

# Rob's Nieuwsbrief - 47

over sterrenkunde en het heelal

## Cursus nu echt klaar!

### De bijzondere les van Henny Lamers

Op de avond van 20 december was de tweede extra, bijzondere les, ditmaal verzorgd door prof. dr. Henny Lamers. Het was weer een enthousiaste, leuke, humoristische en vooral zeer informatieve lezing over de Oerknal en het uitdijend heelal, waarin ook zaken als donkere (= onzichtbare) materie en energie ter sprake kwamen. Deze onderwerpen komen in mijn eigen lessen niet aan bod, omdat het mijn doel is eerst een fundament te leggen, dus de basisbegrippen over te dragen. De lessen van Henny en Ed van den Heuvel konden daardoor dieper gaan dan anders.

Het onderwerp is precies hetzelfde als dat van het boekje *De Oerknal en het uitdijend heelal*, dat Henny en ik in 2015 maakten (zie kader). Er waren ca. 35 mensen aanwezig, cursisten en leden van de Sterrenwacht Midden-Nederland.

De cursus is nu echt afgelopen, en dat was wel vreemd. Onderweg naar huis gaf het een leeg gevoel. Ik heb absoluut geen slechte ervaringen met het geven van cursussen, maar deze cursus was van het begin een ongewoon succes, op meerdere gebieden. Het grote aantal cursisten dat de cursus tot het einde heeft gevolgd (27 van de 31) is op zichzelf een bewijs dat ik het goed gedaan heb.

### Een mooie én droevige periode

Maar deze eerste cursus die ik ooit helemaal heb georganiseerd, én mijn grootste cursus ooit, was ook om een andere reden bijzonder. De cursus liep bijna synchroon met een droevige periode in ons leven, namelijk het sterfbed en overlijden van mijn schoonmoeder. Om voor de hand liggende organisatorische redenen heb ik de cursisten meteen in het be-

gin ingelicht over het mogelijk op korte termijn uitvallen van een les. Voortdurend werkte ik zoveel mogelijk vooruit om zeker de les voor de volgende woensdag klaar te hebben, en het liefst nog een verder. Werkelijk elke keer was het voor mij lang onzeker of een les door zou gaan. De cursisten leefden erg mee, en kregen ook een stuk mee van de rollercoaster gevoelens die het proces bij ons teweeg bracht.

Toen ik op 19 november mijn laatste les had gegeven, was er de opluchting dat ik mijn taak had volbracht, maar ik kon aan niemand anders de taak overlaten om het Groene Huis in Amersfoort (waar de bijzondere lessen werden gegeven) te openen en sluiten, de beide professoren aan- en af te kondigen etc.

Marja haar moeder overleed op 13 december. Dat was overigens de enige woensdag sinds half september die niet onderdeel was van de cursus...

### Plannen

Ik wil het nu eventjes rustig aan doen, maar dat kan natuurlijk nooit lang duren. In januari begon een serie lessen die ik geef aan hoogbegaafde kinderen van groepen 8 in Amersfoort. Deze kinderen doen mee aan de speciale masterclass van de GSG Guido in Amersfoort.

Ik ben eigenlijk al jaren geleden gestopt met het geven van gastlessen op scholen, omdat het mij te veel energie kostte. Wel jammer, want kinderen blijven het allerleukste en allerbelangrijkste publiek! In ons onderwijssysteem is namelijk – en helaas – weinig ruimte voor sterrenkunde, ook al omdat te weinig docenten zich erin thuis voelen (daarvoor heb ik mijn cursus 'Leer het heelal begrijpen' voor docenten opgezet!).

Ik maak inmiddels een uitzondering voor hoog-

februari 2018

Deze nieuwsbrief verschijnt circa tien maal per jaar en bevat:

- \* De sterrenhemel van de maand
- \* Nieuws en leuke weetjes over het heelal;
- \* Leuke en leerzame lesactiviteiten voor scholen;
- \* Nieuws over Rob Walrecht Productions;
- \* Speciale aanbiedingen.

Je kunt je aan- of afmelden via [www.walrecht.nl](http://www.walrecht.nl).

### 60 jaar na Explorer 1

Op 31 januari 1958, toen NASA nog niet eens bestond, werd Amerika's eerste satelliet gelanceerd van Cape Canaveral. Explorer 1 volgde twee eerdere satellieten: de Russische Sputnik 1 en 2. Maar waar Sputnik 1 slechts 'bliep' zei en Sputnik 2 de doodskest was van het hondje Laika, ontdekte Explorer 1 de Van Allengordels. Mijn broer Hans: 'Met bidden en smeken kreeg James van Allen gedaan dat er een kleine geigerteller meeging in de zeer kleine satelliet. Zijn voorspelde stralingsgordels werden meteen gevonden.'

De US Army bracht de satelliet in de ruimte in het kader van het Internationaal Geofysisch Jaar, een internationaal forum voor de wetenschappelijke studie van de aarde en haar natuurlijke rijkdommen. Zie foto op pagina 8.

**Onderaan, links en midden:** professor Henny Lamers tijdens zijn les.

**Hieronder:** Henny en ik schreven het boekje *De Oerknal en het uitdijend heelal* in 2015. Voor € 12,95 (excl. verzendkosten) te bestellen via onze website.



### Vuurbol en poollicht

Het poollicht en een vuurbol van de Geminiden, op 15 december. Meteoren zijn deeltjes (meteoroiden) ter grootte van een kiezelsteentje die met tientallen km/s in de dampkring van de aarde terecht komen en daar door de wrijving verbranden. Dat levert een korte lichtflits op, een 'vallende ster'. Grotere deeltjes geven meer spektakel, en dat noem je dan een vuurbol. Die deeltjes zijn meestal afkomstig van een komeetkern. Als onze planeet, eens per jaar, door zo'n wolk stof- en gruisdeeltjes heen beweegt zien we een meteorenzwerm, of 'sterrenregen'. De Geminiden zijn afkomstig van de rotskomeet 3200 Phaeton, en we zien ze altijd van 7 tot 17 december. Op 13 december is het maximum (de piek), en de 15e was dus al laat. Maar volgens Peter Jenniskens, een Nederlandse astronoom (NASA Ames Research Center), zijn late Geminide-vuurbollen niet ongewoon, omdat de stof- en gruisdeeltjes naar hun massa gescheiden zijn geraakt: de kleine meteoroiden komen eerst, gevolgd door de zwaardere aan het eind van de zwerm. Foto hieronder van David Williams, gemaakt in Abisko, Zweden.

**Hiernaast:** een artist impression van het dubbelsysteem van een zwart gat en een ster in NGC 3201. Bolvormige sterrenhopen zijn zeer compacte 'bollen' van sterren. Deze bewegen om sterrenstelsels, de Melkweg heeft er zo'n 160. Ze zijn ook heel oud: NGC 3201 is 10,24 miljard jaar oud!

begaafde jongeren, omdat de sterrenkunde juist voor hen de mogelijkheid biedt zich te verdiepen in een vakgebied met bijna oneindige mogelijkheden – uitstekend voor jongeren voor wie het gewone lesprogramma te saai is! Hopelijk kan ik enkele kinderen op deze manier inspireren, en heel misschien wordt er een ooit astronoom...

### Boekjes

Verder heb ik plannen voor enkele boekjes, en de herdruk van 'Higgs gevonden'. Luc Hendriks heeft daarvoor al wijzigingen gestuurd. De nieuwe boekjes worden qua dikte vergelijkbaar met *De Oerknal* (32 pagina's binnenwerk). *Kleine werelden van het zonnestelsel* (dezelfde titel dus als de oude brochure) zal gaan over de bezoeken van Dawn aan Vesta en Ceres, en van *New Horizons* aan Pluto. Verder zal de Rosetta komeet aan de orde komen. Het boekje zal een aanvulling zijn op *Genieten van het zonnestelsel* (deel 2 van de serie *Genieten van de sterrenkunde*), dat al uit 2009 stamt. Hoewel dat boek nog verbijsterend actueel is, hebben de genoemde ruimtemissies onze kennis over deze kleine werelden natuurlijk enorm verbeterd.

Een ander boekje dat ik op korte termijn wil

maken is *Zelf sterrenkijken*, over de sterrenhemel die je zelf kunt onderzoeken met het blote oog, de verrekijker en de planisfeer. Het is feitelijk een uitgebreide versie van het hoofdstuk 'Waarneemprogramma per seizoen' dat je in *Genieten van de sterrenhemel* vindt. Het zal wat meer mythologische verhalen bevatten en meer objecten beschrijven.

Deze nieuwe boekjes hoeven niet per se af dit jaar, ik ga mezelf geen deadlines meer opleggen. De informatie over Pluto is verder nog lang niet allemaal beschikbaar, en om een zo compleet mogelijk beeld te geven wil ik daar natuurlijk op wachten. Het andere boekje zal dus wel eerder klaar zijn.

### Cursus 2018

En uiteraard begint in september wéér mijn cursus 'Leer het heelal begrijpen' voor particulieren en docenten. Hij zal wel wat duurder worden, de kosten van de editie van 2017 waren toch hoger dan verwacht. De cursus zal nu € 175,00 kosten (voor twaalf lessen, waarvan weer twee door hoogleraren!).

De mensen die zich al hebben opgegeven betalen uiteraard nog de € 149,00 die vorig jaar gold (en mensen die zich opnieuw hebben gemeld, en dus de boeken en planisfeer al hebben, betalen natuurlijk minder).

