

De herschepping van de wereld vind ik een prachtig boek, meeslepend geschreven en vol van interessante gezichtspunten. Met veel van die gezichtspunten ben ik het hartgrondig eens. Maar er is één aspect waarin Cohen volgens mij tekort schiet: de manier waarop hij met Copernicus omgaat. Dat lijkt op het eerste gezicht slechts een detail, maar het heeft gevolgen voor de toonzetting van het boek als geheel.

Achteraf gezien kan het belang van Copernicus mijns inziens in drie componenten worden opgesplitst: a) astronomisch, b) fysisch en c) levensbeschouwelijk. Cohen laat geen van de drie goed uit de verf komen.

Ad a) De grootste bijdrage van Copernicus aan de astronomie van zijn tijd ligt hierin, dat hij een nieuwe, vereenvoudigde verklaring heeft gegeven van een fenomeen dat door de Grieken als weerbarstig en aanstootgevend werd ervaren: de lusbewegingen die door vijf van de zeven met het blote oog zichtbare dwaalsterren of 'planeten' worden uitgevoerd. "Planeet" of "dwaalster" betekent in dit verband: een hemellichaam dat niet tot de vaste sterrenbeelden behoort, maar er van West naar Oost doorheen loopt. De zon en de maan zijn dus ook "planeten" in deze fenomenale zin van het woord. Maar die beschrijven, zij het niet volstrekt eenparig, een ononderbroken baan. De overige vijf, Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus, beschrijven allemaal de gewraakte lussen of zogenaamde retrograde beweging. Ze keren op hun schreden terug om daarna hun reis voort te zetten. Mercurius en Venus blijven daarbij in de buurt van de zon, terwijl de overige drie, Mars, Jupiter en Saturnus niet aan enige nabijheid tot de zon gebonden zijn.

Om dit fenomeen te verklaren, had Ptolemaeus het tot twee gelijktijdig uitgevoerde cirkelbewegingen teruggevoerd: een draaiing langs een kleiner cirkel (de zogenaamde *epicykel*), waarvan het middelpunt een grotere cirkel om de aarde beschrijft. De straal van die grotere cirkel (de zogenaamde *deferent*) wordt in het geval van Mercurius en Venus geacht met de zon mee te draaien.

Wat doet Copernicus met deze lusbewegingen? Kort gezegd komt zijn verklaring hierop neer, dat lusbewegingen te zien zijn dan en slechts dan wanneer *vanuit een echte planeet*, een hemellichaam dat een simpele baan beschrijft om het centrum, *een andere echte planeet wordt waargenomen*. Hij verklaart ze in termen van *wederkerigheid*. Lusbewegingen verschijnen alleen wanneer de ene planeet een broertje of zusje ontmoet. Wij zien vanuit de aarde bij Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus die teruggaande bewegingen omdat de aarde op gelijke voet staat met hen. *De aarde is een planeet* en dus *a fortiori* een hemellichaam. De gevestigde aanname dat de aardse sfeer als het ondermaanse van lager allooi is dan het laagste hemellichaam (de maan), dient dan verworpen te worden.

Nu kan ook verklaard worden hoe het komt dat de zon geen lussen beschrijft. Die draait niet *om* het centrum, maar staat *in* het centrum. En de maan beschrijft geen lussen omdat die geen *eigen* baan heeft om de zon. De maan draait om de aarde en draait met de aarde mee om de zon.

Verder kan nu ook heel eenvoudig verklaard worden waarom Mercurius en Venus de zon lijken te volgen. Zij staan dichterbij de zon dan de aarde. We noemen ze binnenplaneten omdat wij er van buitenaf tegenaan kijken. Mars, Jupiter en Saturnus volgen de zon niet, omdat die, gezien vanuit de aarde, buitenplaneten zijn: tegen hun baan kijken wij van binnenuit aan. Gezien vanuit Mars is de aarde een binnenplaneet, een dwaalster die de zon lijkt te volgen in dezelfde trant als Venus en Mercurius. Gezien vanuit Venus is de aarde een buitenplaneet, een dwaalster die in dezelfde trant beweegt langs de tekens van de Dierenriem als Mars gezien vanuit de aarde.

