

Govert Schilling

H A N D

B O E K

S T E R R E N

K U N D E

INHOUD

1. STERRENKUNDE ALS WETENSCHAP 10

1. De geschiedenis van de sterrenkunde

- De oudste wetenschap 12
- Sterrenkunde in de prehistorie 13
- Kristallen sferen en hulpcircels 14
- Duizend-en-één nacht 16
- Maya-astronomie 17
- De Copernicaanse revolutie 18
- Keplers wetten 20
- Galilei en Newton 21
- De ontwikkeling van de moderne sterrenkunde 22

2. Telescopen

- De uitvinding van de telescoop 24
- De ontdekkingen van Galilei 25
- De telescoop wordt verbeterd 26
- De reuzentelescopen van Herschel 27
- Groter en groter 28
- Geldschieters 29
- Nieuwe technologieën 30
- Grote telescopen op de grond 32
- Telescopen in de ruimte 33
- Telescopen van de toekomst 34

3. Moderne sterrenkunde

- Het elektromagnetisch spectrum 36
- Spectroscopie 38
- Radioastronomie 39
- Infraroodsterrenkunde 40
- Ultraviolet-, röntgen- en gammasterrenkunde 42
- Multimessenger-astronomie 43
- Wetenschappelijke kunstmanen 44
- Computers in de sterrenkunde 46
- Sterrenkunde en deeltjesfysica 47

2. DE STERRENHEMEL 48

4. De hemelbol

- Oriëntatie aan de sterrenhemel 50
- Dag en nacht 51
- De veranderlijke sterrenhemel 52
- Poolhoogte 54
- Zonnetijd en sterrentijd 55
- Hoeken aan de hemel 56
- Hoogte en azimut 57
- Rechte klimming en declinatie 58
- Lichtvervuiling 59

5. Sterrenbeelden

- Wat is een sterrenbeeld? 60
- Sterrenbeelden bij andere volkeren 61
- Grote Beer en Poolster 62
- Zuiderkruis en Alfa Centauri 63
- De lentesterrenhemel 64
- De zomersterrenhemel 66
- De herfststerrenhemel 68
- De wintersterrenhemel 70

6. De Dierenriem

- Wat is de Dierenriem? 72
- Precessie 73
- Ram, Stier en Tweelingen 74
- Kreeft, Leeuw en Maagd 76
- Weegschaal, Schorpioen en Boogschutter 78
- Steenbok, Waterman en Vissen 80
- Astrologie 82
- Samenstanden en bedekkingen 83

7. Amateursterrenkunde

- Het oog en de verrekijker 84
- Lenzenkijkers 86
- Spiegelkijkers 87
- Moderne amateurtelescopen 88
- Computers en amateursterrenkunde 90
- Camera's 91
- Astrofotografie 92
- Publiekssterrenwachten, planetaria en verenigingen 94

3. AARDE, MAAN EN ZON 96

8. Bewegingen en verduisteringen

- Dagen, maanden en jaren 98
- Eb en vloed 99
- De schijngestalten van de maan 100
- Seizoenen 102
- Maansverduisteringen 104
- Zonsverduisteringen 106
- Tijdvereffening 108
- De kalender 109

9. De maan

- Kennismaking met de maan 110
- Eerste kwadrant 112
- Tweede kwadrant 114
- Derde kwadrant 116
- Vierde kwadrant 118
- De achterkant van de maan 120
- Het ontstaan van de maan 121

10. De zon

- Kennismaking met de zon 122
- De zon ontmaskerd 123
- Het inwendige van de zon 124
- Corona en zonnewind 126
- Zonnevlekken 127
- De activiteitscyclus van de zon 128
- Zon en klimaat 130
- De toekomst van de zon 131
- Veilig kijken naar de zon 132

4. HET ZONNESTELSEL 134

11. De binnendelen van het zonnestelsel

Het ontstaan van de planeten 136
Kennismaking met het zonnestelsel 138
Mercurius 139
Kijken naar Venus 140
Planeetovergangen 141
Kennismaking met Venus 142
Kennismaking met Mars 144
Kijken naar Mars 146
Water op Mars 147

12. De buitendelen van het zonnestelsel

Kennismaking met Jupiter 148
De manen van Jupiter 150
Kijken naar Jupiter en Saturnus 152
Kennismaking met Saturnus 154
De manen van Saturnus 156
Planeetringen 158
Uranus en Neptunus 160
Dwergplaneten 161