### Zwart gat in cluster?

Astronomen hebben in de bolvormige sterrenhoop NGC 3201 (zie kader) een ster gevonden die zich heel vreemd gedraagt: hij slingert heen en weer met 100 km/s! Hieruit leidt men af dat de ster rond een zwart gat draait! NGC 3201 staat in de richting van het sterrenbeeld Zeilen, staat op 16.300 lj afstand en heeft een massa van 254.000 maal die van de zon (de betreffende ster is 0,8 zonsmassa). Astronomen gebruiken de MUSE (Multi-Unit Spectroscopic Explorer), een spectrograaf in het visuele gebied, op de VLT van de ESO in Chili om van heel veel verre sterren tegelijk de bewegingen te meten.

De vreemde beweging van de ster in NGC 3201 wordt vermoedelijk veroorzaakt door een zwart gat van 4,36 zonsmassa. Het is een 'inactief' zwart gat: hij slurpt geen sterren of gas op en wordt daarom ook niet omringd door een wolk van gloeiend gas.

Tot deze ontdekking dacht men dat dergelijke inactieve zwarte gaten in bolhopen maar kort zouden kunnen bestaan, dus al lang verdwenen zouden zijn in het lange leven van een bolhoop. Recente detectie van radio- en röntgenstraling uit bolvormige sterrenhopen en de ontdekking in 2016 van gravitatiegolven die worden veroorzaakt door samensmeltende zwarte gaten lijken erop te wijzen dat dit soort relatief kleine zwarte gaten in bolhopen vaker voorkomen dan gedacht.





## John Young

### Een ruimtevaartheld is overleden

Een van mijn ruimtevaarthelden is er niet meer: de astronaut John Watts Young is op 5 januari 2018 op 87-jarige leeftijd overleden. Zoals in de begintijd van de bemande ruimtevaart gebruikelijk was John Young eerst een testpilot, om nieuwe vliegtuigen te testen. Hij was erg goed daarin, volgens collega astronaut Charles Bolden was hij een van de twee beste piloten die hij ooit had ontmoet.

Young was een van de negen astronauten van NASA Astronaut Group 2 (zie kader), en de eerste daarvan die de ruimte in ging, als pilot tijdens de Gemini 3 vlucht (met Gus Grissom als commandant. Dat was op 23 maart 1965. In juli 1966 was hij commandant op de Gemini 10-vlucht, met Michael Collins als piloot. Vervolgens vloog hij in mei 1969 als Command Module pilot van Apollo 10, de generale repetitie van de maanlanding twee maanden later. De commandant was Thomas Stafford, de Lunar Module pilot was Eugene Cernan.

Hij mocht ook zelf naar de maan: met Apollo 16, in april 1972. Toen als commandant, met Thomas Mattingly als CM pilot en Charles Duke als LM pilot. Young was de negende mens op de maan.

### Space Shuttle

In 1974 werd Young Chief van de Astronaut Office. Als zodanig bepaalde hij wie er op welke vlucht werd ingedeeld. Op de allereerste vlucht van de Space Shuttle (STS-1), in april 1981, was hij de commandant, met Bob Crippen als piloot.

Eind 1983 volgde weer een Space Shuttle missie die hij commandeerde, STS-9, met vijf andere astronauten en Spacelab aan boord: het eerste ruimtelaboratorium, gedoneerd door

ESRO, de voorloper van de ESA. In 1986 zou hij een zevende vlucht gaan maken (STS-61J), maar het Challenger ongeluk bracht daar verandering in. Zijn openlijke kritiek op het management van NASA na dat ongeluk zorgde er waarschijnlijk voor dat Young een andere functie kreeg.

Young had met 42 jaar de langste carrière van alle astronauten, maakte zeven lanceringen mee (de 'lunar liftoff' meegerekend) en was de enige die op vier verschillende klassen van ruimtevaartuigen vloog (Gemini, de Apollo Command/Service Module, de Apollo Lunar Module en de Space Shuttle). Voor elf missies was hij lid van de primaire of de back-up bemanning. Op 74-jarige leeftijd ging hij met pensioen.



### Astronaut Groups 1 & 2

NASA Astronaut Group 1 bestond uit de eerste zeven Amerikaanse astronauten, de Mercury Seven: Scott Carpenter, Gordon Cooper, John Glenn, Virgil (Gus) Grissom, Walter (Wally) Schirra, Alan Shepard en Donald (Deke) Slayton.

NASA Astronaut Group 2 bestond uit Neil Armstrong, Frank Borman, Pete Conrad, Jim Lovell, Thomas Stafford, Ed White, James McDivitt, John Young en Elliot See.

### Thunderbirds?

Het viel mij ooit, lang geleden (voor Wikipedia in elk geval) op dat de Tracy-jongens van de Thunderbirds vernoemd moesten zijn geweest naar zes van de Mercury Seven astronauten: Scott (Thunderbird 1), John (5), Virgil (2), Gordon (4) en Alan (3). Volgens mij heette die slimmerik van het verhaal Wally. Deke Slayton vloog niet tijdens de Mercury-, Gemini- of Apollo-vluchten, en kreeg dus blijkbaar ook geen poppenheld.

**Linksonder:** de beroemde foto van een springende John Young tijdens de Apollo 16 missie.

**Hiernaast:** van alle astronauten werd altijd een portretfoto gemaakt vóór een missie. Hier Jogn Young in april 1969.

**Hieronder:** op 12 april 1981 werd de Space Shuttle voor de eerste keer gelanceerd. Young was commandant, Bob Crippen piloot.





### Nieuwe namen

De International Astronomical Union (IAU), die over onder andere de naamgeving van 'features' op planeten, dwergplaneten en manen gaat, heeft voorstellen voor namen van 25 features op Ceres overgenomen van het Dawn-team. Leuk om te zien waar de in dit artikel genoemde kraters zich bevinden. Zie: [www.walrecht.nl/nl/links](http://www.walrecht.nl/nl/links).

**Linksonder:** een mozaïek van heel veel foto's van Ceres, gecentreerd rond de krater Occator, met zijn opvallende 'bright spots'. Het is een 'orthografische' projectie, waarbij een bol object als een plat vlak wordt getoond (leuk voor die Platte Aarde lui!). Om de foto in volle glorie (high res: 35 m/pixel) te zien, zie bovenstaande link, onder Nieuwsbrief 47.

**Rechtsboven:** een gesimuleerd perspectief van de krater Occator (92 km, 4 km diep), kijkend in noordelijke richting, van 385 km hoogte (zie hoofdstuk op pag. 5 en de hierboven genoemde link).

**Rechtsonder:** deze foto toont enkele series putten in het oppervlak (bij de zwarte pijlen), de Samhain Catenae. Een catena is een reeks kraters; dit zijn enkele van die series, met als meervoud *catenae*. Ook die *catenae* hebben te maken met de evolutie van het inwendige van Ceres. Zie de tekst op pag. 5).

## Ceres

### Tijd

Het is weer tijd om eens wat aandacht aan Ceres te besteden. Er lopen zoveel projecten dat het heel lastig is om alles voldoende aandacht te schenken in mijn nieuwsbrief. Mars krijgt helemaal te weinig aandacht van me, omdat daar alleen al zoveel aardse verkenners actief zijn. Dan wordt het erg lastig om het allemaal een beetje bij te houden. Dat probeer ik binnenkort eens goed te maken.

Maar nu eerst Ceres. Er komen regelmatig tot de verbeelding sprekende foto's beschikbaar. Dawn heeft er inmiddels al 6,4 miljard km op zitten, op het milde briesje van xenonionen die haar ionenmotor uitstoot.

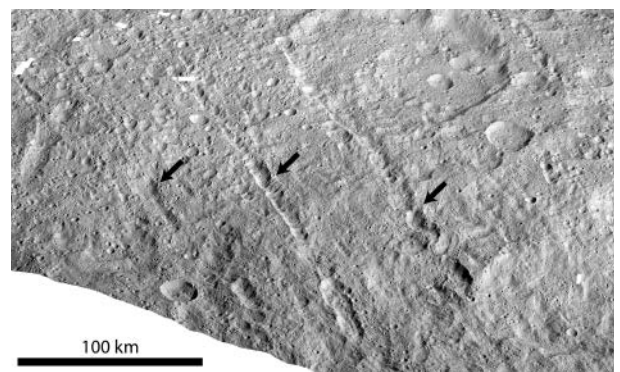
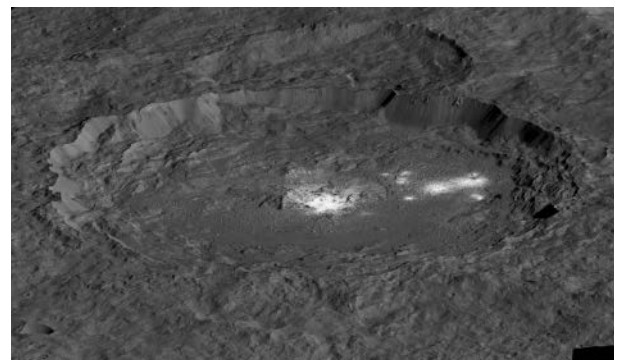
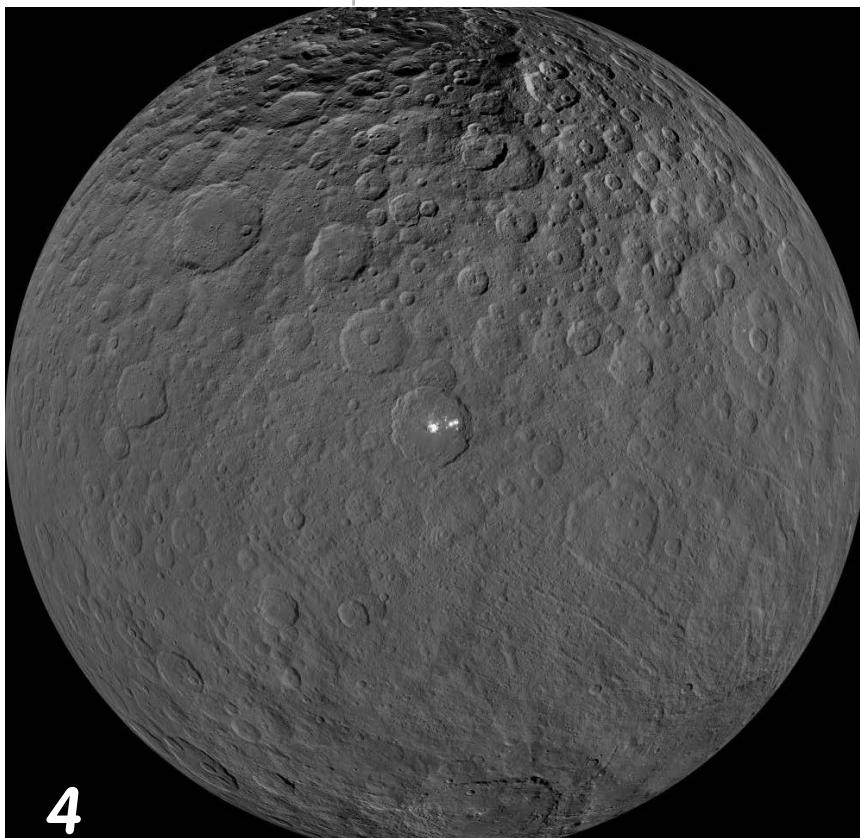
### Grootste planetoïde én dwergplaneet

