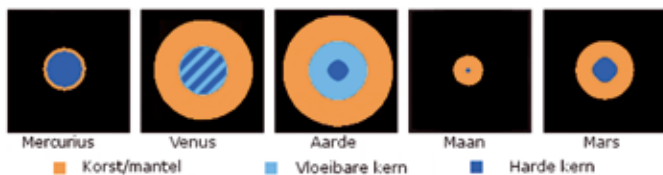


# Het mysterie van Mercurius

door Jurrien Knibbe, Vrije Universiteit Amsterdam  
j.s.knibbe@vu.nl

Van alle planeten in ons zonnestelsel is Mercurius in meerdere opzichten de vreemdste. Allereerst valt Mercurius op vanwege zijn korte afstand tot de zon en de langzame rotatie om zijn eigen as, waarbij één dag op Mercurius (176 aardse dagen) even lang duurt als twee Mercurius-jaren (een Mercurius-jaar duurt 88 aardse dagen). Deze baaneigenschappen zorgen samen met de ijzige atmosfeer in vergelijking met alle andere planeten in ons zonnestelsel voor extreme temperatuurverschillen tussen dag (maximaal 377°C) en nacht (minimaal -183°C). Hiermee is Mercurius op Venus na de warmste en op Neptunus na de koudste planeet in ons zonnestelsel.

Lange tijd werd verondersteld dat de planeet van binnen geheel gestold was en geen atmosfeer zou hebben, totdat de Mariner10, een satelliet van NASA, in de jaren 1974 en 1975 de eerste metingen leverde van de ijle atmosfeer en een actief magnetisch veld, wat duidt op de aanwezigheid van vloeibaar ijzerrijk metaal in de planeet. Vóór deze ontdekking dacht men dat deze kleine planeet met zijn ijle atmosfeer zijn warmte niet zo lang kon vasthouden om nu nog vloeibaar materiaal te bevatten.



Afb. 1. Schematische weergave van de mantel en kern van de binnenplaneten en de maan.

De chemische samenstelling van de planeet is nog verrassender. Zo is de metalen kern van Mercurius ( $\pm 60\%$  van het totale volume) enorm groot in vergelijking met die van andere aardachtige planeten ( $\pm 11\%$  voor Venus,  $\pm 14\%$  voor de aarde en  $\pm 9\%$  voor Mars (afb. 1)). Deze grote kern strookt niet met de metaal/silicaat-verhoudingen die we verwachten ten tijde van de planeetvorming. Het wordt nog vreemder. De kernen van planeten bestaan voor het overgrote deel uit ijzer. Door zijn relatief grote kern ligt een verhoogd ijzergehalte voor de gehele planeet Mercurius in de verwachtingen. Aan de oppervlakte van Mercurius wordt echter het tegenovergestelde gemeten. Slechts  $\pm 3\%$  (in gewicht) van het oppervlaktemateriaal van Mercurius bevat ijzer, tegenover  $\pm 5\%$  voor onze aardkorst en  $\pm 13\%$  voor Mars. Hoe is dit mogelijk?!

## Het ontstaan van planeten in het algemeen

Elk zonnestelsel wordt gevormd uit een draaiende schijf van stof en gas (afb. 2). Eerst vormt zich een grote bol in het midden van de schijf met kernfusie als krachtige warmtebron. Ook onze zon ontstond zo'n 4565 miljoen jaar geleden op deze manier. Binnen slechts  $\pm 10$  miljoen jaar vormen zich planeten in de stofschijf om de zon - eerst door samenklontering van gas- en stofwolken tot 'protoplaneten' en vervolgens door botsingen van deze reeds gevormde protoplaneten. In deze fase kunnen in de banen van protoplaneten flinke veranderingen optreden, wat leidt tot vermenging van materiaal dat gevormd is op verschillende afstanden van de zon. Door de steeds groter wordende botsingen en door natuurlijk radioactief verval wordt in de groeiende planeten steeds meer warmte gegenereerd, waardoor het inwendige smelt.



Foto van Mercurius afkomstig van de MESSENGER-satelliet.  
Bron: NASA.