Het gevolg van dit alles is, dat de omlooptijden van de zogenaamde planeten anders beoordeeld moeten worden. Gezien vanuit een echte planeet x met omlooptijd $p(x)$ lijkt die planeet zelf als bewegingsloos centrum onder de hemellichamen te staan. De zon lijkt een

planeet te zijn met omlooptijd $p(x)$. De planeten die dicht bij de zon staan, lijken de zon te volgen en dus gemiddeld dezelfde omlooptijd $p(x)$ als de zon te hebben. Hun echte omlooptijd verschijnt als periodieke afwijking (toegeschreven aan een epicykel) van hun algemene gang mee met de zon in periode $p(x)$ (deferent). En de planeten die verder van de zon staan, lijken hun eigen baan, die volgens de beweging van de deferent verloopt, volgens het ritme van omlooptijd $p(x)$ te onderbreken. Anders gezegd: gezien vanuit x is de periode $p(x)$ overal aan de hemel terug te vinden, bij de zon, bij medeplaneten die dicht bij de zon 'staan' dan x en bij de medeplaneten die verder van de zon staan dan x . Maar de eigenlijke drager van de beweging met periode $p(x)$, namelijk x zelf, is juist *niet* aan de hemel te zien.

Nemen we voor x de aarde, dan is $p(x)$, de periode die bij alle aan de hemel zichtbare "planeten" (behalve bij de maan) is terug te vinden: één jaar, *ons* zonnejaar. Om de eventuele echte beweging van de echte medeplaneten te vinden, moet het jaar worden ontmaskerd als slechts weerspiegeling van de aardse beweging om de zon. Dan blijven bij Mercurius en Venus alleen de onwezenlijk schijnende epicykels over. De jaarlijkse rotatie van de deferent vervalt. Hun perioden worden respectievelijk 70 dagen en 9 maanden. Bij Mars, Jupiter en Saturnus is het net andersom. Daar moet de schijnbare epicykel-beweging worden geëlimineerd, zodat alleen de rotatie van de deferent overblijft. Hun omlooptijden worden dan respectievelijk 2 aardjaar, 12 aardjaar en 30 aardjaar.

Als je aanneemt wat Ptolemaeus voor de buitenplaneten had aangenomen, namelijk dat een grotere echte omlooptijd wijst op een grotere baan, dan blijkt alles te kloppen als een bus. De baan van de aarde ligt tussen die van Venus en Mars omdat haar omlooptijd tussen die van Venus en die van Mars gelegen is! Dit is dan de conclusie die door Cohen genoemd wordt (p.91), maar door hem niet als conclusie wordt verduidelijkt. Hij reduceert die tot vereenvoudiging van "nogal technische aard". Cohen vergeet het schitterende grondbeginsel, de verklaring van de lusbewegingen in termen van *wederkerigheid*, te vermelden. Daardoor maakt hij de theorie van Copernicus veel zwakker en abstracter dan die in feite is.

De uitdagende stelling dat de aarde een planeet is, gaat bij Copernicus dus gepaard met een wijziging van het planeetbegrip die zowel de inhoud als de omvang ervan betreft. De gevestigde, ook door Ptolemaeus gehuldigde opvatting luidt: een planeet is een hemellichaam dat te zien is als dwalend door de vaste sterren omdat het in een eigen periode een eigen baan om het centrum doorloopt. Deze zienswijze leidt ertoe, dat de zon en de maan wel planeten zijn en de aarde uiteraard niet. Het nieuwe, door Copernicus gelanceerde begrip luidt: een planeet is een hemellichaam dat *eventueel* (vanuit een ander hemellichaam) te zien is als dwalend door de vaste sterren, omdat het in een eigen periode een eigen baan om het centrum doorloopt. Deze zienswijze leidt ertoe, dat de zon en de maan buiten de boot vallen. Ze verschijnen vanuit de aarde wel als planeet, maar zijn geen echte planeten. En de aarde wordt een planeet ondanks het feit dat die vanuit de aarde gezien niet als planeet aan de hemel verschijnt.

