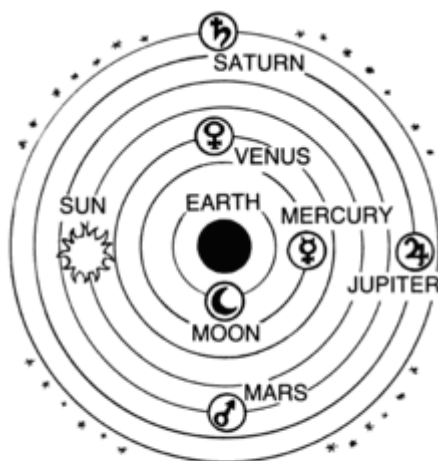


De ontraadseling van de hemel

In het poppenstuk kijkt een man door een sterrenkijker en doet ontdekkingen waarvoor hij een beloning krijgt. Maar voordat het zover was moesten er drie dingen gebeuren: een sterrenkijker kunnen bouwen en een aantal basis ideeën over kosmos veranderen en ten slotte liet de hemel veranderingen zien.

Het Middeleeuwse beeld van de kosmos

Allereerst moet er een misvatting recht gezet worden. De in de Middeleeuwen geletterde deel van de bevolking dacht dat de aarde niet plat was. Om een voorbeeld te geven, de heilig verklaarde Engelse monnik Venerable Bede of Beda bijgenaamd Venerabilis ("de eerbiedwaardige"), levend van 672- 735, was bijbelgeleerde en geschiedschrijver. Hij stelde, dat de aarde rond was als een speelbal en niet plat zoals een schild. Zo ook dacht men, net als de oude Grieken, dat het universum een bol was. Het beeld van de kosmos was verder, dat alles in harmonie verliep en nooit veranderde. Een ander idee was, dat de aarde stil staat. Als deze niet stil zou staan, dan zou je een enorme wind voelen en als je een pijl recht omhoog schiet, zou die ergens anders neer moeten komen, omdat de aarde een beetje gedraaid zou zijn. Daar noch het eerst noch het tweede het geval zijn, stond de aarde stil. Deze ideeën zouden in de 14^e eeuw veranderen.



het zonnestelsels volgens Ptolomeus

Een ander belangrijk beeld in de Middeleeuwen was de beschrijving van het zonnestelsel waarbij de aarde in het midden stond. Dit beeld kwam van Claudius Ptolomeus (87-150) en zal nog 1400 jaar lang de basis voor de sterrenkunde vormen. In de 12^e eeuw werd in Spanje een vertaling uit het Arabisch van Ptolomeus beroemde *Almagest* gemaakt. Een belangrijk fenomeen dat Ptolomeus daarin beschreef was de epicirkel. Wat is dit? Het idee was, dat de aarde stilstand en in het midden van de kosmos bevond. Hierdoor lijkt het, dat planeten niet altijd vooruit gaan maar soms weer eens wat sneller dan weer eens wat langzamer gaan en zelfs terug lijken te gaan.

Dit alles in plaats van een vaste snelheid en een richting. De theoretische oplossing voor dit probleem was toen, om de planeten in een soort bol cirkels te laten draaien, de epicirkels.

Een eerste stap

Een eerste stap, gezet door Buridanus (1350), was het inzicht dat planeten eindelijk door kunnen blijven cirkelen. Hoe ging zijn redenering? Als je een bal gooit gaat deze steeds langzamer door de wrijving van de lucht en valt ten slotte op de grond. Als je een zwaar voorwerp gooit moet je harder duwen dan wanneer je een lichter voorwerp gooit. De ruimte werd weliswaar niet als leeg gezien, maar het spul dat er was leverde geen wrijving op. Hij stelde vervolgens, dat God aan het begin van de tijd de wereldmachine had opgewonden, elke planeet kreeg een zekere hoeveelheid bewegingsenergie en zullen eeuwig in cirkels blijven draaien. Dit kwam in plaats van

het idee, dat engelen hen voort duwden. In de hedendaagse natuurkunde heet het door Buridanus beschreven verschijnsel de wet van behoud van impuls. Voorts overwoog hij, dat de aarde om zijn as draaide. Immers de hemel is erg groot en het is inefficiënt om de hemel in plaats van de aarde te laten draaien. Wellicht, zo stelde hij, is het een illusie dat de hemel draaide. Hij kwam ook met de vergelijking: stel dat ik op een boot sta, die in de rivier vaart en aan de kant ligt een boot vastgebonden. Stel dat iemand in de vastgebonden boot niet de omgeving kan zien, dan kan hij niet vaststellen, wie er zich voortbeweegt. Dat geldt ook voor de aarde. Alleen een extern standpunt kan definitief bevestigen wie er draait, de aarde of de hemel. Buridanus stelde ook dat de atmosfeer met de aarde mee draait. Het debat was begonnen en zal nog lang voortduren.

