



Universiteit
Leiden
The Netherlands

De mens in het heelal

Snellen, I.A.G.

Citation

Snellen, I. A. G. (2013). *De mens in het heelal*. Leiden: Universiteit Leiden. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/22803>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/22803>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Prof.dr. Ignas Snellen

De mens in het heelal



Universiteit
Leiden

Bij ons leer je de wereld kennen

De mens in het heelal

Oratie uitgesproken door

Prof.dr. Ignas Snellen

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de

Observationele Astrofysica

aan de Universiteit Leiden

op vrijdag 8 november 2013



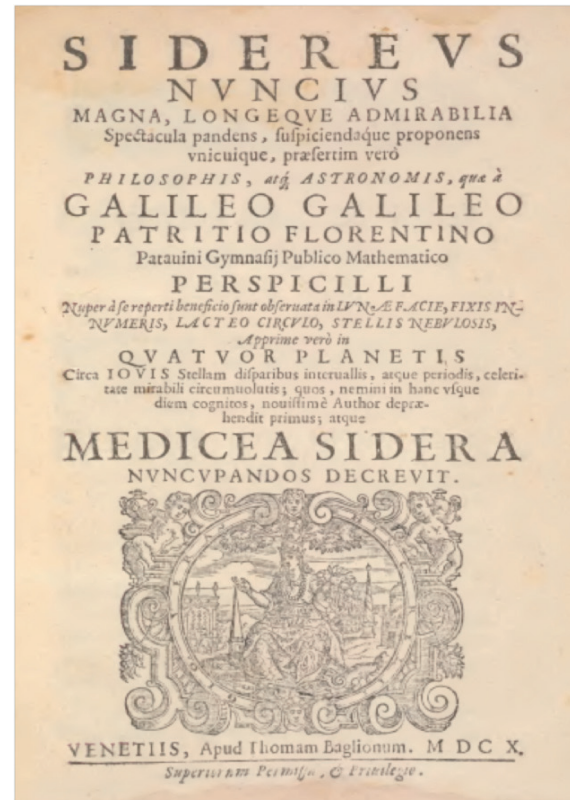
Universiteit
Leiden

Meneer de Rector Magnificus, waarde collegae en vrienden,

Galileo Galilei en Charles Darwin

Als u mij toelaat, neem Ik u eerst mee naar Padova, naar de avond van 7 januari 1610, nu zo'n 15 generaties geleden. Galileo Galilei richt voor het eerst zijn zelfgemaakte kijker (naar Hollands model) op Jupiter, en ziet daar eerst drie, en daarna vier sterretjes. Deze wisselen van nacht tot nacht van

positie, en Galilei ontdekt hiermee de vier manen van Jupiter. Een belangrijk moment. Samen met waarnemingen aan Venus halen deze het aloude Griekse heelalmodel onderuit. Niet de Aarde, maar de Zon is het nieuwe centrum van het heelal. Ook beschrijft Galilei hoe hij met zijn nieuwe telescoop honderden zwakke sterren ziet, in de gordel en het zwaard van Orion, en in de Pleiaden. Hij vraagt zich af waarom er sterren zijn die de mens niet kan zien? René Decartes zal hier later over schrijven: "Een ding is duidelijk - God heeft het heelal niet voor de mens geschapen".



Links: Portret van Galileo Galilei (Justus Susterman, 1636). Rechts: titelpagina van Siderius Nuncius, 'the siderial messenger'.

Dit is de eerste belangrijke revolutie in het menselijk denken over onze plaats in het universum. Hoe uniek is de Aarde eigenlijk, en de mens? Wat is onze rol, ons doel in dit heelal? Dit is het speelveld van de filosofie. Bij filosofie krijgen waarschijnlijk veel mensen in de zaal een beeld voor zich van paddenstoel-rokende langharige geitenwollensokkendragers. Maar ik doel hier op de originele betekenis van filosofie, “liefde voor wijsheid”, het onderzoeken van alles om ons heen. Hier vallen alle natuurwetenschappen onder, zo ook astronomie. Niet voor niets hebben al mijn hooggeleerde collegae aan uw linker zijde een *PhD*, en zijn ze doctor in de filosofie.

Al doen economen ons tegenwoordig anders geloven, in mijn inziens geeft filosofie echte rijkdom. Het is in mijn ogen de kennis over onze plaats en rol in het universum dat werkelijke waarde aan ons leven kan geven. Niet voor niets weten we 15 generaties later nog precies wat Galileo Galilei deed op die avond in januari 1610. Natuurlijk is deze eerste belangrijke revolutie niet terug te brengen tot die ene avond. Het was Nicolaas Copernicus die al 70 jaar eerder de grondlegger van het heliocentrisch model was, en eigenlijk zou je deze eerste stap pas afgerond kunnen noemen in 1992, met de volledige vindicatie van Galilei door Paus Johannes Paulus II in naam van de katholieke kerk. Het heelal is niet voor de mens gemaakt.

Ik neem u nu mee naar de haven van Plymouth, Engeland naar de ochtend van 27 december 1831. Dit is zo’n zeven generaties geleden. Onder het bevel van kapitein Fitzroy vertrekt het schip de Beagle voor een expeditie van 2 jaar, met aan boord Charles Darwin. De expeditie zal uiteindelijk vijf jaar duren, en leidt langs Zuid-Amerika, Australië, het zuiden van Afrika, en diverse eilandengroepen in de Grote en Indische Oceaan. Overal waar Darwin aan land kon gaan onderzoekt hij de plaatselijke flora en fauna, fossielen en geologie. Dit levert de basis voor de tweede belangrijke revolutie in het menselijk

denken over onze plaats in het heelal, alhoewel Darwin pas na drieëntwintig jaar wikken en wegen zijn meesterwerk ‘*The origin of Species*’ publiceert. De angst om als ketter te worden neergezet verliest het uiteindelijk van de angst dat een rivaliserende wetenschapper er met de eer vandoor gaat. De pleuris breekt inderdaad uit, maar eigenlijk worden al binnen tien jaar de hoofdlijnen van zijn evolutietheorie aanvaard. Wat Darwin omschrijft is een proces waarbij dieren- en plantensoorten onder invloed van veranderende omstandigheden van generatie op generatie zich langzaam in eigenschappen aanpassen. Hij verklaart hiermee het ontstaan van soorten, en schopt de mens van zijn voetstuk. We zijn eigenlijk maar een veredelde aap.

