belang echter dan deze korte periode van één reeks is de langere periode van vijf enigszins ongelijke reeksen. Hoe lang is die? Binnen de reeksen heeft men 3 keer 7 intervallen en 2 keer 6 intervallen, elk van 6 maanden; tussen de reeksen zijn 5 intervallen van 5 maanden; de totale periode omvat dus $33 \times 6 + 5 \times 5 = 223$ maanden. Dit is de eclipsperiode die — niet door de Babyloniërs zelf en niet bij de Grieken maar in later tijd — onder de naam „saros" bekend is geworden. Deze periode bedraagt $6585^1/_3$ dag, 18 van onze jaren met nog $11^1/_3$ dag; de knopen van de maanbaan zijn dan nagenoeg een volle hemelomtrek teruggelopen, dus is in deze 223 synodische maanden de maan nagenoeg 242 keer teruggekeerd tot dezelfde knoop. Dat de Babylonische sterrekundigen in volgende eeuwen deze periode kenden en gebruikten, blijkt uit de reeds vermelde hulptafel, waar de eclipsen aan een 18 jaren vroeger jaar ontleend werden.

Nog mooier blijkt het uit een beroemde tekst in het British Museum, die door STRASSMAIER en EPPING onderzocht en door hen een Saros-Canon genoemd werd. Zij geeft, in een aantal kolommen gerangschikt, niets dan een lijst van enkel jaarnummers en maandnamen, 2 per jaar, zonder enige verdere toelichting. De jaren zijn regeringsjaren van opeenvolgende koningen, aangegeven door de beginletters: ARTAXERXES II, OCHUS (Umasu), ARSES, DARIUS, ALEXANDER, PHILIPPUS, ANTIGONUS, SELEUKUS, de laatste voortgezet als jaren van de Seleucidische Era tot S.E.35; dus de jaren reiken van 373 tot 277 v. C. De maand verspringt op elke volgende regel 6, of soms 5 maanden. Daar elke kolom van 38 regels een periode van 223 maanden omvat, is het duidelijk, dat dit een lijst van eclipsmaanden moet zijn, aan het begin en slot van elke reeks aangevuld met maanden waar de eclips ontbreekt. Waar het woordje *dir* staat, is een schrikkelmaand ingevoegd en maakt de maandnaam een sprong van slechts 5. In werkelijkheid volgen ze dus steeds met 6 maanden tussentijd op elkaar, behalve bij de horizontale scheidingsstrepen van de reeksen, waar het bijgevoegde „5m" aangeeft, dat de tussentijd 5 maanden is. Vergelijking met modern berekende eclipstafels toont, dat inderdaad de maanden in het midden van elke reeks totale maaneclipsen hadden. De afdelingen tussen de horizontale strepen tellen 3, 8, 7, 8, 8, 4 regels; rekent men de bovenste 3 als voortzetting van de 4 onder aan de vorige kolom, dan zijn de aantallen eclipsmanen in deze reeksen 8, 7, 8, 8, 7, in overeenstemming met wat wij theoretisch berekenden. Vanwaar echter dat vreemde in stukken snijden van de laatste reeks? STRASSMAIER oppert daarvoor aldus een verklaring. In onze berekening vonden wij dat de 223 maanden de maan niet precies op dezelfde afstand tot de knoop terugbrachten; de begin-volle manen schuiven langzaam verder weg en worden door de laatste van de vorige reeks vervangen; het 5 maands interval moet dan 6 maands worden, en een der strepen komt een regel lager. Dit gebeurt dan hier, dan daar, tot ze alle vijf, na 8 à 9 sarosperioden d.i. 150 jaren een regel gezakt zijn. Nu is aan de linkerzijde een stuk afgebroken, hoeveel weten wij niet; dus is de

X	X	dir XI	XI	XI	dir XII
32 IV	4 IV	1Ar IV	5 V	11 V	29 V
dir X	X	X	dir XI	XI	XI
33 II 5m	5 III 5m	2 III 5m	6 III 5m	12 IV 5m	30 IV 5m
VIII	dir IX	IX	IX	(dir) X	X
34 II	6 II	1Da III	1An III	13 III	31 IV
dir VIII	VIII	dir IX	IX	IX	dir X
35 I	7 II	2 II	2 III	14 III	32 III
VII	VIII	VIII	dir IX	IX	IX
36 I	8 II	3 II	3 II	15 III	33 III
VII	VIdirVII	VIII	VIII	dir IX	IX
XII 5m	XII 5m	4 I 5m	4 I 5m	16 I 5m	34 II 5m
37 VI	9 VI	VIa	VII	VII	dir VIII
dir XII	XII	XII	5 I	17 I	35 I
38 V	10 VI	5 VI	VIa	VII	
XI	dir XII	XII	XII	18 I	
39 V	11 V	1A VI	6 VI	VIa	
XI	XI	dir XII	XII	XII	
40 IV 5m	12 IV 5m	2 IV 5m	1Si V 5m	19 V 5m	
dir X	X	X	dir XI	XI	
41 III	13 IV	3 IV	2 IV	20 V	
IX	dir X	X	X	dir XI	
42 III	14 III	4 IV	3 IV	21 IV	
IX	IX	dir X	X	X	
43 III	15 III	5 III	4 IV	22 IV	
dir IX	IX	IX	dir X	X	
44 I 5m	16 II 5m	6 II 5m	5 II 5m	23 III 5m	
VII	dir VIII	VIII	VIII	dir IX	
45 I	17 I	7 II	6 II	24 II	
VII	VII	dir VIII	VIII	VIII	
XIIa	18 I	1Phi I	7 II	25 II	
46 VI	VII	VII	dir VIII	VIII	
XII	XIIa	2 I	8 I	26 II	
1U VI	19 VI	dir VII	VII	VIII	
XI 5m	XI 5m	XII 5m	XII 5m	XIIa 5m	
2 V	20 V	3 V	9 VI	27 VI	
dir XI	XI	XI	dir XII	XII	
3 IV	21 V	4 V	10 V	28 VI	

Babylonische Saros-Canon.

tafel met vroegere jaren begonnen en lagen de scheidingsstrepen hoger. Als de tafel begonnen was met jaren uit de negende eeuw v. C., dus 4½ eeuw vroeger, dan viel toen een deelstreep met boven- en onderrand samen; maar dan zouden er vooraan 25 kolommen afgebroken moeten zijn!

Deze Saros-Canon stelt ons de wijze, waarop de Babylonische wetenschap gegroeid is, helder voor ogen. Wij zien hier, hoe uit de kennis van de zesmaandse opeenvolging der eclipsen binnen een reeks het verdere inzicht groeide van telkens nieuwe reeksen die in de plaats van de vorige traden, waarin dus een 41- of 47-maandse periode te voorschijn kwam. De ongelijkheid der opeenvolgende reeksen zal dan als moeilijkheid opgetreden zijn. Hier kwam echter de omstandigheid te hulp, dat het verschillend aspect der opeenvolgende eclipsen bepaald wordt door de wisselingen in de afstand van de maan tot de aarde, waarbij zowel haar eigen schijnbare middellijn als die van de aardschaduw veranderen. De wisselingen in de afstanden bij volle maan komen na 9 jaren op dezelfde wijze terug; dus zullen ook elke 18 jaar de hieruit ontstane verschillen in duur en grootte der eclipsen zich op dezelfde wijze herhalen. Bovendien zijn er onregelmatigheden door de wisselende zonsnelheid, waardoor de plaats van de Volle Maan in het voorjaar tot 2° vóór, in het najaar evenveel achter kan zijn bij de getallen, die wij volgens een regelmatig verloop neerschreven; deze verschillen zijn afhankelijk van de jaardatum, dus komen na 18 jaar en 11 dagen ook nagenoeg op dezelfde wijze terug. Elk der opeenvolgende reeksen heeft zo zijn eigen groter of kleiner aantal totale en partiële eclipsen, met zijn eigen opvolging van verschillende aspecten; maar deze herhalen zich na de 18-jarige periode nagenoeg op dezelfde wijze. Dit moet wezenlijk geholpen hebben om de grotere periode van telkens 5 enigszins ongelijksoortige reeksen mettertijd op te merken en vast te stellen. Wij weten niet, uit welke tijd deze tekst afkomstig is; in elk geval na 300 v. C., want de Seleucidische Era wordt er reeds in gebruikt. Deze gehele ontwikkeling moet dan in de Perzische tijd plaatsgevonden hebben, in de zesde tot de derde eeuw v. C.

De Saros-Canon is een belangrijk document van Babylonische wetenschap. Zij is niet, zoals vele andere teksten, gedeeltelijk een lijst van waarnemingsgegevens, gedeeltelijk een lijst van daarop gegronde voorspellingen; zij is een over verleden en toekomst gelijkmatig zich uitstrekkende formulering van de theorie. Doordat zij het gehele veld van verschijnselen, de veelheid van vroegere en latere maaneclipsen in één gecondenseerde tabel, als in een abstract beeld, weet samen te vatten, toont zij tot welke hoogte van theoretische voorstelling de wetenschappelijke sterrekunde zich hier heeft kunnen verheffen.

De vraag dringt zich op, of ook voor zoneclipsen zulke voorspellingen reeds mogelijk waren. Nu zijn de op één bepaalde plaats op aarde zichtbare zoneclipsen maar ongeveer half zo talrijk als de maaneclipsen, en ze vallen, als ze niet zeer groot zijn, niet zo gemakkelijk op, als wat er aan de nachtelijke hemel gebeurt. Daarenboven is hun zichtbaarheid, door de werking van de parallaxe, veel onregelmatiger; een regel zou dus hier veel moeilijker zijn op te sporen. Wel komen er onder de rapporten der astrologen, en ook bij de astronomen uit latere tijd, enkele gevallen voor, dat zoneclipsen verwacht of voorspeld worden, zonder dat men de basis hiervoor kent. Zoneclipsen die steeds een halve maand vóór of na de maaneclipsen komen, treden juist in

de tijden op, als de reeksen van maaneclipsen in elkaar overgaan, want, omdat de zon tussen volle en nieuwe maan 15° aflegt, is de afstand tot de knoop juist dan zeer klein, als ze bij volle maan 15° is. Het zou kunnen zijn, dat met de kennis van de 47 of 41 maandse periode ook opgemerkt was, dat zoneclipsen daar midden tussen vielen, 23½ of 20½ maand na de totale maaneclipsen. Maar dit alles is onzeker, en slechts uit een groter materiaal aan teksten zal men kunnen vinden, hoever de Babylonische sterrekunde hier gekomen is.

6. CHALDEEUWS TAFELWERK

Met de dood van ALEXANDER en de stichting van het rijk der Seleuciden begint het verval van Babylon. Door de handel van de Grieken met Egypte en over de Zwarte Zee was reeds onder de Perzische koningen, die tevergeefs getracht hadden deze concurrenten te onderwerpen, een belangrijk deel van de Oost-West-handel voor Babylon verloren gegaan. In het Hellenistische tijdvak werd het zwaartepunt van de wereldhandel steeds meer naar de Middellandse Zee verlegd; nieuwere Griekse steden, vooral het krachtig opbloeiende Alexandrië, dat door de Rode Zee verbinding met Indië had, werden tot rijke handels- en industriecentra. Babylon kwam ver buiten de routes van het nieuwe wereldverkeer te liggen; het verarmde, werd als hoofdstad eerst door het nieuwe Griekse Seleucia vervangen, en weldra werd Syrië het centrum van het Seleucidische rijk. Door de verovering door de Parthen in 181 v. C. werd Mesopotanië geheel van de Middellandse Zee afgesneden. Men hoort en leest in de drie laatste eeuwen v. C. dan ook niet veel meer van Babylon. Natuurlijk blijft Mesopotamië dan, en nog lang daarna, als vruchtbaar landbouwland een bron van welvaart voor de kleinere van ouds bekende stedelijke centra, en tevens een bron van macht voor de daar heersende volken en vorsten; maar toch alleen van locaal belang.

Op de wetenschap werkte dit niet onmiddellijk terug. Het is al meer in de wereldgeschiedenis gebeurd, dat na eenmaal gewekte energie de tradities, methoden en gedachtengangen van cultuur en wetenschap door hun eigen kracht in het gilde der kunstenaars en natuuronderzoekers bleven doorwerken en zelfs tot een hogere bloei kwamen, lang nadat de bloei van economisch en politiek leven, waaruit zij hun eerste impuls kregen, was verlept. Zo ging het ook hier. In de drie laatste eeuwen v. C. ging de ontwikkeling der sterrekunde steeds voort, en eerst in deze tijden bereikt zij haar hoogtepunt. Wij kunnen dan niet meer van een Babylonische sterrekunde spreken; haar zetels zijn nu, naast de vervallende oude hoofdstad, andere steden in Mesopotamië, reeds van vóór de opkomst van Babylon bekend, zoals Borsippa, Uruk, Sippara; uit de puinheuvels van deze plaatsen zijn de scherven en fragmenten afkomstig, die ons een beeld van de hoogste ontwikkeling der Chaldeeuwse wetenschap tonen.

Het is een geheel nieuwe vorm van sterrekundige theorie, die ons hier

tegemoet treedt. Terwijl de ephemeriden voor elk bepaald jaar, die in deze eeuwen ook door blijven gaan, voor practische behoeften geheel voldoende zijn, moest toch het streven opkomen, elk afzonderlijk verschijnsel, b.v. de oppositie van een planeet, voor alle toekomende tijden op een algemene manier weer te geven, b.v. door een onbepaald voort te zetten tabel. De verschijnselen worden ook niet meer kwalitatief beschreven, maar als zuivere kwantiteit opgevat; in plaats van stand in een sterrebeeld of afstand tot een ster in ammat en ubani komen nu de coördinaten lengte en breedte t.o.v. de ecliptica. De maat voor de lengte wordt nu het dierenriemsteken, $^1/_{12}$ van de ecliptica, en de graad, $^1/_{30}$ van een teken, met zijn sexagesimale onderdelen.

In hun sexagesimaal getallensysteem bezaten de Babyloniërs van ouds een voortreffelijk hulpmiddel voor het rekenen met sterrekundige grootheden. De getallen lopen van 1 tot 59 (5 haakjes en 9 streepjes), en elk volgend getal is in een 60 maal kleinere eenheid dan het vorige uitgedrukt. Door dit beginsel van waarde volgens de plaats (evenals in ons eigen tientallig stelsel) konden onbepaald grote getallen door steeds hogere machten van 60 en onbepaald kleine door steeds hogere machten van $^1/_{60}$ worden weergegeven. De fragmenten van sterrekundige tafels, die wij kennen, bevatten bijna nooit iets anders dan kolommen en rijen van getallen, met daartussen soms dierenriemstekens en maandnamen. De betekenis is uit hun waarde en verloop dikwijls spoedig te vinden; soms echter heeft het de grootste inspanning van vernuft, lang zoeken, en samenwerking van verscheidene onderzoekers geëist om de zin van elk getal te ontdekken; te meer, daar wat wij hebben vaak copiën zijn, met copieerfouten, die eerst door de ontcijfering zelf waren vast te stellen.