16^e eeuw

We maken een sprong van 2 eeuwen en komen uit midden 16^e eeuw. Drie beslissende gebeurtenissen, zoals in de inleiding beschreven, vonden plaats: Copernicus schreef zijn denkbeelden op, supernova's (een steruitbarsting) in 1572 en 1604 verstoorden het beeld van de kosmos en de uitvinding van de telescoop.

De Almagest werd in 1463 opnieuw vertaald. Nu niet vanuit het Arabisch maar vanuit het Grieks. Er werden pogingen gedaan maar een aantal mislukte omdat er een zoi van de wiskunde gemaakt werd. Uiteindelijk lukte het twee Duitsers Johan Muller (Regiomontanus) en Peurbach. Zij ontdekten, dat de gebruikte tabellen voor de maansverduistering niet klopten, de verduistering kwam 8 minuten te vroeg. De gebruikte tabellen waren gebaseerd op tabellen van 1252. Rond 1500 werden nieuwe tabellen gemaakt door driehoeksmeting, waarmee men preciezer de posities van hemellichamen kon bepalen. Nog steeds ging men er vanuit dat de aarde stilstond en werden de rare bewegingen verklaard middels de epicirkels van Ptolomeus. Reeds in 1400 begon men problemen met de Almagest te krijgen, daar de hemel volgens dat model een rommeltje werd. De uniforme bewegingen moesten blijven. Peurbach en Regiomontanus konden dankzij de boekdrukkunst hun commentaren op de Almagest snel verspreiden. Veel sterrenkundigen begonnen aan alternatieven te werken.

In 1543 gaf Copernicus toestemming tot de publicatie van zijn boek "De revolutionibus orbium coelestium" (*Over de omwentelingen van de hemellichamen*), waarin hij zijn heliocentrisch, (de zon staat in het midden van het zonnestelsel) model lanceerde. Wel moest hij nog wat kunstgrepen toepassen daar hij ervan uit ging, dat de banen van de planeten cirkels waren. Wat vaak beweerd wordt, dat hij bang was voor de Katholieke Kerk, klopt niet. De Katholieke Kerk nam aanvankelijk geen stelling voor of tegen Copernicus, omdat de theorie als een wiskundig spinsel beschouwd werd. Theologische oppositie tegen zijn theorie van kerkelijke zijde kwam van protestantse theologen (onder wie Maarten Luther), die het heliocentrisch model niet in overeenstemming met de Bijbel vonden.

Het probleem om te bewijzen dat de aarde draaide was groot, immers de hoek tussen de sterren veranderde niet, dus zou het universum veel groter moeten zijn, dan dat men dacht. Copernicus' truc was te zeggen dat het universum zo immens groot was, dat het er altijd hetzelfde uitzag. Men dacht toen nog, dat het einde van de universum op een afstand lag, waarop wij tegenwoordig de zon plaatsen. Zijn drijfveer om de hemel te herstructureren was, dat het een geordende structuur moest

worden, die voldoet aan ideale modellen van de wereldmachine. Orde laat immers Gods wijsheid zien. Tegenwoordig denkt men, dat Copernicus uiteindelijk zijn ideeën van Buridanus overnam. Beiden zeggen, dat het draaien van de aarde zuiniger is dan de draaiing van het heelal en beiden gebruiken de twee schepen als metafoor. Ten tijde van Copernicus was Buridanus in Parijs nog steeds een geacht geleerde. De nieuwe berekeningen van Copernicus werden door de Katholieke kerk direct gebruikt om tot een nieuwe en betere kalender te komen. De Juliaanse kalender liep rond 1500 10 dagen achter. Voor de kerk was dat een probleem, omdat de heilige dagen niet meer op de juiste dag vielen. Deze nieuwe kalender, de Gregoriaanse, is door de katholieke landen overgenomen in oktober 1582, de maand werd tien dagen korter. De protestantse landen deden dat een stuk later. Engeland nam de nieuwe kalender pas in 1752 over en het Orthodoxe Griekenland in 1924.