De nasleep van deze tweede revolutie blijkt een lange aangelegenheid. Eerst blijken de tijdschalen die nodig zijn te lang. Sommige astrofysici en geologen van die tijd dachten namelijk dat de zon, en daarmee de aarde, zo’n 30 miljoen jaar oud waren, in plaats van de werkelijke viereneenhalf miljard jaar. Ook begrijpt Darwin niet wat het proces is waarmee eigenschappen worden doorgegeven. Dit wordt pas opgelost in de twintigste eeuw met de opkomst van de genetica, met de ontdekking van de structuur van DNA. Deze tweede revolutie is eigenlijk nu ook nog altijd gaande. Ten eerste omdat pas dertien jaar geleden het gehele menselijk genoom in kaart is gebracht, maar ook omdat nu nog steeds 15 tot 40% van de bevolking niet kan accepteren dat de mens geen bevoorrechte positie in de schepping heeft meegekregen, en daarom Darwins idee van evolutie verwerpt.

Voor deze mensen heb ik slecht nieuws. Ik ga u er namelijk van proberen te overtuigen dat we aan de vooravond staan van de derde belangrijke revolutie in het menselijk denken over onze plek in het heelal. En mijn doel is de komende jaren als hoogleraar om hier, als ik kan, een bijdrage aan te leveren. We weten nu dat het heelal niet speciaal voor de

mens is geschapen. We weten nu ook dat de mens een wat toevallig geëvolueerde diersoort is. Maar er is meer. Technische vooruitgang is nu zo ver gevorderd, dat we niet alleen de andere planeten in ons zonnestelsel kunnen onderzoeken, maar ook afweten van het bestaan van planeten rondom andere zonnen, de meer dan honderd miljard sterren in onze Melkweg. Blijkt dat nou net mijn onderzoeksgebied te zijn! Hoe uniek is de Aarde eigenlijk? Is er op meer planeten in onze Melkweg leven ontstaan? En hoe kunnen we dit onderzoeken?

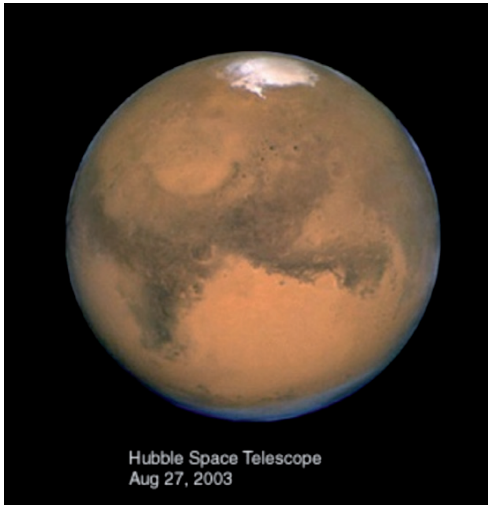
Biologische activiteit in het licht van het Copernicaanse Principe

Laten we eerst proberen of we door hard na te denken, vanachter ons bureau met de gordijnen dicht, over deze vragen ons licht kunnen laten schijnen. Sinds de eerste revolutie, deinzen astronomen terug om de Aarde een speciale rol toe te bedelen. Inderdaad, lijken we maar een gewone planeet, rondom een hele normale ster - niet te groot en niet te klein, in een wat saaie buitenwijk van onze Melkweg - een van de tientallen miljarden melkwegstelsels in het zichtbare heelal. Dit wordt het Copernicaanse principe genoemd, dat ons impliciet vertelt dat er ontelbare aardes moeten zijn, en dat leven op ontelbare plekken in het heelal moet zijn ontstaan en geëvolueerd. Maar, er steekt een addertje onder het gras. Namelijk, we kunnen ook beredeneren dat de Aarde juist een hele speciale plek is. De omstandigheden op een planeet moeten namelijk precies juist zijn om leven te laten ontstaan, en te laten evolueren tot intelligente organismen, voordat er überhaupt vragen over het heelal gesteld kunnen worden. Het Copernicaanse principe werkt goed voor globale eigenschappen van het heelal op relatief grote afstandschalen, maar is onbruikbaar voor specifieke lokale omstandigheden. De omstandigheden in de gemeenschappelijke koelkast van mijn oude studentenhuus waren echt uniek in het heelal - daar heeft het Copernicaanse principe niets over te zeggen. Dus,

samengevat, alleen diep nadenken brengt ons nergens. We hebben geen flauw idee of het wemelt van de planeten met leven, of dat de Aarde uniek is in de Melkweg, of zelfs uniek in het gehele zichtbare heelal. We zullen van achter ons bureau vandaan moeten komen, de gordijnen weer openen, en op onderzoek uit moeten gaan.