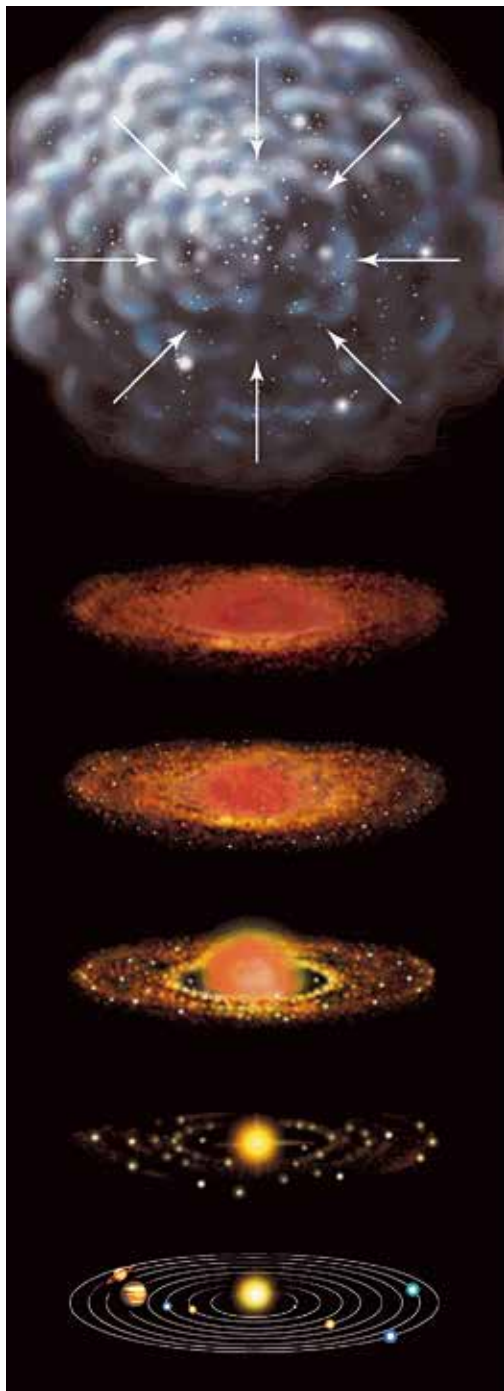
In de volgende 30 tot 60 miljoen jaar scheidt zich bij elke groeiende planeet een metalen kern af van een vloeibare, silicaatrijke mantel; de relatief zwaardere metalen zakken uit naar het centrum van de planeet. Als gevolg van afkoeling kristalliseert vloeibaar metaal en gesteente uit. Sommige gassen condenseren tot vloeibaar materiaal en weer andere gassen worden uit de planeet geperst. Deze laatste fase verschilt sterk per planeet en heeft grote invloed op het uiterlijk en de samenstelling van de planeten vandaag de dag.

## Het ontstaan van Mercurius

Mercurius past niet in het hierboven geschetste algemene beeld over het ontstaan van planeten omdat het aandeel metallisch ijzer veel groter is vergeleken met de andere planeten in ons zonnestelsel. Om dit gegeven te verklaren zijn er meerdere evolutiescenario's voor Mercurius voorgesteld. Hieronder geef ik een beschrijving van de drie meest overtuigende hypothesen:

1. Terwijl Mercurius zijn materiaal verzamelde door middel van samenklontering en botsingen van brokstukken vloog de planeet regelmatig door gaswolken. Door de sterke aerodynamische wrijving werden vooral lichtere stoffen, zoals silicaatgesteenten, weggesleurd van de protoplaneet, terwijl de zwaardere elementen, zoals metalen, hier minder last van hadden. Dit leidde uiteindelijk tot een metaalrijke planeet met een relatief grote kern.
2. Aanvankelijk had Mercurius een 'normale' kern/mantelverhouding, vergelijkbaar met de andere binnenplaneten. Na de fase van kern/mantel-differentiatie botste Mercurius met een planeet van vergelijkbare grootte. Hierbij werd een groot deel van de mantel weggeslagen en bleef vooral de metalen kern over.
3. Ook bij de derde theorie gaat men uit van een aanvankelijk grotere planeet met 'normale' kern/mantelverhouding. Door de grote invloed van hete gaswolken van de nabijgelegen zon is daarna een deel van het gesteente verdampt en van de planeet weggewaaid. Vooral het diepgelegen metaal bleef achter.