Ceres is een bijzondere wereld, die we sinds 2006 naast planetoïde ook dwergplaneet noemen. Hij is 4,567 miljard jaar geleden ontstaan, in de Planetoïdengordel, toen ook de zon en de rest van het zonnestelsel werden gevormd. Ook in dat gebied botsten en smolten de meeste **planetesimalen** (de bouwstenen van grotere zonnestelselobjecten) samen tot grotere objecten (**protoplaneten**) óf ze werden de ruimte in geslingerd. Protoplaneten vormden op hun beurt weer planeten.

Ceres is vermoedelijk vrijwel ongeschonden door al dat geweld in het vroege zonnestelsel gekomen en is dus een overgebleven protoplaneet. Een andere hypothese, op basis van het voorkomen van ammoniumzouten in de krater Occator, is dat hij in de Kuipergordel ontstond (voorbij de baan van Neptunus), waarna hij naar zijn huidige plek migreerde.

### Geologie

Ceres moet in het verleden een flinke hittebron hebben gehad, door botsingen met planetesimalen of door radioactief verval. De hitte moet voldoende zijn geweest om de dwergplaneet kort na zijn vorming te doen smelten, waarna hij differentieerde: de zwaarste materialen zakten naar de kern, de lichtste stegen naar het oppervlak en vormden zo later, na stolling, een korst. Ceres heeft daarom nu waarschijnlijk een rotsachtige kern, een 100 km dikke mantel van ijs (met 200 miljoen km<sup>3</sup> water: meer dan de hoeveelheid zoet water op Aarde!) en een korst. Die korst is mogelijk het grootste deel van een bevroren oceaan, waarvan een deel onder de korst nog vloeibaar is (zie Rob's Nieuwsbrief van oktober 2017). Waar dat water door breuken in de korst heen breekt zie je geologische activiteit: cryovulkanisme, waarbij water of warm ijs de rol van 'lava' heeft (ijslava). Daarbij zijn veel van de oudere oppervlakteverschijnselen (in het Engels mooi **features** genoemd) zoals kraters verdwenen. Het ijs dat zo naar het oppervlak komt verdampt in de loop van de miljoenen jaren, waarbij in de oceaan opgeloste zouten achterblijven: de bekende 'bright spots' in bijvoorbeeld Occator Krater. Op deze pagina's zie je enkele verschijnselen die met cryovulkanisme te maken hebben. Het landschap van Ceres bestaat voornamelijk uit kraters, maar ik heb toch een onderverdeling gemaakt, in algemene foto's; kraters en hun vorm; geologische verschijnselen in en rond rond kraters; en *catenae* ('ketens' van kraters of andere *depressions* zoals 'putten'; zie kader).





### Occator

Op de vorige pagina is een afbeelding van de krater Occator te zien. Het is een 'gesimuleerd perspectief', waarbij men op basis van echte opnamen een beeld heeft gecreëerd alsof je de krater van opzij ziet.

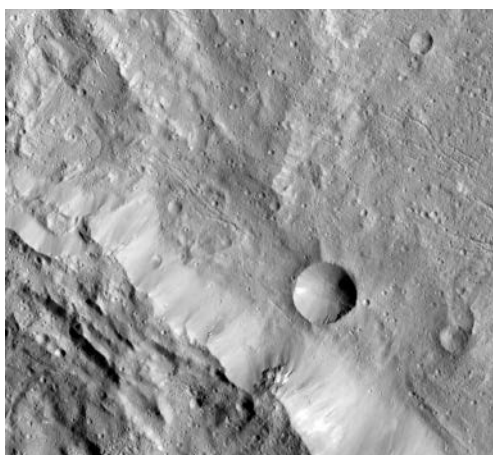
Je ziet duidelijk de centrale 'koepelberg', die niet zoals je misschien zou verwachten bij de inslag ontstond, maar over een lange periode. De top en flanken van de berg, en het omringende terrein, worden in een grillig patroon doorkruist door talloze breuklijnen, die ook kleinere heldere gebieden doorsnijden. Men denkt dat de inslag zelf de trigger voor de vorming van de berg was, waarna zout water door de kapotte korst tot dicht bij het oppervlak kon komen. Water en opgeloste gassen (zoals kooldioxide en methaan) kwamen mee omhoog en vormden een 'ventilatiesysteem' waardoor ze konden ontsnappen. Die kunnen zouten hebben meegesleurd, waar ze door het oppervlak naar buiten braken. Daardoor werd uiteindelijk de berg gevormd die we nu zien.

Hij ligt vlakbij het heldere centrum van de krater, de lager gelegen ('put') Cerealia Facula, dat ongeveer 30 miljoen jaar jonger is dan de krater zelf, ofwel nog maar 4 miljoen jaar. Het kleinere heldere gebied rechts heet Vinalia Faculae.

### Samhain Catenae

De oppervlakteverschijnselen op Ceres hebben vaker te maken met de evolutie van het inwendige van de dwergplaneet dan je zou denken. Ook de catenae, lineaire structuren

die bestaan uit ketens van putten en kleine kraters die we veel zien op Ceres, werden waarschijnlijk veroorzaakt door processen van binnenuit. De Samhain Catenae bestaan uit enkele van die ketens. Men denkt dat honderden miljoenen tot een miljard jaar geleden materiaal in de mantel naar boven werd geduwd, waardoor breuken ontstonden in de korst. Men vond minstens 2000 van die breuklijnen (van minimaal 1 km lengte) buiten de inslagkraters. Die bleken in twee categorieën te vallen. Het meest komen 'secundaire kraterketens' (crater chains) voor, lange 'kettingen' van ronde depressies die ontstonden door materiaal dat bij inslagen werd weggegooid (ejecta) en over het oppervlak stuiterde. Maar er zijn ook 'putketens' (pit chains), series van depressies die ontstonden doordat het oppervlak rond breuklijnen instortte. Alleen die pit chains hebben dus te maken met de inwendige evolutie van Ceres. Het was alleen niet gemakkelijk om uit te vinden wat secondary crater chains en wat pit chains zijn, want ze lijken erg op elkaar. Het verschil zit hem echter in de vorm: secundaire kraters zijn mooi rond (in tegenstelling tot de meeste grote kraters!), de putten zijn veel grilliger van vorm én hebben geen kraterwand. Men denkt trouwens niet dat dit soort breuklijnen zijn ontstaan toen de vroegere oceaan bevroor, of door een grote inslag, want dan zouden de pit chains mooi verdeeld moeten zijn over het oppervlak. De meest waarschijnlijke oorzaak is warm ijs dat opwelde, een soort mantelpluim.



**Linksboven:** Hakumyi krater (29,2 km), in de rechter bovenhoek van deze foto, heeft vage vormen en veel kleinere kraters, dus is al oud. Op de rand bevindt zich een kleinere krater (6,5 km), met juist een scherpe rand: die is vrij jong. Wat vooral opvalt is de 'tongvormige' stroom ('lobe') van materiaal dat van de rand van de kleine krater in Hakumyi is gezakt. Iets westelijker (links) zie je een wat minder opvallende, minder ontwikkelde lobe. Men noemt dit soort stromen, die je vooral op hogere breedten op Ceres vindt, 'mass wasting', wat betekent dat het van hoog naar laag is gezakt. Dat proces begint bij 'slumping': het loskomen van materiaal van kraterwanden. Je ziet dus altijd een jonge krater aan het begin van zo'n stroom. Zie ook Rob's Nieuwsbrief 40, mei 2017, pag. 4).

**Linksboven:** de kleine krater is de pas benoemde Axomama (5 km), binnen de rand van de grote, oudere krater Dantu (126 km). Dantu (zie hierna) heeft veel breuklijnen, een veelhoekige vorm en een centrale put en lijkt daarmee veel op Occator. Je ziet ook plekken waar zouten aan het oppervlak zijn gekomen. Waarschijnlijk zijn ze dus op dezelfde manier ontstaan, door opwellend water uit de mantel.