Cohen spreekt herhaaldelijk (bv. op p.259) over de "halfslachtigheid" van Copernicus. Waarschijnlijk bedoelt hij daarmee dat in boek I van *De Revolutionibus* de middels epicykels ingevoerde complicatie van beweging met een groots gebaar wordt geëlimineerd, terwijl er in de volgende boeken tientallen epicykels worden ingevoerd. Inderdaad, dat lijkt halfslachtig of zelfs inconsistent. Maar er moeten m.i. twee soorten epicykels worden onderscheiden: de *grote* die geacht worden de lusvormige banen van Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus te verklaren en de *kleine*, die bedoeld zijn om rekenschap te geven van de feitelijke ongelijkmatigheid van de *baansnelheden* (gemeten in hoekgraden per tijdseenheid). Ptolemaeus heeft beide typen epicykles nodig, Copernicus alleen het laatstgenoemde type. Dat is een rest uit het verleden die wel afbreuk doet aan de eenvoud van zijn theorie, maar niet aan het radicale karakter van de in boek I geschetste vereenvoudiging. Cohen heeft mijn inziens het kwalitatieve verschil tussen de grote en de kleine epicykels over het hoofd gezien.

De kleine epicykels konden pas worden afgeschaft toen het dogma dat Copernicus kritiekloos van zijn voorgangers had overgenomen, het dogma van de cirkel als enig acceptabel verklaringmodel, werd losgelaten. Dat gebeurt bij Kepler en wel middels een *verruimende*

generalisering: elke cirkel is een ellips, maar niet andersom en elke eenparige cirkelbeweging is een bijzonder geval van de perkenwet. Het is volgens mij nogal onhistorisch Copernicus te verwijten dat hij nog niet datgene gedaan heeft wat Kepler later zou doen!

Tot nu toe heb ik het, afgezien van de maan, alleen nog maar gehad over bewegingen om de zon, met name de jaarlijkse beweging van de aarde om de zon. Copernicus neemt ook aan dat de aarde dagelijks om haar *as* draait. Volgens Cohen is die aanname door Copernicus zeer slecht onderbouwd. Dat vind ik schromelijk overdreven. In boek I hoofdstuk 8 wijst Copernicus erop, dat de vooronderstelde dagelijkse rotatie van alle hemellichamen om een rustende aarde veel duizelingwekkender is dan de door hem aangenomen dagelijkse aardse beweging. Hij beroept zich in dit verband op een overweging die ook al bij Ptolemaeus aanwezig is, namelijk dat de aarde, hoe groot die ook is ten opzichte van ons, heel klein is ten opzichte van het universum, nauwelijks meer dan een punt. Stel dat de vaste sterren (die zowel door Copernicus als door zijn voorgangers geacht worden allemaal even ver van het centrum verwijderd te zijn) een miljard keer zo ver van het aardcentrum af staan als het aardoppervlak, dan zou hun vooronderstelde absolute beweging ook een miljard keer zo groot moeten zijn als de door Copernicus aangegeven dagelijkse beweging van het aardoppervlak.

Natuurlijk wist Copernicus nog helemaal niets van de lichtsnelheid, laat staan van afstanden gemeten in lichtjaren. Maar zijn punt kan toch, gebruik makend van een hedendaags begrippenkader als volgt worden toegelicht. De dichtstbijzijnde ster staat ongeveer 5 lichtjaren van ons af. De cirkel die die ster in één dag geacht werd te doorlopen heeft een omtrek van ruim 30 lichtjaar, oftewel $30 \times 365 =$ ruim 10.000 lichtdagen. Als die afstand in één etmaal werd afgelegd, zou daarvoor een snelheid nodig zijn, die ruim 10.000 keer zo groot is als de lichtsnelheid!

Cohen doet alsof de aarde volgens Copernicus slechts twee bewegingen uitvoert: de dagelijkse rotatie om haar *as* en de jaarlijkse beweging om de zon. Maar in feite neemt Copernicus (zie boek I hoofdstuk 11) nog een *derde* beweging aan. Op het eerste gezicht lijkt Cohen het Copernicus op die manier alleen maar makkelijker te maken. De bewijslast wordt minder zwaar als slechts twee bewegingen aangetoond moeten worden en niet drie. Inderdaad, maar zodra ook rekening gehouden wordt met de bewijslast waaronder Ptolemaeus en zijn aanhangers gebukt gaan of gebukt zouden moeten gaan, komt de zaak er heel anders uit te zien.