Al deze formatietheorieën hebben hun tekortkomingen. De eerste theorie gaat ervan uit dat Mercurius veel lichte stoffen verloor vóór de vorming van de planeet. Zwavel is een van die lichte stoffen, maar juist van dit element zijn recent door de MESSENGER-satelliet op Mercurius veel hogere concentraties gemeten dan op de andere planeten. De tweede theorie gaat uit



Afb. 2.  
Schematische weergave van de evolutie van ons zonnestelsel.

van een schampende confrontatie met een andere planeet. Er zijn veel pogingen gedaan om een dergelijke gebeurtenis met computermodellen te simuleren. Zo'n confrontatie blijkt niet onmogelijk, maar er moeten wel erg veel omstandigheden precies goed samenvallen om een dergelijk effect te veroorzaken zonder dat de rondvliegende brokstukken na de botsing weer terugvallen op de planeet en zonder dat de planeten na de botsing samensmelten. De kans dat zo'n confrontatie daadwerkelijk plaatsvindt is daarom erg klein.

De derde theorie wordt beschouwd als de minst waarschijnlijke van de drie. Weliswaar is de atmosfeer van Mercurius zo ijl is dat gassen makkelijk van de planeet wegwaaien, maar  $\text{SiO}_2$  verdampt bij lagere temperaturen dan  $\text{MgO}$  en volgens deze hypothese zouden we concentraties van rond 50%  $\text{MgO}$  en slechts 20%  $\text{SiO}_2$  op het oppervlak moeten vinden. MESSENGER meet echter twee maal hogere  $\text{SiO}_2$ -concentraties dan  $\text{MgO}$ -concentraties.

Ondanks hun tekortkomingen worden formatietheorieën 1 en 2 op dit moment nog steeds als de meest waarschijnlijke beschouwd.

## Ruimtemissies

Gegevens van ruimtemissies spelen een essentiële rol in het beter begrijpen van de vorming en evolutie van planeten. Met alleen de bezoeken van de Amerikaanse Mariner 10 in 1974 en 1975 en de MESSENGER-satelliet, die zich sinds 2011 in een baan rond Mercurius bevindt, is Mercurius de minst bezochte binnenplaneet. Dit komt mede door de complexiteit om een satelliet in dezelfde baan om de zon te krijgen als Mercurius. De succesvolle poging van NASA's MESSENGER-satelliet heeft ESA en de Japanse ruimtevaartorganisatie JAXA geïnspireerd tot een gezamenlijke vervolgmisssie, genaamd Bepi-Colombo. Deze satelliet zal naar verwachting in 2016 gelanceerd worden en in 2024 Mercurius bereiken (afb. 3). Beide missies hebben vergelijkbare doelstellingen, zoals het meten van de oppervlakte- en atmosfeersamenstelling, het magnetisch veld en het nemen van foto's met hoge resolutie.



Afb. 3. Van links naar rechts de drie satellieten: Mariner 10, MESSENGER en Bepi-Colombo. Bron: NASA.

Het belangrijkste verschil tussen beide missies is dat Bepi-Colombo twee verschillende satellieten in hun eigen baan om Mercurius zal brengen. Dit zal resulteren in een veel hogere kwaliteit van metingen en bovendien een totale dekking van het planeetoppervlak. MESSENGER ziet slechts een deel van het Mercurius-oppervlak.

Uitvoerige analyse en interpretatie van data die momenteel door MESSENGER wordt verzameld en toekomstige data van Bepi-Colombo zullen wetenschappers op weg helpen om de raadselen van Mercurius te doorgronden. Mijn promotieonderzoek aan de Vrije Universiteit is een stap in deze richting. Door uit te gaan van formatietheorieën 1 en 2 proberen we uit te zoeken welke het meest waarschijnlijk is. Dat doen we door de beschikbare satellietdata te combineren met hogedruk- en hogetemperatuur-experimenten, waarin de omstandigheden in het inwendige van Mercurius worden nagebootst.