**Rechtsboven:** Dantu krater heeft net als Occator een vlakke bodem en een centrale verzakking, of 'put'. Dit kan veroorzaakt zijn door de warmte die bij de inslag vrijkwam. De relatieve hogere temperaturen rond de lage breedten (dus in de buurt van de equator) waarop Occator en Dantu te vinden zijn hebben het smelten van ijs tijdens de inslag vergemakkelijkt. De vele plekken met heldere zouten zijn vermoedelijk het gevolg van kleine inslagen en landverschuivingen, wat betekent dat dit materiaal vrij dicht onder het oppervlak zit. Onderaan de foto zie je een kleinere krater met een veel ruigere bodem.

**Rechtsboven:** in de buurt van Ahuna Mons, de vreemde eenzame berg op Ceres, vind je de pas benoemde Xevioso krater (8,5 km), die een deken van heldere ejecta heeft uitgestoten. Dat zo'n kleine inslag al zoveel materiaal blootlegt lijkt ook aan te geven dat dat materiaal vlak onder het oppervlak ligt.



**De foto's:**

1 - Op de NW rand van Urvara krater ligt de jonge Tawals krater (8,8 km; let op de scherpe kraterrand). Het ruige type landschap vind je ook in Urvara. Boven 40°N, waar ook dit gebied ligt, heeft men waterijs in de bodem vastgesteld. Dat ijs is op deze breedten keihard bevroren en versterkt de bodem.

2 - Een 'veld' kleine kraters naast Kokopelli krater, rechts-onder (34 km). Je ziet de ejecta van grote krater Dantu: de golvende 'deken' van fijn materiaal en de kratertjes die werden gevormd door de grote brokken.

3 - De kraters Juling (boven, 20 km) en Kupalo (26 km) zijn ook duidelijk jong. Ze liggen op dezelfde breedte als Tawals (38°Z) en hebben dezelfde grilige kratervorm, hetzelfde ruige landschap, én de zoutafzettingen die wijzen op waterijs onder het oppervlak.

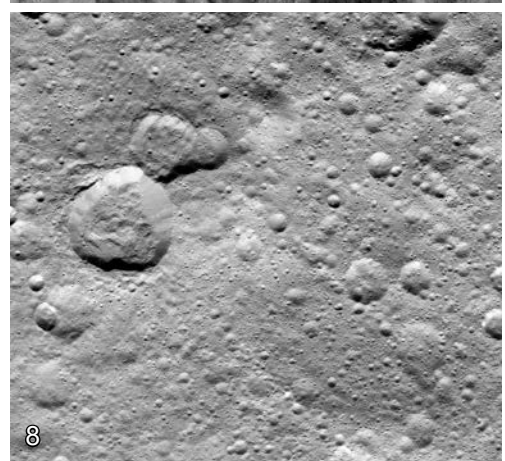
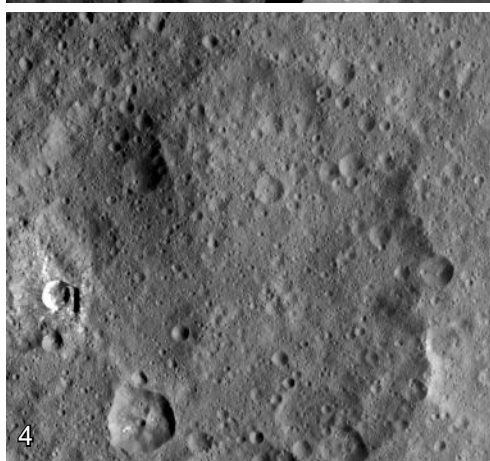
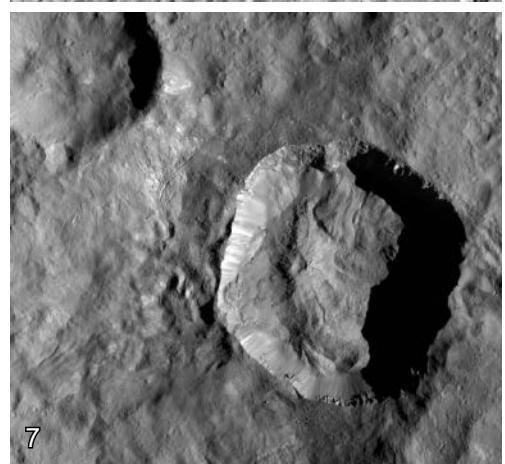
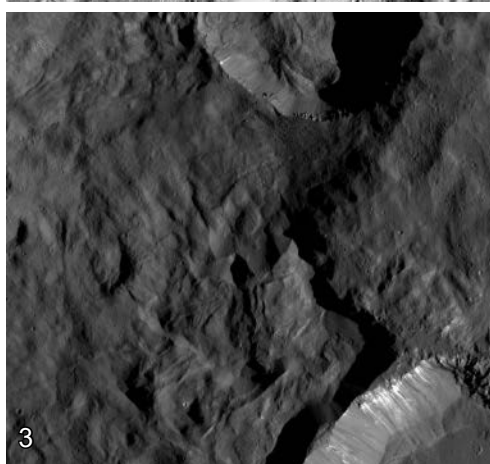
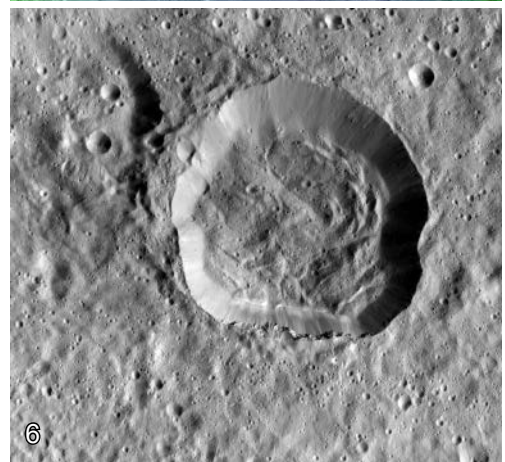
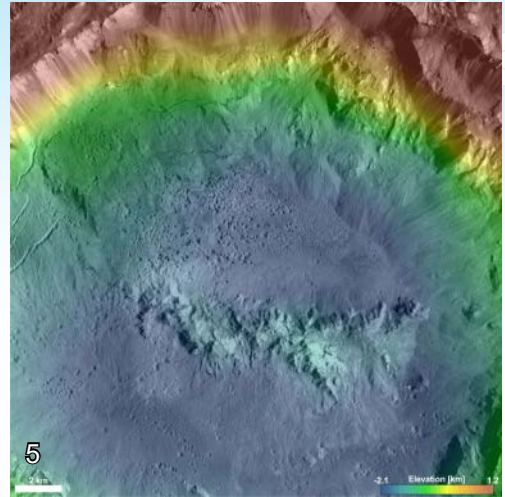
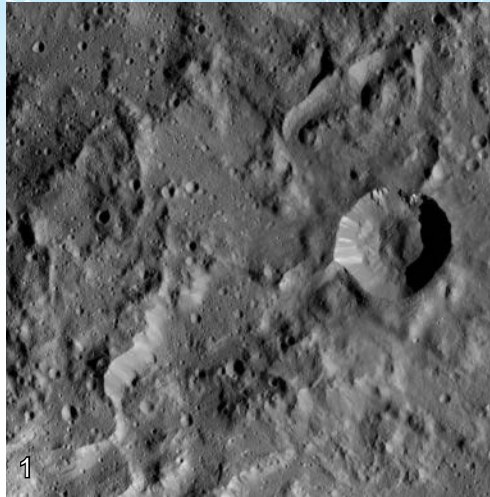
4 - De krater Duginavi (155 km) is erg oud, zijn afgetakelde kraterrand is nog nauwelijks te zien. Enkele oorzaken voor de geleidelijke verandering en het uiteindelijke verdwijnen van kraters op werelden zonder atmosfeer zijn de zwaartekracht en de vorming van nieuwe kraters. De kleine heldere, jonge krater links is Oxo (10 km).

5 - Een van de jongste kraters op Ceres is Haulani (34 km). Dat blijkt wel uit zijn scherp afgebakende rand. Dit is een topografische afbeelding die de noordelijke kraterrand en een deel van de bodem toont, bezaaid met putten. De hoogten verschillen van 2,1 km ónder het gemiddelde niveau tot 1,2 km erboven. Haulani is een mooi voorbeeld van een veelhoekige krater en ligt nabij de equator.

6 - Ook Emesh (20 km, ten ZO van Dantu), is geen ronde krater. Hij heeft terrassen, ontstaan doordat de kraterrand na de inslag inzakte. Je ziet ook veel breuklijnen. Dat soort breuken is de oorzaak van de veelhoekige vorm van deze kraters. Links van Emesh een zeer oude krater.

7 - Deze foto van de eerder genoemde krater Juling toont veel details in de rand en de 2,5 km diepe bodem. Je ziet stromingspatronen die wijzen op waterijs onder het oppervlak. En een kleine berg (1 km hoog) links van het centrum, met een 'deuk' erin, misschien door een landverschuiving.

8 - De 'rubber duck' kraters. Het 'lijf', de krater Telepinu, is 31 km in diameter.





## Divers

### 2014 MU69 heeft misschien een maan

Het volgende doel van *New Horizons* heeft vermoedelijk een maan, of mogelijk zelfs een hele zwerm! Na de flyby van Pluto en zijn manen, in juli 2015, heeft men de koers van de sonde zo gewijzigd dat hij begin januari 2019 langs een tweede doel scheert: 2014 MU69, een andere **KBO: Kuiper Belt Object**. Deze kleine ijsdwerf is ca. 30 km in diameter.

