

# Rob's Nieuwsbrief - 42

over sterrenkunde en het heelal

## Veel over planeten

### De lopende zaken

Weer een lange nieuwsbrief, maar de zomervakantie staat voor de deur, dus... Uiteraard weer veel over het zonnestelsel en exoplaneten. Dat is toch wel een beetje 'mijn ding'. Het is momenteel erg rustig wat orders betreft, te rustig. We zijn wel bezig de grote Duitse order af te ronden, maar er zit niets nieuws in de 'pipeline'. Nu zijn de zomermaanden altijd erg rustig, maar het begon erg vroeg dit jaar.

### Cursus

Ik ben wel erg druk geweest met mijn cursus, die op 13 september begint. Ik heb wat posters verspreid, voornamelijk over boekhandels en bibliotheken. Verder heb ik de kranten benaderd en de informatie op de website uitgebreid. Nu wordt het zaak om voldoende cursisten te trekken (ideaal zouden er 30 meedoen), de teller staat als ik dit schrijf op 11, met twee mensen die zich na hun vakantie willen opgeven. De cursus zelf is helemaal klaar maar ik wil nog wel wat dingen doen vóór hij begint. Zo moeten van het grote schaalmodel van het zonnestelsel Jupiter en Saturnus nog een fraaie standaard krijgen en bij Saturnus moet de standaard gekoppeld worden aan de ringen (zie de foto hieronder). De schilder van beide, Johan Kragten, heeft aangegeven nog wat verfijningen aan te willen brengen, en daarna moeten ze natuurlijk in de vernis. Of dat laatste vóór de betreffende les gaat lukken is zeer de vraag, maar Saturnus moet natuurlijk wel zijn ringen hebben. Ook wil ik een opstelling maken/kopen van nette standaardjes waarop ik dingen kan monteren die ik in mijn cursus gebruik, zoals een zaklampje (de 'zon') en diverse modelletjes van planeten en de zon. Daarmee kan ik al-

lerlei zaken uitleggen, maar ik kan niet steeds alles in mijn handen houden...

### Heb er zin in!

Ik heb veel zin in de cursus. Als ik er mee bezig ben realiseer ik mij steeds weer hoe enorm veel werk er in heeft gezeten, en hoe geweldig mooi de cursus is geworden, in visuele zin maar ook inhoudelijk. Als ik bedenken waarin de cursus qua opzet afwijkt van de gebruikelijke schema's, dan is dat volgens mij dat ik mij beperk tot wat ik als de kern van de zaak zie, zonder veel aandacht te schenken aan (ook interessante) zaken als de historie en de toekomst van de sterrenkunde, ruimtevaart, telescopen en sterrenwachten en dergelijke. Mijn inleiding (de sterrenhemel bekijken vanaf de aarde) duurt in feite vier lessen, aan het zonnestelsel besteed ik er drie en over het onderwerp sterren zijn het goedbeschoofd ook drie lessen, met de gastles van prof. van den Heuvel mee. Prof. Henry Lamers geeft een gastles over de Oerknal, donkere materie, donkere energie en meer (de onderwerpen uit ons boekje *De Oerknal en het uitdijend heelal*). Het idee van twee extra gastlessen door astronomen in december vind ik zelf heel bijzonder. Ik weet niet of zoiets vaker gebeurt, maar ik ben erg blij met hun medewerking.

### Juno bij Jupiter

Momenteel komen er steeds prachtige beelden binnen van Jupiter, gemaakt door *Juno* die nu een jaar in een polaire baan rond de gasreus beweegt. Ik wil in de volgende nieuwsbrief (september) meer aandacht aan de resultaten besteden. Deze nieuwsbrief is al zo vol, vooral ook met 'spoedjes' zoals over Planets Nine & Ten en de meteoriet van Broek in Waterland.

juli-augustus 2017

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).