13. Meteoren, planetoïden en kometen

Meteoren 162
Meteorieten 163
Planetoïden 164
Kosmische inslagen 166
De Kuiper gordel 167
Kometen 168
Beroemde kometen 170
Kijken naar kometen 172
Zodiakaal schijnsel 173

5. HET MELKWEGSTELSEL 174

14. Sterren

Helderheid en afstand 176
Kleur en spectraaltype 177
Dubbelsterren en meervoudige sterren 178
Veranderlijke sterren 180
De geboorte van sterren 182
De evolutie van lichte sterren 184
De evolutie van zware sterren 185
Neutronensterren en pulsars 186
Zwarte gaten en gammaflitsen 187

15. Sterrenhopen en nevels

Verschillende soorten nevels 188
Stervormingsgebieden 189
Open sterrenhopen 190
Planetaire nevels 192
Supernovaresten 194
Bolvormige sterrenhopen 196
Kijken naar nevels 198
Kijken naar sterrenhopen 199

16. De Melkweg

De Melkweg aan de hemel 200
Kijken met een verrekijker 202
De structuur van het Melkwegstelsel 204
De ecologie van het Melkwegstelsel 205
Satellieten van de Melkweg 206
Donkere materie en de halo van het Melkwegstelsel 208
Een zwart gat in de kern van het Melkwegstelsel 209
De Lokale Groep 210

6. HET HEELAL 212

17. Sterrenstelsels

Kennismaking met sterrenstelsels 214
Typen sterrenstelsels 215
Kijken naar sterrenstelsels 216
Ontstaan en evolutie 218
Actieve sterrenstelsels en quasars 219
Clusters en superclusters 220
Kosmische botsingen 222
Zwaartekrachtlenzen 223
Terugkijken in de tijd 224

18. De evolutie van het heelal

De uitdijning van het heelal 226
Roodverschuiving 227
De oerknaltheorie 228
De kosmische achtergrondstraling 230
Kritische dichtheid en donkere materie 232
De versnellende uitdijning van het heelal 234
Het bizarre heelal 236
Kosmische raadsels 237

19. Leven in het heelal

Voorwaarden voor leven 238
De wieg van het leven 239
Speuren naar leven op Mars 240
Exoplaneten 242
Toekomstige projecten 244
Buitenaardse beschavingen 246
ufo's en vliegende schotels 248
Hoe zeldzaam is de aarde? 249

Register 250

Illustratieverantwoording en
aanbevolen literatuur 256

VOORWOORD

Sterrenkunde is een fascinerend onderwerp. Leven op Mars, planeten bij andere sterren, zwarte gaten, de oerknal – het spreekt allemaal enorm tot de verbeelding. Lezingen, boeken en websites over sterrenkunde trekken altijd veel publiek; opzienbarende ontdekkingen halen de voorpagina van de krant, en de schitterende foto's van de James Webb Space Telescope zouden in een museum niet misstaan.

Als je op een heldere, maanloze nacht naar de sterrenhemel kijkt, zie je niets van dat al. Mars is niet meer dan een heldere, oranje stip aan de hemel; exoplaneten staan te ver weg, zwarte gaten zijn per definitie onzichtbaar, en de oerknal is een kleine veertien miljard jaar geleden al verstomd. Toch is de sterrenhemel minstens zo indrukwekkend als een mooie James Webb-foto, en heeft iedereen wel eens vol verwondering omhoog gekeken.

Die twee werelden – het heelal van de wetenschap en het heelal van de eigen waarneming – hebben natuurlijk alles met elkaar te maken. Wie een verrekijker richt op de Orionnevel, wil meer weten over de geboorte van sterren. Wie leest over het gevaar van kosmische inslagen, wil ook zelf wel eens een planetoïde of een komeet zien. En wie de planeten aan de hemel ziet bewegen, wordt vanzelf nieuwsgierig naar de omstandigheden op die verre werelden.

Veel sterrenkundeboeken richten zich slechts op één van deze facetten. Sommige behandelen recente ontwikkelingen in de kosmologie of nemen de lezer mee op een denkbeeldige reis door ruimte en tijd. Andere bieden een uitgebreide, praktische beschrijving van de sterrenhemel, zonder al te veel aandacht te besteden aan wat er allemaal bekend is over de waargenomen hemellichamen.

Handboek sterrenkunde vangt twee vliegen in één klap. Elk deelgebied van de astronomie komt aan bod, en de jongste wetenschappelijke inzichten worden helder uiteengezet. Tegelijkertijd wordt de lezer wegwijz gemaakt in wat er aan de sterrenhemel te zien is, en bevat het boek veel praktische kijktips en informatie over het zelf waarnemen van de sterrenhemel.