## Meteorieten als model voor planeetvorming

Meteorieten leren ons veel over het zonnestelsel en zijn geschiedenis. De meeste meteorieten stammen uit de tijd dat ons zonnestelsel en de planeten zijn ontstaan. Het zijn getuigen van de vorming van de eerste vaste stoffen in het zonnestelsel. Uit het feit dat groepen meteorieten onderling in samenstelling en ouderdom erg veel op elkaar lijken, wordt afgeleid dat ze van hetzelfde moederobject afstammen. Soms kunnen we hun herkomst zelfs herleiden tot een specifieke planeet of maan. Zo is van ruim honderd meteorieten bekend dat ze van Mars komen en is het de verwachting dat er ook enkele gesteentefragmenten afkomstig van Mercurius tussen de op aarde gevonden meteo-



Afb. 4. De EH-chondriet (links) en de CB-chondriet (rechts). Opvallend is de grote hoeveelheid metaal in de CB-chondriet.

rieten zitten. Omdat meteorieten de eerste vaste stoffen van het zonnestelsel vertegenwoordigen, worden hun samenstellingen door geochemici vaak gebruikt als startconfiguratie voor de samenstelling van planeten.

Uitgaande van theorieën 1 of 2 zijn de twee meteoriettypen CB-chondriet en EH-chondriet mogelijke kandidaten voor de modelsamenstelling van Mercurius. Deze meteorieten hebben namelijk zowel de ouderdom als de chemische samenstelling die we voor Mercurius bij deze formatietheorieën verwachten. De CB-chondrieten bevatten veel metaal en weinig silicaten, terwijl EH-chondrieten veel meer silicaatgesteente bevatten (tabel 1 en afb. 4). Veel silicaatgesteente duidt op een initieel grotere mantel.

Meteorite Mineral	EH chondriet	CB chondriet
Metaal	10-20 % (Vol.)	60-70 % (Vol.)
Silicaat	80-90 % (Vol.)	30-40 % (Vol.)
SiO <sub>2</sub>	61.3 % (wt)	47 % (wt)
MgO	30.5 % (wt)	42 % (wt)
FeO	1.8 % (wt)	3 % (wt)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5 % (wt)	5.5 % (wt)
CrO <sub>3</sub>	0.7 % (wt)	1 % (wt)
CaO	1.5 % (wt)	4 % (wt)
TiO	0.1 % (wt)	0.2 % (wt)

Tabel 1. De compositie van de EH- en CB-chondrieten uitgedrukt in metaal/silicaatverhouding en de silicaatcompositie, gespecificeerd in gewichtspercenten van de meest aanwezige mineraalcomponenten.

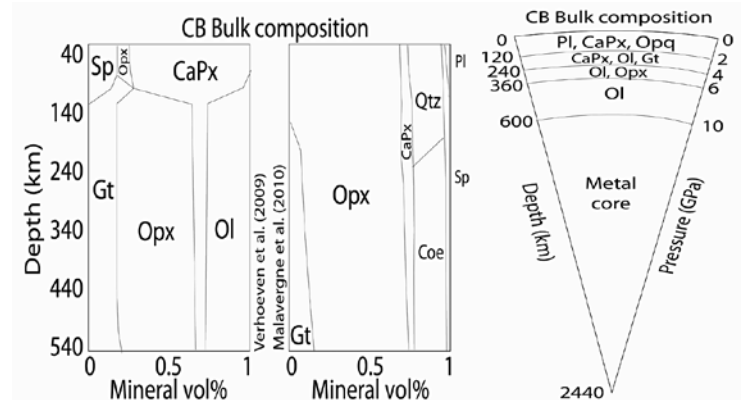
Beide meteorietsoorten bevatten relatief weinig ijzeroxide (FeO) en titaanoxide (TiO<sub>2</sub>) en relatief veel aluminiumoxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Deze meteorietsamenstellingen komen goed overeen met de metingen van MESSENGER aan het oppervlak. De lage concentratie ijzer in geoxideerde (FeO) in vergelijking met de hoeveelheid metallisch ijzer in deze meteorieten en in Mercurius is het gevolg van een lage zuurstofconcentratie, waardoor het meeste ijzer als puur ijzer (Fe) voorkomt.

### Het mysterie ontrafelen

Om te bepalen welke formatietheorie het meest waarschijnlijk is, willen we testen welke van deze twee chondrieten het beste overeenkomt met de satellietdata van Mercurius. We gaan ervan uit dat de samenstelling van deze chondrieten vergelijkbaar is met de totale samenstelling van Mercurius vóórdat de kern en mantel gescheiden werden. We volgen het proces van kern/mantel-scheiding en kristallisatie van de oorspronkelijk gesmolten mantel door stapsgewijs te bepalen welke mineralen er uitkristalliseren op de bodem van een diepe magmaocean. De uitkomst hiervan geeft niet alleen een schatting van het inwendige van Mercurius, maar tevens een benadering van de oppervlaktesamenstelling die we kunnen vergelijken met de metingen van MESSENGER.