Hoe de Chaldeeuwse sterrekundigen tot deze tafels zijn gekomen, of op welk soort waarnemingen zij berusten, weten wij niet. Hebben zij lengten van sterren in de dierenriem afgeleid en daarmee de planeten vergeleken, of hebben ze een of ander instrument met verdeelde cirkels en vizierinrichting tot het meten van lengteverschillen langs de ecliptica gebruikt? Over hun instrumenten en meetmethoden gaven hun kleitafeltjes tot nog toe geen enkele inlichting. Ook ontbreken teksten met zodanige waarnemingsgegevens, dat wij ze als de bron zouden kunnen beschouwen van de dan daaruit afgeleide theoretische tafels. Ineens staan deze voor ons in hun volle ontwikkeling, als het ware door een kloof gescheiden van waarneming en theorie der vorige eeuwen. Al begrijpen wij, dat ze uit steeds zorgvuldiger waarnemen van de details der verschijnselen moeten zijn ontstaan, toch is het hoe nog in duister gehuld.

De tafels waarover het hier gaat zijn van tweeërlei aard, maantafels en planetentafels. Het doel is steeds die grootheden, die hoofdobject der waarneming waren, die men dus nodig achtte te kennen, onder algemene gezichtspunten te reproduceren. De planetentafels geven, in vijf kolomafdelingen naast elkaar gerangschikt, de markante verschijnselen: heliakische opkomst, eerste stilstand, oppositie, tweede stilstand en heliakische ondergang, voor alle opeenvolgende jaren, en wel voor elk de tijd (datum) en de lengte in de ecliptica, met de voor de berekening gebruikte hulpgetallen. De maantafels geven de afleiding van tijd en plaats van de nieuw verschijnende sikkel of van de volle maan, door middel van een groot aantal in opeenvolgende

kolommen uit elkaar afgeleide hulpgrootheden. De maantafels tonen vaak uiterst ingewikkelde en ook slechts gedeeltelijk of met grote moeite opgehelderde methoden en rekenwijzen; de planetentafels zijn, daarmee vergeleken, zeer eenvoudig gebouwd.

Doordat nu in plaats van de kwalitatieve plaatsaanduiding door sterrebeelden de kwantitatieve door lengten is gekomen, treedt als belangrijkste feit de afwisseling van grotere en kleinere snelheid van beweging naar voren. De opposities, en evenzo de andere verschijnselen, volgen soms met groter intervallen van tijd of van plaats op elkaar; dan weer, aan de andere kant van de ecliptica, sneller of op kleiner afstanden van elkaar. Zulke periodieke wisselingen kunnen het zuiverst door een golflijn, een sinus-functie worden weergegeven; de Grieken hebben dit bereikt door van de meetkundige voorstelling van uitmiddelpuntige cirkels in de ruimte uit te gaan. Maar de Chaldeeuwse waarnemers hadden deze ruimtevoorstelling niet; voor hen was wat ze aan de hemel zagen niet een ruimtelijk heelal met cirkelbanen, maar een uitspansel, waarlangs de hemellichten hun geheimzinnig-grillige banen beschrijven. Zij ontwikkelden geen meetkundig-constructieve voorstellingen omtrent wereldbouw in de ruimte; zij waren geen speculatieve denkers, maar priesters, die gebonden waren aan overgeleverde godsdienstige riten, en dus geen aanleiding hadden nieuwe kosmische ideeën te vormen in strijd met de oude leer. De planeten waren voor hen geen wereldlichamen in de ruimte; ze bleven lichtgoden, die langs het hemelgewelf voortschrijden, zoals levende wezens over het aardoppervlak bewegen. Nog tot het laatst toe staat als inleiding aan het begin van de planeten- en maantafels de sacrale formule „In naam van god Bel en godin Beltis, mijn meesteres, een omen". Als priesterwetenschap kon de Chaldeeuwse sterrekunde niet buiten het overgeleverde wereldbeeld treden; maar tegelijk noopte de verfijnde kennis der verschijnselen en het grote waarnemingsmateriaal tot een theoretische samenvatting.

Zo stonden deze onderzoekers voor de taak de onregelmatigheid in de planetenbeweging door zuiver rekenkundige methoden weer te geven. Eerst hebben zij zich met een eenvoudige maar ruwe methode beholpen: in de ene helft van de ecliptica namen zij een constante grotere, in de andere helft een constante kleinere snelheid aan. Maar daarna kwamen zij er toe om de wisselingen in snelheid door een zigzaglijn voor te stellen, een beurtelings volkomen gelijkmatig afnemen en toenemen, tussen twee vaste grenzen als uiterste waarden. Aan deze grenzen keert de op- en neergang telkens plotseling om, alsof de beweging daar teruggekaatst wordt. Wat hier ontbreekt is dus de voorstelling van continuïteit, van geleidelijk langzamer worden van de toename, de stilstand, en dan de beginnende, steeds sneller wordende afname; de wisseling bestaat in sprongen van strakke getallenrijen.

Als voorbeeld moge hier een reeks van getallen dienen, ontleend aan een op blz. 55 weergegeven fragment van een Jupitertafel, voorstellende de lengten van de opeenvolgende tweede stilstanden, en hun toename van regel tot regel, dus de beweging in elke tussentijd. Daarnaast schrijven wij de verschillen in deze bewegingen.

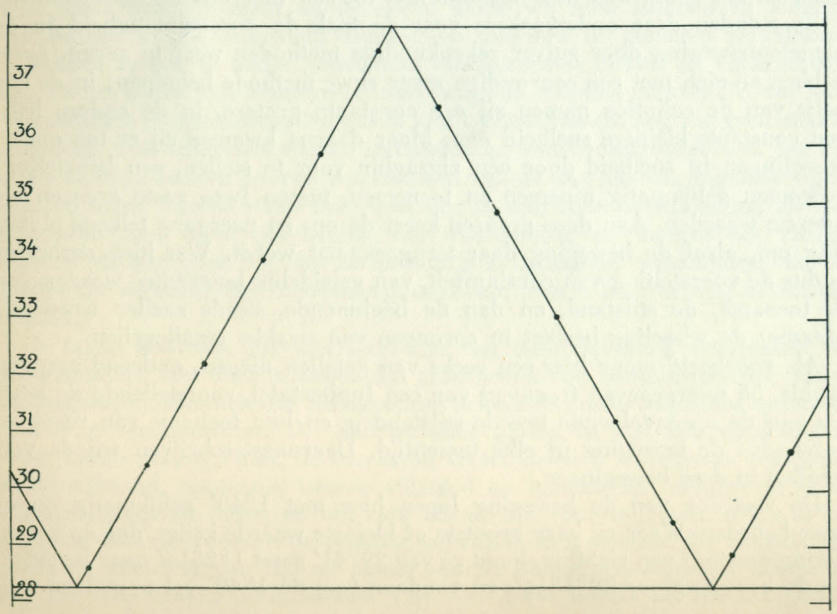
De waarden van de beweging lopen hier met 1°48′ gelijkmatig op of naar beneden. Waar zij haar grootste of kleinste waarde krijgt, dus de verandering omkeert van richting, loopt ze van 29°41′ eerst 1°25½′ naar beneden, tot de benedengrens 28°15½′, en vandaar (om de 1°48′ vol te maken) nog

22½′ naar boven, dus ze is totaal 1°3′ kleiner geworden. Evenzo bij de andere grens: van 37°38′ tot de bovengrens 38°2′ is een toename van 0°24′, dus volgt er nog een afname van 1°24′ op, die de waarde 1°0′ beneden

Lengte		Beweging	Verschillen	Berekende golflijn	Afwijking	Beweging
Kreeft	21° 49′			21° 56′	— 7′	
		29° 41′				29° 19′
Leeuw	21 30		—1° 3′	21 15	+15	
		28 38				29 11
Maagd	20 8		+1 48	20 26	—18	
		30 26				30 4
Weegschaal	20 34		+1 48	20 30	+ 4	
		32 14				31 59
Schorpioen	22 48		+1 48	22 29	+19	
		34 2				34 16
Schutter	26 50		+1 48	26 45	+ 5	
		35 50				36 11
Waterman	2 40		+1 48	2 56	—16	
		37 38				37 7
Vissen	10 18		—1 0	10 3	+15	
		36 38				36 45
Ram	16 56		—1 48	16 48	+ 8	
		34 50				35 14
Stier	21 46		—1 48	22 2	—16	
		33 2				32 59
Tweelingen	24 48		—1 48	25 1	—13	
		31 14				30 49
Kreeft	26 2		—1 48	25 50	+12	
		29 26				29 25
Leeuw	25 23		—0 33	25 15	+13	
		28 53				29 14
Maagd	24 21		+1 48	24 29	— 8	
		30 41				30 20
Weegschaal	25 2			24 49	+13	

de vorige brengt. In een grafische voorstelling liggen al deze waarden op een op- en neergaande zigzaglijn, waarvan de spitsen boven en onder alle even hoog liggen.

Natuurlijk kan deze voorstelling van een vloeiende golflijn en een geleidelijk toe- en afnemende grootheid door een hoekige zigzag van rechte stuk-

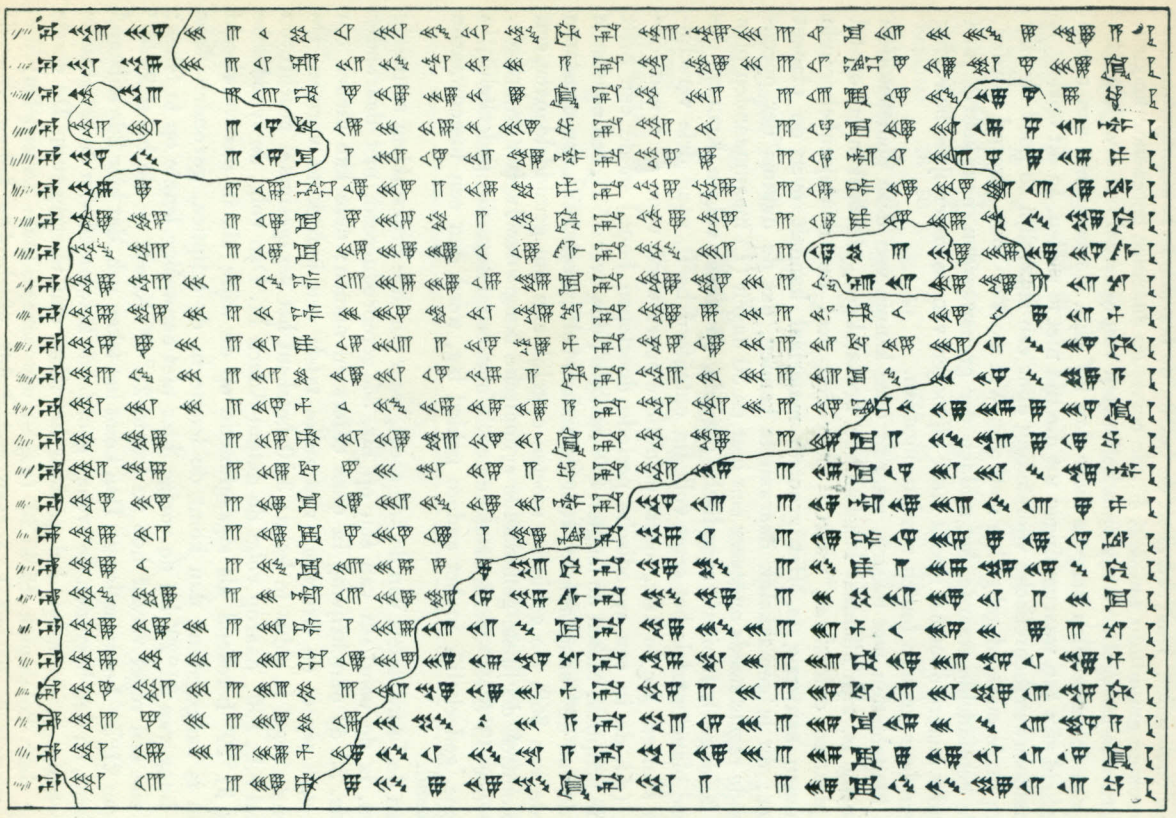


ken en abrupt omkerende waarden niet geheel juist zijn. Hoeveel het scheelt kan blijken uit de drie laatste kolommen van de tabel, die een berekende golflijn voorstellen. Daarvan geeft de laatste de berekende beweging voor een aangenomen amplitudo van 2 × 4°, de eerste de daarmee berekende lengten, en de tweede hoeveel de Babylonische lengten van deze golflijn afwijken. Het blijkt dat de verschillen nergens meer dan 20′ zijn. Hogere eisen van nauwkeurigheid zijn aan waarnemingen uit die tijd niet te stellen. In dit opzicht is de Chaldeeuwse theoretische voorstelling door een zigzaglijn zo goed als elke andere in de oudheid gebruikte methode. Wel moet er voor gezorgd worden, dat de gemiddelde waarde, het midden der grenswaarden, nauwkeurig juist is, omdat anders door het steeds maar bijvoegen van de tussentijdse beweging op den duur grotere fouten zouden ontstaan.

De kleitabletten met teksten, waaruit onze kennis van deze planetentafels afkomstig is, zijn allemaal beschadigde brokstukken, afgebroken en op tal van plaatsen onleesbaar, waarop maar een deel van de bijeenbehorende kolommen aanwezig is. Het grootste materiaal handelt over de planeet Jupiter; dit is gemakkelijk daaraan te kennen, dat de datums der opeenvolgende regels steeds ongeveer een jaar en 30 dagen (13 maanmaanden plus 10 à 20 dagen), Jupiter's synodische periode, op elkaar volgen. KUGLER, die al deze planetentafels het eerst volledig ontcijferd heeft, vond drie verschillende soorten. In de 1ste, meest primitieve soort werd voor de synodische boog (d.i. de in een synodische periode doorlopen boog) in de ene helft van de ecliptica, tussen de lengten 85° en 240°, dus over 155°, een constante waarde van 30° aangenomen, voor de andere helft, over 205°, een constante waarde van 36°. De gebieden moeten ongelijk zijn om gemiddeld over een hemelomtrek de juiste gemiddelde synodische boog voor Jupiter te krijgen, waarvoor 33°8′45″ werd aangenomen. Voor een boog, die gedeeltelijk in het ene, gedeeltelijk in het andere gebied lag, werd dan een tussenwaarde berekend.