In 256 pagina's kun je natuurlijk nooit het hele heelal vangen. Toch is *Handboek sterrenkunde* opmerkelijk compleet, en is het dankzij de gestructureerde opbouw ook uitstekend als naslagwerk te gebruiken. Wie zich in één bepaald deelgebied van de astronomie verder wil verdiepen, vindt achterin een lijst met aanbevolen literatuur.

Uniek is de sterke koppeling met de website **allesoversterrenkunde.nl**. Daarop worden voortdurend actuele ontwikkelingen gemeld, en is over de meeste deelonderwerpen uit het boek meer informatie te vinden. Daarnaast is de website een onmisbaar hulpmiddel voor wie zelf de sterrenhemel wil waarnemen.

Een omvangrijk project als *Handboek sterrenkunde* is natuurlijk niet het werk van één persoon. Dit boek had nooit tot stand kunnen komen zonder het enthousiasme en de inzet van Jeannette Bos, Marije Braat, Milou Breunese, Henk Bril, Bert Dekker, Martin Fontijn, Annemarie van Gijn, Ellen Hooijen, Hans Jansens, Marlijn van der Lans, Hans Lodewijkx, Liesbeth Kuitenbrouwer, Arie Nagel, JanKees van Nek, Gilbert Peeters, Wil Tirion, Elske Verharen, Jaap Vreeling en Francis Wehkamp. Verder ben ik dank verschuldigd aan de vele amateursterrenkundigen die hun eigen waarnemingen ter beschikking stelden.

In deze volledig herziene jubileumeditie zijn ook de laatste ontdekkingen verwerkt en zijn de meest recente beelden toegevoegd. *Handboek sterrenkunde* is hierdoor, twintig jaar na het verschijnen van de eerste druk in 2003, nog altijd hyperactueel.

Govert Schilling

zomer 2023





INLEIDING

Dit is niet zomaar een boek. Zes delen, negentien hoofdstukken, meer dan honderdvijftig verschillende onderwerpen, honderden foto's, kaarten en illustraties, tientallen tabellen en vele interessante feitjes en handige kijktips – hoe vind je daarin ooit je weg? Gelukkig is *Handboek sterrenkunde* heel overzichtelijk ingedeeld – zo heeft elk deel zijn eigen kleurstelling – en is achter in het boek een zeer uitgebreid register opgenomen.

Het eerste deel, **Sterrenkunde als wetenschap**, beschrijft de geschiedenis van de sterrenkunde en de ontwikkeling van de telescoop, en biedt een kijkje in de moderne keuken van de eenentwintigste-eeuwse professionele astronomie. Wie nog weinig over sterrenkunde weet, moet dit deel zeker lezen: allerlei basisbegrippen komen aan bod.

Het tweede deel, **De sterrenhemel**, richt zich voornamelijk op wat er 's nachts boven ons hoofd zichtbaar is. Aan de hand van duidelijke sterrenkaarten wordt de lezer er wegwijs gemaakt, waarbij de twaalf sterrenbeelden van de Dierenriem extra aandacht krijgen. Ook is er veel aandacht voor het hobbyaspect van de sterrenkunde.

Het derde deel, **Aarde, maan en zon**, beschrijft de onderlinge bewegingen van deze drie hemellichamen, waarbij onder andere maanfasen, seizoenen, en zons- en maansverduisteringen de revue passeren. Een gedetailleerde maankaart ontbreekt vanzelfsprekend niet. Maar niet alleen de waarnemer komt aan zijn trekken: dit deel gaat ook in op onze huidige kennis over zon en maan.

Het vierde deel, **Het zonnestelsel**, zet die trend voort. De nieuwste resultaten van het ruimteonderzoek worden belicht, en naast de bekende planeten is er ruim aandacht voor planetoïden, kometen, meteorieten en ijsdwerfen. Tegelijkertijd gaat dit deel in op de zichtbaarheid van deze hemellichamen, met informatie over op handen zijnde verschijningen aan het firmament.

Het vijfde deel, **Het Melkwegstelsel**, beschrijft dubbelsterren, veranderlijke sterren, nevels, sterrenhopen, supernova-explosies, enzovoort. Voor het zelf waarnemen van nevels en sterrenhopen is in veel gevallen een telescoop nodig, maar sommige zijn met een verrekijker of zelfs met het blote oog al te zien. Ook hier vanzelfsprekend veel informatie over de nieuwste inzichten.