Waar we eerst naar kunnen kijk is wat de Aarde zelf vertelt over het ontstaan van leven. Het is interessant om naar de geschiedenis van de Zon en de Aarde te kijken. Er is overweldigend bewijs dat de aarde zo'n viereneenhalf miljard jaar geleden zich gevormd heeft uit een roterende afgeplatte schijf van gas en stof rondom de zich netgevormde zon. Met de nieuwste telescopen, zoals ALMA - de Atacama Large Millimeter Array - kunnen we dit proces goed in kaart brengen rondom sterren die zich nu pas net gevormd hebben. Hoe het leven op Aarde ontstaan is weten we nog niet, we kunnen het proces namelijk nog niet in een laboratorium nabootsen. Maar waar wel sterke aanwijzingen voor zijn is dat de eerste organismen, al vlak nadat de Aardkorst voldoende is afgekoeld, aanwezig waren. De oudste fossielen van eenvoudige bacteriën zijn namelijk drieëneenhalf miljard jaar oud. Dit is een interessant gegeven, en lijkt te betekenen dat, mits de omstandigheden juist zijn, leven in een relatief korte (een astronomisch korte) tijd kan ontstaan. Wat we verder van fossielen leren is dat het daarna meer dan twee miljard jaar duurt voordat de eerste meercellige organismen zich vormen, en de eerste eenvoudige dieren pas 600 miljoen jaar geleden ontstonden. De anatomisch moderne mens bestaat pas tweehonderdduizend jaar - en kwam pas na 99,99 procent van de huidige leeftijd van de Aarde kijken. Leven mag dan snel en makkelijk ontstaan zijn op Aarde, de evolutie naar complexe, intelligente levensvormen was een zeer langdurig proces - uitgerekt over een tijdschaal die maar een factor drie korter is dan de zogenaamde "Hubble-tijd", de huidige leeftijd van het heelal.

Leven in ons zonnestelsel



6

De planeet Mars. Links een opname van de Hubble Ruimtetelescoop, rechts het uitzicht vanaf de grond (credits: NASA). Mars is momenteel een kurkdroge steenwoestijn, maar dat is vroeger waarschijnlijk anders geweest.

De enige manier om te weten te komen of en hoe vaak dit proces zich ook op andere plekken in het heelal heeft voorgedaan, is door waar te nemen. Zeggen dat dit heel moeilijk is, is een understatement. Afstanden in het heelal zijn enorm. Licht, in de vorm van een foton of golf reist met een snelheid van driehonderdduizend kilometer per seconde. Het zorgt ervoor dat uw email naar de Verenigde Staten in principe binnen tweehonderdste van een seconde aan zou kunnen komen, mits deze niet eerst door de NSA gelezen zou worden. Als we de Aarde verlaten, is onze Maan het eerste hemellichaam dat we tegenkomen. Op ingenieuze wijze is het de oude Grieken, meer dan tweeduizend jaar geleden, al gelukt om de afstand tot de maan te meten - zo'n 384.000 kilometer. Licht doet daar iets meer dan een seconde over. Helaas heeft de maan geen atmosfeer, en is deze niets anders dan een dode woestijn.

Het eerste echt interessante hemellichaam, als het gaat om het ontstaan van leven, is Mars. Zelfs als Mars gunstig ten opzichte van de Aarde staat, doet een foton er nog altijd vier minuten over om de 75 miljoen kilometer te overbruggen. Fantasie heeft nogal eens een loopje genomen met astronomen als het gaat om Mars. Meldingen van vegetatie, en zelfs kunstmatige kanalen bleken gezichtsbedrog. Het is beter om eerst te bedenken waar we naar op zoek zijn, als het gaat om leven, om biologische activiteit. Ik vraag u daarom eerst om even uw denkbeelden over buitenaards leven, mogelijk beïnvloed door fantasierijke Hollywood regisseurs, overboord te zetten. Simpel gezegd bestaat biologische activiteit uit chemische processen. In elke cel van uw lichaam ondergaan ingewikkelde moleculen ingewikkelde scheikundige interacties met elkaar. Dit is een voorwaarde voor biologische activiteit. Hét scheikundige element met de juiste eigenschappen om

ingewikkelde moleculen mee te maken is koolstof. Niet alleen is dit begrijpelijk vanuit een natuurkundig en scheikundig oogpunt, ook is al het leven op aarde gebaseerd op moleculen met koolstof als basis. Dit is mooi, want koolstof en zuurstof zijn na waterstof en helium de meest voorkomende atomen in het heelal. We hebben dus alle reden om te veronderstellen dat ook buitenaards leven op koolstof gebaseerd zal zijn. Er is sowieso geen plek meer in het periodiek systeem der elementen voor een nieuw, nog onbekend atoom dat de rol van koolstof zou kunnen innemen.

We willen nu omstandigheden vinden waarin complexe koolstofmoleculen zich kunnen vormen, en met elkaar chemische reacties aan kunnen gaan. Algemeen wordt gedacht dat hiervoor een vloeibare oplossing voor nodig is, in de vorm van water. Water is vloeibaar bij de juiste temperatuur, is zogenaamd polair, waarbij de elektrische lading asymmetrisch over het molecuul is verdeeld, en net zoals koolstof is al het leven op Aarde gebaseerd op water. Water komt ook nog eens zeer veel in het heelal voor, maar meestal als waterdamp of waterijs, en niet in de vloeibare fase, want daarvoor moet de combinatie van temperatuur en druk precies goed zijn. Dus samengevat, voor leven zijn ingewikkelde moleculen belangrijk - gebaseerd op koolstof, en vloeibaar water.

Terugkomend op Mars. De rode planeet ontvangt de helft minder energie van de zon dan de Aarde. Daarbij is de massa van Mars veel kleiner waardoor deze niet in staat is om een fatsoenlijke dampkring vast te houden, waardoor er haast geen broeikas effect optreedt. Het broeikas effect heeft bij ons de afgelopen jaren een slechte naam opgebouwd, maar bedenk wel dat het zonder dit effect het op de Aarde gemiddeld 30 graden kouder zou zijn. Op de planeet Venus is het broeikas effect helemaal uit de hand gelopen waardoor het er 300 graden warmer is dan zonder. Op Mars, met een luchtdruk 3% van dat op Aarde, heeft het maar een verwarmend effect van ongeveer 3 graden. Het is er zo koud, en de luchtdruk zo laag, dat water er niet als vloeistof voor

kan komen. Dit is nou zo raadselachtig aan Mars. Vanaf de eerste *flyby's* van ruimterobots in de jaren zestig, is het steeds duidelijker geworden dat er grote hoeveelheden vloeibaar water op Mars zijn geweest, en niet eens zo lang geleden. Het eerste puzzelstukje voor de oplossing hiervan vinden we op de Noordpool van Mars. Hier liggen grote hoeveelheden water opgeslagen in de vorm van ijs. Als al dit water vloeibaar zou zijn, zou het genoeg zijn om het gehele marsoppervlak onder een oceaan van 10 meter diepte te doen verdwijnen. Ook weten we nu dat er grote hoeveelheden waterijs onder het directe oppervlak van Mars te vinden zijn.