Van de Jupitertafels van de 3de soort, waarvan drie brokstukken aanwezig waren, is de voorkant van één op blz. 54 gereproduceerd, met daaronder op blz. 55 de omschrijving in onze cijfers en namen; deze kan dienen om zich van aspect en structuur van zulke tafels een indruk te vormen. De bovenste regel is aldus te lezen: 3,10 betekent het sexagesimaal geschreven jaartal S.E. 190; daarop volgt de datum Adaru 11. Dan volgt de synodische boog 31°29′ berekend als zigzagfunctie op de wijze als in ons voorbeeld boven is aangegeven; dan komt de lengte in de ecliptica, gevonden door deze boog van 31°29′ bij de vorige, hier niet aanwezige lengte op te tellen; men ziet een regel verder hoe de lengte 21°49′ Kreeft + de boog 29°41′ als som 21°30′ Leeuw oplevert. Dan komt het teken ush, dat hier 2de stilstand betekent, en dan beginnen de evenzo geordende kolommen van de heliakische ondergang, in de laatste kolom door het teken shu weergegeven. De eerste onder deze kolommen 43,45,30 (dagen met sexagisimale onderdelen) dienen, evenals de helemaal vooraan gedeeltelijk afgebroken kolom, voor de datumberekening; dan komen jaartal enz. evenals in de vorige afdeling.

Deze tafels van de 3de soort tonen dus een hogere graad van nauwkeurigheid, door de geleidelijke veranderingen van de synodische boog, die door een zigzaglijn tussen de grenzen 28°15½′ en 38°2′ wordt weergegeven. De gemiddelde waarde is 33°8¾′, hetzelfde als bij de tafels van de 1ste soort.



Spijkerschrift-tekst Sp. II 46 (Voorzijde.)
(naar F. X. Kugler, Entwicklung der babylonischen Planetenkunde, Tafel XVII)

. . 30	3 10	XII 11	31 29	21 49	♋	ush	43 45 30	3 11	IV 22	30 39	5 47	♌ shu
. . 30	3 11	XIII 22	29 41	21 30	♌	,,	41 57 30	3 12	V 4	28 51	4 38	♍ ,,
. .	3 13	II 4	28 38	20 8	♍	,,	40 32	3 13	VI 14	29 .	. 6	♎ ,,
42 31	. .	III 16	30 26	20 34	♎	,,	42 20	3 14	VII 27	. .		
. .	. .	. 1	32 14	22 48	♏	,,	44 8	3 15	VIII 11	. .		
46 7	3 16	V 17	34 2	26 50	♐	,,	45 56	3 16	IX 27	34 52		
47 55	3 17	VII 5	35 50	2 40	♒	,,	47 44	3 17	XI 14	36 40		
49 43	3 18	VII 25	37 38	10 18	♓	,,	49 32	3 .	. .	37 36		
48 43 30	3 19	IX 13	36 38	16 56	♈	,,	48 54 30	3 19	. .	35 48		
46 55 30	3 20	IX 30	34 50	21 46	♉	,,	47 6 30	3 21	II 10	34 0		
45 7 30	3 21	XI 15	33 2	24 48	♊	,,	45 18 30	3 22	III 25	32		
43 19 30	3 22	XII 28	31 14	26 2	♋	,,	43 30 30	3 23	IV 9			
41 31 30	3 24	I 10	29 26	25 28	♌	,,	41 42 30	3 24				
40 58	3 25	II 21	28 53	24 21	♍	,,	40 47	3 25				
42 46	3 26	III 4	30 41	25 2	♎	,,	42					
44 34	3 27	IV 18	32 29	27 31	♏	,,						
46 22	3 28	VI 4	34 17	1 48	♐	,,						
48 10	3 29	VI 23	36 5									
49 58	3 30	VIII 13	37 53									
48 28 30	3 31	IX 1	36 .									
46 40 30	3 32	X 18	34 .									
44 52 30	3 33	XII 3										
43 4 30	3 34	XIII 16										
41 16 30	3 36	I 27										
41 13	3 37	II .										

Sp. II 46. Voorzijde. Transscriptie

Men kan uit deze tafels nog meer aflezen omtrent de grondelementen, waarvan de Chaldeeuwse astronomen uitgingen. Een op- en neergang van de zigzaglijn komt overeen met een omloop van de planeet, omdat dan de snelheid tot dezelfde waarde terugkeert. Opgang en neergang tesamen, de dubbele afstand der grenzen, dus $2 \times 9°46\frac{1}{2}' = 19°33'$, is $10^{31}/_{36}$ keer de waarde van één stap $1°48'$, die bij een synodische periode behoort. Hier wordt dus aangenomen, dat een Jupiter-omloop $10^{31}/_{36}$ synodische perioden bevat; anders gezegd: dat 391 synodische perioden gelijk zijn aan 36 Jupiter-omlopen, dus aan $391+36 = 427$ jaren. Dit is een nauwkeuriger benadering van de vroeger gegeven kortere perioden; maar zij laat zich dadelijk uit de overschotten bij deze afleiden: 6 keer 65 perioden, ieder = 6 omlopen min$5°33'$, met één periode vermeerderd; of ook 5 keer 76 perioden, ieder = 7 omlopen $-0°57'$, met 11 perioden = 1 omloop vermeerderd. Wanneer men het aantal 391/36 op 360° deelt krijgt men voor de synodische boog $33°8'44'',8$, wat zonder bezwaar op $33°8'45''$ kon worden afgerond.

Op analoge wijze, door zigzaglijnen tussen even wijd genomen grenzen, 50,7,15 en 40,30,5 dagen [1]), werden de verlopen tussentijden, en daaruit de datums berekend. Hier stonden de Chaldeeuwse astronomen voor de moeilijkheid, dat ze onmogelijk konden weten hoe lang in latere jaren elke maand zou zijn, 29 of 30 dagen, waardoor het totale aantal dagen onzeker zou zijn. Maar over het aantal maanden was door de 19-jarige schakeling nooit onzekerheid. Dus vonden ze deze eenvoudige uitweg, dat ze voor elke maand 30 dagen namen, d.w.z. de maand in 30 gelijke delen, ietsje kleiner dan een dag, verdeelden. Hun berekende datums binnen elke maand betekenen dus deze gereduceerde dagen, en voor de toch maar ruw vast te stellen tijdstippen van stilstanden en heliakische op- en ondergangen, zelfs voor de opposities, was dit geheel voldoende.

Jupitertafels van de 2de soort, in een wat groter aantal fragmenten voorhanden, staan in nauwkeurigheid tussen de beide andere in; voor twee tegenover elkaar gelegen delen van de ecliptica, 120° en 135° uitgestrekt, was de synodische boog 30° en 36° als bij de 1ste soort; maar daartussen lagen overgangsgebieden, 53° en 52° groot, waar een tussenwaarde van $33°45'$ werd genomen. Daardoor werden natuurlijk de aan de grenzen oplopende grootste fouten wat afgeknot. Het bijzondere is hierbij, dat ook een tekst gevonden is met enkel uitvoerige voorschriften, blijkbaar voor de tempelleerlingen bestemd, hoe de berekening van deze tafels is uit te voeren.

Wanneer hier over nauwkeurigheid der tafels wordt gesproken, wordt enkel de formele nauwkeurigheid bedoeld, die met deze methoden als theoretische formulering is te bereiken, niet de werkelijke juistheid der voorhanden tafelwaarden. Want de fouten daarin kunnen veel groter zijn door de onjuistheid, de gebrekkige kennis van de grootheden, waarop de tafels berusten. De lengten van het 2de keerpunt van Jupiter in de tafels van de 3de soort zijn dikwijls tot meer dan $1\frac{1}{2}°$ fout. Dat komt niet daarvandaan dat de zigzaglijn op zichzelf onvoldoende is, maar doordat ten eerste de grenswaarden te ver uiteenliggen, en doordat bovendien de plaats van geringste snelheid op 150° lengte is aangenomen, terwijl 160° juister was geweest. Voor practisch gebruik kon de theoretisch primitievere methode van

[1]) Naar gebruikelijke schrijfwijze scheiden de komma's de opeenvolgende sexagesimalen.

het afleiden van ephemeriden uit vroegere jaren nauwkeuriger uitkomsten leveren; maar de tafels vertegenwoordigen een hogere graad van theoretische beheersing der verschijnselen.

Soortgelijke tafels, maar veel minder volledig, zijn ook voor andere planeten gevonden. Voor Saturnus bestaat maar een klein brokstuk met opposities van S.E. 155 tot 167, die volgens de derde soort gebouwd, op de betrekking 9 omlopen = 256 synodische perioden = 265 jaren berusten. Voor Mars is een tekst gevonden, die uit Uruk afkomstig is, en opmerkenswaardig is, omdat de sterke wisselingen in snelheid bij deze planeet in rekening gebracht zijn door het beginsel van de 2de soort konsekwenter toe te passen. De ecliptica is daartoe in 6 gelijke stukken van 60° lengte verdeeld, waarin de synodische boog telkens een andere waarde heeft, verspringend van 90° in Steenbok en Waterman, over $67\frac{1}{2}°$, 45°, tot 30° in Kreeft en Leeuw, en dan weer over 40° en 60 tot 90°. Daar wordt dan aldus mee gewerkt: ligt een beginpunt b.v. op Waterman 10°, dan ligt nog $20° = {}^{2}/_{9}$ boog in de Waterman; de overige ${}^{7}/_{9}$ in het volgende gebied meet ${}^{7}/_{9} \times 67\frac{1}{2}° = 52\frac{1}{2}°$, reikt dus over de Vissen tot in de Ram, tot eindpunt Ram $22°30'$. Rekent men uit hoeveel synodische bogen op de hemelomtrek gaan, dan komt er bij deze zes zo eenvoudige ronde getallen de zeer weinig foutieve waarde 133/18 uit, d.w.z. dat 133 synodische perioden = 151 omlopen = 284 jaren zijn.

Voor Venus bezit men enige fragmenten van tafels, die verschijnen, stilstand en verdwijnen aangeven, zowel 's ochtends als 's avonds. Omdat deze telkens na 8 jaar op nagenoeg dezelfde lengte terugkomen, slechts met $2°40'$ verminderd, is het niet wel mogelijk, daaruit de regel voor de synodische bogen af te leiden.

Ook van Mercurius, die zowel door zijn onregelmatigheden alsook doordat hij alleen in sterke schemering kort zichtbaar is, door alle eeuwen heen de moeilijkste onder de planeten is gebleven, zijn enige teksten aanwezig, waarvan echter vele getallen haast onleesbaar zijn. Ze geven dag en plaats van verschijnen en verdwijnen als avondster en als morgenster, in de jaren S.E. 145—153 en 170—185. Voor het verschijnen werd op analoge wijze gehandeld als bij de andere planeten; voor drie delen van de ecliptica werden verschillende constante waarden voor de synodische boog aangenomen. En wel 106° van lengte 121° tot 286°, $141\frac{1}{3}°$ $(= {}^{4}/_{3} \times 106)$ van 286° tot 60°, en $94\frac{2}{9}°$ $(= {}^{8}/_{9} \times 106°)$ van 60° tot 121°. Een curieus onsymmetrisch verloop; maar de gemiddelde waarde van de synodische boog, die daaruit volgt, nl. $848/2673 \times 360° = 114°12'31'',5$ ligt slechts $4''$ beneden de werkelijke waarde, en de bijbehorende synodische periode 115d 21u 3m 51s is nauwkeuriger, dan zelfs bij zovele eeuwen voortgezette waarnemingen kon verwacht worden. De tijden en plaatsen van verdwijnen werden dan verkregen door bij de plaatsen van verschijnen een bedrag voor de zichtbaarheidsweg bij te voegen, dat enkel met het dierenriemsteken veranderde, tussen 44° en 12°. Bij deze planeet komt de gebrekkigheid van zulk een wijze van behandelen wel gaandeweg naar voren. Vergelijking met moderne berekening toont soms fouten die tot 10° oplopen, maar doorgaans toch niet meer dan een paar graden zijn. Gezien de moeilijkheid van het waarnemen is dit nog mooi; maar het waagstuk om ook Mercurius naar dezelfde theoretische beginselen te behandelen, is toch niet geheel geslaagd; daarvoor was het geval te moeilijk.

En nu de maan. Bij de beschouwing van de Chaldeeuwse maantafels wordt men getroffen door hun ingewikkelde bouw, d.w.z. door de hoge graad van kennis omtrent de ingewikkeldheden van de maanbeweging, die daarin voor den dag komt. Maar nauwelijks geringer is dan onze bewondering voor de scherpzinnigheid en volharding, waarmee moderne onderzoekers — voornamelijk de drie paters EPPING, KUGLER en SCHAUMBERGER, van 1889 tot 1935 op elkaars werk voortbouwend — uit enkele met soms haast onleesbare tekens beschreven scherven deze oude wetenschap weer aan het licht wisten te brengen. Er bleken twee verschillende soorten van tafels en systemen van berekening voor te komen. Van de ene, die eerst in latere jaren, omstreeks S.E. 180 (130 v. C.), optreedt, is een uit stukjes samengevoegde grote tafel bekend, die 18 kolommen verschillende voor de berekening noodzakelijke grootheden bevat. Van de andere al in oudere tijden (S.E. 140) optredende en in allerlei opzichten primitievere soort waren een aantal kleine brokstukjes aanwezig, die ieder slechts een paar kolommen over korte tijd bevatten, zodat nergens een regel te vinden is, die de berekening van het begin tot het eindresultaat laat zien. Toch bleek het mogelijk, door ze te combineren, de gehele gang te reconstrueren, waarbij een paar eclipstafels, die tot ditzelfde systeem behoorden, en een „leertekst" met voorschriften voor de berekening, goede hulp en contrôle boden.

De gang van de berekening bestond daarin, dat eerst tijd en plaats van de preciese conjuncties van zon en maan berekend werden, of (meest aan de achterkant van hetzelfde tablet) van de opposities, de volle maan. Uit de conjuncties (wat wij „nieuwe maan" noemen) moesten dan door verschillende correcties de dag en de omstandigheden van het verschijnen van de nieuwe maansikkel afgeleid worden. Daartussen werd dan een zijweg naar de afleiding van de eclipsen ingeslagen, door de beweging van de maan in breedte te berekenen; hierbij kwamen zoneclipsen evengoed als maaneclipsen voor den dag.