Het zesde deel ten slotte, **Het heelal**, voert de lezer mee in de wereld van sterrenstelsels en quasars, oerknal en kosmische uitdijning. Ook komt de vraag naar buitenaards leven hier uitgebreid ter sprake. Hoewel het zelf waarnemen van sterrenstelsels zeker aan bod komt, bevat dit deel vooral theoretische informatie over de meest fascinerende aspecten van de sterrenkunde.

Elk hoofdstuk bestaat uit acht of negen deelonderwerpen, die steeds één of twee pagina's beslaan. *Handboek sterrenkunde* kan uitstekend van voor tot achter gelezen worden, maar er valt ook heel goed in te grasduinen. De vele onderlinge verwijzingen bieden voldoende houvast, evenals het uitgebreide register.

Waar mogelijk zijn praktische kijktips en informatieve weetjes opgenomen. Zelfs bij het snel doorbladeren van het boek kom je dan ook al meteen verrassende dingen tegen. Dat geldt natuurlijk ook voor de honderden schitterende foto's en illustraties die speciaal voor dit boek zijn geselecteerd en gemaakt.

Op **allesoversterrenkunde.nl** – de meest complete Nederlandstalige website over het heelal – is nog veel meer informatie te vinden over de onderwerpen die aan bod komen in *Handboek sterrenkunde*. Zo bevat de website een hemelkalender, actuele informatie, een stoomcursus sterrenkunde, enzovoort. Maar vooral biedt **allesoversterrenkunde.nl** het laatste nieuws uit de wereld van sterrenkunde en ruimtevaart, en honderden interessante achtergrondartikelen. Via de website kunt u ook in contact komen met de auteur of u abonneren op een sterrenkundige nieuwsbrief.

DEEL

**Sterrenkunde
als wetenschap**



1 DE GESCHIEDENIS VAN DE STERRENKUNDE

- De oudste wetenschap 12
- Sterrenkunde in de prehistorie 13
- Kristallen sferen en hulpcirkels 14
- Duizend-en-één nacht 16
- Maya-astronomie 17
- De Copernicaanse revolutie 18
- Keplers wetten 20
- Galilei en Newton 21
- De ontwikkeling van de moderne sterrenkunde 22

2 TELESCOPEN

- De uitvinding van de telescoop 24
- De ontdekkingen van Galilei 25
- De telescoop wordt verbeterd 26
- De reuzentelescopen van Herschel 27
- Groter en groter 28
- Geldschietters 29
- Nieuwe technologieën 30
- Grote telescopen op de grond 32
- Telescopen in de ruimte 33
- Telescopen van de toekomst 34

3 MODERNE STERRENKUNDE

- Het elektromagnetisch spectrum 36
- Spectroscopie 38
- Radioastronomie 39
- Infraroodsterrenkunde 40
- Ultraviolet-, röntgen- en gammasterrenkunde 42
- Multimessenger-astronomie 43
- Wetenschappelijke kunstmanen 44
- Computers in de sterrenkunde 46
- Sterrenkunde en deeltjesfysica 47



DE GESCHIEDENIS VAN DE STERRENKUNDE

DE OUDSTE WETENSCHAP

Sterrenkunde is de oudste wetenschap die er bestaat. Lang voordat er iets bekend was over scheikunde, biologie of deeltjesfysica bedreven mensen al sterrenkunde. Ze moesten wel: de loop van de hemellichamen bepaalde hun dagelijks leven, en bij gebrek aan klokken en kalenders waren onze verre voorouders volledig aangewezen op de bewegingen van zon, maan en sterren.

Tegenwoordig kunnen we heel goed zonder het heelal. Om topsporter, verpleegster of minister-president te worden, hoef je niets van sterrenkunde te weten. Astronomie – een ander woord voor sterrenkunde – kent vrijwel geen directe praktische toepassingen meer. Het is een fundamentele wetenschap geworden, beoefend door nieuwsgierige mensen die gewoon alles willen weten van de wereld waarin zij leven.

Maar in de exacte wetenschap neemt sterrenkunde toch een bijzondere plaats in. Natuurkundigen zijn gewend om proeven en experimenten te kunnen uitvoeren, maar in de sterrenkunde ben je aangewezen op wat het heelal je voorschotelt en moet je vrijwel alles op afstand bestuderen. Astronomen kunnen de oerknal niet tien keer herhalen; ze kunnen geen kijkje nemen in een zwart gat of een supernova

laten ontploffen op het moment dat het hun uitkomt, en wie een totale zonsverduistering wil bestuderen, moet gewoon geduldig wachten tot de natuur er weer een aanbiedt. Misschien is de astronomie juist daardoor wel zo'n fascinerende wetenschap. Als spitsvondige detectives storten sterrenkundigen zich op elke flard bewijsmateriaal en zetten ze alles op alles om het heelal zijn geheimen te ontzutselen.