De derde door Copernicus aangenomen beweging komt ten dele overeen met wat astronomen later de "precessie van de aardas" zijn gaan noemen: een draaiing niet *om*, maar *van* de aardas om een andere *as*, namelijk de *as* die loodrecht staat op de ecliptica (het vlak waarin de aarde jaarlijks om de zon draait). Deze precessie heeft een periode van ca. 26.000 jaar. De helling van het systeem dat door de dagelijkse rotatie bepaald wordt (Noord-Zuid en equator) ten opzichte van de ecliptica blijft daarbij onveranderd $23,5^\circ$.

Hoe komt Copernicus erbij deze derde beweging aan te nemen? Hij wil daarmee een onloochenbaar verschijnsel verklaren dat ook Ptolemaeus al bekend was, namelijk het verschijnsel van de zogenaamde "verschuiving van het lentepunt". De punten waar de hemelequator de ecliptica snijdt, verschuiven in ca. 70 jaar één graad van Oost naar West.

Het punt waar het om gaat, is nu dat Ptolemaeus dit fenomeen niet alleen moet erkennen, maar ook moet *verklaren*. Hoe? Als de aarde stilstaat en het coördinatensysteem van de dagelijkse draaiing stilstaat ten opzichte van de aarde, dan moet het genoemde fenomeen verklaard worden door een wenteling van alle hemellichamen ten opzichte van dat coördinatensysteem. Die wenteling zou zodanig moeten zijn, dat de "afstand" (in graden) tussen de hemel-Noordpool en de hemelse eclipticapool (het verlengde van de lijn door het centrum loodrecht op het vlak van de jaarlijkse zonnebaan) onveranderd $23,5^\circ$ blijft. Kortom, het zou een algemene beweging zijn, die wezenlijk bepaald is door de baan van één planeet, te weten de zon! Dit extreme, in het systeem van Ptolemaeus verborgen heliocentrisme wordt door Copernicus vervangen door een meer bescheiden en aannemelijke variant: de verschuiving van het lentepunt komt niet voort uit de omstandigheid dat alle vaste sterren en planeten met de

zonnebaan rekening houden, maar uit de manier waarop onze planeet, de aarde, zich als planeet ten opzichte van de zon, die zelf geen planeet is, gedraagt.

Kortom, de bespreking van de vraag hoe de zogenaamde verschuiving van het lentepunt verklaard moet worden, pleit zeer sterk in het voordeel van Copernicus. En dus wordt zijn standpunt onnodig verzwakt, wanneer, zoals Floris Cohen dat doet, dit agendapunt ongemerkt wordt weggelaten.

Ad b) Hoe kwam Ptolemaeus ertoe de aarde als bewegingsloos centrum op te vatten? Niet doordat hij aan de mogelijkheid van een andere opvatting nooit gedacht heeft. Hij vermeldt uitdrukkelijk dat de dagelijkse beweging van alle hemellichamen ten opzichte van de aarde in principe ook toegeschreven zou kunnen worden aan een dagelijkse rotatie van de aarde zelf. Maar hij wijst die hypothese op *fysische* gronden van de hand. Daar zit het punt waar deze alexandrijn zich op Aristoteles beroept. Als de aarde werkelijk draaide, zouden we dat niet alleen zien maar ook *voelen* en *merken* aan de hand van permanente Oostenwind e.d.

Copernicus wil zich niet primair opwerpen als natuurfilosoof, maar als astronoom die nog meer in de geest van Alexandrië te werk gaat dan Ptolemaeus zelf. Copernicus wil de astronomische en meetkundige en kinematische consequenties van de hypothese dat de aarde noch in het centrum, noch elders rust vindt, serieus doordenken zonder zich door de vooronderstelde ernst van aristotelische fysische bezwaren uit het veld te laten slaan. Terecht is hij, zoals ik hierboven betoogd heb, van mening dat daardoor een astronomische theorie ontstaat die veel beter, veel harmonischer en consistentier in elkaar zit. Zó zeer zelfs dat het voor hem voldoende bewijs is voor de drievoudige beweging van de aarde.