De ingewikkeldheid van het vraagstuk bestond vooral daarin, dat de conjuncties van zon en maan moeten gevonden worden, terwijl beide met veranderlijke snelheid de ecliptica doorlopen. Wanneer het gaat om de ontmoetingen van een snellopend en een langzaamlopend hemellicht, zal de plaats van ontmoeting hoofdzakelijk door het langzame, de tijd van ontmoeting voornamelijk door het snelle lichaam bepaald worden. Dat de oude Chaldeeuwse astronomen zich hiervan bewust waren, blijkt wel uit de wijze, waarop ze de gehele berekening in onderdelen, als het ware in haar samenstellende componenten gesplitst hebben. Eerst werden, door de onregelmatigheid van de zonsloop in rekening te brengen, de plaatsen van de conjuncties of opposities, dus de lengten van de volle en nieuwe manen in de ecliptica berekend; en daaruit werden alle grootheden afgeleid, die van deze lengten afhangen. Vervolgens werden, om het tijdsverloop tussen de opeenvolgende nieuwe of volle manen te vinden, de onregelmatigheden in de maanbeweging in ogenschouw genomen.

De veranderlijkheid van de zonssnelheid komt voor den dag in de eerste kolommen van hun tafels, die de lengten van NM of VM geven. In het oudere systeem wordt ze op dezelfde ruwere manier als in de planetentafels van de eerste soort aldus in rekening gebracht, dat voor de ene helft van de ecliptica een constante grotere voortgang per maand (30°) wordt genomen, voor de andere helft een constante kleinere voortgang ($28^1/_8{}^\circ = {}^{15}/_{16} \times 30^\circ$). Om daarbij de gemiddelde snelheid goed te krijgen moeten dan die beide helften ongelijk lang worden genomen; 30° geldt van 163° tot 357° zonslengte, $28^1/_8{}^\circ$ geldt van 357° tot 163°; dan komt er uit, dat $12^{83}/_{225}$ synodische maanden op een zonsomloop komen. Uit de gemiddelde synodische maand 29d 12u 44m $3^1/_3$s (zie later) volgt dan voor een zonsomloop 365d 6u 15m 19s, wat 6m 8s te veel is. Dit is de zonsomloop t.o.v. de sterren; de kalenderverhouding $12^7/_{19}$ tussen maand en jaar heeft betrekking op het jaargetijde-jaar en levert daarvoor op dezelfde wijze 365d 5u 55m 25s.

Vraagt men hoe deze sterrekundigen aan hun kennis van de veranderingen in de zonssnelheid zijn gekomen, dan wordt daarop het antwoord gegeven, dat ze die vermoedelijk uit de ongelijkheid van de jaargetijden gehaald hebben. Want het gebruik van de schaduwlengte van een polos, een verticale paal, was volgens Grieks getuigenis aan de Babyloniërs bekend en kon dus tot vaststelling van lentepunt, herfstpunt en zomerpunt dienen. Wanneer wij omgekeerd uit deze Babylonische theorie de duur van de jaargetijden berekenen, dan vinden wij voor de lente en de herfst, die geheel in het langzame en het snelle deel liggen, 94,5 en 88,6 dagen, en voor de zomer en de winter, die over de grenspunten heen reiken, 92,7 en 89,45 dagen. Omgekeerd hebben zij uit deze duur van de jaargetijden de bepalende grootheden van hun theoretische weergave kunnen berekenen.

Veel minder primitief is de weergave van de zonsbeweging in het jongere rekensysteem, dat in karakter met de planetentafels van de derde soort overeenstemt. Hier lopen de lengteverschillen tussen de opeenvolgende VM of NM regelmatig op en neer, en worden natuurlijk door een zigzaglijn voorgesteld. Deze loopt tussen de grenzen 30°1′59″ en 28°10′$39^2/_3$″ (dus verschil 1°51′$19^1/_3$″ en gemiddeld 29°6′$19^1/_3$″) op en neer in stappen van 0°18′; deze gegevens zijn voldoende om er de gebruikte perioden uit te halen. Want het aantal synodische perioden in een jaar vindt men (evenals wij bij Jupiter reeds zagen) enerzijds als aantal stappen in één op- en neergang — 18′ gaat $12^{299}/_{810}$ keer op 2 × 1°51′$19^1/_3$″ — anderzijds in het aantal malen dat de gemiddelde synodische boog 29°6′$19^1/_3$″ op 360° gaat. Dit blijkt hier echter niet precies hetzelfde te zijn; het eerste is het aantal malen terugkeer niet tot dezelfde lengte in de ecliptica, maar tot dezelfde uiterste snelheid. Vermenigvuldigt men de gemiddelde synodische boog met de verhouding $12^{299}/_{810}$ zo komt er dan ook niet 360° uit, maar 29,8″ meer. Het lijkt dus alsof deze astronomen reeds wisten dat het perigeum van de zon langzaam voortschuift t.o.v. de sterren, al hebben ze dan het bedrag, dat in werkelijkheid slechts 11,8″ per jaar is, te groot geschat. Uit moderne gegevens volgt voor de synodische boog 29°6′20,2″; de Babylonische waarde is slechts 1/120000 kleiner, wat eerst na drie eeuwen een fout van 1° zou geven.

De aldus verkregen lengten van de zon voor de opeenvolgende volle en nieuwe manen dienen nu om daarvan afhankelijke verdere grootheden te berekenen. Onder andere de duur van de lichtdag, van zonsopkomst tot ondergang, want het tijdstip van zonsondergang is later nodig. De reeds genoemde leertekst van het oudere systeem geeft daarvoor de rekenwijze, hoe ze met het jaargetij verandert. Opmerkelijk zijn daarbij de uitersten: 14u 24m in de zomer, 9u 36m in de winterstilstand; want dit klopt niet met

de breedte van Babylon, en zou passen voor een veel Noordelijker plaats. Men neemt aan dat de zomerwaarde aan de waarneming ontleend is, die èn door de zonsmiddellijn, èn door de straalbuiging in de dampkring, èn door de kimduiking voor de hoge waarnemingstorens vergroot werd, en dat voor de winterwaarde, die door slecht weer moeilijker vast te stellen is, eenvoudig de symmetrische aanvulling tot 24 uur werd genomen. En eveneens opmerkelijk is, dat in deze leertekst de eerste regel van het voorschrift luidt: „op 10° van de Ram is de duur 12 uren; voor elke volgende graad zult gij „daar 160 sec. bijvoegen", en zo verder voor elk dierenriemsbeeld een regel. Dat wil zeggen dat het lentepunt op 10° van de Ram lag. In twee verschillende teksten van het jongere systeem liggen ze op 8° en op 8°15′. De Chaldeeuwse astronomen telden dus hun lengten niet zoals wij, vanaf het lentepunt, maar van een aangenomen begin van het eerste dierenriemsbeeld, misschien wel bepaald door een of andere ster. Maar door de praecessie, de teruggang der nachteveningspunten, veranderde dit lentepunt, en moesten zij in verschillende tijden en tafels daarvoor telkens andere waarden aannemen.

Men heeft er zich dikwijls over verwonderd, dat de Babylonische astronomen, die toch over zovele lange eeuwen van waarneming beschikten, de praecessie niet hebben bemerkt, en haar ontdekking aan de Grieken hebben overgelaten, die overigens zovele gegevens aan hen ontleenden. Men moet daarbij echter wel in het oog houden, dat hun geest in het geheel niet op het ontdekken van nieuwe verschijnselen was gericht. Hun taak was om in religieuze toewijding en volhardende oplettendheid de banen van deze hemellichten zó te volgen en te bestuderen, dat ze die voor de latere jaren konden vooruitberekenen „voor de offerfeesten". Al hadden ze dus opgemerkt, dat de jaarpunten, die overigens in hun berekeningen slechts een secundaire plaats innamen, anders in de sterrebeelden lagen dan volgens vroegere gegevens, zo kwam het toch niet bij hen op, dit als een speciaal verschijnsel van een gelijkmatig verschuiven van de nachteveningen te interpreteren.

Keren we terug naar de hoofdweg, die nu naar de berekening van de tijd van VM of NM moet leiden. Daarvoor moet nu in de eerste plaats de wisseling in de snelheid van de maan in rekening worden gebracht. Doordat het perigeum voortloopt in de richting van de tekens, is de terugkeer tot telkens de grootste snelheid, de z.g. anomalistische omloopstijd, wat groter dan de werkelijke (siderische) omloopstijd, nl. 27d 13u 18m 37,4s. In de tafels van beide systemen zijn aan deze berekening enige kolommen gewijd, waarin de grootheden weer meestal in zigzaglijnen op en neer lopen. In het jongere systeem vinden wij een kolom met de duur van de opeenvolgende synodische maanden, dus van VM of NM tot de volgende VM of NM. Deze volgt een regelmatige zigzaglijn met omkeerpunten 29d 17u 57m $48^1/_3$s en 29d 7u 30m $18^1/_3$s en met stappen van 1u30m. Het gemiddelde van de grenzen is de gemiddelde synodische periode, 29d 12u 44m $3^1/_3$s, die uit eclipsen over een tijdsverloop van 5 eeuwen licht op een seconde nauwkeurig kon gevonden worden; wij hebben deze boven reeds gebruikt. Dit is precies de waarde, waarvan de vaststelling door PTOLEMAEUS later als het werk van HIPPARCHUS werd vermeld, maar die blijkbaar uit Babylon afkomstig is. Het verschil tussen de uitersten is 10u27m30s; het aantal stappen in een op- en neergang is 20u55m: 1u30m = $13^{17}/_{18}$ = $^{251}/_{18}$. Een stap in de tafel betekent, dat de maan vanaf een NM na een volledige omloop door apogeum en perigeum nog iets

verder doorloopt tot de volgende NM; als dit bijna 14 maal is geschied, heeft ze dan de gehele baan nog één keer meer doorlopen, en als dit 251 maal is geschied, heeft ze het perigeum 18 malen meer, dus in het geheel 269 malen gepasseerd. Hieraan ligt dus de betrekking ten grondslag dat 251 maanperioden gelijk zijn aan 269 anomalistische omlopen; dit is weer precies de verhouding, die door PTOLEMAEUS aan HIPPARCHUS werd toegeschreven. Ze levert voor de anomalistische omloopstijd 27d 13u 18m 34,7s, slechts 2,7s van de moderne waarheid afwijkend.

Voor latere correcties is ook de snelheid zelf van de maan nodig, de weg, die zij per dag aflegt. Natuurlijk gaat deze in dezelfde periode op en neer; de uiterste waarden, de omkeerpunten zijn 15°16′5″ en 11°5′5″, met stappen van 0°36′; de gemiddelde dagelijkse beweging is dus 13°10′35″, een zuivere afronding van de ware waarde 13°10′34,88″, en het aantal stappen in een op- en neergang $^{251}/_{18}$ is hetzelfde als boven was gevonden.

Alvorens nu de gevonden maandlengten al maar bij te voegen, om de tijdstippen van VM en NM te krijgen, moeten ze eerst nog daarvoor verbeterd worden, dat ook de zonssnelheid veranderlijk is. De weg, die de zon per maand aflegt kan, zoals we zagen, nagenoeg 1° groter of kleiner zijn dan gemiddeld, en daar besteedt de maan ongeveer 2 uren over. Er volgen dus nog enige kolommen ter berekening van deze correctie, die tussen + en — 2u 9m 52s op en neer loopt. Maar daarmee is dan de zaak in orde, en kunnen de tijdstippen van de opeenvolgende nieuwe of volle manen afgeleid worden door bij elk vorig tijdstip de gevonden duur van de volgende maand bij te voegen; een beginpunt van uitgang kon aan een eclips ontleend worden. Het spreekt van zelf, dat men hierbij met gelijke astronomische dagen moest werken, die met middernacht beginnen.

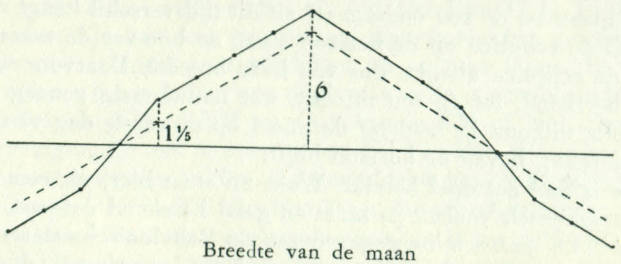
Het hoofddoel van deze lange berekening is te weten wanneer elke volgende maand begint. Daartoe volgen dan nog vijf kolommen. Eerst komt de tijdsduur van af het gevonden tijdstip van NM tot de zonsondergang van de volgende dag, want dat is ongeveer het ogenblik waarop de nieuwe maansikkel te verwachten is; met behulp van de bekende snelheid van zon en maan werd daaruit hun lengteverschil op het ogenblik van die zonsondergang gevonden. Dit is echter niet alléén beslissend voor de vraag of de maansikkel die avond, of eerst de volgende, zichtbaar zal zijn. Waar het op aan komt is, hoeveel de maan na de zon ondergaat; en dit tijdsverschil hangt er ook van af, hoe steil de ecliptica op de horizon staat, en hoe ver de maan ten N of ten Z van de ecliptica afwijkt, dus van haar breedte. Daarvoor worden dus correcties berekend, tot op een minuut, wat nauwkeurig genoeg is. Wat er dan ten slotte uitkomt is, hoelang de maan op de eerste dag van de maand na zonsondergang boven de horizon blijft.

Daarmee is dan het doel bereikt. Want nu staat hier, als een theoretisch beheerst verschijnsel, vooruit in maat en getal berekend datgene, wat steeds het belangrijkste waarnemingsgegeven van de Babylonische sterrekunde was geweest. Op overeenkomstige wijze werd uit dezelfde conjunctie door achteruit rekenen de zichtbaarheid van de $1\frac{1}{2}$ dag te voren verdwijnende ochtendsikkel afgeleid.