De geschiedenis van de sterrenkunde is dan ook een spannend relaas van naïeve dwalingen en revolutionaire doorbraken. Aan die ontwikkeling lijkt voorlopig geen einde te komen. Sterrenkunde mag de oudste wetenschap zijn die er bestaat, maar het heelal is grotendeels nog onontgonnen terrein.



KOSMISCHE ORDE Onze tijdrekening is gebaseerd op de sterrenhemel, zoals te zien is op dit vijftiende-eeuwse kalenderblad.

HEILIGE STENEN Stonehenge in Zuid-Engeland werd onder andere gebruikt als kalender en observatorium.



STERRENKUNDE IN DE PREHISTORIE

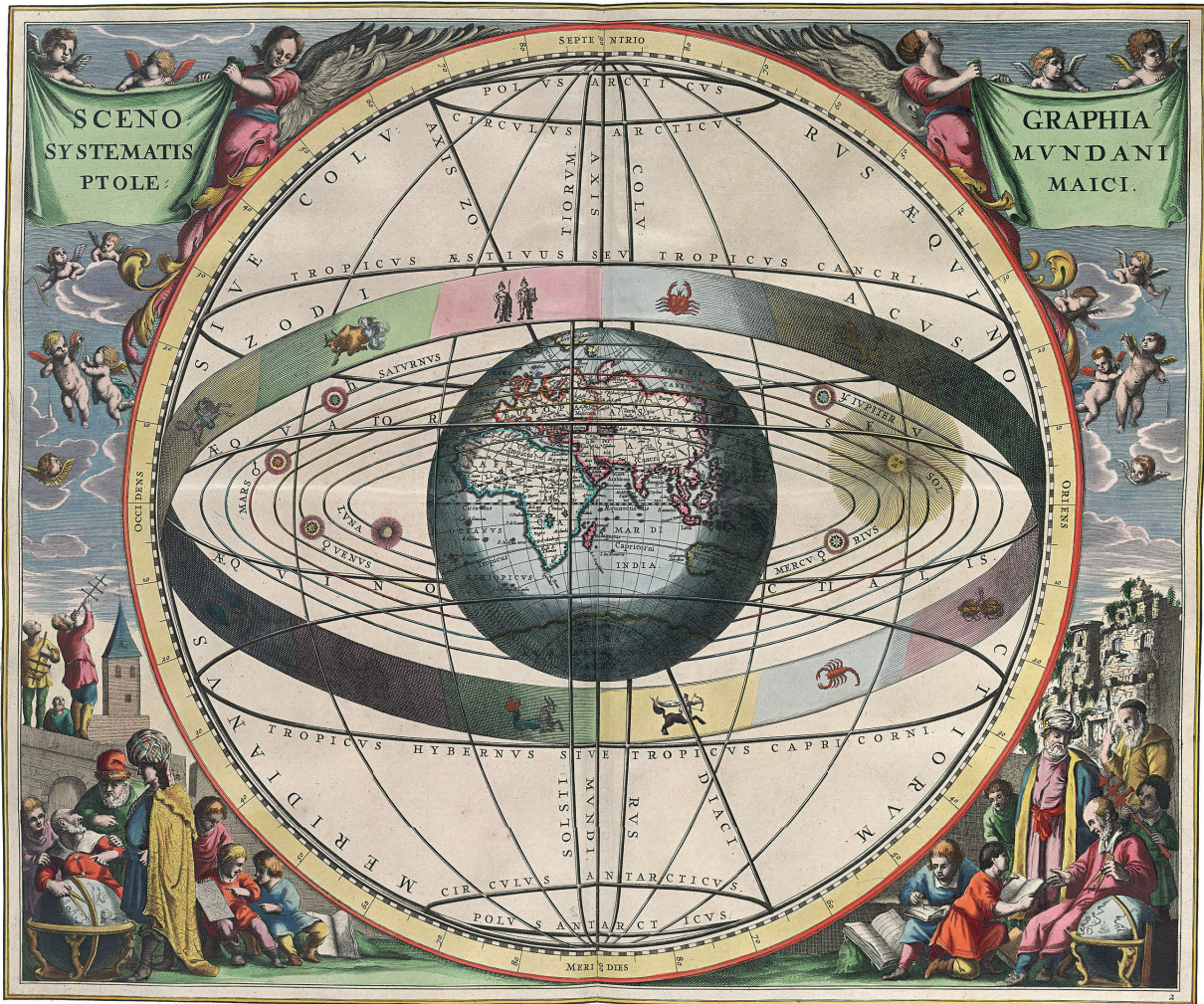
Honderdduizenden jaren geleden keken de verre voorouders van *Homo sapiens* op de Afrikaanse savanne al vol verwondering naar de sterrenhemel. De continue afwisseling van dag en nacht, de schijngestalten van de maan en de wisseling van de seizoenen lagen voor de eerste natuurliefhebbers aan de basis van het bestaan. Geen wonder dat de hemellichamen in vrijwel alle primitieve culturen nauw verbonden waren aan de godenwereld.