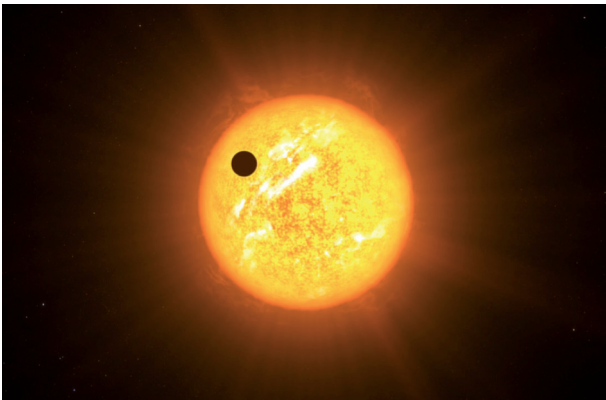
Het tweede puzzelstukje komt van de planeet Jupiter, zo'n drieëneenhalf keer verder weg van de zon dan Mars, en drieduizend keer zwaarder. De aantrekkingskracht van deze reuzenplaneet is zo groot dat niet alleen de baan van Mars fluctueert, maar ook de richting van zijn rotatie-as. Nu staat deze as redelijk rechtop, waardoor de zon gedurende een marsjaar niet veel kans krijgt om de polen te beschijnen. Maar er zijn perioden waarbij Mars veel meer op zijn kant ligt. De polen worden om de beurt volop beschenen, en de poolkappen met water en kooldioxide-ijs verdampen en zorgen voor een veel dikkere atmosfeer die Mars genoeg warm kan houden voor vloeibaar water. Er wordt gedacht dat het zelfde proces ook invloed heeft op het klimaat hier op Aarde, alleen is dit effect veel kleiner omdat Jupiter voor ons verder weg staat, en omdat onze maan de rotatie-as van de Aarde redelijk stabiel houdt. Toch is het effect nog genoeg om de Aarde eens in de 100.000 jaar in een ijstijd te dompelen. We komen net uit de laatste - zo'n 12000 jaar geleden, niet toevallig samenvallend met de culturele ontwikkeling van de moderne mens.

Dit alles verandert niets aan het feit dat Mars op dit moment een kurkdroge planeet is. Bovendien zorgt de ijle atmosfeer ervoor dat energetische UV-straling van de Zon vrij het oppervlak kan bereiken waardoor alle complexe koolstofmoleculen sowieso afgebroken worden. Leven op het oppervlak van Mars kan op dit moment niet overleven. Toch

zult u het met me eens zijn dat Mars uiterst fascinerend is. Is er vroeger misschien ooit leven op Mars geweest? Er zijn sterke geologische aanwijzingen dat zo'n drie miljard jaar geleden een groot gedeelte van het noordelijk halfrond van Mars uit een ondiepe oceaan bestond. Omstandigheden die verdacht veel op die van Aarde lijken, in dezelfde periode dat ook het leven hier op Aarde ontstond.

Verder weg van de Zon komen we nog vier andere planeten tegen, maar allen gasreuzen, en het is er in het algemeen zo koud dat biologische activiteit er uitgesloten lijkt. Er zijn misschien uitzondering waar energie op een andere manier wordt opgewekt, bijvoorbeeld door getijdewerking bij manen van Jupiter. Zo wordt de Jupitermaan Europa, ontdekt als tweede sterretje van rechts door Galilei op die beroemde nacht in januari 1610, zo gekneet dat er onder haar dikke ijslaag mogelijk een warme oceaan schuilgaat, waar eventueel primitief leven zou kunnen voorkomen. De vraag is echter of en hoe we daar ooit achter zouden kunnen gaan komen.

Extrasolaire planeten



Een artistieke impressie van een planeetovergang. Astronomen kunnen niet het planeetschijfje letterlijk voor de sterschijf langs zien trekken, maar wel waarnemen dat een gedeelte van het sterlicht wordt verduister. (Credit: European Southern Observatory).

We leren ontzettend veel van de exploratie van ons eigen zonnestelsel, maar persoonlijk acht ik de kans klein dat we er buiten de Aarde leven zullen aantreffen. We zullen het dus verderop moeten zoeken. Hier worden de afstanden pas echt een probleem. De ruimte, zelfs in onze Melkweg met honderd miljard sterren, is ontzettend leeg. De ruimtesonde Voyager-I is bijna mijn hele leven al onderweg, en heeft pas vorige maand mogelijk de wat onduidelijk gedefinieerde grens van ons zonnestelsel bereikt. Licht van de zon doet hier trouwens zo'n 18 uur over om dit punt te bereiken. Dit brengt ons nog nergens. De Voyager-I zal nog 75.000 jaar door moeten vliegen, in de juiste richting, om onze buurster te bereiken - het alfa Centaurus systeem - een van de helderste sterren aan de hemel, maar alleen op het zuidelijk halfrond te zien. Het licht van de Zon doet er 38.000 uur over, zo'n 4 jaar, om alfa Centaurus te bereiken. De afstand is namelijk 40.000 miljard kilometer. Voor mijn vrienden uit Brabant in de zaal - dat is kei ver. Een bezoek kunnen we uit ons hoofd zetten.