Het is niet nodig om nu nog op de tafels van het oudere rekensysteem in te gaan, dat tegelijk primitiever en omslachtiger is. Het bijzondere hieraan is, dat men niet enkel over stukken van getallenkolommen en tabellen be-

schikt, maar ook over een leertekst die, blijkbaar ten dienste van de leerlingen en rekenaars, uitvoerig beschrijft, hoe zij de berekeningen moeten uitvoeren. Daar hoort men dus de grootheden, die in de tabellen alleen als getallen staan, bij hun naam noemen. Aardig is het, taalkundig, dat de beweging van de zon en de maan, de weg die ze per dag afleggen, wordt aangeduid met *zi sha Shamash* en *zi sha Sin*, letterlijk: „leven van de zonnegod", „leven van de maangod". Voor de priester-astronomen was het voortwandelen van zon en maan langs de hemel, soms sneller, soms langzamer, het eigen leven, de zichtbare levensmanifestatie van deze lichtgoden. Dat neemt niet weg, dat zij dit leven aan preciese getallenmaat onderwierpen, zelfs in getallen met 6 sexagesimalen achter elkaar; niet om een nauwkeurigheid van duizendmillioensten ten toon te spreiden, maar omdat de verhouding $^{16}/_{243}$ die ze nodig hadden, zich in het Babylonische getallenstelsel slechts door zulk een lang getal liet weergeven. Zij stonden daarbij ook voor het moeilijke vraagstuk om uit een kolom van wisselende snelheden de maandlengten af te leiden, dus eigenlijk een integratieprobleem van omgekeerden; en zij losten het op, zij het ook zeer omslachtig, door de voortgang in vele kleine stukjes te snijden, dus door een soort van wat in moderne wiskunde „mechanische kwadratuur" heet. Maar er is in de getallen, die in deze rekenkolommen staan, nog veel wat niet ontraadseld is.

Naast de afleiding van het begin van de nieuwe maand stond nog als tweede doel de eclipsberekening. Eclipsen hangen van de breedte van de maan af. Daartoe zijn dan in de tabellen enige kolommen ingeschoven, die voor de berekening van de breedte dienen. Deze hebben door hun kunstige bouw aan de moderne onderzoekers grote moeilijkheden in de weg gelegd, en ze zijn, voor de tafels van het oudere stelsel, eerst door Otto Neugebauer met behulp van speciale mathematische werkmethoden zo goed als geheel ontraadseld. De Babyloniërs zagen blijkbaar zeer goed in, dat de voorstelling van de in een golflijn wisselende breedte door een scherphoekige zigzaglijn niet bevredigend was; als de uiterste waarden overeenstemmen, is de helling bij de knopen $1\frac{1}{2}$ maal te klein en dáár komt het voor de eclipsen op de juiste breedte aan; geeft men daar aan de helling de goede waarde,



Breedte van de maan

dan wordt de breedte aan de spitsen veel te groot en krijgt men fouten als de breedte voor de berekening van het verschijnen van de avondsikkel nodig is. De tafels geven nu een gebroken zigzaglijn, die bij het doorsnijden van de ecliptica, om de knopen heen, een tweemaal sterkere helling heeft dan in het boven- en onderdeel. Ze wordt verkregen door in een eenvoudige zigzag-

lijn tussen +6 en —6 als basislijn de waarden beneden $1^1/_5$ te verdubbelen, en die boven $1^1/_5$ met dit bedrag te vermeerderen, zodat de uitersten + en —$7^1/_5$ worden. Er is geen aanwijzing bij, wat de gebruikte eenheid is; om op de ons bekende uiterste breedte van de maan van 5° te komen, zou de eenheid $^{25}/_{36}$ graad moeten zijn, wat ongeveer $^1/_3$ is van de vroeger reeds gebruikte „ammat", waarvan de waarde tussen 2° en 2,5° moet liggen.

Terwijl de knopen regelmatig achteruitlopen, liggen de tijden van volle of van nieuwe maan, waarvoor de breedten nodig zijn, op ongelijke afstand van elkaar door het ongelijkmatig lopen van de zon. Daar in dit rekensysteem de voortgang van de zon per maand om het halve jaar sprongsgewijs tussen 30° (over 194°) en $28^1/_8$° (over 166° van de ecliptica) wisselt, werd dit gedaan door aan de basis-zigzaglijn beurtelings een half jaar een kleinere en een grotere helling te geven, juist in de verhouding 15:16. Het is duidelijk hoe ingewikkeld dit de berekening maakt, als reeds de basis-zigzag in plaats van uit rechte uit gebroken delen bestaat. Men kan hier nu op dezelfde manier als te voren de perioden afleiden, die ten grondslag liggen. De gemiddelde stap-waarde per synodische maand is 2,2,40,58, in dezelfde maat uitgedrukt waarin een op- en neergang (tussen +6 en —6) 24 eenheden bedraagt. Dit betekent dat op 24 drakonitische perioden van terugkeer tot de knoop 26,2,40,58 synodische perioden komen. Dit is niet precies de eenvoudige saros-verhouding 242:223; zij is nauwkeuriger en dichter bij de waarheid. Zij geeft een verhouding 242:223,00112, terwijl de naar moderne gegevens berekende juiste verhouding 242:223,00121 is. Dat men toen de fout van de sarosverhouding kende, is niet verwonderlijk, want zoals wij boven vonden, moet men in de derde eeuw v. C. reeds geweten hebben, dat deze niet precies juist was.

Er mag hier even tussengevoegd worden, dat men een nog nauwkeuriger verhouding vindt in het jongere systeem. Hier gaat 1 stap 5458/465 keer in een op- en neergang; voor de verhouding van de drakonitische tot de synodische periode is dus 5458:5923 gebruikt. Dit is juist dezelfde verhouding waarvan Ptolemaeus de afleiding aan Hipparchus toeschrijft; zij komt overeen met 242:223,00118, dus een duidelijke vooruitgang in de theoretische grondslag. Er is echter in de ingewikkelder gebouwde breedtetafels van dit jongere systeem nog allerlei waarvan zin en reden ons ontgaat. En ook afzonderlijke eclipstafels van dit systeem bezitten wij niet.

Maar voor het oudere systeem kunnen wij de eclips-berekening geheel volgen. In sommige der fragmenten komt na de kolom van de breedten een kolom voor, die meestal leeg blijft en alleen om de zes regels een getal bevat, juist daar waar de breedte het kleinst is, dus een eclips kan voorkomen. Dit eclipsgetal, zoals wij het zouden kunnen noemen, is aldus afgeleid. dat de breedte van de maan vóór de knoop werd afgetrokken van, maar voorbij de knoop werd bijgevoegd bij, het getal 1,44,24 (dat in bovenvermelde eenheid der breedte-waarden met ongeveer 1°12′ overeenstemt), en dan met 10 vermenigvuldigd, d.w.z. in een 10 maal kleinere eenheid werd uitgedrukt. Nu is deze 1°12′ iets meer dan de som van de stralen van de maan en de aardschaduw; is de breedte van de maan vóór de knoop gelijk aan deze som, dan raken maanschijf en schaduwcirkel elkaar en beginnen, met eclipsgetal 0, de eclipsen mogelijk te worden. De grenzen zijn waarschijnlijk iets ruimer genomen om, bij de onregelmatigheden in de

schijnbare grootte van maan en schaduw, er geen te verliezen. Het eclipsgetal geeft dan aan, hoever de maan in de schaduw duikt in een maateenheid, die ongeveer $^1/_8$ van de maanmiddellijn is. Het begint met 0 of kleine negatieve waarden, neemt toe tot bij breedte 0 de waarde $10 \times 1{,}44{,}24 = 17{,}24{,}0$ is, en blijft dan toenemen voor eclipsen voorbij de knoop, totdat de dubbele waarde 34,48,0, de grens aangeeft, waarbij ongeveer de maan aan de andere zijde geheel buiten de schaduw blijft en de eclipsen ophouden.

Er bestaan enige speciale eclipstafels, aldus gevormd, dat uit de tafels van de volle manen alleen die regels zijn overgenomen, die een eclipsgetal bezitten. Zij geven dus een lijst van alle opeenvolgende eclipsen of bijna-eclipsen, en zijn enigszins analoog met de vroeger vermelde Saros-Canon; maar zij vertegenwoordigen een hoger stadium van kennis. Want zij geven nu naast jaar en maand het eclipsgetal, dat onmiddellijk inlicht omtrent de omstandigheden van de eclips: ligt dit ongeveer tussen 12 en 23, dan is de eclips totaal en des te langer van duur naarmate het dichter bij 17 of 18 ligt; ligt het daarbuiten dan is ze partieel; ligt het beneden 0 en boven 35, dan is er geen eclips. Hier zijn de kwalitatieve onderscheidingen, de scheidingsstrepen der reeksen en de rangschikking in kolommen niet meer nodig, daar de berekende eclipsgetallen dit alles vervangen. Zo tonen de getallen van de eclipstafel (die van S.E. 138 tot 160 reikt) nu ook de opvallende onregelmatigheden in de eclipsen zelve; inplaats van in iedere groep van 7 of 8 opeenvolgende eclipsmanen regelmatig van 0 tot 35 omhoog te klimmen wijken ze daarvan beurtelings naar boven en naar beneden meer of minder af. Laat men de sexagesimale onderdelen weg, dan leest men als gehelen de volgende getallen af: 28, 30, 0, 1, 10, 9, 21, 20, 31, 31, —0, 3, 10, 14, 20, 25, 30, 36, —1, 8, 9, 19, 19, 30, 29. Het zijn steeds de voorjaarseclipsen die naar boven, de najaarseclipsen, die naar beneden afwijken; dit wijst direct de oorsprong van het op en neer springen der getallen aan: de wisselende snelheid van de zon. Daardoor zijn de lengten van de volle maan in het voorjaar vóór, in het najaar achter bij wat ze bij een gelijkmatige zonsloop zouden zijn. Al worden hier de sprongen nog een beetje erger gemaakt door het primitieve rekensysteem, dat de zonsnelheid tweemaal per jaar abrupt liet verspringen, toch tonen deze tafels wel duidelijk, hoever de Chaldeeuwse sterrekunde in numeriek-theoretische beheersing van de eclipsverschijnselen boven het vroegere peil van de Saros-Canon is gestegen.

Zo zien wij hoe in het oude Tweestromenland, als vrucht van een meer dan duizendjarige groei, een theoretisch hoog ontwikkelde sterrekunde is ontstaan. Wel is onze kennis daaromtrent nog even fragmentarisch als het kleine aantal beschadigde en vaak onleesbare stukjes scherf, waaruit die kennis geput werd; van vele getallen hebben wij omtrent de betekenis maar vage vermoedens, en van hun oorsprong en afleiding weten wij bijna niets. Maar wat wij er van weten toont ons een bewonderenswaardig en uniek stelsel van wetenschap — het enige voorbeeld van hoog ontwikkelde priesterwetenschap. De theorie bestaat niet uit een nieuw wereldstelsel, niet uit een physische interpretatie, maar uit een zuiver formele wiskundige beheersing van de verschijnselen. En volgens het gezegde, dat een vak slechts in zoverre als wetenschap mag gelden als het wiskunde bevat, verdient deze Chaldeeuwse

sterrekunde ten volle die naam. Want zij wist de loop der hemellichamen in enkele bepalende grootheden samen te vatten en daarmee deze loop voor een onbepaald aantal jaren vooruit te voorspellen. Wat hen daartoe in staat stelde was enerzijds het wiskundig apparaat, een uit vroege oudheid gekomen rekenkunde, gebaseerd op het gelukkig bezit van een practisch getallenstelsel, vrucht vermoedelijk van een reeds vroeg ontwikkeld handelsbedrijf; een rekenkunde, die reeds de vorm van algebra, van symbolische voorstelling der grootheden aannam, als gevolg wellicht van een tekenschrift, dat door zijn afkomst uit het Sumerisch niet enkel klankwaarde, maar ook, als ideogram, begripswaarde bezat. En anderzijds hun overvloed van sterrekundige gegevens — vrucht van een gunstig klimaat, tesamen met maatschappelijke behoeften van tijdrekenkunde en astrologie —, die een lokkend materiaal voor toepassing van de rekenmethoden boden.

Over het ontstaan van deze vorm van theorie weten wij niets bepaalds. Mag men aannemen, dat de tafels geheel en al vooruitberekend zijn, dat dus hun vervaardiging vroeger valt dan het eerste daarin genoemde jaar — wat natuurlijk niet zeker is — dan zijn de maantafels van het oudere systeem van vóór 188 v. C. en de planetentafels van de primitiefste soort van vóór 178 v. C.; en dan zijn de maantafels van het jongere systeem van vóór 133 v. C., en de planetentafels van de 3de soort van vóór 157 v. C. Hoeveel tevoren in onzeker; er is tijd nodig geweest tussen het opstellen en de algemene verbreiding en toepassing van zulk een werkmethode. Hun ontstaan of bekendwording zou dan voor de meer primitieve soorten in de tweede helft van de 3de eeuw v. C., voor de hoogstontwikkelde soorten in de eerste helft van de 2de eeuw v. C. te stellen zijn; maar de eerste opzet kan nog vroeger zijn. De verschillende systemen werden gelijktijdig naast elkaar gebruikt. De Romeinse schrijver PLINIUS sprak later van verschillende astronomenscholen, die in verschillende steden van Babylonië, in Sippara, in Borsippa en in Ochloë hadden bestaan.

Wel weten wij iets, althans enige namen, van hun opstellers. STRABO vermeldt in zijn beschrijving der aarde als Chaldeeuwse wis- en sterrekundigen KIDÈNAS, NABOURIANOS en SOUDINÈS; een latere schrijver, VETTIUS VALENS, noemt de eerste en laatste eveneens, en PLINIUS vermeldt CIDENAS. En op de rand van de grote maantafel van het jongere systeem staat als titel: „Berekeningstafel van Kidinnu van het jaar 208 tot 210, vervaardigd door Bania, zoon van Nabu-balat-suikbi, en Marduk-tabik-siru, zoon van de priester van Bel in Sipar. . . .” Hier wordt dus dezelfde KIDINNU, die de Romeinen Cidenas schrijven, als de auteur genoemd van het jongere systeem. Naderhand is in verband met een tekst van het oudere systeem de naam NABURIANNU gevonden; en het is niet onmogelijk dat met de derde naam Soudinès een in een andere tekst optredende Chaldeeuwse naam Anu-ahé-shu-idinna bedoeld is. Er wordt dus wel aangenomen, dat de oudere, meer primitieve vorm van tafels NABURIANNU tot ontwerper had, en dat van KIDINNU in Sippara de meer verfijnde vorm, met overal in zigzag op- en neerlopende verschillen, van het jongere maansysteem en de derde soort van planetentafels afkomstig is. Deze zouden dan in de straks genoemde tijdperken, in de halve eeuw vóór en na 200 v. C. of nog wat vroeger moeten geleefd hebben; maar nergens vinden wij daarover enig bericht.

Tot in de 1ste eeuw v. C., tot 45 v. C. reikt de door deze tafels bestreken

tijd; de laatste bekende sterrekundige tekst is een jaar-ephemeride voor het jaar 10 v. C. Dan houden alle getuigenissen van sterrekunde in Mesopotamië op. De wortels van de Babylonische cultuur zijn reeds lang afgestorven; nu gaat, onder de heerschappij der Parthen, afgesneden van de Middellandse Zee, teruggeworpen op de nomadenvolken van Midden-Azië, ook het geestelijk leven te gronde. Het had echter al te voren zijn invloed op de meer Westelijke landen uitgeoefend; daar, in Griekenland, is in de laatste eeuwen reeds een nieuwe sterrekunde opgekomen.