De ontdekking van de regelmaat in de bewegingen van zon, maan en sterren kan beschouwd worden als de geboorte van de astronomie. De hemellichamen boden de mogelijkheid om grip te krijgen op de tijd. Inkepingen in een 32.000 jaar oud dierenbot, gevonden in Frankrijk, vormen waarschijnlijk de oudste maankalender. Onaangekondigde hemelverschijnselen, zoals indrukwekkende zons- en maansverduisteringen, plotseling opduikende kometen of 'nieuwe' sterren aan de hemel, verstoorden die regelmaat en werden beschouwd als voorbodes van onheil. Verreweg het beroemdste prehistorische sterrenkundemonument is Stonehenge, een grote kring van kolossale blokken bewerkt zandsteen in

Zuid-Engeland. Hoewel over de oorspronkelijke functie van Stonehenge nog steeds wordt gedebatteerd, heeft het duizenden jaren oude bouwwerk zonder twijfel dienst gedaan als kalender. Sommige sterrenkundigen denken zelfs dat de neolithische bouwers in staat waren om met behulp van Stonehenge zons- en maansverduisteringen te voorspellen. Door de nauwe relatie tussen sterrenhemel en religie werd astronomie vroeger vooral door druiden, zieners en priesters bedreven. Zo ontstond ook de astrologie: de loop van de hemellichamen zou de wil der goden verbeelden en van invloed zijn op gebeurtenissen op aarde. Zowel in het oude China en Egypte als in het Babylonische rijk vormden sterrenwielarij en kalenderrekening de twee belangrijkste pijlers van de astronomie. Van echte wetenschap was nog geen sprake.



DUITSE STERRENKAART De 3700 jaar oude hemelschijf van Nebra toont de zon, de maansikkel en het Zevengesternte.



CENTRALE AARDE Maan, zon en planeten draaien rond de aarde in het geocentrisch wereldbeeld.

KRISTALLEN SFEREN EN HULPCIRKELS

Een paar eeuwen voor het begin van onze jaartelling waren het Griekse wijsgeren die als eersten nadachten over afstanden en afmetingen in het heelal. Erg nauwkeurig waren die eerste bepalingen nog niet: Aristarchus van Samos (ca. 310-230 v.Chr.) dacht bijvoorbeeld dat de zon op vijf miljoen kilometer afstand stond – drie procent van de werkelijke waarde. Wel wisten de Grieken al sinds de tijd van Pythagoras (ca. 570-490 v.Chr.) dat de aarde een bol is, en bepaalde Eratosthenes van Cyrene (276-194 v.Chr.) de omtrek van die bol op 250.000 stadiën, vrijwel exact gelijk aan de werkelijke waarde van 40.000 kilometer. Het Griekse wereldbeeld was echter grotendeels gebaseerd



KIJKTIP Als je gedurende een paar maanden elke week de plaats van Mars tussen de sterren optekent, zie je dat de planeet niet altijd met dezelfde snelheid beweegt.



GROTE INVLOED Claudius Ptolemaeus drukte 1400 jaar lang zijn stempel op de astronomie.

de planeten zich soms snel en soms heel langzaam of zelfs achterwaarts tussen de sterren verplaatsen. Hoewel Aristarchus al eens had gesuggereerd dat niet de aarde maar de zon in het middelpunt van het heelal zou staan, hield Ptolemaeus vast aan de centrale positie van de aarde en aan de eenparige cirkelbeweging. In zijn wereldbeeld bewegen de planeten op hulpcircels (epicykels), waarvan het lege middelpunt een cirkelbaan (deferent) om de aarde beschrijft. Om het model in overeenstemming te brengen met de waarnemingen moest Ptolemaeus uiteindelijk vele honderden epicykels gebruiken, en zou de aarde ook niet exact in het middelpunt van de cirkelvormige deferenten staan, waardoor het systeem bijzonder ingewikkeld werd. Ptolemaeus legde het model vast in zijn dertiendelige manuscript *Hé mathématiké syntaxis* ('De wiskundige verhandeling'), dat ruim duizend jaar lang zijn stempel zou drukken op de ontwikkeling van de astronomie.