Maar Copernicus voorvoelt dat die theorie op grond van fysische ongeloofwaardigheid van de hand zal worden gewezen. Hij tracht, zo goed en zo kwaad als het gaat, de Aristotelische argumenten te ontzenuwen. Tevens geeft hij schetsmatig de contouren aan van een alternatieve, universele fysica. Met dat laatste bedoel ik: een on-aristotelische fysica die de *absolute* scheiding, de territoriumverdeling van het aardse en het hemelse, niet erkent. Zo wijst hij er bij voorbeeld op, dat de natuur overal, niet alleen in hemelse sferen, streeft naar de ideale bolvorm. Denk bij voorbeeld, zo zegt hij, aan waterdruppels en denk ook aan de aarde als geheel, die toch ook volgens Aristoteles, ondanks haar vooronderstelde ondermaanse status, de vorm van een bol heeft!

Uit deze overwegingen blijkt zeker niet dat Copernicus als vernieuwer van de fysica geëerd moet worden, maar wel dat hij door de overtuigingskracht van zijn mathematisch-astronomisch purisme ruimte heeft gemaakt voor – en de noodzaak heeft aangetoond van een nieuwe fysica. Dat is de draad die door Galileï (niet door Kepler) wordt opgepakt. Die neemt als eerste serieus dat er dankzij de *astronomische* bewijskracht van de copernicaanse theorie een *fysisch* vacuüm is ontstaan. Dáár ligt volgens mij het cruciale belang van Copernicus voor het ontstaan van de moderne natuurwetenschap. Dat komt mijns inziens bij Floris Cohen onvoldoende uit de verf doordat hij de copernicaanse theorie afschildert als een geniaal luchtkasteel dat pas later, dankzij Kepler en Galileï, stevig op de grond kwam te staan.

Ad c) Een theorie die inhoudt dat het aristotelische absolute onderscheid tussen hemel en aarde onhoudbaar is, heeft op grond daarvan levensbeschouwelijke impact. Uiteraard kan die op verschillende manieren worden uitgelegd: of A) alles is hemels, of B) alles is aards, of C(=A+B) alles is hemels en aards tegelijk. Anders gezegd: het is *niet* zo, dat sommige regionen hemelser of goddelijker zijn dan andere. Het goddelijke kan niet gevonden worden door in gedachten van het ene punt naar het andere te reizen, van onder naar boven bij voorbeeld. Het is overal of nergens.

Floris Cohen besteedt op p.145 aandacht aan de schokkende ontdekking van een nova, een nieuwe ster. Ontstaan of vergaan in hemelse sferen is de doodsteek voor de aristotelische opvatting. Maar het is slecht één mogelijke doodsteek, namelijk van type B) Over A) of C) wordt door Cohen helemaal niet gerept. Daardoor ontstaat ongemerkt een veel te beperkt beeld van de levensbeschouwelijke strekking die in de copernicaanse revolutie vervat is. Het is volgens mij dan ook tekenend dat in het slot, getiteld "Scheuren in een herschape wereld" (p.272 vv.), gekozen wordt voor de opvatting van Steven Weinberg: onvermijdelijke (d.w.z. niet slechts

feitelijk historische) terugtocht van de religie door de voortgang van de natuurwetenschap. Een sprekende overeenkomst dus met Max Webers opvatting van de wetenschap als *gottfremde Macht!*

Volgens mij is het niet toevallig dat Cohen noch oog heeft voor A), noch voor C) (in feite de combinatie van B) met A)). Dat komt doordat hij heeft nagelaten zich kritisch uiteen te zetten met de in onze cultuur zeer invloedrijke en populaire (o.a. door Freud gepropageerde) standaardinterpretatie van het conflict tussen het destijds vigerende standpunt en het copernicaanse. De term "*geocentrisch*" als betiteling van het gevestigde aristotelisch-christelijke wereldbeeld heeft hieraan het nodige bijgedragen. Want die suggereert dat in dat wereldbeeld het contrast tussen het aardse en het hemelse wordt opgevat naar analogie van centrum en periferie. Geocentrisch komt dan ongeveer op hetzelfde neer al egocentrisch of antropocentrisch.