7. EGYPTE

Egypte bestaat uit een smalle in het Lybische woestijnplateau ingezonken bochtige kloof, waardoor de Nijl stroomt, benevens een brede deltavlakte aan de uitmonding in de Middellandse Zee. Fel straalt daar de zon uit een altijd diepblauwe hemel op het land en de mensen; en 's nachts schitteren aan de doorzichtige hemel de sterren in elders onbekende glans. Geen wolken komen om vruchtbaarmakende regen uit te gieten. Maar ze zijn ook niet nodig; de Nijl zorgt voor de vruchtbaarheid; en zo kan de zon als de machtige weldoende godheid volk en land met zijn felle gloed doordrenken.

Wanneer bij het intreden van de zomer de equatoriale regens de brongebieden van de Witte Nijl bereiken en deze doen zwellen, en de smeltende sneeuw van de Abessynische bergen de Blauwe Nijl vult, vloeien geweldige watermassa's naar het Noorden en overstromen gedurende de volgende maanden geheel Egypte. Dan bezinkt het meegevoerde slib, dat aan het land zijn fabelachtige vruchtbaarheid geeft. Door kanalen en dijken, die de dorpen verbinden, moet het water overal heengeleid worden, en in meren en reservoirs opgestuwd. Want is het water weggevloeid dan volgt de tijd van zaaien en groeien. In dit regenloze woestijnklimaat moet dan de akker door zorgvuldige irrigatie vochtig gehouden worden. De noodzakelijkheid van een planmatige regeling van watertoevoer over het gehele vlakke land bracht reeds vroeg een centrale regering; de eerste dynastie (van de totaal dertig die op elkaar volgden) wordt meestal wat vóór 3000 v. C., door sommigen zelfs duizend jaar vroeger gesteld. De noodzakelijkheid om na de overstroming de grenzen der dorpsakkers terug te vinden noopte de Egyptenaren practische beoefenaars van het landmeten te worden, waaruit zich reeds in vroege tijden kennis van de meetkunde ontwikkelde (geometrie betekent aardmeting). In de grote Pyramiden, hun afmeting, de vorm van hun vlakken en van de zalen en dodenkamers binnenin zijn herhaaldelijk bewijzen gevonden van hun diepe meetkundige kennis, b.v. van de gulden snede.

Ook hier was het meten der tijden zin en doel van alle sterrekundig bedrijf. En evenals elders was het hier de maan, die in de maand de eerste eenvoudigste tijdmaat gaf. Maar deze maanrekening is daarna volkomen verdwenen; alleen uit enkele tradities en uit het feit, dat later steeds het jaar in 12 maanden van 30 dagen is verdeeld, blijkt, dat in voorhistorische

tijden een maankalender heeft bestaan. De jaarlijkse wisseling der verschijnselen in natuur en bedrijf dringt hier de jaarperiode met zo overweldigende kracht aan de geest op, dat reeds in het oudste ons bekende Egypte het jaar alleen de tijdrekening geheel beheerst. Deze verschijnselen delen het jaar in drie gelijke perioden van vier maanden in: de overstroming van Juli tot November, de zaaitijd en groei in het moerassige slik van November tot Maart, de oogst en wat daarmee verbonden is van Maart tot Juli.

Het jaar van $12 \times 30 = 360$ dagen zal al in vroege tijd te kort gebleken zijn; er zijn toen vijf dagen aan toegevoegd, die buiten de maanden blijven, na de 12de maand als „toegevoegde dagen" (epagominen werden ze later in de Griekse wetenschap genoemd) komen, en als feestdagen behandeld worden, omdat zij als voor arbeid ongunstige dagen gelden. Met deze jaarlengte van 365 dagen kon men zeker meer dan een eeuw, dus meer dan mensenheugenis van een paar generaties toe. Want het wassen van de Nijl en daarmee het verdere gebeuren kwam, zoals alle weersinvloeden, tamelijk onregelmatig, de ene keer een maand, soms ook meer, vroeger of later dan een andere keer; en de fout van ¼ dag in dit jaar loopt eerst in 120 jaar tot 30 dagen op. Maar op den duur moesten de priesters, die voor de tijdrekening zorgden, dus de feestdagen en offers vaststelden, bemerken, dat de Nijl op steeds latere datums kwam. Er is toen een scheiding gekomen tussen de met het landbouwbedrijf vast verbonden feesten, van uitzaai en oogst, en de riten die aan kalenderdatums gebonden waren, zoals het nieuwjaarsfeest, de eerste dag van de eerste maand. Terwijl de kalender dóórliep met jaren van 365 dagen, viel de Nijloverstroming op steeds latere maanden, en doorliep mettertijd alle maanden van het jaar.

De regelmaat, die in dit voortlopen van het landbouwjaar stak, kwam te voorschijn in de verschijnselen aan de hemel. Reeds in oude tijden viel het op, dat juist als in de hoofdstad Memphis het Nijlwater begon te wassen, Sirius, de helderste van de vaste sterren, voor het eerst in de ochtendschemering vlak boven de horizon zichtbaar werd. Deze samenloop was te merkwaardig om toevallig te kunnen zijn; hier lag een doel van wereldbestel in; zo werd de goddelijke ster „Sothis" door haar rossig ochtendverschijnen voor de Egyptenaren de bewerker of de verkondiger van de komst van het zegenbrengende water. De heliakische opkomst van deze ster is natuurlijk een volkomen regelmatig na een jaar terugkerend verschijnsel; zijn periode van 365¼ dag is het zuivere landbouwjaar, nu zonder de onregelmatigheden van de watervloed; elke vier jaar loopt het een dag vooruit op de maanddatums, zodat na $4 \times 365 = 1460$ jaar Sirius weer op dezelfde datum haar morgenopkomst moet hebben. In de jaren 1314 en 2770 v. C. viel dit op nieuwjaarsdag; doordat Sirius zelf zich een ietsje verplaatst, was de werkelijke periode toen 1456 jaar. In latere tijden heeft men dit de Sothisperiode genoemd, allegorisch weergegeven in de fabel van de heilige vogel fenix, die telkens na 1460 jaar verschijnt en zichzelf verbrandt, om dan uit de as verjongd te herrijzen; in de practische chronologie heeft deze periode geen betekenis gehad.

Er moet hierbij opgemerkt worden, dat slechts in het Egypte der Oudheid Sirius deze rol kon spelen. Door praecessie en eigen beweging verplaatst de ster zich t.o.v. lentepunt en ecliptica, die jaargetij en landbouwbedrijf bepalen. Terwijl het eerste wassen van de Nijl voor Memphis op omstreeks

25 Juni (volgens onze kalender met 21 Maart als lentedag) is te stellen, vond de morgenopkomst van Sirius in de jaren 3000, 2000, 1000 v. C. op 24 Juni, 2 Juli, 10 Juli plaats, dus verloor in de latere eeuwen steeds meer zijn waarde als verkondigingsteken.

De vraag komt hier op, waarom de Egyptenaren deze ingewikkelde kalender met twee soorten van jaren en feestdagen, die ten opzichte van elkaar aldoor verschuiven, steeds gehandhaafd hebben. Het ware zo eenvoudig geweest om, door elk vierde jaar 6 in plaats van 5 dagen toe te voegen, het Sirius-landbouwjaar vast te leggen in de maanddatums. Pogingen daartoe, nu en dan door vorsten ondernomen, stuitten echter steeds af op de tegenstand der priesters, die aan de geheiligde traditie niets wilden laten wijzigen. Daar zij zelf de deskundigen waren, belast met de regeling van feesten en offers, gaf dit monopolie van niet-eenvoudige kennis hun een grote macht, die ze wilden behouden; zoals overal de kalenderwetenschap een bron van maatschappelijk aanzien is geweest voor hen, die de tijdrekening hadden te verzorgen.

De overheersende betekenis, die Sirius aldus voor het leven der Egyptenaren kreeg, gaf haar een plaats onder de goden; in de Sothis-ster openbaarde zich Isis, de godin van de vruchtbaarheid en de landbouw. En ook de andere grote goden van het Egyptische pantheon vonden hun zichtbare voorstelling in andere hemellichten. Zo Osiris in de bij de opkomst van Sirius reeds iets hoger staande naburige sterren van Orion. De zon, als de albeheersende zonnegod Ra, nam steeds een eerste plaats in de godenwereld in. Het is bekend hoe zelfs tijdelijk, onder koning AMENOPHIS IV of ICHNATON, in zijn strijd tegen de macht der priesterhiërarchie, de zon tot enige godheid onder de naam Aton verheven werd — na de dood van deze koning ging door de verzwakking van de regeringsmacht deze poging spoedig weer te gronde.

Het is moeilijk uit te maken, hoever in deze oude tijden de kennis van de sterrenhemel bij de Egyptenaren ging. Er zijn in de rotsgraven en op de mummie-kisten lijsten gevonden van zogenaamde „dekanen", tiendaagse perioden of weken, waarin de maanden onderverdeeld werden, waarvan ieder onder bescherming stond van een beschermgod, belichaamd in een sterrebeeld. De inrichting van zulke lijsten wijst op het gebruik voor de vaststelling van de voortgaande uren van de nacht. Maar er is grote onzekerheid omtrent de betekenis van deze namen, en het is moeilijk de beelden te identificeren. Ook bestaan er afbeeldingen met tal van dieren- en mensenfiguren, die met grote waarschijnlijkheid sterrebeelden moeten voorstellen; maar de sterren ontbreken er in, daar toch de hemelwezens, die in de figuren voorgesteld werden, het gewichtigste waren voor de mens. Men vindt er op de plaats van onze Grote Beer een stier, of alleen zijn voorpoot, belichaming van de boze god Seth; verder een nijlpaard (de Kleine Beer), een krokodil, een leeuw, een sperwer; maar welke stergroepen aan elk van hen beantwoordden, berust grotendeels op onzekere vermoedens. De meest bekende en vaak gereproduceerde onder deze afbeeldingen, in de tempel te Dendera, is uit veel latere tijd, nadat de eeuwen van het Hellenisme een sterke verbreiding van Babylonische en Griekse wetenschap hadden gebracht.

Van een ontwikkeling der sterrekunde tot enigszins wetenschappelijke hoogte vindt men in het oude Egypte geen spoor. Na de vastlegging van de

kalender in een star jaarsysteem kon zich de bemoeienis met de sterren beperken tot de uitsluitende morgenopkomst van Sirius. Ook de maan behoefde niet verder in het oog te worden gehouden. Voor de uren van de nacht konden wateruurwerken dienen, terwijl voor de uren van de dag zonnewijzers in gebruik waren. Egypte kan tonen hoe weinig een altijd schitterende sterrenhemel in staat is een wetenschap der sterren op te roepen, als deze niet in leven en bedrijf der mensen een practische grondslag vindt.

8. CHINA

Chinese geschriften kennen aan de sterrekunde in dat land een hoge ouderdom toe, tot vóór 2000 v. C.; maar evenals alles wat over die oudheid bericht wordt, berust dit grotendeels op legende en later verdichtsel. Werkelijke geschiedenis begint zich eerst na 1000 v. C. af te tekenen. De vruchtbare lössheuvels en vlakten aan de middenloop van de Hoang-ho, de Gele Rivier, waren het land van de eerste opbloei van Chinese cultuur, toen de verder naar het Zuidoosten gelegen vlakten om de Yangtse-kiang nog onontgonnen moerassen en wildernissen waren. In deze landen, met centrum en hoofdstad in Honan of Shensi, was landbouw de heersende bedrijfsvorm, met de daarbij behorende feodale organisatie. Onder het nominale oppergezag van de Tsjou-dynastie heersen de elkaar beoorlogende districtsvorsten en adel over horige boeren. Naarmate in de volgende eeuwen een begin van stedelijk handwerk en handel zich ontwikkelt, ontstaat in deze zich geleidelijk ontbindende feodale maatschappij, voor een groot deel uit verarmde adel, een klasse van intellectuelen, schrijvers aan de hoven, kenners der oude legenden, raadgevers en ambtenaren der vorsten. Uit hen komen de wijsgeren als KONG-FU-TSE (551—470 v. C.) en MENG-TSE (372—288 v. C.) voort, de predikers, die de oude idealen van ridderschap omvormen tot leringen van door deugd beheerst gedrag, als grondslag van de Goede Staat: deugd betekent het precies volgen van de ritus, het behoren, de Tao.

Wanneer de verovering en ontginning van de telkens overstroomde Oostelijke laagvlakten verder gaande beteugeling van de rivieren door dijken en kanalen nodig maakt, moet de feodale verdeeldheid wijken voor een keizerschap met sterk gecentraliseerde regering van ambtenaren, mandarijnen. Dan wordt ook de oude cultuur aangepast en in vaste normen geconsolideerd onder de Han-dynastie (205 v. C.—221 n. C.). Een nog hoger stadium van kunst en wetenschap wordt in latere eeuwen bereikt onder de T'ang-dynastie (618—907). Wel wisselen deze tijdperken af met eeuwen van verwarring en verdeeldheid, van opstanden der onderdrukte boeren, en van binnendringen van, en verovering door, barbaarse nomadenvolken. Deze kwamen, evenals waarschijnlijk de eerste bewoners, uit de Aziatische steppen in het Noordwesten, de enige kant waar China niet door zee of gebergte is afgesloten. Deze krijgshaftige Mongoolse nomaden brengen frisse kracht in de regerende lagen, maar zijn te weinig talrijk om niet spoedig door de cultuur van het over de

landbouwende millioenen-massa's regerend mandarijnendom geassimileerd te worden. Zulke wisselingen van verovering, bloei, verval, en verwarring herhalen zich dan in latere eeuwen, tot in moderne tijden, steeds weer opnieuw. In China hebben de Mongoolse nomadenvolken, die in West--Azië enkel als cultuurverwoesters optraden, een eigen beschaving gesticht, innerlijk sterk genoeg door haar agrarische basis om telkens nieuwe golven van veroveraars in zich op te slorpen. Dit bepaalt de autonome langzame cultuurontwikkeling met een sterk conservatief karakter.