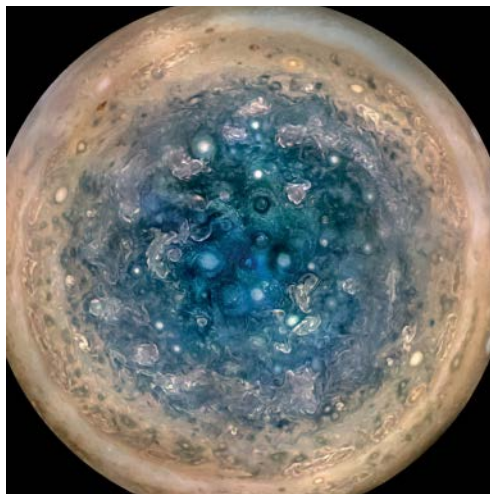
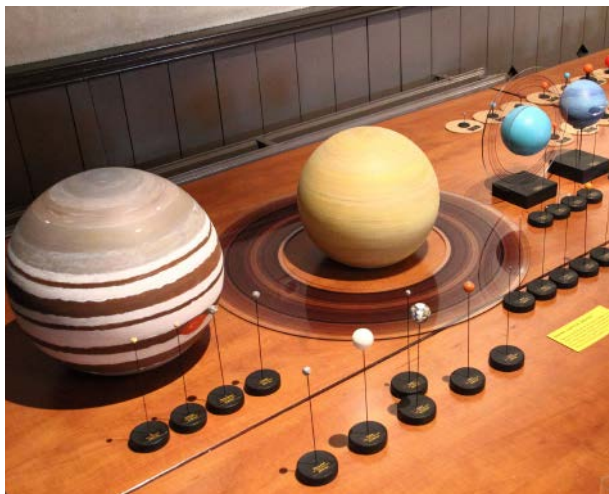
### Valentina Tereshkova

Op 16 juni 1963 werd de eerste vrouw in een baan om de aarde gebracht, de kosmonautte Valentina Tereshkova (zie foto), met de Vostok 6. Sommige mannen zullen het idee misschien aantrekkelijk vinden (ik zeker niet!), maar Valentina kwam gewoon weer terug, na drie dagen en 48 rondjes om de aarde te hebben gevlogen. Ze werd gelanceerd op mijn vierde verjaardag, maar ik moet bekennen dat ik toen nog niet zo geïnteresseerd was in ruimtevaart.



**Linksonder:** mijn grote schaalmodel van het zonnestelsel, op schaal 1:475 miljoen. In dit model is Jupiter 30 cm groot, de aarde 2,7 cm, de zon... bijna 3 meter! Die laatste heb ik maar achterwege gelaten. Het model is niet bedoeld om de afstanden te illustreren (de afstand tot Neptunus is 9,5 km!), maar om alle leden van het zonnestelsel van meer dan 1000 km diameter te tonen.

**Rechtsonder:** deze Juno foto van Jupiters zuidpool, van een hoogte van 52.000 km, kwam op 25 mei binnen. De ovale structuren zijn cyclonen, sommige met een diameter van 1000 km. Er waren meerdere JunoCam-opnamen nodig, gemaakt tijdens drie verschillende orbits, om alle details bij daglicht te zien. De kleuren zijn opgekrikt en de foto's werden in een stereografische projectie geplaatst.



### Hoe groot is het heelal?

De grens van het zichtbare heelal ligt op 13,8 miljard lichtjaar. Dat betekent dat het licht van de verste objecten die we hebben waargenomen er 13,8 miljard jaar over heeft gedaan om ons te bereiken! Die verste objecten staan dus op 13,8 miljard lj afstand.

Sinds de Oerknal is het heelal echter uitgedijd, met een snelheid die groter is dan die van het licht. Het heelal moet dus veel groter zijn dan het zichtbare heelal. Op basis van de huidige snelheid van de uitdijning is het heelal niet 27,6 miljard lj maar 92 miljard lichtjaar in diameter!

**Midden, onder:** waar we ook kijken, overal zien we sterren of hele stelsels van vele miljarden sterren. Op deze opname van de Fornax cluster van sterrenstelsels (in het sterrenbeeld Oven) zie je sterren in de buurt; misschien zie je hun bekende 'stervorm', het gevolg van de ophanging van de secundaire spiegel in telescopen) en sterrenstelsels in diverse vormen.