In feite – en dat geeft Cohen ook wel correct weer – is het bij Aristotels heel anders. Hemel en aarde verschillen daar niet doordat de eerste de tweede als centrum *heeft*, maar doordat ze op radicaal verschillende manieren betrokken zijn op het centrum dat ze *gemeen* hebben. Het aards zou gekenmerkt worden door een rechtlijnige en dus onvolmaakte betrokkenheid: streven *naar* (element aarde) of *van* het centrum (element vuur). Essentieel voor het hemelse zou een circulaire en dus volmaakte natuurlijke beweging zijn *om* het centrum: een beweging die boven de tegenstelling tussen zwaar en licht is verheven.

Als je Copernicus leest tegen de achtergrond van dit wereldbeeld, dan kom je in eerste instantie niet uit bij een degradatie van de aarde, maar juist bij een verheffing. Die wordt immers van het ondermaanse gepromoveerd tot iets bovenmaans. Een mogelijke uitwerking van deze vervolmaking is dan, dat de door Aristoteles vooronderstelde onvolmaaktheid van de aardse sfeer nergens werkelijk bestaat. Alle materie is even perfect en onvergankelijk als hij de hemelse materie (ether) geacht heeft te zijn. Alle materie is alleen vatbaar voor beweging, d.w.z. verandering van plaats. Deze mechanistische uitwerking, die o.a. bij Descartes te vinden is, valt onder A).

Natuurlijk zijn er in Europa een heleboel mensen geweest die mechanisme zagen als uiting van kettens atheïsme. En dat is ook begrijpelijk wanneer je religie met haar canonieke, kerkelijke vorm identificeert. Op die identificatie, die natuurlijk ook bij atheïsten kan voorkomen, gaat Cohen nauwelijks in. Toch lijkt me kritische distantie daartoe van essentieel belang voor de bespreking van de levensbeschouwelijke impact van de moderne fysica.

Zodra je bereid bent, eventueel geïnspireerd door een hele serie Westerse filosofen, vraagtekens te zetten bij de identificatie van religie met dienst aan een "Opperwezen dat ons in de gaten houdt" (p.274), komt de hele zaak in een ander licht te staan dan Cohen suggereert. De derde weg, aan gene zijde van het conflict tussen het conflictmodel en het harmoniemodel van Gould krijgt dan een ander karakter. Harmonie voor zover de natuurwetenschap erin slaagt ons te verlossen van *bijgeloof*. Atheïsten, agnosticisten en mensen die zichzelf religieus wensen te noemen, zouden het hierover eens kunnen zijn. Van een conflict *met* de moderne natuurwetenschap *hoeft* geen sprake te zijn, ook al heeft het in de feitelijke geschiedenis tot nu toe een prominente rol gespeeld. Maar dat helpt gelovigen en ongelovigen allerminst het met *elkaar* eens te worden. Het conflict tussen de inhouden van hun overtuigingen blijft onverminderd bestaan. De ongelovige gelooft dat elk godsgeloof uiteindelijk op bijgeloof berust, terwijl de gelovige heilig gelooft in de mogelijkheid van een echt, van bijgeloof gezuiverd godsgeloof. Dat is een ernstig en onvermijdelijk conflict. Noch de wetenschap, noch enige andere instantie is bij machte het op te lossen of te verzachten. Dáároveň kunnen beide partijen het wel eens zijn. En ze kunnen ook erkennen dat echte wetenschappelijke verworvenheden door de ander in een ander licht worden gezien dan door henzelf. Ja, nog sterker, ze zouden ook kunnen erkennen dat geen van beide partijen wetenschappelijk of historisch verantwoorde uitspraken kan doen over de toekomst. Wie weet zal de ontwikkeling van de moderne natuurwetenschap aanleiding geven tot een verlevendiging van religie, wie weet tot haar uitsterven, wie weet tot allebei tegelijk.