Er zijn verschillende computermodellen waarmee we kunnen berekenen welke mineralen er bij een bepaalde druk en temperatuur uitkristalliseren, afhankelijk van de bulksamenstelling. Deze modellen zijn echter gebaseerd op hogedruk- en hogetemperatuur-experimenten met mineraalsamenstellingen relevant voor onderzoek naar de aarde, Mars of de maan. De mantel van Mercurius is eerder bestudeerd met dergelijke computermodellen, maar de resultaten blijken sterk afhankelijk te

zijn van het gebruikte computermodel. Afb. 5 laat de enorme variaties zien in de voorspelde mineralogische samenstelling van het inwendige van Mercurius, uitgaande van dezelfde (CB-meteoriet) samenstelling met verschillende computermodellen.



Afb. 5. Het fase-diagram en de mantelconfiguratie volgens eerdere studies op basis van verschillende computermodellen, uitgevoerd op dezelfde CB-chondrietsamenstelling. Verklaring afkortingen (v.l.n.r.): Sp – spinel; Gt – granaat; Capx – Ca-pyroxeen; Opx – orthopyroxeen; Ol – olivijn; Qtz – kwarts; Coe – coesiet; Pl – plagioklaas. V.l.n.r.: Verhoeven et al. (2009), Malavergne et al. (2010) en Brown en Elkins-Tanton (2009).

Om erachter te komen hoe een mantel met de EH- of CB-chondriet-samenstelling uitkristalliseert, ontwikkelen we zelf een rekenmodel specifiek voor deze samenstellingen, gebaseerd op nieuwe hogedruk- en hogetemperatuur-experimenten met EH- en CB-chondrietsamenstellingen. Deze experimenten voeren we uit in Multi-Anvil- en Piston-Cylinder-apparaten op de Vrije Universiteit Amsterdam (afb. 6 en 7). Met het Multi-Anvil-apparaat is het mogelijk om monsters ter grootte van enkele kubieke millimeters onder druk en temperatuur tot ±25 GPa (gigapascal, ±247.000 keer de atmosferische druk aan het aardoppervlak) en ±2500°C te brengen, terwijl het Piston-Cylinder-apparaat geschikt is tot ±3 GPa en ±2000°C. De bodem van de Mercurius-mantel bevindt zich op een diepte van ±5,5 GPa en is met deze instrumenten dus goed na te bootsen.

De experimenten worden uitgevoerd door verpoederde mineralen in de gewenste samenstelling onder de gewenste druk en temperatuur te brengen (afb. 8 en 9). Met een elektronenmicroscoop analyseren we na afloop welke mineralen uitgekristalliseerd zijn. Dat verwerken we vervolgens in ons rekenmodel.



Afb. 6. Het Multi-Anvil-apparaat in de kelder van de Vrije Universiteit Amsterdam.



Afb. 7. Het Piston-Cylinder-apparaat in de kelder van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Dit model gaat uit van een oceaan van gesmolten silicaat, met het silicaatdeel van de EH- en CB-chondrieten als beginsamenstelling. Hogedruk- en hogetemperatuur-experimenten met deze samenstellingen wijzen uit welke mineralen er als eerste uitkristalliseren

en de bodem van de oceaan vormen. We berekenen vervolgens de samenstelling van het vloeibare materiaal dat overblijft en voeren hiermee een volgende serie experimenten uit onder iets lagere druk, die uitwijst welke mineralen de volgende laag vormen. Dit proces herhalen we totdat we de oppervlakte bereiken. Het is mogelijk dat de gevormde steenlagen instabiel zijn; dit komt voor als mineralen met hogere dichtheid later (dus dichterbij het oppervlak) gevormd worden dan mineralen met lagere dichtheid. Er volgt dan een convectieproces waarbij de zwaardere lagen zinken en lichtere lagen stijgen naar een stabiele configuratie. Dit levert uiteindelijk een schatting van de huidige korst- en mantelsamenstelling van Mercurius op basis van de EH- of CB-chondrietsamenstelling. Het vergelijken van de samenstelling van de oppervlakte volgens deze modellen met satellietmetingen van MESSENGER (en in de toekomst Bepi-Colombo) moet uitwijzen welke formatietheorie het meest waarschijnlijk is.