**Linksonder:** samengestelde foto van het Fomalhaut-stelsel. De ALMA-data, hier in oranje, tonen de verre, excentrische puinschijf in ongekend detail. De grote stip in het midden is het gevolg van overbelichting door de ster, die ongeveer twee maal zo zwaar is als de zon. De optische gegevens, van de Hubble Space Telescope, zijn in blauw. Het donkere deel wordt veroorzaakt door een speciaal 'masker', dat het meeste sterlicht moet wegfilteren.

## Kuipergordel andere ster

### Ring kometen rond Fomalhaut

Fomalhaut (in het sterrenbeeld Zuidervis, zie de planisfeer), heeft een planetenstelsel met minstens twee planeten. De ster staat op 25 lj van de aarde, is ca. 440 miljoen jaar oud.

De ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) is de grote Europese astronomische interferometer (radio) in Chili. Dat golftegebied van 1 mm tot 100 micrometer, of 'micron' (vandaar dat 'sub': onder de 1 mm) is een belangrijke bron van informatie over zeer koude objecten als de donkere interstellaire moleculaire wolken waaruit sterren en planeten ontstaan. Hierdoor kunnen we meer leren over de vorming van sterren en hun planetenstelsels en de hoeveelheid en samenstelling van gassen in de buurt ervan.

Fomalhaut heeft meerdere 'puinschijven'. Die bestaan uit materiaal (vooral waterijs) dat is overgebleven na de vorming van de ster en planeten. En al dat ijskoude 'afval', dat bij ons de Kuipergordel opleverde, absorbeert het licht van de ster en straalt dat uit op deze golflengten: ze 'gloeien' in mm/sub-mm straling.

Puinschijven zijn een heel normaal verschijnsel bij jonge sterren en staan voor een zeer dynamische en chaotische fase in de ontwikkeling van een planetenstelsel. De astronomen denken dat ze worden gevormd door voortdurende botsingen tussen kometen en andere planetesimalen in de buitenste gebieden van een pas gevormd stelsel. Die fase had het zonnestelsel rond de 4 miljard jaar geleden, tijdens het Late Zware Bombardement (LZB) dat zorgde voor de meeste grote kraters die we op planeten en manen zien, en vooral voor de enorme inslagbekkens zoals de maanzeeën.

Met data van de ALMA heeft men de onderstaande 'foto' gemaakt van de 2 miljard km brede buitenste ring van kometen die op 20 miljard km van de ster ligt. We zien hier vermoedelijk Fomalhauts eigen LZB, het proces van vele botsingen van puinbrokken of een enkele grote inslag van een soort superkomeet.

## Dé grote vraag

### Hoeveel sterren zijn er in het heelal?

Een vraag die mij veel wordt gesteld. Als je op een zeer mooie winternacht buiten staat, zonder last van strooilicht en als je ogen goed gewend zijn aan de duisternis, kun je er hooguit 5000 zien. Met een verrekijker of telescoop zie je in de Melkweg duizenden meer sterren.

Je kunt alle sterren in het heelal niet tellen, het zijn er teveel om te tellen en we zien maar een klein deel van alle sterren met onze telescopen. Je moet dus schatten. Je moet schatten hoeveel sterren een sterrenstelsel gemiddeld heeft en hoeveel sterrenstelsels er zijn. Om met dat laatste te beginnen, in het aprilnummer vertelde ik al dat men dat aantal nu op 2 biljoen houdt: 2.000.000.000.000. Uiteraard geen heel nauwkeurig getal, maar hiermee kunnen we wel wat. Hoewel, hebben we het dan over alle sterrenstelsels in het zichtbare heelal, dus binnen 13,8 miljard lichtjaar afstand, of over de sterrenstelsels in het hele heelal? Zie kader.