Tot zo'n twintig jaar geleden hadden astronomen geen flauw idee of dat andere sterren planeten hadden. Alhoewel wat ongemakkelijk in het licht van het Copernicaanse principe, zou de Zon, met haar acht planeten in vrijwel cirkelvormige banen, wel eens onverwacht uniek kunnen zijn. Toen werd in 1995 de planeet 51 Pegasus b ontdekt, rondom een ster die veel lijkt op onze zon op 50 lichtjaar afstand - je kunt deze ster net met het blote oog zien. Stormachtige technische ontwikkelingen hadden het eindelijk mogelijk gemaakt, niet om al een exoplaneet zelf te zien, maar om de schommeling van de ster te meten die door de zwaartekracht van de planeet wordt veroorzaakt. Een absolute doorbraak, maar ook een absolute verrassing. De planeet, half zo zwaar als Jupiter, draait in iets meer dan 4 dagen om haar moederster, op 4/100ste van de afstand van de Aarde tot de Zon. Het in twee eeuwen opgebouwde 'zoncentrische' beeld van hoe planetenstelsels ontstaan kon meteen op de schop. Al snel werden er meer van zulke bizarre planeten gevonden - omdat ze nu eenmaal het makkelijkst te detecteren zijn. Gezien het feit dat gasreuzen

nooit op zulke korte afstand van hun moederster gevormd kunnen zijn, betekent het dat planeten kunnen migreren, van baan veranderen - een proces wat nog steeds niet geheel wordt begrepen, maar waarschijnlijk ook in ons zonnestelsel een belangrijke rol heeft gespeeld.

Als we geluk hebben, kijken we vanaf de Aarde precies zo tegen een planeet aan dat we deze voor de ster langs zien gaan - een zogenaamde planeetovergang. Zo'n gebeurtenis laat een scala aan nieuwe metingen toe. Naast de schommeling van de moederster die de massa van de planeet verraadt, geeft de hoeveelheid licht dat tijdens de overgang verduisterd wordt de grootte van de planeet aan. Hiermee kan de gemiddelde dichtheid van de planeet worden afgeleid, wat weer aanwijzingen voor de samenstelling van de planeet geeft. Met speciale telescopen vanuit de ruimte kunnen zulke planeetovergangen goed onderzocht worden. Zo heeft de Frans-Europese satelliet CoRoT een planeet ontdekt met tweeëneenhalf maal de diameter, en zes keer de massa van de Aarde - de eerste rotsachtige planeet na de Aarde, Venus en Mars. We kunnen dit nog geen aardachtige planeet noemen, want alhoewel haar samenstelling waarschijnlijk veel op die van de Aarde lijkt, draait CoRoT-7 in plaats van in 365 dagen, in 21 uur om haar moederster. Het is er zo heet, dat het er waarschijnlijk lava regent.

Het is de afgelopen jaren vooral de Kepler ruimtetelescoop van NASA geweest, ook een jager op planeetovergangen, die de enorme rijkheid en diversiteit aan planetenstelsels heeft laten zien. De meer dan 4.000 sterren met planeetovergangen die deze satelliet heeft ontdekt geven aan dat de meeste sterren planeten hebben - goed nieuws voor de zoektocht naar een zusje van de Aarde. Maar wat deze satelliet ook laat zien is dat ons zonnestelsel zoals wij dat kennen niet erg representatief lijkt te zijn. Het meest interessant zijn de extreme planetenstelsels, zoals bij de ster Kepler 11, die 6 planeten heeft waarvan vijf zo groot als Neptunus die in 10, 13, 22, 32 en 46 dagen hun rondjes draaien. Of de ster Kepler 36

met twee planeten in een baan van 14 en 16 dagen, die elkaar zo dicht naderen dat dan de ene planeet tweeëneenhalf keer zo groot aan de hemel verschijnt als hier onze zon. De kleinste planeet die tot dusver ontdekt is, Kepler 37 b, is net zo groot als onze maan.

Planeetovergangen en atmosfeeronderzoek

Planeetovergangen, mits ze te zien zijn rond heldere, relatief dichtbijstaande sterren, kunnen ons nog veel meer over exoplaneten vertellen. Als zo'n planeet gezien vanaf de Aarde voor haar moederster langs trekt, sijpelt er ook een beetje sterlicht door de atmosfeer van de planeet heen. De gassen in de planeetatmosfeer absorberen het sterlicht op specifieke golflengtes. Dit kunnen astronomen meten, al gaat het typisch om signalen van 1/100^{ste} van een procent. Dit vormt de focus van onderzoek in ons Leidse exoplanetenteam. We richten ons vooral op de ontwikkeling van waarneemmethoden waarbij we gebruik maken, niet van satellieten in de ruimte, maar van telescopen hier op Aarde. Voor het eerst is het ons gelukt om waarnemingen te doen op zeer grote spectrale resolutie, wat betekent dat we niet alleen de samenstelling van het gas kunnen meten, maar ook gevoelig zijn voor Dopplerverschuivingen, en daarmee de snelheid waarmee een planeet naar ons toe of van ons afbeweegt. Met deze techniek worden nu zelfs de waarnemingen vanuit de ruimte, met de Hubble en Spitzer ruimtetelescopen, naar de kroon gestoken.

Vorige maand was het precies 18 jaar geleden dat de ontdekking van de eerste exoplanet, 51 Pegasus b, werd aangekondigd. Het is de *coming of age* van het exoplanetenonderzoeksveld. Echter, tot nu toe is het echte bestaan van deze eerste planeet nooit direct aangetoond. We zijn dan ook trots dat we kunnen melden dat metingen, geleid door Jayne Birkby en Matteo Brogi, nu voor het eerst onomstotelijk absorptie van waterdamp van de planeet laten zien, waarmee we direct de baansnelheid van de planeet kunnen bepalen, de oriëntatie van de planeetbaan, en haar massa.