Dat het kleine object een of meer manen moet hebben leerde men door zogenaamde sterbedekkingen (zie Rob's Nieuwsbrief van september 2017). Als een zonnestelselobject voor een ster langs trekt dekt hij die ster tijdelijk af. Afgelopen zomer bedekte 2014 MU69 zelfs drie sterren en daaruit bleek dat hij minstens één maan moet hebben, waardoor hij wat heen en weer slingert (ze draaien om een **gemeenschappelijk zwaartepunt**). Die maan zou ongeveer 5 km groot moeten zijn en 200 tot 300 km van 2014 MU69 af bewegen (periode twee of drie weken).

Maar dat is nog niet alles, de geleerden denken dat het waargenomen object er een kan zijn van vele! Manen komen veel voor in de Kuipergordel, mogelijk heeft elke KBO er minstens een. *NH* zal, voorafgaand aan de flyby van 2014 MU69, ongeveer dertig objecten bestuderen. Misschien vindt de sonde dan ook manen.

*New Horizons* heeft volgens missieleider Alan Stern voldoende energie om tot rond 2035 te opereren, dus mogelijk volgen er meer vervolgmisseries. Net als de *Voyagers* kan het toestel uiteindelijk het zonnestelsel verlaten.



### Nieuwe open sterrenhoop gevonden

Sirius is aan de hemel de helderste ster en overstraalt zijn omgeving. Het was daarom heel verrassend dat men in de gegevens van de Gaia satelliet achter Sirius een open sterrenhoop ontdekte! De Gaia is een ruimtetelescoop van de ESA die zeer nauwkeurig de posities en afstanden van een miljard sterren en andere objecten meet (zie ook het artikel op pag. 8).

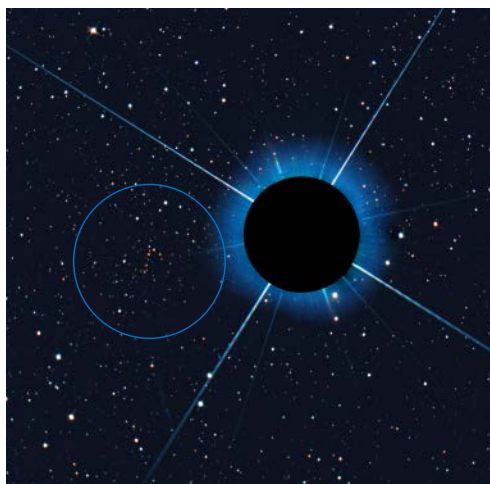
Sirius is niet zo helder omdat hij zo groot is (ook al is hij ongeveer twee maal zo groot als de zon), maar omdat de ster gewoon relatief dicht bij ons staat, op 8,6 lichtjaar. Sirius is in deze tijd van het jaar goed te zien, ten oosten van Orion.

Sirius is eigenlijk een dubbelster, met als compagnon Sirius B, een kleine witte dwerg. Een witte dwerg is wat overblijft van een ster met de massa van de zon: een zeer heet en wit object zo groot als de aarde. Sirius was in de oudheid belangrijk, zijn terugkeer aan de hemel kondigde in het oude Egypte de jaarlijkse overstroming van de Nijl aan, waardoor de bodem daar zo vruchtbaar was.

### Overheersend

Maar een zeer heldere ster heeft dus ook nadelen, omdat je zwakkere objecten in dezelfde richting niet goed kunt zien. Of zelfs helemaal niet, zoals met de open sterrenhoop Gaia 1, overigens een van twee door Gaia ontdekte sterrenhopen. Dat zijn groepen van hete en daarom blauwe sterren, die allemaal nog niet zo lang geleden (tientallen miljoenen jaren...) zijn ontstaan uit dezelfde enorme wolk van gas en stof.

De amateurastronoom Harald Kaiser, uit Karlsruhe, maakte op 10 januari 2018 de foto hieronder, waarbij hij een deel van de sensor van de 30 cm telescoop afdekte: de zwarte cirkel in de foto. En toen kon hij een aantal van de helderste sterren van de cluster Gaia 1 in beeld brengen. Op 25 april 2018 worden nieuwe Gaia data openbaar gemaakt. De astronomen kunnen niet wachten!



### Super blue blood moon

*Ik krijg altijd een beetje jeuk van de overdreven Amerikaanse manier om sterrenkundige fenomenen te omschrijven, en van de Nederlandse media die dat klakkeloos overnemen. Op 31 januari was er een 'superblauwe bloedmaan' te zien.*

*Een supermaan is als het volle maan is en de maan in het perigeum staat: het punt in haar elliptische baan om de aarde waarin ze het dichtst bij de aarde staat. Dat is best leuk: de maan is dan 30% helderder en aan de hemel 14% groter. Dus supermaan? Oké. Maar 'blue blood Moon'? De maan is tijdens een totale maansverduistering koperrood, maar dat zien we niet zo goed want onze ogen zijn in het donker vrij ongevoelig voor rood licht. En een blauwe maan bij de tweede volle maan in een maand? Een onzinterm!*  
Foto © Alfredo Garcia.

*Linksboven: een artist impression van NH, 2014 MU69 en zijn mogelijke maan.*

*Linksonder: een regenboogaurora! Zoals de zon de drijfkracht is achter het weer, is zonneactiviteit verantwoordelijk voor het ruimteweer, de verstoringen van het aardse magneetveld en de ruimte om ons heen. Daarbij ontstaat poollicht, als elektrisch geladen deeltjes botsen met moleculen in onze dampkring. De Britse fotograaf Ollie Taylor was op IJsland en maakte deze opname van het schitterende landschap dat baadt in het maanlicht, met een meer (Mývatn), de Godafoss waterval met daarboven een regenboog en fraai, groen poollicht. Het bijzondere is: de regenboog wordt veroorzaakt door zonlicht dat door de maan werd weerkaatst! Foto © Ollie Taylor ([www.ollietaylorphotography.com/](http://www.ollietaylorphotography.com/)).*

*Midden, onder: aan de linkerkant van Sirius (de blauwe cirkel) komen de sterren van een tot voor kort onbekende open sterrenhoop tevoorschijn als je de heldere ster afdekt.*  
Foto H. Kaiser/ESA.



### Zonnestelselmodel

Een van mijn meest bijzondere producten is het Zonnestelselmodel, een schaalmodel van het zonnestelsel in kaartjes waarmee je je eigen **Planetenpad** maakt! Zie: [www.walrecht.nl/nl/onze-producten-en-folders/over-het-zonnestelsel-model](http://www.walrecht.nl/nl/onze-producten-en-folders/over-het-zonnestelsel-model).

### Grote getallen

Ik heb een overzicht gemaakt van de namen van grote (en kleine) getallen, zoals 'biljoen'. Je vindt het op: [www.walrecht.nl/nl/links](http://www.walrecht.nl/nl/links) (bijna onderaan).

**Linksonder:** het centrale deel van de Tarantulanenevel in de Grote Magelhaense Wolk, op 165.000 lj afstand. Je ziet rechtsonder de open sterrenhoop R136, met honderden jonge, blauwe sterren, waaronder zeer zware!

Foto: Hubble Space Telescope.

**Rechtsonder:** drie beroemde mensen tonen een 1:1 model van de Explorer 1 en de derde trap tijdens de persconferentie waarop de succesvolle lancering van de tweede satelliet in de historie werd gemeld. Het zijn, v.l.n.r.: William Pickering, James Van Allen en Wernher von Braun. Je ziet ook goed hoe klein het ding was: alleen von Braun houdt hem vast! Zie de tekst op pagina 1 (kader).

## Divers

### Toekomstig kometenbombardement?

Zorgt de ster Gliese 710 in de toekomst voor een bombardement van kometen? Met ESA's Gaia satelliet (zie vorige pagina) heeft men nu de routes van sterren in de buurt bepaald van de afgelopen én toekomstige vijf miljoen jaar. Wat als een ster te dicht bij de zon komt? Dan gaat deze de kometen in de Oortwolk zo beïnvloeden dat die onze kant op kunnen gaan komen! Gliese 710 is een ster waarbij dat zou kunnen gebeuren. In het stuk hieronder heb ik achter de afstanden steeds cursief tussen haakjes gezet wat dat op de schaal is van ons Zonnestelselmodel (zie kader).

Een ster moet, afhankelijk van zijn massa en snelheid, binnen 60 biljoen km (600 km, zie kader) van de zon komen om een effect te hebben op de enorme voorraad kometen in de Oortwolk. Die Oortwolk strekt zich uit tot vermoedelijk 15 biljoen km (150 km). Met de Gaia gegevens heeft men nu 97 sterren gevonden die binnen 150 biljoen km (1500 km) van de zon zullen komen, en zestien die binnen 60 biljoen km (600 km) komen. Bijzonder dichtbij zal de ster Gliese 710 komen, over ca. 1,3 miljoen jaar. Die afstand zal rond 2,3 biljoen km (23 km) zijn, of beter tussen 1,5 en 3,2 biljoen km. Gliese 710 is een hoofdreeksster, type K (oranje), met een massa van 0,6 maal die van de zon en een diameter van ca. 950.000 km (0,67 maal die van de zon). Op de schaal van het Zonnestelselmodel is de ster 9,5 mm groot: een klein knikkertje!