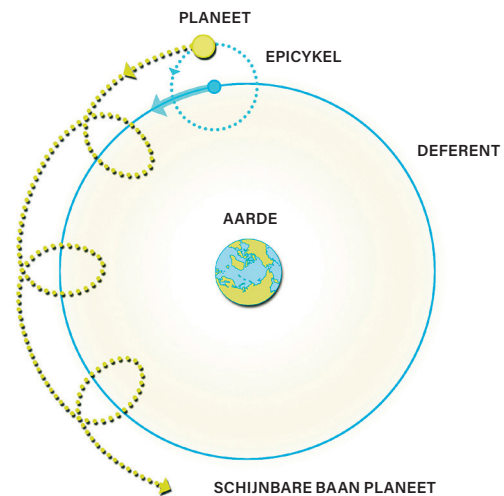
Ptolemaeus' standaardwerk, dat een compleet overzicht biedt van de sterrenkundige kennis van zijn tijd, inclusief de sterrencatalogus van Hipparchus, werd in de vroege Middeleeuwen door Arabische astronomen *al-Kitab al-Madjisti* ('het grootste boek') genoemd. Dat werd later verbasterd tot *Almagest* – de naam waaronder het boek tot op de dag van vandaag bekend is.

op filosofische overwegingen in plaats van op waarnemingen. Zo zouden alle hemellichamen met een constante, 'eenparige' snelheid over volmaakt bolvormige, kristallen sferen bewegen, waarvan de afmetingen speciale wiskundige verhoudingen zouden vertonen. Dat geocentrische wereldbeeld, met de aarde in het middelpunt, werd al geïntroduceerd door de grote wijsgeer Aristoteles (384-322 v.Chr.), een student van de filosoof Plato.

De Grieken kenden zeven bewegende hemellichamen: de maan, Venus, Mercurius, de zon, Mars, Jupiter en Saturnus. Die werden 'dwaalsterren' genoemd (*planētēs* in het Grieks), en wij hebben er de indeling van de week in zeven dagen aan te danken. Buiten de sferen van deze zeven 'planeten' bevond zich de sfeer van de 'vaste sterren', die voor het eerst opgemeten en gecatalogiseerd werden door Hipparchus van Rhodos (ca. 190-120 v.Chr.), die ook de extreem trage standverandering van de draaiingsas van de aarde ontdekte.

EPICYKELS

Hipparchus legde de basis voor de epicykeltheorie, die vervolmaakt werd door de Alexandrijnse astronoom Claudius Ptolemaeus (ca. 100-170). Met het sferenmodel van Aristoteles kon namelijk niet verklaard worden waarom



LUSVORMIGE BANEN Met zijn epicykelmodel kon Ptolemaeus de lusvormige bewegingen van de planeten verklaren.

والعرب الذي يطولوا في العراة من العراة وهو علمهم في العراة
شرايان منها في وسط العراة والاشان الجوبيان في العراة
العراة والار ولا نها شهت العراة بين العراة وقد ورد العراة في العراة
الذي على الكعب الايسر كالتابع الذي على عرق التمسح والحادي العراة
الذي على الكعب والاشان على العراة الذي تحت لادب ومن على عراة
انها بعيدة من العراة الواقعة المشرق العراة العراة شهت العراة
الماء وصدر من العراة الذي على العراة الشمال على العراة
فمنها من العراة في الشمال وقد وردت عن العراة العراة الذي
على السبب انما ليس العراة العراة العراة العراة العراة
العراة وهو الما العراة من منازلة العراة العراة العراة
والحادي العراة العراة العراة العراة العراة العراة العراة
على خطه من من جذا العراة الذي على عراة العراة العراة العراة
ايضا وهذه العراة العراة العراة العراة العراة العراة العراة
بعلاها يشهد العراة العراة العراة العراة العراة العراة العراة
العراة الذي العراة العراة العراة العراة العراة العراة العراة
سلا العراة ويقال ان العراة العراة العراة العراة العراة العراة
لذلك كوجا قراة من المنظرة العراة العراة العراة العراة العراة
الذين على العراة العراة العراة العراة العراة العراة العراة



TULBAND-ASTRONOMIE Perzisch manuscript van al-Sûfi met een afbeelding van het sterrenbeeld Boogschutter.