De komende jaren wordt het echt spannend. De metingen die we nu aan grote gasreusplaneten kunnen verrichten, willen we gaan doen aan rotsachtige planeetjes zoals de Aarde. Uiteindelijk kunnen zulke waarnemingen de eerste aanwijzingen leveren voor buitenaardse biologische activiteit. Om dit te begrijpen moeten we goed naar onze eigen dampkring kijken. Hier zit namelijk een gas dat er eigenlijk helemaal niet thuis hoort - en dat is zuurstof. Zuurstof is een zeer reactief gas, het reageert makkelijk en zou binnen de kortste keren uit onze dampkring verdwenen zijn, ware het niet dat biologische processen, fotosynthese in groene planten, er voor zorgen dat deze zuurstof constant wordt aangevuld. De ontdekking van gassen in een planeetatmosfeer die daar helemaal niet thuishoren, zoals zuurstof, maar ook ozon en methaangas, kunnen op deze manier het eerste indirecte bewijs gaan vormen over het bestaan van buitenaards leven - zonder dat we de organismen die daar voor verantwoordelijk zijn kunnen zien.

We staan wel voor een niet te onderschatte uitdaging. In plaats van éénhonderdste van een procent, moeten we dan naar signalen kunnen zoeken van éénmiljoenste van een procent of zelfs minder. Dit lijkt op het eerste gezicht een onoverbrugbare stap, maar dat is het niet. De spannendste ontwikkeling is de bouw door Europa van een extreem grote telescoop de European ELT met een doorsnede van 39 meter. Binnenkort wordt er met de voorbereidingen in de Noord-Chileense Atacama woestijn begonnen, waardoor de telescoop aan het begin van het volgende decennium gereed moet zijn. Het interessantste instrument voor exoplaneetonderzoek is METIS, waarvan de ontwikkeling wordt geleid door Bernhard Brandl in Leiden. Technische ontwikkelingen maken het mogelijk om de methode van zeer hoge resolutie spectroscopie, ontwikkeld in onze onderzoeksgroep, te koppelen aan extreme adaptieve optiek die het mogelijk maakt om het planeetlicht ook ruimtelijk van het sterlicht te scheiden. De eerste simulaties, hier rechts, laten zien dat we hiermee vier ordes van grootte winnen en mogelijk al signalen van éénmiljoenste procent

kunnen gaan meten. Hiermee liggen aardachtige planeten bij onze naaste buursterren binnen handbereik. Dit zou mogelijk een beginpunt kunnen zijn voor de derde revolutie, na die van Galileo Galilei, en van Charles Darwin, om de plaats van de mens in het heelal te begrijpen. Het doel van mijn professorschap is om hier een bijdrage, al is het maar een hele kleine, aan te leveren.



Artistieke impressie van de European Extremely Large Telescope (E-ELT) met een spiegel-diameter van 39 meter. Let op de kleine mensjes vooraan om een idee van de omvang te krijgen (Credit: European Southern Observatory).

De Hirsch-index als loopvermogen van de Duitse voetballer

In het laatste gedeelte van mijn rede wil ik graag, nu we hier toch zijn, kort mijn licht laten werpen op het wetenschappelijke klimaat in Nederland. Als je opereert aan de grenzen van de menselijke kennis is samenwerking onontbeerlijk. Voor de astronomie staan ingenieurs aan de

basis van succes. Het zijn ingenieurs die zorgen voor de nieuwe ontwikkelingen in detectoren, ICT en optische systemen, die uiteindelijk leiden tot nauwkeurige metingen. Dit is zeker het geval in het exoplanetenveld. Om een voorbeeld te geven, de nauwkeurigheid van Dopplermetingen is in de afgelopen dertig jaar met een factor duizend verbeterd.

In de zoektocht naar buitenaards leven zal de samenwerking met andere onderzoeksvelden steeds belangrijker worden. Astronomen zijn over het algemeen wel slim, maar niet zo slim dat ze tegelijk ook experts kunnen zijn op het gebied van atmosfeerfysica, geologie, biologie, scheikunde, en paleontologie - om er een paar te noemen die belangrijk zullen zijn voor de interpretatie van mogelijke aanwijzingen voor biologische activiteit. Ik ben dan ook zeer verheugd dat NWO, de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek - de grootste wetenschapsfinancier van ons land, nu een netwerk voor planeten en exoplanetonderzoek in het leven heeft geroepen, PEPSci genaamd, die astronomen en aardwetenschappers en geologen gaat samenbrengen. Dit is goed nieuws.

Maar, ik maak me ook zorgen. Zorgen over de manier waarop wetenschappers door de huidige systemen geselecteerd worden. Een voorbeeld. In het begin van deze eeuw is Duitsland in rep en roer. De drievoudig Europees en drievoudig wereldkampioen, twaalf keer finalist op een groot toernooi, de absolute voetbalmogendheid, is al in de eerste ronde van het EK uitgeschakeld - na een versmadende 3-0 nederlaag tegen een B-team van Portugal. Een jaar later wordt het nog erger, en verliest het thuis met 1-5 van de altijd matige Engelsen. Hoe is dit in vredesnaam mogelijk? Het is de schuld van het jarenlange beleid van de DFB - de Duitse voetbalbond. Vanaf de jongste jongens werden voetballers vooral op twee eigenschappen geselecteerd: loopvermogen en fysieke kracht. Anders getalenteerde spelers, die fysiek niet indrukwekkend waren (denk aan de huidige Messi's, Xavi's en Özil's van deze

wereld) sneeuwden onder. Het Duitse voetbal was *gründlich* kapot gemaakt.