### Veel meer sterren met obesitas

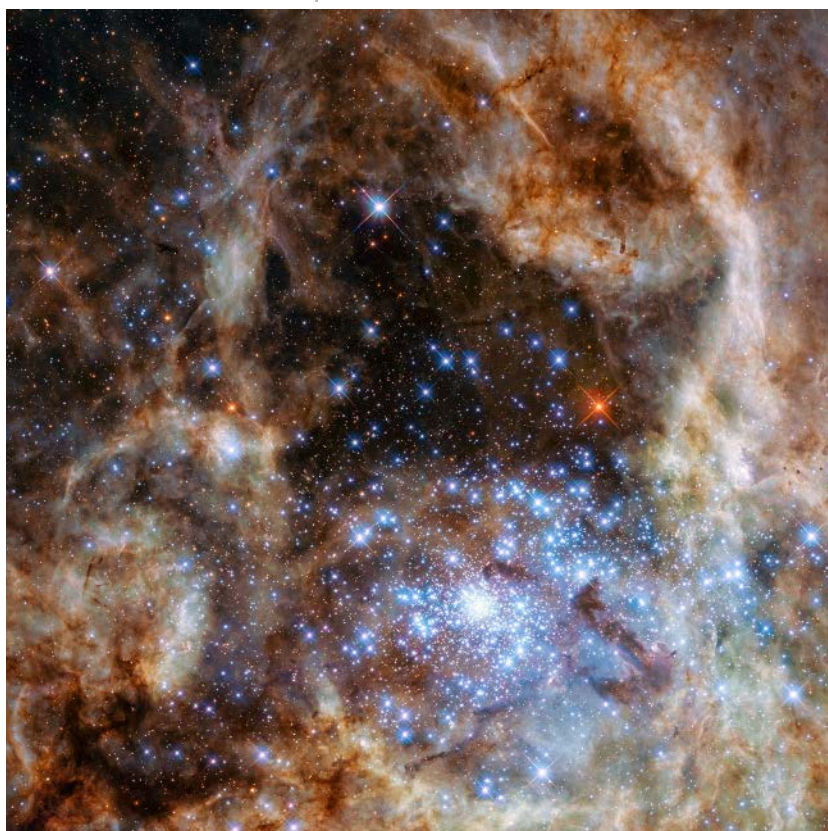
Sterren zijn er in alle soorten en maten. Wat vooral belangrijk is, is de massa van een ster, weergegeven in 'zoveel maal de zon', ofwel **zonsmassa's**. Zo heb je sterren die lichter zijn dan de zon (in onze buurt is 80% van de sterren een rode dwerg, tot 0,6 zonsmassa) en sterren die véél zwaarder zijn dan de zon: de ster R1361a, in de Tarantulanenevel in de Grote Magelhaense Wolk (zie kader) heeft een massa van 285 zonsmassa's - en die is al flink 'afgefallen' door kwistig om te springen met zijn gassen! In dat gebied ontdekte men met de Hubble al negen sterren met meer dan 100 zonsmassa's, maar verwacht werd dat de meeste andere sterren lichter waren.

### Meer dan verwacht!

Door interactie met het Melkwegstelsel vindt er in de Grote Magelhaense Wolk veel stervorming plaats, zoals te zien is aan de Tarantulanenevel. Astronomen van de Universiteit van Amsterdam hebben nu ontdekt dat er in dit gebied nog veel meer zware sterren zijn dan men voor mogelijk had gehouden! Alex de Koter en Selma de Mink van die universiteit bestudeerden bijna 300 zware sterren (meer dan 15 zonsmassa's) in de nevel. Normaliter kijkt men meestal naar de gezamenlijke massa, maar zij konden van elke ster de massa bepalen. Daaruit bleek dat het gebied 30 procent meer zware sterren bevat dan de veelgebruikte wet van Salpeter. (Deze wet uit 1955 voorspelt hoe de massaverdeling tussen de sterren in een nieuwe open sterrenhoop eruit ziet.)

Dat is belangrijk, want ondanks dat zware sterren véél korter leven dan lichtere sterren, als ze aan hun eind als supernova exploderen en een neutronenster of zwart gat worden, hebben ze een enorme invloed op hun wijde omgeving. De resultaten van dit onderzoek hebben dus invloed op hoe men denkt over de eindstadia van zware sterren, want als je het extrapoleert kom je misschien tot 70% meer supernova's en 180% meer zwarte gaten!

De volgende stap is om te bepalen of hun bevindingen ook gelden voor andere stervormingsgebieden, en wat de gevolgen zijn voor de theoriën over de vorming van structuren in het heelal. En dat heeft weer effect op hoe wij over zwaartekrachtgolven denken.





## Divers

### Pluto: nieuwe kaarten, nieuwe namen

De IAU (zie pag. 4) heeft in augustus 2017 veertien namen voor oppervlakte 'features' op Pluto officieel gemaakt. De namen werden eerder al voorgesteld (en gebruikt) door het New Horizons team.

Eerder, op de tweede verjaardag van de historische flyby van de dwergplaneet, werden gedetailleerde en 'wereldwijde' topografische (hoogte) kaarten uitgebracht van Pluto en zijn grootste maan, Charon. 'De complexiteit van het Pluto-stelsel – van zijn geologie tot zijn satellieten tot zijn atmosfeer – gingen ons wildste voorstellingsvermogen te boven', aldus Alan Stern, de principal investigator (hoofdonderzoeker) van het NH-team. 'De kaarten helpen de mysteries op te lossen.'

### Nieuwe filmpjes van Pluto en Charon

Afgelopen zomer werden twee video's (animaties) uitgebracht waarin je aan boord van *New Horizons* langs Pluto en Charon lijkt te scheren. Heel bijzonder! Ik weet niet of ik het al eerder had gemeld, maar de links vind je op onze website [www.walrecht.nl/nl/links](http://www.walrecht.nl/nl/links), en dan naar iets onder het midden scrollen.

### Bedenk namen voor 2014 MU69

Begin 2019 vliegt *New Horizons* langs 2014 MU69 en zijn maan of manen. Het team roept het publiek op om namen te bedenken voor de

features op die kleine werelden. Men geeft altijd eerst tijdelijke 'nicknames', pas later volgen officiële namen. De naam die jij bedenkt zou uiteindelijk officieel kunnen worden!

### Onverwacht gedrag zware sterren HD 5980

Met de oude Europese röntgenruimtetelscoop XMM-Newton heeft men ontdekt dat botsende sterrenwinden zich niet altijd gedragen zoals men had verwacht. Zware sterren, van meerdere zonsmassa's, verliezen veel materie in de vorm van sterke sterrenwinden en worden daarom niet zo oud (zie kader). Als twee van die krachtige sterrenwinden met elkaar botsen (een **shock**) komt er zeer veel energie vrij, waarbij gas tot miljoenen graden wordt verhit – en prachtig helder wordt in röntgenlengten!

Normaal veranderen die botsende sterrenwinden weinig omdat de sterren én hun banen niet veranderen. Maar bij sommige gaat dat anders. In het stervormingsgebied NGC 346 zien we de dubbelster HD 5980: twee zeer zware sterren, elk ongeveer 60 zonsmassa's, en slechts 100 miljoen km van elkaar verwijderd! De aarde staat op 150 miljoen km van de zon en beroemde zware sterren als Betelgeuze en Rigel zijn 'slechts' rond 18 zonsmassa's zwaar. Eén ster van het paar liet in 1994 een grote uitbarsting zien. Met röntgentelescopen bestudeerde men in 2007 het gloeiendhete

### Sterrenwind

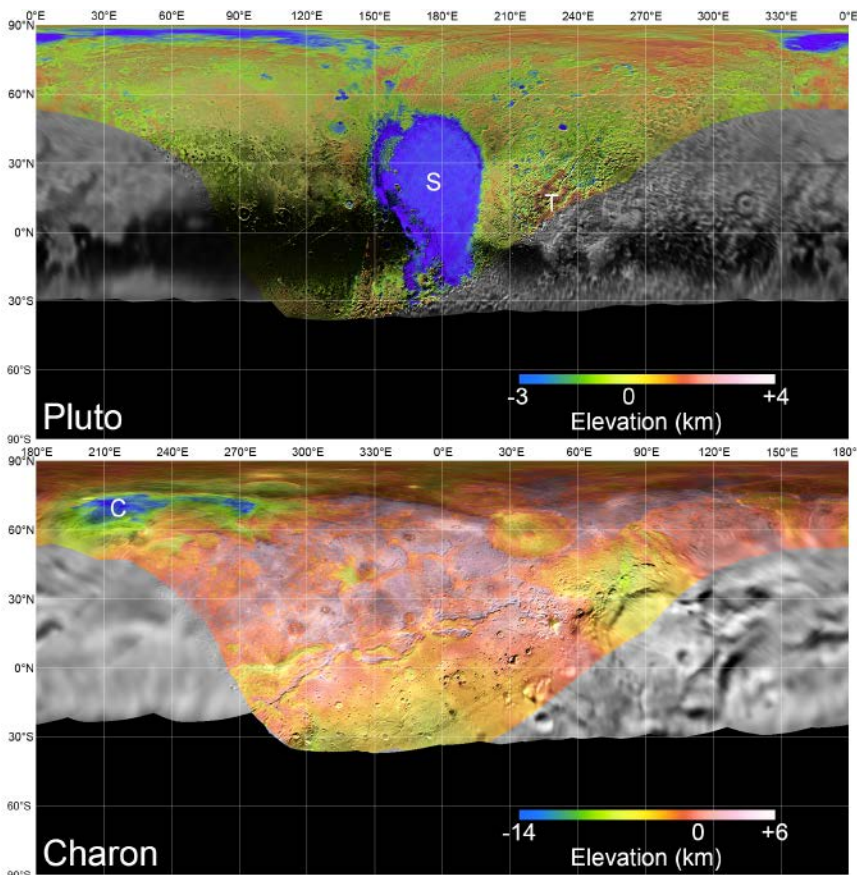
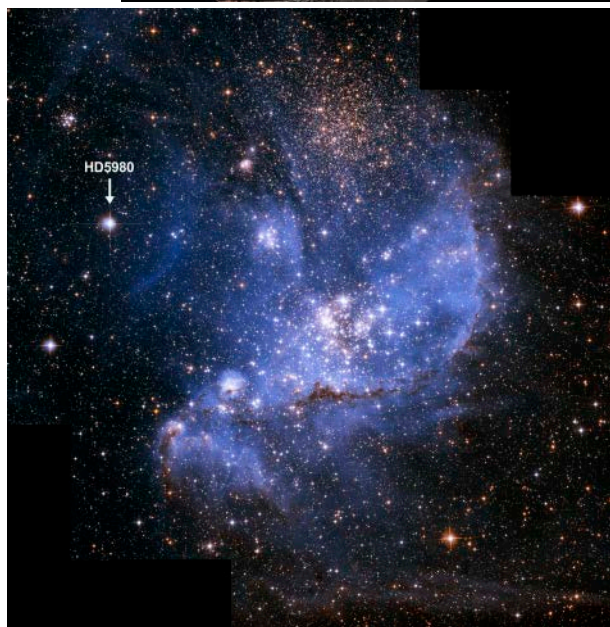
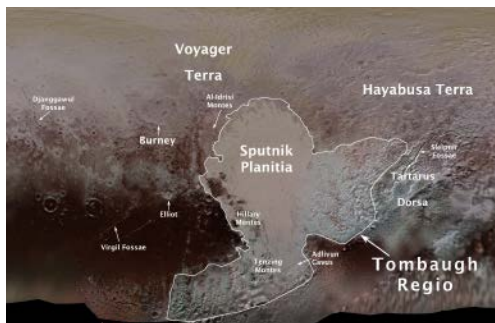
Zware sterren zijn in hun kern veel heter en maken veel meer energie aan. Daarbij strooien ze ook kwistig rond met hun materie, zodat krachtige sterrenwinden ontstaan. Het gaat dan om een materieverlies per maand gelijk aan de massa van de aarde, en snelheden van de sterrenwinden in de orde van miljoenen km/u. Zie foto linksonder.