In de 2^e helft van de 16^e eeuw was niet Copernicus het grote probleem dat de geleerden bezig hield maar twee wonderen aan de hemel. De eerste was een supernova, die in het sterrenbeeld Cassiopeia te zien was, de tweede was een grote komeet. Tot dan toe was men er vanuit gegaan, dat de hemel onveranderlijk was en dat planeten altijd dezelfde baan hadden gevolgd. Wat de kometen betrof, dacht men dat deze zich in de atmosfeer voort bewogen. Voor de Middeleeuwen was het geen tegenspraak om te geloven dat kometen, zonsverduisteringen etc. natuurverschijnselen waren en tegelijkertijd tekenen van God konden zijn. Echter anderen beweerden openlijk, zoals Cardano (uitvinder van de cardanus) dat de kometen tussen de sterren en de aardatmosfeer zouden zitten.



Christopher Clavius

De gebeurtenis van 1572 was een supernova, een exploderende ster, die bij daglicht zichtbaar was. Hij was helderder dan Venus en ongeveer 15 maanden achter elkaar te zien. Wat was nu de exacte plaats van deze supernova. Clavius, Jezuiet, wiskundige en astronoom, voegde alle informatie over de supernova bijeen en concludeerde, dat iedereen dezelfde positie van de ster beschreef. Dat betekende volgens hem drie zaken:

- 1^e dat de supernova verder dan de maan moest staan,
- 2^e dat de leerstelling dat

de hemel niet kon veranderen vals was,
 3^e dat de hemel niet zoals Aristoteles beweerd had uit het 5^e element bestaat maar uit vele andere stoffen, die kunnen veranderen, zij het langzamer dan op aarde.

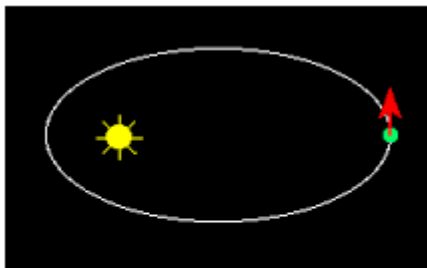
Dit was een omwenteling in de denkwereld. Het resultaat werd bevestigd door een supernova uit 1604, "supernova van Kepler" waarvan restanten met een zeer sterke telescoop in 1941 werden ontdekt.



standbeeld in Praag

De komeet van 1577 leidde tot een ander inzicht over kometen. Hier speelt de Deense astronoom Tycho Brahe (1550-1601) een belangrijke rol. Hij mat de positie van de komeet door gebruik te maken van de draaiing van de aarde. De komeet van 1577 lokaliseerde hij achter Venus en dus is deze een hemelverschijnsel. Erger voor de theorie was, dat deze komeet de banen van de planeten kruiste en als planeten daadwerkelijk op een soort schillen rondraaiden (hetgeen de overheersende opvatting was) dan zouden deze aan flarden moeten gaan. Het duurde even voordat Brahe deze conclusie ook daadwerkelijk trok. Ook had hij zich gerealiseerd dat de Middeleeuwse tabellen niet goed waren, zo ontdekte hij dat de conjunctie Jupiter en Saturnus er een maand naast zat, vandaar dat de astrologie niet goed werkte. Vele sterrenkundigen verdienden een vette boterham met de astrologie. Hij begon met een nieuwe reeks waarnemingen.