### Magnetisch veld

Een ander raadsel is de aanwezigheid van een actief magnetisch veld rond Mercurius. Dit duidt op stromingen van vloeibaar metaal in de kern en impliceert een langzame afkoeling in de planeet. Vier factoren spelen een belangrijke rol in de temperatuurontwikkeling van een planeet:

1. De aanwezigheid van de warmtegenererende radioactieve elementen uranium, thorium en kalium. Bij het natuurlijk radioactief verval van deze elementen komt een hoeveelheid warmte vrij die afhankelijk is van de halveringstijd van de betreffende isotoop. De concentraties waarin deze elementen aanwezig zijn bij het ontstaan van de planeet, bepalen daarom voor een groot deel de warmteontwikkeling van de planeet;
2. De structuur van de planeet. De bovengenoemde warmtegenererende elementen zijn erg kieskeurig: ze concentreren zich vaak in een of twee mineralen. De mineralogische opbouw van de planeet bepaalt daarom ook waar deze elementen zich binnen de planeet bevinden en op welke diepte de

meeste warmteontwikkeling plaatsvindt;

3. De atmosfeer. De aanwezigheid en compositie van een atmosfeer hebben grote invloed op het warmteverlies van een planeet. Zo verliest Venus door een dichte atmosfeer met een hoge concentratie aan broeikasgassen weinig warmte. De aarde heeft een iets dunnere atmosfeer met een andere samenstelling, waardoor de temperatuur een stuk lager is dan op Venus;
4. De grootte van de planeet en de afstand tot de zon. Een kleine planeet koelt sneller af dan een grote planeet. Een planeet die verder van de zon staat, ontvangt minder zonnewarmte dan een planeet die dichtbij de zon staat.

Op basis van de voor Mercurius bekende factoren 3 en 4 werd voor Mercurius aangenomen dat de planeet al zodanig afgekoeld zou zijn dat de kern geen gesmolten materiaal meer zou bevatten. Door factoren 1 en 2 te bepalen kunnen we dit gegeven wellicht verklaren. Wanneer we de inwendige mineralogische structuur van de planeet schatten, kunnen we door middel van hogedruk- en -temperatuur-experimenten de verdeling van de warmtegenererende elementen bepalen. De hoeveelheid warmtegenererende elementen aan het oppervlak wordt momenteel door MESSENGER gemeten. Door deze satellietdata te combineren met de experimentele resultaten, kunnen we ook een inschatting maken van de warmteontwikkeling in de planeet, wat de interne aanwezigheid van gesmolten metaal mogelijk verklaart.

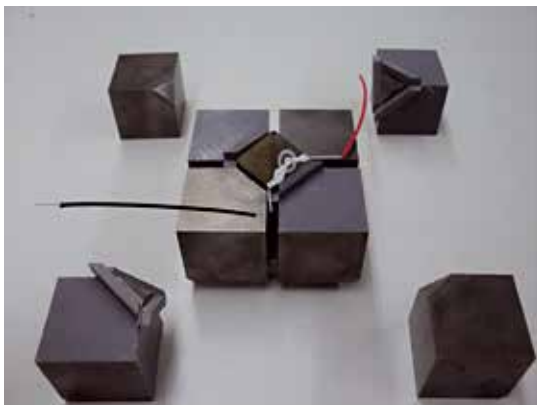
### Vooruitzichten

Door de ontdekkingen van de MESSENGER-satelliet is de belangstelling voor Mercurius enorm gegroeid. Steeds meer wetenschappers zien de wetenschappelijke waarde van deze bijzondere planeet in, ook met het oog op de snel groeiende zoektocht naar aardachtige planeten in andere sterrenstelsels. Deze zoektocht heeft een impuls gekregen door de sterk verbeterde (ruimte)telescopieën die op naburige sterrenstelsels gericht staan. Mercurius is door zijn grote afwijkingen het beste tegenvoorbeeld in ons eigen zonnestelsel om de vraag te beantwoorden of planeten vergelijkbaar met de aarde veel voorkomen in het heelal. Is Mercurius een 'ongelukje', of zijn er in andere sterrenstelsels veel meer Mercurius-achtige planeten te verwachten? Met de data van MESSENGER en Bepi-Colombo nog in het verschiet hopen we een stap te kunnen maken in de richting van een goed gefundeerd antwoord.