Goed, die 2000 miljard is het enige getal dat we hebben. Dan moeten we het gemiddelde aantal sterren per sterrenstelsel schatten. Astronomen doen dat op basis van de massa van een sterrenstelsel, die vaak wel is te bepalen. Die massa wordt gegeven in zonsmassa's. In onze omgeving bestaat 80-85% uit sterren – rode dwergen - die veel lichter zijn dan de zon (0,15 tot 0,75 zonsmassa), terwijl zwaardere sterren veel minder voorkomen omdat ze maar kort meegaan. Misschien is het dan het beste om uit te gaan van zonnachtige sterren, als basis.

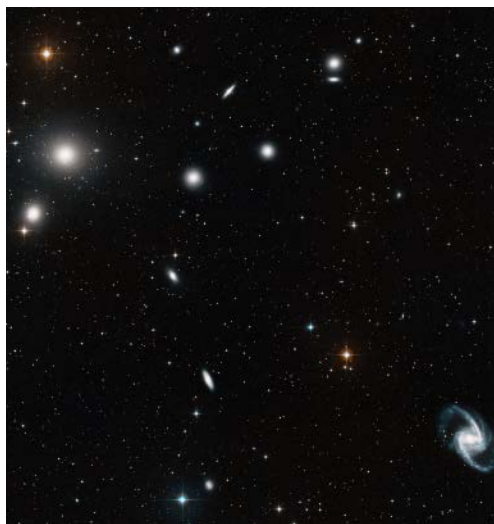
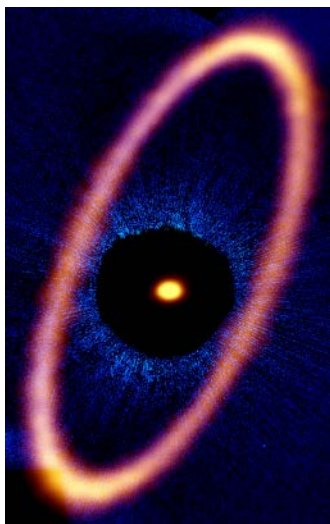
Onze omgeving, de Lokale Groep van sterrenstelsels, bestaat uit drie grote sterrenstelsels: de Andromedanevel (M31, 1000 miljard sterren) het Melkwegstelsel (300 miljard) en de Driehoeksnevel (M33, 40 miljard). Daarnaast zijn er een kleine vijftig dwergstelsels, van de Grote Magelhaense Wolk (misschien 20 miljard sterren) tot stelseltjes van enkele honderden miljoenen sterren. De Lokale Groep bevat naar schatting hooguit 1,5 biljoen sterren. We weten dat er veel grotere sterrenstelsels zijn dan de reusachtige Andromedanevel. Het stelsel IC 1101, op een miljard lj van ons, bevat vermoedelijk 100 biljoen (100.000 miljard) sterren. Maar in kansberekening moet je uitgaan van aannames.

Dus laten we uitgaan van die 2000 miljard sterrenstelsels. Gedeeld door 50 kom je op 40 miljard 'Lokale Groepen'. Ofwel 40 maal 1,5 biljoen sterren = 60.000 biljoen sterren: 60.000.000.000.000.000 sterren! Maak ik een vreemde berekening?

De meeste berekeningen gaan uit van 100 miljard sterren per sterrenstelsel. Maal 2 biljoen wordt het getal dan:

**200.000.000.000.000.000.000.000.**

Een groot verschil met mijn schatting – ben ik ook een keer bescheiden.





## Orion over 450.000 jaar

### De toekomst van een sterrenbeeld

Wat is de toekomst van het sterrenbeeld Orion? Hoe zit hij er over 450.000 jaar uit? Een nieuwe, bijzondere video van de ESA laat dat zien (je vindt hem op mijn website, onder **Links**).

Sterren lijken stil te staan aan de hemel, we spreken dan ook van de 'vaste sterren' als tegenovergestelde van de 'dwaalsterren' die tegen de achtergrond van die vaste sterren bewegen: de planeten. Maar ook sterren bewegen, zelfs met enorme snelheden, door het Melkwegstelsel. Alleen staan ze zo ver weg dat wij dat in ons leven en met het blote oog of kleine instrumenten niet merken. Daarom gaat de planisfeer nog vier eeuwen mee...