In deze cultuur spelen ook de sterrekundige opvattingen een belangrijke rol. Wel is het moeilijk om zich van haar ontwikkeling een juist beeld te vormen, daar de latere Chinese annalen steeds trachten aan nieuwe inzichten een hoge eerwaardige ouderdom en onveranderlijke geldigheid toe te schrijven. In 213 v. C. vond op last van de krachtige parvenu-keizer TSHE-HUANG-TI een algemene boekenverbranding plaats, bedoeld om de macht van de feodale tradities en normen te breken. Toen kort daarna echter met het optreden van de Han-keizers de oude wijsgeren in ere hersteld werden, werden ook de oude boeken hersteld, d.w.z. veelal door verzonnen nieuwe inhoud vervangen. Dit maakt veel in de vroegere geschiedenis onzeker.

Toch staat wel vast, dat de regeling van de kalender in al deze eeuwen een bron van moeilijkheid en een voorwerp van voortdurende zorg was voor de regeringen. Er bestonden speciale colleges van geleerden, die waren aangewezen om de tijdrekening in orde te houden. In de oude verbrande boeken kwam een verhaal voor van twee astronomische colleges, genaamd Hsi en Ho, die door hun partijkiezen in een burgeroorlog door de winnende partij uitgeroeid werden; waarbij als grond werd aangegeven, dat ze de kalender in de war hadden laten lopen, wat uit het onverwachte optreden van een grote zoneclips bleek. De latere bewerking heeft hiervan het moraliserende anecdotische verhaal gemaakt, dat twee hofastronomen Hi en Ho, die in een vrolijk leven hun plichten verwaarloosden, verzuimd hadden een eclips te voorspellen, en tot straf onthoofd werden. Daar tijd (eerste dag van de herfstmaand) en plaats (het maanhuis Fang, de kop van de Schorpioen) aangegeven werden, is in moderne tijden uitgerekend, dat dit de eclips van 22 Oct. 2137 v. C. moet geweest zijn. Dat echter in die oudheid van het voorspellen van een zoneclips nog geen sprake kon zijn, is duidelijk; en ook over de betrouwbaarheid van de details van het oorspronkelijke verhaal is moeilijk een oordeel te vormen.

De eenheid in de tijdrekening was vanouds door de maanperiode gegeven, en deze maankalender is steeds gebleven. Het landbouwbedrijf is echter gebonden aan het jaar, en voortdurende aanpassing van de maanrekening aan de zon door inschakeling was dus nodig. Sinds 350 v. C. kende men 365¼ dag als lengte van het jaar. Uit deze oude tijd wordt ook een regel vermeld, dat het jaar telkens met de heliakische opkomst van Spica, dus in de herfst, begint. In latere eeuwen wordt als voorschrift gegeven, dat de volle maan rechts van Spicca nog tot het vorige jaar behoort, maar de volle maan links van Spica in de eerste maand van het nieuwe, dus in het voorjaar beginnende, jaar valt.

De sterrekundige, of liever de kosmologische opvattingen, waarin alleen de eenvoudige kennis van de dagelijkse hemelwenteling, de pool, de horizon, de evenaar een rol spelen, maar de ecliptica en de planeten nauwelijks, waren

innig samengeweven met de gehele Chinese wereldleer. Hemel en aarde zijn ten nauwste met elkaar verbonden; tussen de hemelse en de aardse gebeurtenissen bestaat een volledige harmonie. Dit komt tot uiting in de staatsgodsdienst en het daarbij behorende ceremonieel. China is het midden van de aardschijf, het „rijk van het midden", en correspondeert met de pool als midden van de hemel; zoals hier de keizer, heerst daar de god Sjang-ti. De keizer is de „zoon des hemels"; door zijn handelen, door de voorschriften en de ritus der voorvaderen precies te volgen, wordt de harmonie van hemel en aarde in stand gehouden. Storing van het ene brengt storing van het andere mee. Niet slechts, dat onregelmatigheden aan de hemel rampen op aarde verwekken, maar ook bewerken onbehoorlijke handelingen der mensen storingen in de natuur en aan de hemel; eclipsen en kometen zijn een aanwijzing dat de keizer of de regering gezondigd hebben, slecht regeerden, of het goede ceremonieel verzuimden. „Als een wijs vorst op de troon zit, „volgt de maan de goede weg. Als de vorst niet wijs is en de ministers de „macht uitoefenen, verliest de maan haar weg. Als de hoge ambtenaren hun „belang aan hun plicht laten voorgaan, gaat de maan naar het Noorden of „Zuiden afdwalen. Als de maan snel gaat is het omdat de vorst langzaam „is in het tuchtigen; als de maan langzaam gaat is het omdat de vorst snel „is in het tuchtigen" aldus stond in het sterrekundig werk van SHIH-SHEN uit de 4de eeuw v. C. Symmetrie en verwantschap wordt gezocht in alle wereldgebied en levenspractijk. Met de vier richtingen Oost, Zuid, West, Noord, staan de vier jaargetijden lente, zomer, herfst, winter, de vier delen van de dag, de vier delen van de hemelequator in correlatie. Vermeerderd met „het midden" ontstaat een vijftal dat in parallel gesteld wordt met andere vijftallen op allerlei gebieden: elementen of grondstoffen, planten, kleuren, lichaamsdelen, muziekinstrumenten, planeten, smaken, grondeigenschappen. Met een andere twaalftallige reeks van velerlei dingen gecombineerd, vormt het een 60-jarige tijdcyclus. Er ligt een zekere nuchtere harmonie van schematische ordening in deze wereldleer met de daarop gegronde ritus.

De geestesgesteldheid en denkwijze der Oost-Aziatische Mongolen is geheel anders dan die der Semitische en Arische volken in en om Voor-Azië. Dáár, in de aan de Middellandse Zee aangrenzende gebieden, wekte de rijke afwisseling van bosrijke bergen en vruchtbare vlakten, van brandende woestijnen en koele oasen, van grillige rotskusten en groene eilanden, van velerlei landschappen, natuurtaferelen en natuurkrachten een bloeiende fantasie, die een bonte stoet van goden en godinnen als hun personificaties schiep. Hier echter, in het verre Oosten, drukte de zware macht van de eindeloze eentonige steppen en de machtige berglanden van een reusachtig continent de verbeeldingskracht neer en wekte in moeilijke, vaak wrede levensstrijd een harde nuchterheid in denken en voelen. Bij de zwervende nomaden, die geen vaste woonplaatsen, geen dorpen, slechts dun gestrooide karavaansteden kenden, liet de patriarchale familie niet de veelheid van locale stamgoden opkomen, die in de meeste landbouwlanden de basis van een rijk pantheon vormt. Verering en offeranden beperkten zich tot de schimmen van ouders en voorvaderen; ze stegen op naar de alles overwelvende hemel; de hemel werd aangeroepen als de hoogste macht, en daarnaast enkel zon en maan. Dit Mongoolse karakter werkte in China voort; godsdienst, nu centrale staatsgodsdienst, belichaamde zich niet in bovennatuurlijke dichterlijke verbeel-

dingen, maar in een practisch-prozaïsche moraalleer van deugdzame voorschriften. In China treft men tempels aan, die niet aan goden zijn gewijd, maar aan oude heilig geachte wijsgeren, aan wier schimmen men offert. Niet goden besturen het mensenlot; maar deugd, het opvolgen van de geboden des Hemels, bepaalt geluk of ongeluk. De keizer gaat daarbij voor; hij vermaant tot deugd, en is hijzelf deugdzaam, dan heerst orde en voorspoed. Daarvoor zorgt het tot het staatsbestel behorend keizerlijk ceremonieel, waarin ook de ondergeschikte machten, dus naast zon en maan andere hemellichten, optreden. De intellectueel leidende klasse, draagster der cultuur, is geen priesterschap, maar een mandarijnendom, dat uit de oude literatuur de deugd, d.i. het correcte rituele gedrag, kent en beoefent; zij zijn ambtenaren met een zwak spoor van staatspriesterlijke functies. De schoonheid der Chinese poëzie bestaat ook niet in rijke verbeelding, maar in diepe harmonische levenswijsheid.

In het staatsbestel hebben de colleges van sterrekundigen te zorgen voor oriëntatie en tijdrekening, opdat alles op de goede wijze en tijd, naar voorgeschreven regels plaats vindt. Tempels en paleizen zijn precies naar de vier hemelstreken gebouwd; de keizer zetelt bij alle handelingen aan de Noordzijde, met zijn gezicht naar het Zuiden, en zo doet ieder gezagsdrager. Volgens het „boek der riten" deelt de opperste hofastronoom aan de keizer mee, wanneer de eerste maand van elk der vier jaargetijden zal hebben te beginnen; is dit b.v. het voorjaar, dan begeeft deze zich aan het hoofd van zijn hof naar de Oostelijke voorstad, waar hij het nieuwe jaargetijde plechtig inhaalt. Hij bidt tot Shang-ti om een goede oogst; dan gaat hij op de eerste gunstige dag, die de astronoom hem aangeeft, naar de akker, trekt daar zelf met de met ossen bespannen ploegschaar drie voren, daarin gevolgd door de ministers. Het college van sterrekundigen is ook aangewezen om wacht te houden en, teneinde zijn taak te kunnen vervullen, op alle verschijnselen aan de hemel te letten, alles op te tekenen en het belangrijkste te rapporteren; daartoe bevindt zich een sterrewacht aan het paleis. Zij zorgen meteen, dat hun aanwijzingen naar alle delen van het rijk gaan. Zij stellen kalenders samen, die met grote plechtigheid elk jaar aangeboden en door de keizer gepubliceerd worden; daarin staan de gunstige en ongunstige dagen voor alle gewichtige levenshandelingen aangegeven.

In de feodale Tsjou-tijd, de eeuwen van de wijsgeren en letterkundigen, is ook een begin van sterrekundige kennis, aan de hand van de tijdrekening opgekomen. Het jaargetij wordt herkend aan de stand van de standaardsterrebeelden: Antares bij zonsondergang in het Z. bepaalt het midden van de zomer, de gordel van Orion evenzo de winter; wijst de staart van de Grote Beer naar beneden, dan begint het jaar. Daarnaast speelt de astrologie een grote rol; sterrekundige werken uit die tijd zijn eigenlijk verhandelingen over astrologie, opsommingen van duiding en betekenis van de hemelverschijnselen. Daar keizer en staat het belangrijkste voorwerp van de omens zijn, draagt de gehele sterrekundige nomenclatuur een hofhoudingskarakter; één sterregroep draagt de naam van paleis of woonhuis, de sterren dragen de namen van hofdignitarissen. In het „purperpaleis", een groep sterren van de Kleine Beer en omgeving, rondom de toenmalige pool, heet de helderste (β Urs. min) de hemelkeizer, de tweede in helderheid (γ Urs. min) de kroonprins, een ander sterretje de keizerin; nog een ander, zeer zwak, heet as van de hemel. De Noordpool en omgeving gold, als top van de hemel en zetel van de keizer, als het gewichtigste deel van de hemel. In het astrologische werk van SHIH-SHEN, boven reeds vermeld, waarvan alleen enkele fragmenten overgebleven zijn in geschriften van lateren, kwam een opsomming en beschrijving voor van ten minste 122 beelden met 809 sterren; deze stercatalogus zou dan ouder zijn dan die van HIPPARCHUS. Deze beelden zijn dus andere en veel kleinere groepen dan onze moderne sterrebeelden. Daar ze op de later vervaardigde globes en kaarten alleen als gelijke stippen staan en niet naar helderheid onderscheiden werden, en bovendien de kaarten verschillen vertonen, heeft het veel moeite gekost ze te identificeren.

Een voorname plaats namen, naast de poolstreek, de reeds vermelde 28 hsioe in, letterlijk nachtverblijven, meestal als „maanhuizen" vertaald, die grotendeels om de ecliptica zijn gelegen. Later werden ze als van pool tot pool reikende sectoren opgevat, van zeer verschillende breedte langs de evenaar gemeten. De ecliptica was niet als cirkel, maar enkel als gordel bekend, waar de maan en de planeten in wandelden. Ook wordt een verdeling in 12 ongeveer gelijke beelden vermeld, deels als maandelijkse weg van de zon, deels als jaarlijkse weg van Jupiter ontstaan. Dat zoneclipsen met de maan te maken hadden, was aan SHIH-SHEN bekend; maar toch niet op onze wijze van een bedekking; het was de kracht, de essence van de maan, die op de eerste of laatste dag van de maand de kracht van de zon overwon en onderdrukte. En van de maaneclipsen was nog minder bekend, want hij liet ze op allerlei datums van de maand optreden. Wat hij van de loopbaan van de maan dacht, blijkt uit het boven aangehaalde citaat.