**Linksonder:** het stervormingsgebied NGC 346, in de Kleine Magelhaense Wolk, waarin de dubbelster HD 5980 staat.

**Linksboven:** een kaart van Pluto met de nu officiële namen.

**Rechtsonder:** de topografische kaarten van Pluto en Charon, samengesteld uit opnamen met de hoogste resolutie en geprojecteerd op 300 m/pixel. Die opnamen werden gemaakt met de Long-Range Reconnaissance Imager (LORRI) en de Multispectral Visible Imaging Camera (MVIC) aan boord van *New Horizons*.

Pluto en Charon waren voor en tijdens de flyby boven de ongeveer 30°Z in duisternis gehuld, en zijn hier daarom zwart. 'S' en 'T' betekenen resp. Sputnik Planitia en Tantalus Dorsa (op Pluto). 'C' staat voor Caleuche Chasma op Charon.





**Waarnemen in de schemering**

Astronomische waarnemingen gebeuren bijna altijd als het donker is. Astronomen willen zoveel mogelijk zien, dus ze willen de schemering mijden. De ontdekker van de storm, Ned Molter, keek juist wel tijdens de schemering! Hij was de eerste van acht studenten die meedoen aan een speciaal programma van Keck Observatory op Hawaii om waarnemingservaring op te doen (met een 10 m telescoop!). Neds opdracht tijdens de zes weken dat hij daar zat was een efficiëntere manier te vinden om waar te nemen in de schemering, en zo gebruik te maken van waarnemingsomstandigheden die normaal niet wordt gebruikt. Ned had nooit eerder waargenomen... maar is erg slim. Hij kwam onder de vleugels van onze landgenote prof.dr. Imke de Pater, die alle vertrouwen in de jongeman had.

**Linksonder:** de opnamen van Neptunus waarop de storm werd ontdekt. Het zijn opnamen in diverse infraroodgolflengten ( $\mu\text{m}$  = micrometer).

gas, door de botsing van hun sterrenwinden. In 2016 keek men weer, in de veronderstelling dat alles weer tot rust was gekomen. Maar het was juist het tegenovergestelde! Het paar was 2,5 maal helderder dan tien jaar eerder en de röntgenstraling was nóg intenser. Men had nooit eerder gezien dat, terwijl er minder materiaal werd uitgestoten, meer straling werd uitgezonden. Men denkt het nu te kunnen verklaren.

Als sterrenwinden botsen, wordt röntgenstraling uitgezonden. Als de materie echter te veel uitstraalt koelt het snel af, waardoor de shock 'instabiel' wordt en de röntgenstraling afneemt. Dat was blijkbaar tien jaar geleden het geval, maar in 2016 was de shock wat tot rust gekomen zodat de röntgenstraling weer kon toenemen.

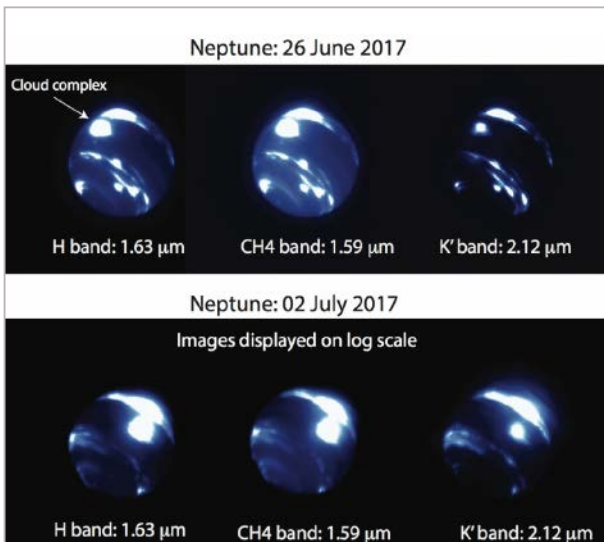
**Reuzenstorm op Neptunus**

In augustus werden foto's uitgebracht van Neptunus, waarop een reusachtige storm is te zien. Dat is op zich al bijzonder, de manier waarop men de waarnemingen opzette is dat ook. En nog bijzonderder is dat de ontdekker een sterrenkunde student is, die met zijn masteropleiding bezig is en nooit eerder had waargenomen! Zie het kader.

Het resultaat is dan ook veelbelovend, want het toonde (tijdens de test!) het extreem heldere stormstelsel aan rond Neptunus' equator ('Cloud complex' in de foto). 'Op die lage breedten van Neptunus is het normaal erg rustig, stormen komen gewoonlijk op gematigde breedten voor. Dus om juist daar zo'n enorme storm te zien is spectaculair!', aldus Ned Molter. Neptunus heeft de snelste winden van het zonnestelsel: tot 1600 km/u!

**Vortex**

De storm is 9000 km lang, een derde van de straal van de planeet. Hij beslaat een breedte tussen 30°N en 30°Z, over 30° lengte verspreid. Tussen 26 juni en 2 juli 2017 zag Ned hem helderder worden. Zeer heldere wolken komen nu en dan voor, maar dan dicht bij de polen, tussen 15° en 60° noord of zuid. Imke de Pater dacht eerst dat het ging om de 'Northern Cloud Complex' die men in 1994 met de Hubble had gezien. Dat was na de Great Dark Spot, die de Voyager 2 in 1989 had gefotografeerd, en die later verdween. Maar me-



**Hemel van februari 2018**

**Overzicht**

De zichtbaarheid van de heldere planeten en de fasen van de maan voor deze periode, informatie afkomstig uit de **Sterrengids**. Dat is een interessante jaargids en een must voor wie de verschijnselen aan de hemel van dag tot dag wil volgen: [www.sterrengids.nl/](http://www.sterrengids.nl/).

**Maanfasen februari 2018**

Laatste kwartier 7 feb, 16:54 u MET  
Nieuwe maan 15 feb, 22:05 u MET  
Eerste kwartier 23 feb, 9:09 u MET

Apogeum: 11 feb, 15 u MET, 405.700 km  
Perigeum: 27 feb, 16 u MET, 363.933 km

**Planeten**

Voor de planeten geven we het sterrenbeeld waarin ze halverwege deze periode staan, plus de **rechte klimming** (RA, in astronomische uren) waarmee je de locatie van de planeet in de buurt van de ecliptica kan opzoeken. De **declinatie** is dan niet echt nodig.

planeet	sterrenbeeld	RA
Mercurius	niet zichtbaar	- u
Venus	niet zichtbaar	- u
Mars	Schorpioen	16:54 u
Jupiter	Weegschaal	15:22 u
Saturnus	Slangendrager	18:28 u
Uranus	Vissen	1:35 u
Neptunus	Waterman (niet zichtbaar)	23:00 u

**Samenstand op 8 februari**

Op deze dag is er een samenstand van de maan met Jupiter, Mars en de ster Antares, terwijl Saturnus iets oostelijker staat. Bekijk dit 's ochtends vroeg (6:00 - 7:00 uur).

**De planeten**

**Mercurius** is nu niet te zien omdat hij te dicht bij de zon staat: op 17 februari is hij in **bovenconjunctie**, zodat hij dan achter de zon staat.

**Venus** is ook niet te zien. Zij was op 9 januari in bovenconjunctie en wordt pas weer in maart zichtbaar, als avondster.

**Mars** staat in de buurt van de ster Antares en is 's ochtends in het ZO zichtbaar. Het leuke van die samenstand (conjunctie) is dat beide hemellichamen rood zijn. Antares staat voor 'anti Ares': de rivaal van Mars. Op de 9e komt de maan tot 4° ten noorden van de planeet.