### Dankwoord

Ten eerste wil ik professor Wim van Westrenen bedanken, alsmede Linda Elkins-Tanton, Yingwei Fei en Nachiketa Rai voor hun bijdrage aan dit project.

Mijn promotieonderzoek wordt mogelijk gemaakt door een beurs van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO-ALW) en het Netherlands Space Office (NSO).



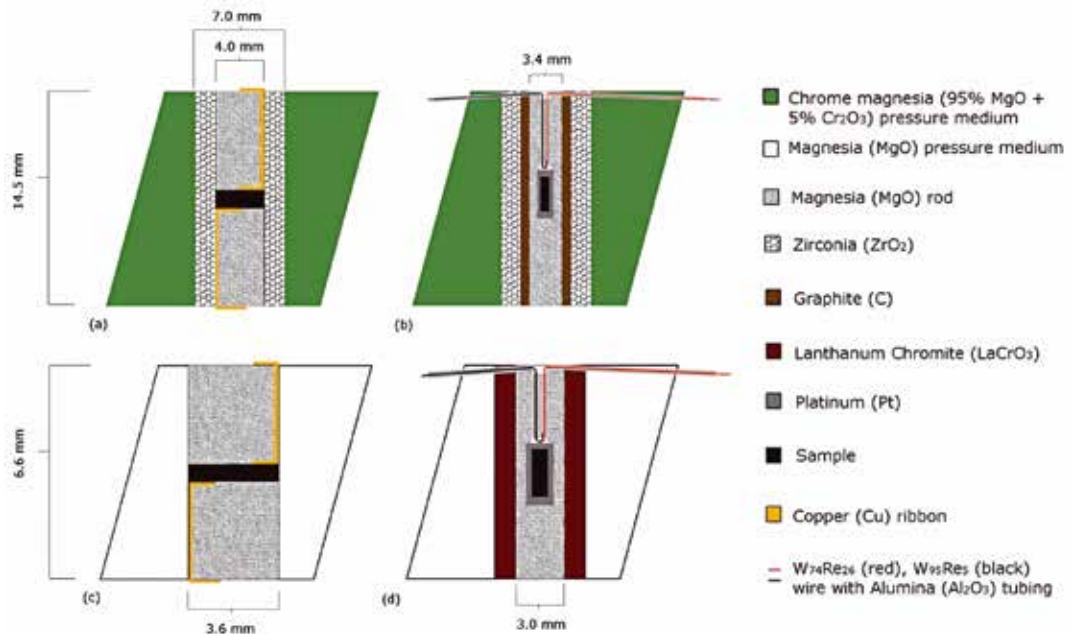
(a)



(b)

Afb. 8. De voorbereiding van hogedrukexperimenten met het Multi-Anvil-apparaat. De octaëder in (a) bevat het monster, zoals schematisch afgebeeld in afb. 7. De acht kubussen van wolframcarbide uit (a) vormen samen één grote kubus rondom de octaëder, dat door zes stalen aambeelden wordt samengeperst (b).

Afb. 9. Verschillende octaëders voor experimenten onder hoge druk (a) en (c), of hoge druk gecombineerd met hoge temperatuur (b) en (d). Met de kleinere octaëders (c) en (d) valt een hogere druk te bereiken dan met de grotere octaëders (a) en (b). Wolframdraden met 26% of 5% rhenium meten de temperatuur, terwijl het monster door grafiet of lanthaanchromide (afhankelijk van de druk) wordt verhit.



## Referenties

- Brown, S. M. en Elkins-Tanton, L., 2009. Compositions of Mercury's earliest crust from magma ocean models. *Earth and Planetary Science Letters* 286, 446-455.
- Malavergne, V., Toplis, M. J., Berthet, S. en Jones, J., 2010. Highly reducing conditions during core formation on Mercury: Implications for internal structure and the origin of a magnetic field. *Icarus* 206, 199-209.
- Verhoeven, O., Tarits, P., Vacher, P., Rivoldini, A. en Van Hoolst, T., 2009. Composition and formation of Mercury: Constraints from future electrical conductivity measurements. *Planetary and Space Science* 57, 296-305.