De discussie of Copernicus wel of geen gelijk had met zijn heliocentrisch stelsel was nog lang niet beslist, tot 1600 waren het er maar weinigen die het met hem eens waren. Zijn ideeën spraken vooral een man aan, de assistent van Tycho Brahe,



ellipsvormige baan met zon in brandpunt

Kepler (1570-1630). Hij vond Copernicus' model zeer goed. Echter door metingen en het raadplegen van de tabellen, die Tycho Brahe hem nagelaten had, maakte hij nieuwe tabellen allereerst voor de astrologie maar ook hier bleek dat zijn berekeningen een verschil van 8 minuten lieten zien met de werkelijkheid. De enige nette oplossing was, dat de banen van de planeten niet rond maar elliptisch te laten zijn waarbij de zon in een der brandpunten van de ellips staat (zie tekening hiernaast). Bovendien vond hij de wiskundige vergelijking, een

wetmatigheid om de variatie in de baansnelheden van de planeten te berekenen. Deze is tegenwoordig bekend onder de naam 'perkenwet'. In de helft van de 17e eeuw werd het een en ander pas definitief aanvaard.

Galilei (1564-1642) was een tijdgenoot van Kepler. Aan Galilei worden verschillende vindingen toegedicht zoals vallende stenen van ongelijkgewicht die toch gelijk aankomen. Iets wat in de 6^e eeuw en door Bradwardine (rond 1300) voor vacuüm ook beweerd werd en vlak voor Galileo door ook door Simon Stevin. Misschien was Galilei's grootste bijdrage zijn werk met de telescoop. Dit apparaat was een paar jaar eerder, in 1608, door Hans Lippershey en Zacharias Jansen, beiden brillenmaker te Middelburg en Jacob Metius uit Alkmaar ontwikkeld. Galilei hoorde van de Nederlandse telescoop in juni 1609. Binnen een maand bouwde hij er zelf een en verbeterde het ontwerp in het jaar daarop. Daarmee werd hij de eerst bekende persoon, die de telescoop op de hemel richtte. Al snel ontdekte hij, dat er veel meer sterren waren, dat planeten manen hadden, Saturnus oren (dat zijn de ringen), de maan een ruw oppervlakte had, dat planeten een schijngestalte (dat wil zeggen, net als de maan een volle halve of nieuwe planeet) hadden, de zon zonnevlekken had, waardoor hij kon vaststellen dat de zon draaide. Het is niet echt duidelijk, waarom hij de eerste was, wellicht was zijn telescoop beter dan die van de anderen. Het gevolg was, dat zijn waarnemingen nauwelijks herhaald konden worden. Voor zijn tegenstanders was dat een bewijs, dat hij zich moest vergissen. Anderen, zoals de eerder genoemde Clavius, konden de waarnemingen wel bevestigen maar wisten niet hoe deze te interpreteren. Dat de strijd nog niet gestreden was, blijkt uit de

kwestie van 1616, waar boeken die het heliocentrische bepleitten, verboden werden. Galilei kreeg een waarschuwing.

We zagen hierboven, dat het beeld van de kosmos van aard veranderde door drie dingen:

- Het overdenken hoe de wereld zou werken, een denken over en zoeken naar een eenvoudig model enerzijds, anderzijds door keihard te rekenen waardoor bleek, dat oude vertrouwde modellen en berekeningen niet voldeden en modellen aangepast werden
- Door de supernova's en de komeet, waaruit bleek dat de kosmos niet altijd hetzelfde is en dat kometen van ver weg komen. De ruimte krijgt ineens meer diepte.



De Brillenapostel, uit altaar drieluik paneel kerk Bad Wildungen, van Konrad von Soest, 1403. De oudste afbeelding van een brillendrager ten Noorden van de Alpen.

- Door de telescoop, hieraan zit ook een geschiedenis. Je moet glas kunnen slijpen, je moest begrip hebben van de wetten van de optica. In 1280 wordt in Italië gewag gemaakt van het gebruik van een bril om het gezichtsvermogen te verbeteren. Waarschijnlijk komt het idee en de optica uit China of anders de Arabische wereld. Van af 1280 heeft het gebruik zich snel over Europa verspreid. Het woord 'bril' komt overigens van het mineraal beril. In de middeleeuwen zou het mineraal, na slijpen, gebruikt zijn om de gezichtsscherpte te verbeteren. Romeinse geschiedschrijvers meldden, dat keizer Nero door een smaragd naar gladiatorenengevechten keek.

Smaragd is een variëteit van beril. Men vermoedt dat Nero dat deed wegens bijziendheid. Dit is dan de oudste vermelding van wat een bril genoemd kan worden.

En de telescoop, in 1611 beschreef Kepler een telescoop en in 1655 ontwikkelde Christiaan Huygens het verder.