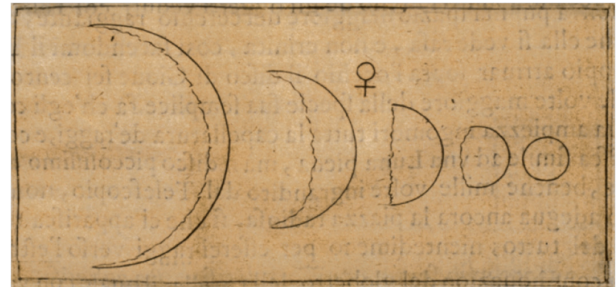
Ik zie een verontrustende parallel met het wetenschappelijke veld van nu. Al decennialang wordt er geduwd en getrokken aan wetenschappelijke instituten, en vloeit er invloed en macht naar centrale organisaties voor wetenschappelijk beleid. Dit is overal zo, en zeker niet alleen in Nederland. Dit heeft zeker zo zijn positieve effecten gehad, maar is naar mijn inziens nu volledig doorgeschoten. Wetenschappers worden geselecteerd op eigenschappen die wel belangrijk zijn, zoals goede netwerkers en multitasking, maar die een probleem worden als iedereen op die zelfde manier denkt en werkt. Misschien wel de belangrijkste eigenschap tegenwoordig is een hoge productie van publicaties - die trouwens nauw samenhangt met een goede netwerkmentaliteit. Om dit voor centrale organisaties meetbaar te maken is de Hirsch-index in het leven geroepen - een waar gedrocht, synoniem aan het loopvermogen van de Duitse voetballer. De wetenschapper samengevat in één getal. Hoeveel Lionel Messi's is de wetenschap hierdoor al misgelopen? Ik denk dat beleidsorganisaties gaandeweg teveel invloed hebben gekregen, want ook bij aanstellingen spelen ze nu een grote rol. Ik sta hier zelf ook gedeeltelijk omdat ik een NWO VICI beurs gewonnen heb, al zal ik de laatste zijn die daar over zeurt. Ik denk wel dat een gedeelte van geld en macht weer terug moet vloeien naar de universiteiten en instituten, die als team kunnen denken, en weten dat je naast fysieke kracht en loopvermogen, ook excentrieke, technisch begaafde spelers in huis moet hebben. Een topinstituut als de Leidse Sterrewacht moet vooraan lopen in dit soort ontwikkelingen, en dat doet ze ook. Toen ik tijdens mijn voortgangsgesprek vorige maand de wetenschappelijk directeur een lijstje met mijn twintigtal artikelen van afgelopen jaar voorschotelde, werden er terecht vraagtekens gezet bij dit aantal, want zet dit niet de kwaliteit van mijn onderzoek onderdruk? Er is hoop! De Hirsch-index ligt op sterven, alleen weten de beleidsmakers dat nog niet.

Frauderende professoren

Ondertussen staat het aanzien van wetenschap in Nederland onder grote druk. Frauderende professoren zijn voorpaginanieuws, en gaan als het zo doorgaat er voor zorgen dat ik op feestjes maar ga verzwijgen dat ik hoogleraar ben. Wetenschappers argumenteren vaak dat dit komt door de te hoge publicatiedruk. Ik ben het hier absoluut niet mee eens. Fraude is van alledag, en wordt gevoed door ambitie. Maar zonder ambitie is er geen wetenschap. Galilei was pas ambitieus! Ik neem u nog een keer mee terug. Het is nu 11 December 1610, bijna 11 maanden na zijn eerste waarnemingen aan Jupiter. Al een paar weken richt Galilei zijn lenzenkijker op Venus, die avond na avond steeds beter in de schemering zichtbaar wordt. Hij ziet Venus als een klein, bijna vol schijfje, en verwacht dat deze in verloop van de weken in een sikkel zal veranderen. Hiermee zal hij het ultieme bewijs leveren dat Venus om de zon draait, en niet om de Aarde. Maar, Galilei kan niet wachten. Bang dat anderen ook goede kijkers tot hun beschikking hebben, en zo overtuigd van het heliocentrische wereldbeeld, schrijft hij die avond nog aan Johannes Kepler, in code, dat hij de verandering van schijngestalten van Venus heeft gezien, en maakt hiermee de valse claim dat hij het bewijs heeft geleverd voor het heliocentrische wereldbeeld. Deze belangrijke waarnemingen zal hij echter pas twee weken later maken. Fraude! Wat hij doet is natuurlijk ethisch absoluut onverantwoord - zowel op menselijk als op wetenschappelijk vlak, maar echt verrassend is het niet. Wetenschapsbeoefening is mensenwerk, en mensen liegen, bedriegen en bedreigen, spelen vals, en zijn ook nog eens ijdel, koppig, jaloers, manipulatief, arrogant, en paranoïde. Al zijn al deze eigenschappen meestal niet in een en de dezelfde persoon te vinden.

Ons wetenschappers kunnen deze eigenschappen alleen maar onderdrukken als we op ons werk afgerekend kunnen worden. Galilei heeft die weken na zijn brief waarschijnlijk peentjes gezweet, want wat nou als hij het toch mis had? Hij

zou de risee van Toscane worden. In sommige vakgebieden worden wetenschappers echter niet afgerekend op hun werk - en dat is waar de schoen wringt. Daar kun je blijkbaar onderzoeksresultaten presenteren die niet te controleren zijn. Ammehoela! Dat is het zelfde als ik zou zeggen: “jongens en meisjes, we hebben buitenaards leven gevonden! Ik kan je de data echter niet laten zien, want die zijn geheim. Het leven bevindt zich op een planeet rond een ster in de Grote Beer, maar ik vertel jullie niet welke”. Dit is natuurlijk absurd, en deze vakgebieden moeten eens goed bij zichzelf te rade gaan.



Waarnemingen van Galilei van de schijngestalten van Venus, gepubliceerd in “Il Saggiatore” (1623).