DUIZEND-EN-ÉÉN NACHT

De Griekse ideeën over het heelal verspreidden zich dankzij de veldtochten van Alexander de Grote (356-323 v.Chr.) tot in India en bereikten via die omweg in de achtste eeuw de Arabische wereld. Aan de paleizen van Turkse sultans en Arabische kaliefs werden hofastronomen benoemd, die nauwkeurige waarnemingen van de sterrenhemel verrichtten om betere astrologische voorspellingen te kunnen doen. Van de achtste tot de twaalfde eeuw was het Arabische rijk het wetenschappelijke centrum van de wereld.

De Perzen en Arabieren ontwikkelden instrumenten om sterposities vast te leggen, zoals het astrolabium. Muhammad ibn Jâbir ibn Sinân Abu-'Abdallâh al-Battânî (meestal kortweg al-Battânî of Albategnius genoemd, 858-929) voerde precisiemetingen uit aan de lengte van het jaar en de duur van de astronomische seizoenen. Een jongere tijdgenoot van al-Battânî, 'Abd al-Rahmân ibn 'Umar (903-986), was de eerste die nevelvlekken en veranderlijke sterren aan de hemel ontdekte. Hij ging de geschiedenis in als al-Sûfi ('de wijze'). Een van de grootste islamitische astronomen was Ulugh Beigh (1394-1449), die een observatorium bouwde in Samarkand, in het huidige Oezbekistan. Daar bepaalde hij voor het eerst na Ptolemaeus de posities en helderheden van honderden sterren. Delen van het observatorium van Ulugh Beigh zijn nog steeds bewaard gebleven. Door de wiskundige belangstelling van de astronomen in het Midden-Oosten werd sterrenkunde van een meetkundige bezigheid langzaam maar zeker een rekenkundige wetenschap. Zo stelden zij uitgebreide tabellen samen voor het afleiden van planeetposities. De beroemdste zijn de alfonsische tafels, genoemd naar koning Alfonso X van Castilië (1221-1284), die zijn troon had in het voorheen Arabische Toledo. Deze tafels bleven tot in de zestiende eeuw in gebruik bij Europese sterrenkundigen.



ISLAMITISCH OBSERVATORIUM Russische herdenkingspostzegel waarop Ulugh Beigh en zijn sterrenwacht zijn afgebeeld.



VENUSKALENDER Uit oude manuscripten blijkt dat de Mayakalender gebaseerd was op de bewegingen van Venus.

MAYA-ASTRONOMIE

Terwijl Arabische astronomen in de Oude Wereld de basis legden voor de moderne sterrenkunde, werd de sterrenhemel aan de andere kant van de Atlantische Oceaan nauwelijks in de gaten gehouden door de Maya. De Mayabeschaving werd aan het begin van de zestiende eeuw verwoest door de invasie van de Spaanse Conquistadores, maar enkele geschriften zijn bewaard gebleven. Toen de kleurrijke hiërogliefen in 1960 werden ontcijferd, bleek dat de Mayacultuur doordrenkt was van sterrenkunde.

Volgens het wereldbeeld van de Maya wordt de hemelkoepel gedragen door vier jaguars. De Melkweg, die vanuit Midden-Amerika schitterend te zien is, hoog aan de hemel, werd de 'wereldboom' genoemd; het Zevengesternte was de staart van de ratelslang. De momenten waarop de zon exact door het zenit beweegt (het punt recht boven je hoofd) waren mijlpalen in de Mayakalender. Zelfs het eeuwenoude balspel van de Maya was geïnspireerd door verschijnselen aan de sterrenhemel.

Het belangrijkste hemellichaam was echter de heldere planeet Venus, die voor de Maya de personificatie was van de gevleugelde slangengod Quetzalcoatl. De Mayakalender was volledig gebaseerd op de zichtbaarheidscyclus van Venus, met een korte periode van 584 dagen en een lange periode van 2920 dagen. De beroemde piramide van Chichén Itzá was aan Quetzalcoatl gewijd en regelmatig werden hier mensenoffers gebracht aan de goden.

Hoewel ook andere Midden-Amerikaanse volkeren (zoals de Azteken in Mexico en de Inca's in Peru) veel belangstelling hadden voor de sterrenhemel, was de kennis van de hemellichamen in de Nieuwe Wereld nergens zo ver ontwikkeld als bij de Maya, die het huidige Yucatán, Guatemala en Belize bevolkten. Van enige invloed op de latere ontwikkeling van de sterrenkunde is echter geen sprake geweest.

GEVLEUGELDE SLANG De piramide van Chichén Itzá was gewijd aan de gevleugelde slangengod Quetzalcoatl, de personificatie van Venus.