# Boekbespreking

## Sapiens, ken je zelf!

**Sapiens. Een kleine geschiedenis van de mensheid.** Yuval Noah Harari. Uitgeverij Thomas Rap/De Bezige Bij, 2014. 462 pp. ISBN 9789400400580. Prijs: € 24,90.

**Kunstmatig van Nature. Onderweg naar Homo sapiens 3.0.** Essay door Jos de Mul. Uitgeverij Lemniscaat, 2014. ISBN 9789047706311. Prijs: € 4,95.

Er waren al veel beschouwende boeken over de mensheid en nu zijn er weer twee nieuwe - filosoof De Mul uit Nijmegen publiceerde *Kunstmatig van nature. Onderweg naar Homo sapiens 3.0* en historicus Harari uit Jeruzalem het veel dikkere *Sapiens*.

Over de menselijke toekomst schatten beide schrijvers in dat technische supplementen, een Wikipedia-zwermgeest, genetische verbeteringen en robots een grote rol gaan spelen. Niet de jeugd maar de cyborg (de combinatie van mens en machine) heeft dan de toekomst. De Mul is ervan overtuigd dat "degenen die het best zijn aangepast om te overleven, degenen zijn met superieure technieken". Zo ver gaat Harari niet helemaal - hij weet immers maar al te goed dat de technisch superieure Romeinen het moesten afleggen tegen de barbaren. De Mul negeert effecten van demografie en van guerillastrategie (de V.S. verloren van Vietnam) en komt zo tot een elegante maar niet zo plausibele visie.

Harari heeft wel degelijk het hotsend vertoog van de geschiedenis onder ogen genomen en brengt daarover een meeslepend, spannend en helder verslag - met dank aan Diamond, zijn voorganger in wat nu *Big History* heet. Veel nieuwe inzichten worden door hem naar voren gehaald en hij heeft een scherpe blik voor wat relevant is. Gezien de enorme breedte van zijn onderwerp dwaalde Diamond wel eens - Paaseiland is geen voorbeeld van een uitgewoonde aarde, toonde Jan Boersema aan. Harari overkomt dat ook. Het

biologisch soortbegrip is juist door het evolutieprincipe een noodgreep en juist leeuw en tijger, panter en jaguar (kruisbaar met fertiel nageslacht) zijn ongelukkige voorbeelden van 'soorten'. De wanstaltige uitwassen van het sociaal darwinisme maakt de bij uitstek rechtvaardige blind voor de reële problemen in dat veld. En als intellectueel heeft hij weinig oog voor de minder intellectuele medemens en voor de verschillen in intellectuele gerichtheid al naar leeftijd, geslacht en achtergrond.

Een losse flodder is Harari's stelling dat verzamelende en jagende oermensen de best geïnformeerden en bekwaamsten waren uit de hele geschiedenis. Verbazingwekkend: kleine intelende groepjes rabiate opportunisten, die met veertig jaar al heel oud waren, zo opgehemd te zien. Optimist Harari stelt dat "biologie mogelijk maakt maar menselijke cultuur juist verbiedt" - jammer dan dat antilopebokken zestig hinden voor zich bijeen vechten en daarbij 59 andere bokken minstens verjagen maar vaak doden...

Opmerkelijk in de boeken van De Mul en Harari is dat geen van beiden oog heeft voor kunst als zingeving en bron voor geluk. Harari raakt er even aan waar hij neuriet uit *Der Ring des Nibelungen*, maar zet het onderwerp direct weg als "hoofdpijndossier". Hij verzint wat een inwoner van bijvoorbeeld Gent of Brussel uit 1500 van huidig New York vinden zou, en komt niet op het idee dat de kunstarmoe van flatgebouwen, het gebrek aan collectieve kunstige ruimten van bezinning en viering in moderne steden wel eens opvallender konden zijn dan details van comfort. De vakhistoricus Harari herkent het najagen van comfort en amusement zonder verzadiging, maar vergeet het tijdloze, zich steeds hernieuwende geluksgevoel uit kunst en natuur - het laatste is Gea-lezers welbekend. Zijn perspectief blijft dat de mens is begonnen de natuurwetten te doorbreken. Een visie die de astronoom Camille Flammarion in 1894 al met evenveel enthousiasme en succes uiteenzette voor een breed publiek. Opnieuw dus intelligente beschouwingen, echter uitgaande van het primaat van het intellect...

Bert Boekschoten  
VU Amsterdam