Ik ben ontzettend beducht voor de *backlash* die deze affaires teweeg kan brengen - ook voor de exacte wetenschappen, die kan uitmonden in een McCarthy-achtige heksenjacht. Onlangs kreeg ik een email van een onderzoeksbureautje dat mijn onderzoeksresultaten in dit of dat Nature artikel wilden gaan onderzoeken op juistheid. Ik heb ze doorverwezen naar het algemeen data-archief van de European Southern Observatory. Het was blijkbaar een verrassing voor ze dat de astronomische data van alle belangrijke observatoria in de wereld vrij toegankelijk is. Ik zou niet weten hoe je op een andere manier eerlijke wetenschap zou kunnen beoefenen.

Veel erger dan fraude is, als onderzoekers bang gaan worden om fout te zitten, om afwijkende resultaten te gaan publiceren. Ook zonder foetelen heerst er namelijk altijd een

spanningsveld tussen wel of geen risico nemen, en hoe groter de ontdekking hoe groter die spanning. Galileo ging met zijn schijnwaarnemingen aan Venus natuurlijk over grens met dat risico nemen, maar als hij fout had gezeten was hij er wel op afgerekend. Beleidsmakers moeten ons daarom op dit aspect zo veel mogelijk met rust laten, en het ons onderling laten uitvechten. In een gezond onderzoeksveld komt fraude altijd uit, en komt de waarheid altijd bovendrijven.

Dankwoord

Hierbij ben ik aan het einde gekomen van deze rede. Ik zou hier niet gestaan hebben zonder mijn grote liefde Daniela. Ze heeft me niet alleen op het rechte pad gebracht, maar zij heeft er ook voor gezorgd dat ik zo'n 10 jaar geleden geswitched ben, en aan exoplaneten ben gaan werken - het belangrijkste moment in mijn loopbaan. Ik beseft me dat ik een enorm voorrecht heb genoten door in een warm academisch nest op te groeien. Mijn ouders hebben, beiden op hun eigen manier, me de schoonheid van de natuur bijgebracht. Mijn vader heeft het gepresteerd om tijdens zijn carrière als hoogleraar bestuurskunde drie oraties te houden (en een afscheidsrede). Eerst aan de Universiteit van Nijmegen, daarna aan die van Tilburg, en tot slot aan de Erasmus Universiteit van Rotterdam, met prachtige titels als 'Boeiend en geboeid', en 'Planmatig planmatig'. Er werd bij ons vroeger wat afgeoreerd! Pa, ik hoop dat ik vandaag het niveau hoog heb weten te houden.

Er was een belangrijke rede om de titel van mijn oratie 'De mens in het heelal' mee te geven. Als jongetjes van zeven heb ik ooit dit boek, *De mens in het heelal* van Chriet Titulaer, in de boekenkast gevonden. De wereld die hierin beschreven wordt heeft me nooit meer losgelaten. Ik vind het erg jammer dat de heer Titulaer niet de mogelijk had om hier vandaag bij te zijn, maar ik wil hem ontzettend bedanken voor alles wat hij voor de astronomie in Nederland gedaan heeft, en daarmee ook iedereen die zich nu nog, soms al een heel leven lang zich voor

wetenschapspopularisatie inzet. Daarbij wil ik ook George Miley noemen, en hem letterlijk een hart onder de riem steken. Ik dank u voor uw aandacht.

Bronnen en suggesties om verder te lezen:

Adrian Desmond & James Moore, “*Darwin, de biografie*”, 1991,
Nieuw Amsterdam Uitgevers

Galileo Galileo, “*Sidereus Nuncius*”, 1610, [https://archive.org/
stream/siderealmessenge80gali#page/n7/mode/2up](https://archive.org/stream/siderealmessenge80gali#page/n7/mode/2up).

Chriet Titulaer, “*De Mens in het Heelal*”, 1977, Elsevier,
Amsterdam/Brussel.

Derk Walters, “*Geen enkel Duits talent glipt nog door de mazen*”,
NRC Handelsblad, 25 Mei 2013, Sport (NH_NL03_020).

David Wootton, “*Galileo, watcher of the skies*”, 2010, Yale
University Press, New Haven & London.

PROF.DR. IGNAS SNELLEN (GELDROP, 1970)



1993	doctoraal sterrenkunde, Universiteit Leiden
1997	promotie Universiteit Leiden. "A population study of faint Gigahertz peaked spectrum radio sources"
1997-2000	postdoctoral researcher, Institute of Astronomy, University of Cambridge, UK
2000-2004	university lecturer in astronomy, University of Edinburgh, UK
2004-2009	universitair docent, Sterrewacht Leiden, Universiteit Leiden
2009-2012	universitair hoogleraar, Sterrewacht Leiden, Universiteit Leiden
2012	benoeming tot hoogleraar in de observationale astrofysica, Sterrewacht Leiden, Universiteit Leiden

Twee belangrijke historische gebeurtenissen: Galileo Galilei die laat zien dat de Aarde geen centrale positie in het heelal inneemt, en Charles Darwin die verklaart hoe de mens stapje voor stapje uit andere diersoorten is ontstaan. Ze maken de weg vrij voor een derde wetenschappelijke revolutie in het menselijk denken over onze plaats en rol in het heelal. Waar in het heelal is verder nog leven ontstaan? Alhoewel afstanden in het heelal enorm zijn, zorgen stormachtige technische ontwikkelingen er voor dat het sinds kort mogelijk is om planeten rondom andere zonnen te bestuderen. De combinatie van nieuwe krachtigere telescopen zoals de European Extremely Large Telescope, en slimme waarneemmethoden zoals in ontwikkeling in Leiden, zal het mogelijk gaan maken om de atmosferische samenstelling van aardachtige planeten te ontrafelen. Het eerste bewijs voor buitenaards leven kan zich dan aandienen in de vorm van gassen die zich ver uit chemisch evenwicht bevinden - zoals zuurstof hier op Aarde, als afvalstof van fotosynthese in groene planten.



Universiteit
Leiden