**Jupiter** komt steeds vroeger op en blijft de hele nacht zichtbaar, ongeveer halverwege tussen Spica en Antares. Op de 7e komt de maan op 4° ten noorden van Jupiter.

**Saturnus** staat 's morgens laag in het zuidoosten, als een 'ster' van magnitude 1. Hij wordt steeds beter zichtbaar. Op de 11e is er een samenstand met de maan, die op 2° ten noorden van de geringde planeet komt.

**Uranus** is vroeg in de avond met een verrekijker te zien, in het zuiden. Daarna beweegt hij in de loop van de avond naar het westen, met de dagelijkse beweging mee, en eind van de maand gaat hij om 21:30 uur onder.

**Neptunus** is nu niet te zien omdat hij te dicht bij de zon staat.



tingen toonden aan dat dit een geheel ander wolkensysteem is. Net als op andere werelden met atmosferen verschillen de winden enorm van breedte tot breedte. Een stormgebied zo groot en rond de equator zou snel uiteen moeten vallen. Iets moet dat grote wolkengebied voeden, zoals een wervelsysteem ('vortex') dat diep in de atmosfeer van de ijsreus is verankerd. Die vortex zorgt ervoor dat gassen naar boven rijzen, waar ze afkoelen en condenseren, tot wolken. Een herkenbaar fenomeen, maar op Neptunus bestaan de wolken uit methaan, het belangrijkste bestanddeel van aardgas. In de vortex dalen gassen juist, waardoor deze donker van kleur is. Maar langlevende vortexen op de equator zijn moeilijk met de huidige wetenschap te verklaren. De precieze oorzaak van de reuzenstorm is dus nog niet duidelijk. Daarvoor zijn verdere analyse en meer schemerwaarnemingen nodig.



## De TRAPPIST-1 planeten

### Waterrijke werelden

Nieuw onderzoek toont aan dat de zeven planeten rond de rode dwerg TRAPPIST-1 allemaal voornamelijk uit gesteenten bestaan, met mogelijk tot 5% van hun massa in de vorm van water: 250 maal meer water dan in de aardse oceanen (dat is 0,02% van de massa van de aarde). Men kan dat concluderen uit de dichtheden van de planeten, die nu nauwkeuriger bekend zijn. Zie over dit stelsel eerdere nieuwsbrieven, vanaf maart 2017.

De hetere planeten, die het dichtst bij hun ster staan, hebben waarschijnlijk dichte atmosferen van waterdamp en de buitenste hebben waarschijnlijk ijsoppervlakken. Qua grootte, dichtheid en de hoeveelheid straling die de planeet van zijn ster ontvangt lijkt de vierde planeet het meest op de aarde. Hij lijkt de meest rotsachtige van de zeven en heeft potentieel vloeibaar water.

### Computermodellen

Het nieuwe onderzoek werd gedaan met telescopen op de aarde en de ruimtetelescopen Spitzer en Kepler. Met complexe computermodellen kon een team van de Universiteit

van Bern onder leiding van Simon Grimm de dichtheden met grotere nauwkeurigheid bepalen dan eerder mogelijk was. Het probleem is namelijk dat het er te druk is. Grimm: 'De planeten staan hier zo dicht bijeen dat ze elkaar met hun zwaartekracht beïnvloeden. Daardoor veranderen de tijden dat ze voor de ster langs schuiven (**overgangen**) voortdurend een beetje. Die verschuivingen hangen af van de massa's, afstanden en baangegevens van de planeten. Met een computermodel kunnen we de banen simuleren tot de berekende overgangen overeenkomen met de waargenomen waarden. Daaruit kunnen we de massa's van de planeten bepalen.'

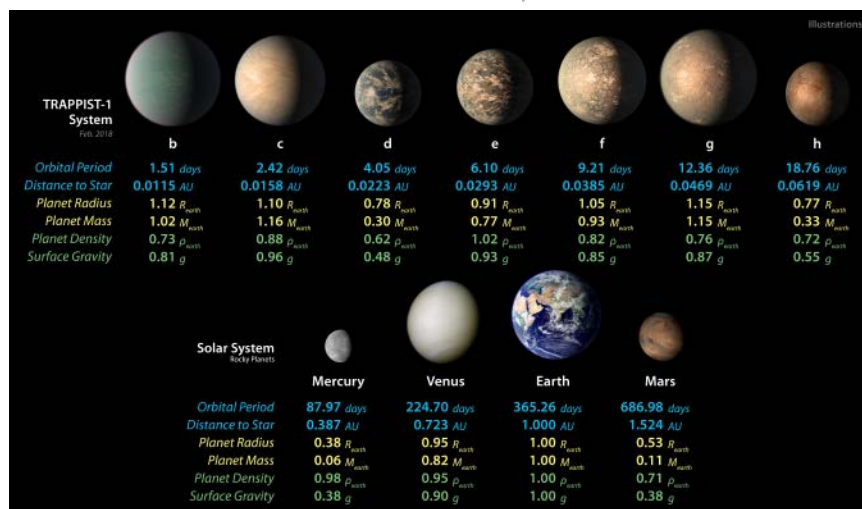
En met de massa en de grootte van een object kun je dan zijn gemiddelde dichtheid, en dus de vermoedelijke samenstelling bepalen. Daaruit blijkt dat de planeten waarschijnlijk geen kale rotswerelden zijn. Ze lijken grote hoeveelheden vluchtig materiaal te bevatten, waarschijnlijk water. Dat zegt overigens nog niets over de leefbaarheid.

*Hieronder: een overzicht van van de zeven planeten van het TRAPPIST-1 stelsel (uiteraard artist impressions), met hun omlooperperioden, afstanden tot hun ster, stralen (halve diameters), massa's, dichtheden en aantrekkingskracht aan hun oppervlak - allemaal in vergelijking tot de aarde. Daaronder dezelfde informatie over de aardachtige planeten van het zonnestelsel.*

*Credit: NASA/JPL-Caltech.*

**Onderaan:** een mooi plaatje van de zeven, met de aarde ter vergelijking. Nieuw onderzoek en state-of-the-art computermodellen leverden nauwkeurige schattingen op voor de dichtheden van de planeten en toonden aan dat ze rijk aan water zijn.

*Credit: ESO/M. Kornmesser*





**Rechtsboven:** een grafiek met de nu bekende gegevens van de planeten van TRAPPIST-1 (b t/m h), in vergelijking met de aardachtige planeten in ons zonnestelsel.

Credit: NASA/JPL-Caltech

**Onderaan:**

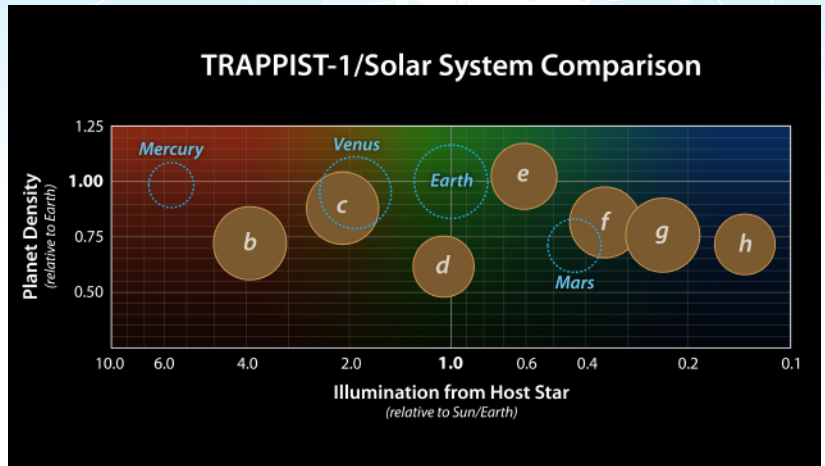
Als een kosmische slang kronkelt deze donkere wolk tegen de achtergrond van een fraaie groep nieuwe sterren. Het is het stervormingsgebied Lupus 3, in het sterrenbeeld Schorpioen, met een afstand van slechts 600 lichtjaar een van de meest nabije stervormingsgebieden. Het is een deel van een veel groter complex, de Lupus Wolken genoemd, naar het sterrenbeeld Wolf (Lupus) dat vlakbij ligt. De zeer heldere sterren die je ziet zijn jong, heet en daarom blauw. Het begrip van dit soort nevels is belangrijk om het stervormingsproces te begrijpen. Vanwege de nabijheid wordt Lupus 3 uitgebreid bestudeerd.

De foto werd samengesteld uit foto's van twee ESO-telescopen in Chili.

**Look-alike van de aarde?**

TRAPPIST-1b en c, de binnenste planeten, zijn waarschijnlijk rotswerelden met een dikke atmosfeer, veel dikker dan die van de aarde. TRAPPIST-1d is de lichtste van de planeten, met 30% van de massa van de aarde. Men weet nog niet of hij een grote atmosfeer, een oceaan of een ijslaag heeft.

De wetenschappers waren verrast dat TRAPPIST-1e de enige planeet in het stelsel is die iets dichter is dan de aarde, wat lijkt te wijzen op een dichte ijzerkern en niet zozeer op een dikke atmosfeer, oceaan of ijslaag. Hij lijkt dus het meeste op de aarde. TRAPPIST-1f, g en h staan zo ver van de ster dat het water op hun oppervlak bevroren kan zijn. Als ze al (dunne) atmosferen hebben, zullen die weinig zwaardere moleculen bevatten, zoals kooldioxide.



**Goed bekend**

We weten nu, een jaar na de ontdekking, al meer over het TRAPPIST-1 stelsel dan over welk ander planetenstelsel behalve het onze. Het zal in de toekomst de aandacht blijven trekken van de wetenschap, terwijl men ook bij andere zwakke sterren naar planeten zoekt.