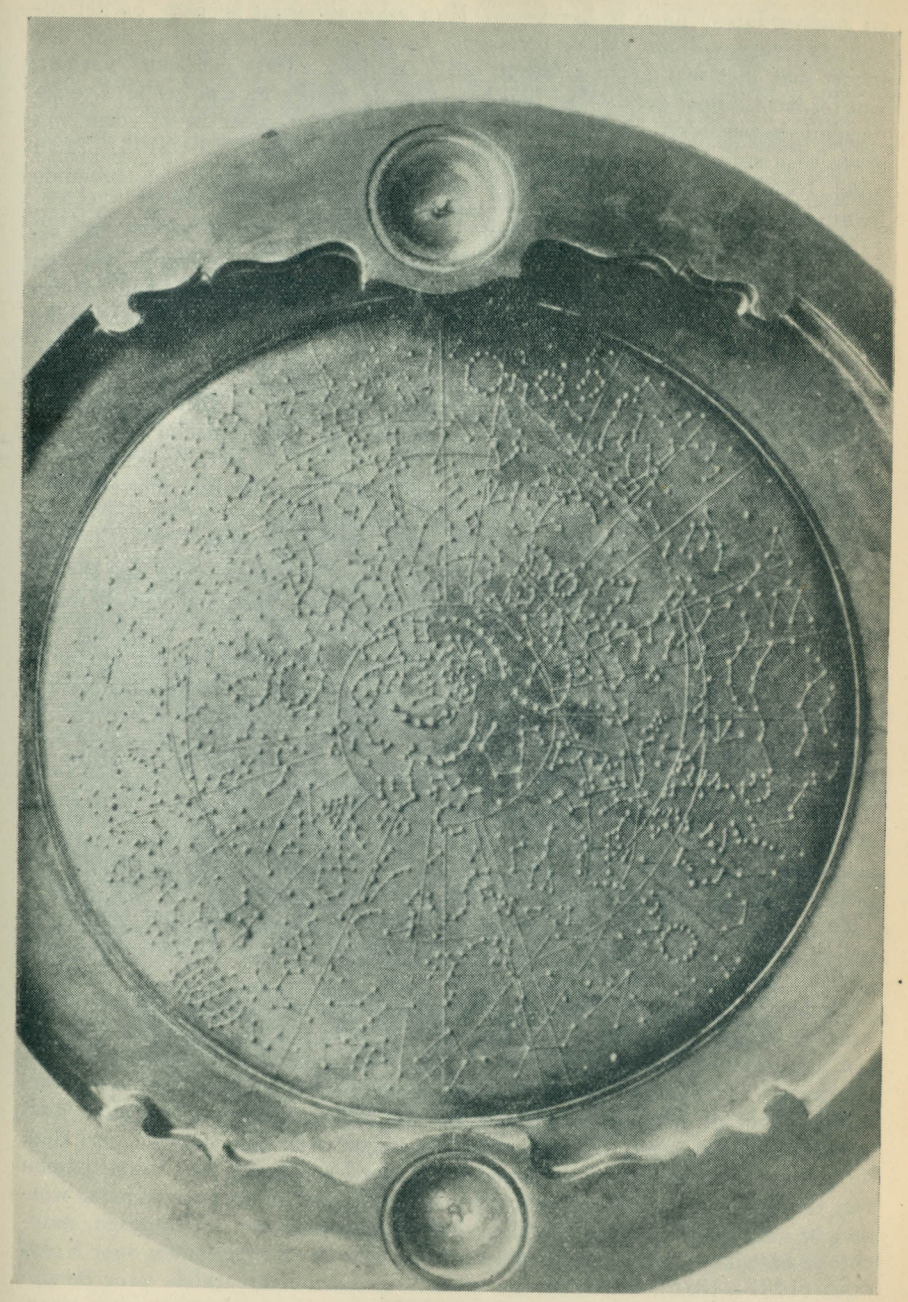
Van de planeten waren in die tijd slechts de algemene trekken, de wisselende snelheid in vooruit- en teruglopen, en de stilstanden opgemerkt. Als astronomische gegevens beschouwd geven ze soms de opeenvolgende verschijnselen in hoofdzaak goed weer; soms ook — als t.m. vertaling en interpretatie goed zijn — geheel onjuist. Zo worden in een opsomming over Venus de verschijnselen in het Oosten met precies dezelfde intervallen herhaald in het Westen. Men vergelijke dit met de Nindar-anna tekst uit Oud-Babylon! Op een andere plaats wordt de opeenvolging van 5 Venusperioden in 8 jaar goed weergegeven: „als zij in het O. verschijnt, verschijnt zij in het huis „Ying-she (α Pegasi) en verdwijnt in het huis Kio (Spica); zij verschijnt in „Kio en verdwijnt in het huis Pi (Aldebaran); zij verschijnt in Pi en ver„dwijnt in het huis Ki (γ Sagittarii).... enz.; telkens 17 huizen verder, en het volgende ochtendverschijnen vindt plaats in hetzelfde huis als het vorige ochtendverdwijnen. Van Mercurius wordt geen beweging vermeld, wel het plotseling verschijnen en weer verdwijnen, met voor elke maand het maanhuis en de astrologische betekenis. Van Mars zijn maar een paar getallen en citaten over: „als Mars teruglopend in het huis Ying-she komt, complotteren de ministers, en de soldaten komen in opstand"; in een werk van een eeuw later vindt men een gedetailleerde beschrijving. Van Jupiter en Saturnus is het vooruit- en teruglopen bekend en in prognosen verwerkt; de periode van Jupiter, 400 dagen, en de omloopstijd, 12 jaren, zijn bekend; van Saturnus komen ze in elk geval in een iets later werk voor.

In de laatste eeuwen v. C., de eerste Han-tijd, worden de gegevens nauwkeuriger. De zonshoogten worden gemeten door de schaduwlengte van een 8 voet lange bamboe, een „schaduwpaal"; in de zomerstilstand 15,8 duim

(elk $^1/_{10}$ voet), en in de winterstilstand 131,4 duim, wat met zonshoogten 78,8° en 31,4° overeenstemt; daaruit volgt de schuinsheid van de ecliptica 23,7°, en de equatorhoogte 55,1°, dus de poolshoogte 34,9°, wat op een waarnemingsplaats in Honan wijst. Door zulke schaduwmetingen worden de tijdstippen van zonnestilstand vastgelegd en zo de jaarkalender nauwkeuriger gemaakt. In het jaar 104 v. C. werd een conferentie van sterrekundigen gehouden om de tijdrekening beter te ordenen; van toen af zijn regelmatig kalenders uitgegeven. Een belangrijk aandeel aan deze hervorming nam SZE-MA-TSIEN, die een sterrekundig werk uitgaf, waarin de beweging van de maan voor het eerst nauwkeuriger werd aangegeven. Hij werd daarbij geholpen door de sterrekundige LO-HSIA-HUNG, die het eerst een armilla vervaardigde, bestaande uit ringen voor evenaar en meridiaan — eerst enige eeuwen later werd dit instrument verbeterd door er een eclipticaring aan toe te voegen. Merkwaardigerwijze waren de cirkels hier niet in 360° maar in 365¼° verdeeld. Hij mat, waarschijnlijk met behulp van meridiaandoorgangen met een wateruurwerk — dezulke waren in China van oudsher in gebruik — de uitgebreidheid van elk der maanhuizen. Ook wordt gemeld dat hij voor het eerst de regelmatigheden in de beweging der planeten vaststelde.

In deze tijden zijn ook denkbeelden over de wereldbouw opgekomen, die door latere schrijvers vermeld en uitgewerkt zijn. Bij LO-HSIA-HUNG is de hemel als een ei en omhult de aarde, die als een dooier daarin drijft op het water onderin; de hemel draait om de pool, en de jaargetijden ontstaan door verschuivingen van de aarde op en neer, heen en weer: „de aarde verplaatst zich voortdurend, maar de mensen weten het niet; ze zijn als lieden in een gesloten boot; als deze voortgaat bemerken ze het niet". Een andere leer, die bij YANG-HIONG (53—18 v. C.) optreedt, ziet de hemel als een stolp over de eveneens gewelfde aarde uitgestrekt; de hemel draait wel rond maar komt niet onder de aarde; en de nacht ontstaat doordat de zon zich zover verwijdert, dat haar stralen de aarde niet meer bereiken. Berekeningen over afmetingen en afstanden in Chinese „li" worden naar deze voorstellingen door latere schrijvers gemaakt.

In de Annalen van Han (Han-shi) bevindt zich een sterrekundig gedeelte, dat teruggaat op een leerboek, 25 n. C. samengesteld door LIU-HSIN, die vooral bekend is, doordat hij als raadsman bij de hervormingen van keizer WANG-MANG een rol speelde. Vergeleken met het een eeuw oudere werk van SZE-MA-TSIEN toont dit een veel hoger graad van ontwikkeling van sterrekundige kennis. Een synodische maand wordt op $29^{43}/_{81}$ dag gesteld (= 29d 12u 44m 27s; 23 sec te groot); de schakelperiode 19 jaar = 235 synodische = 254 siderische maanden wordt als streng geldig beschouwd, dus wordt het jaar $365^{385}/_{1539}$ = 365,25016 dagen (11m te groot). Voor de berekening der eclipsen wordt gesteld, dat 23 doorgangen van de zon door de knopen gelijk zijn aan 135 synodische perioden, dus dat de zon na $^{135}/_{23} \times 29^{43}/_{81} = 173^1/_3$ dagen weer bij een knoop, nu de andere, terugkomt; dit is dus de periode voor mogelijke eclipsen (35m te groot). Daarbij worden uitvoerige rekenvoorschriften gegeven, die als formules kunnen gelden, om voor elk willekeurig jaar de ogenblikken van de nieuwe en volle manen, de duur van de maand (29 of 30 dagen), de tijden van zonnestilstand, de stand van zon en maan voor elk tijdstip, de schakeling, en de maans-



CHINESE STERRENHEMEL
op een zilveren bord.

en zonsverduisteringen te berekenen. Hun rekenapparaat berustte op het zodanig verveelvoudigen van de perioden, dat de breuken wegvielen; daarvoor moest dan met zeer grote getallen van 7 of meer cijfers gerekend worden, wat bij het Chinese getalstelsel blijkbaar niet de minste moeite kostte. Evenzo worden de perioden der planeten in jaren opgegeven, weer in de vorm van grote verhoudinggsgetallen; voor Saturnus tot Mercurius 4320: 4175, 1728 : 1583, 13824 : 6469, 3456 : 2161, 9216 : 29041, wat met de bovengenoemde lengte van het jaar omgerekend de waarden 377,93; 398,71; 780,52; 584,13; 115,91 dagen oplevert, dus — 0,16 — 0,18 + 0,59 + 0,21 en + 0,03 afwijkend van de juiste waarden. Ook hierbij worden rekenregels gegeven om de plaats van de planeet en haar zichtbaarheid, haar verschijnen en verdwijnen te berekenen. De uitkomsten kunnen daarbij toch nog aanmerkelijke fouten overlaten; in de volgende eeuwen leest men telkens opnieuw van blijkbaar nodig gebleken verbeteringen van de kalender.

Bij deze sterke ontwikkeling van sterrekundige kennis is dikwijls vermoed, dat hier invloeden van buiten, b.v. overname van Babylonische of Griekse wetenschap in het spel is geweest; verwantschap van de astrologische omina met Babylon is wel opgevallen. Zelfs is aan cultuuruitwisseling met en overname van de Maya's in Middel-Amerika gedacht. Maar er zit te veel eigens in de sterrekundige methoden om dit waarschijnlijk te maken.

In de eeuwen n. C. treedt weer een aanmerkelijke vooruitgang op. De ongelijkheid der jaargetijden en de ongelijkheden in de beweging van de maan blijken nu bekend te worden; eveneens de praecessie, door YUHSI op één graad in 50 jaar gesteld. Ook de ongelijkheden in de beweging der planeten, die in een later leerboek, uit 550 n. C., voor het eerst worden aangegeven. In deze ontwikkelingen spelen nu Westerse invloeden ongetwijfeld een rol. In de eerste eeuw n. C. werd door de Chinese veroveringen in Midden-Azië verbinding gekregen met Iran, en er ontstond een levendige handel over land met het Romeinse rijk. Griekse wetenschap, reeds vanuit Baktrië naar Indië gedrongen, kon nu ook China bereiken, tegelijk met het Boeddhisme. In latere Chinese geschriften wordt bericht, dat in 164 n. C. personen met kennis van sterrekunde uit Voor-Azië naar China kwamen; en dat in 440 HO-TSJENG-TIEN, bekend doordat hij van een aantal plaatsen de breedte door zonshoogten bepaalde, sterrekundige wetenschap, speciaal over de eclipsen, van een Indisch priester leerde.

Onder de Soei en de T'ang dynastie ontwikkelt zich ook de sterrekundige practijk verder. Van DSJANG-DSISIN wordt gemeld dat hij omstreeks 550 met een astrolabium waarnemingen deed; en van de astronoom I-HANG in 724, dat hij schaduwstaven, kwadranten en armilla's liet bouwen. Er is nu verbinding met de Mohammedaanse staten in Midden-Azië; ongetwijfeld gaat nu de ontlening steeds verder, en nauwkeuriger waarden voor de perioden, de helling en de knopen van de maanbaan worden bekend. Een aantal namen van Chinese sterrekundigen, schrijvers van leerboeken en waarnemers, worden in deze eeuwen vermeld; maar het is niet meer een zelfstandige, autochtone ontwikkeling. Een eerste plaats onder hen wordt ingenomen door SJOEGING (1231—1316), bekwaam als wiskundige, die betere tafels voor de zon en de maan maakte, de sterrewacht in 1272 van nieuwe instrumenten voorzag en waarnemingen van zonnestilstanden en zonshoogten deed, waaruit hij de schuinsheid der ecliptica op $23°33^2/_3'$ bepaalde ($1\frac{1}{2}'$ te groot), en de

breedte van Peking op 40° ($^1/_{10}°$ te groot). Dit geschiedde onder de Mongolenvorst KUBLAI CHAN (1260—1294) over wie MARCO POLO berichtte; doordat tegelijk ook in Voor-Azië de Mongolen onder diens neef HOELAGOE heersten, was er toen een sterk verkeer met culturele inwerking tussen Oost en West. Een Arabisch astronoom DSJEMAL-AL-DIN was in 1250 in China gekomen en voerde er Westerse instrumenten en werkmethoden in. Deze sloegen echter niet in; de Chinese wetenschap bleef een sterk conservatief en traditioneel karakter behouden. De kalenders bleven onbevredigend, ondanks herhaalde pogingen tot verbetering; totdat in de 16de eeuw de Jezuieten in China kwamen en met de vervaardiging van betere kalenders werden belast. Van een zelfstandige verdere ontwikkeling in China is nu geen sprake meer.

Uit deze middeleeuwse bloeitijd van practische sterrekunde zijn een groot aantal waarnemingsgegevens afkomstig. Samenstanden van planeten met elkaar en met sterren worden aangegeven, hoewel niet in preciese maat. Van veel meer belang zijn de waarnemingen van kometen. Onder alle onregelmatigheden aan de hemel, waarop zorgvuldig gelet moest worden, kwamen naast eclipsen, halo's, noorderlichten en meteoren ook kometen voor; meestal werden dag van waarneming, sterrebeeld en bewegingsrichting opgegeven. Daardoor zijn deze Chinese kometenwaarnemingen juist in de middeleeuwen, toen er elders niet op gelet werd, van groot belang voor de latere wetenschap gebleken. Zo konden in kometen van 989, 1066, 1145 en 1301 vroegere verschijningen van de komeet van Halley onderkend worden. Vermeldenswaardig is ook de nieuwe ster, die in het jaar 1054 in de Stier verscheen. In de 20ste eeuw was uit metingen van de zich uitzettende z.g. krab-nevel waarschijnlijk gemaakt, dat zijn oorsprong in een 8 of 9 eeuwen vroeger plaatsgevonden nova-uitbarsting gezocht moest worden. Nergens was er kans daarover iets te vinden, behalve in de Chinese annalen; en deze vermeldden inderdaad het optreden van een „gast-ster" juist op die plaats in de Stier, en beschreven haar uitvoerig. Zij verscheen in Juni 1054, was overdag zichtbaar, en verdween eerst twee jaren later, in 1056.

De sterrekunde van China heeft, door de afgelegenheid van het land, op de voortgaande ontwikkeling der wetenschap geen merkbare invloed kunnen uitoefenen. Zij heeft zich tot op zekere hoogte zelfstandig ontwikkeld en opmerkelijke eigen methoden voortgebracht; daarna, na het begin van onze jaartelling, houdt deze autochtone groei op en komen steeds meer inwerkingen van de Westerse wetenschap. Haar enige belang ontleent zij dan daaraan, dat zij waarnemingsgegevens geleverd heeft uit een tijd, waarin zulke uit andere bronnen ontbreken.