Met de grote telescopen en met speciale satellieten zoals de Gaia kan men die bewegingen en snelheden wel bepalen. Op basis daarvan kan men de afgelegde banen van sterren in de Melkweg reconstrueren, en daarmee de evolutie en zelfs oorsprong van het Melkwegstelsel beter leren begrijpen. Maar men kan ook schatten hoe die sterpaden in de toekomst lopen! Gaia is een ESA satelliet die eind 2013 werd gelanceerd en bedoeld is voor astrometrie: zij moet de posities van en afstanden tot sterren meten met een ongekende nauwkeurigheid. Daarmee wordt dan de grootste en meest nauwkeurige 3D catalogus ooit gemaakt, met in totaal ongeveer een miljard objecten. Dat zijn vooral sterren maar verder bijvoorbeeld ook planeten, kometen, planetoïden en quasars. Gaia bevindt zich op 1,5 miljoen km van de aarde en in tegenovergestelde richting van de zon.

De video toont hoe het gebied rond het sterrenbeeld Orion, van ca.  $40^\circ \times 20^\circ$  (de diameter van de maan en de zon is ongeveer  $0,5^\circ$ ), in de loop van de komende 450.000 jaar zal veranderen. Je mag veronderstellen dat sterren die het snelst bewegen het dichtst bij ons staan. De heldere sterren van Orion staan op honderden lichtjaren van ons vandaan (Alnilam, de middelste van de drie gordelsterren, zelfs op 2000 lj).

Na circa 100.000 jaar is Betelgeuze opeens weg! Zou dat betekenen dat men verwacht dat die nog honderdduizend jaar meegaat? Dat weet men niet, de ster zou zelfs binnen 1000 jaar kunnen exploderen in een enorme supernovaexplosie. Nee, de ster 'loopt' hier gewoon uit beeld. De ster die van rechts aan komt zetten is Aldebaran, vergezeld door Hyaden (ook van de Stier) die fysisch verbonden zijn met elkaar. Later komen van rechtsboven twee sterren binnenschuiven, kennelijk van de Voerman. Veel van de heldere sterren die je ziet, zoals Rigel of Aldebaran, maken de tocht waarschijnlijk niet af, die zijn dan ook al 'supernova gegaan'. Ook zullen er nieuwe sterren ontstaan waarvan we nu nog geen weet hebben. Wordt dus vervolgd... over 450.000 jaar.

## Broer of zus van de zon

### Nemesis?

De kans dat de zon samen met een broer of broertje is ontstaan is behoorlijk groot. Er kan dus een Nemesis geweest zijn, de hypothetische dwergster waarover sommige astronomen tientallen jaren geleden al fantaseerden. Die zou de oorzaak zijn geweest van massa-uitstervingen, doordat hij met zijn zwaartekracht periodiek kometen uit hun banen stuurde, in de richting van de aarde. Alleen, nieuwe onderzoeksresultaten schilderen Nemesis niet af als een moordenaar. Zie ook de kadertekst.

Dubbelsterren en meervoudige sterren (zoals Alfa Centauri, met drie sterren) zijn heel normaal in het Melkwegstelsel. Computersimulaties tonen aan dat de meeste, zo niet alle, sterren samen met compagnons worden geboren. In een nieuwe studie bekeek men met de Very Large Array (VLA, een enorme radiotelescoop) en de James Clerk Maxwell Telescope (submm, infrarood) een groot stervormingsgebied in Perseus, op 600 lichtjaar afstand. Men vond er 55 jonge sterren, in 24 stelsels, en nog 45 losse sterren. De dubbelsterren die ver uiteen lagen (minstens 500 AE, 75 miljard km) zijn zonder uitzondering erg jong. Oudere stelsels zijn veel compacter. Door computermodellen kwam men erachter dat alle sterren als wijde dubbelsterren worden geboren, en daarna binnen een miljoen jaar uit elkaar gaan (60%) of een nauwere dubbelster vormen. Zo kan het dus gegaan zijn met Nemesis en de zon.

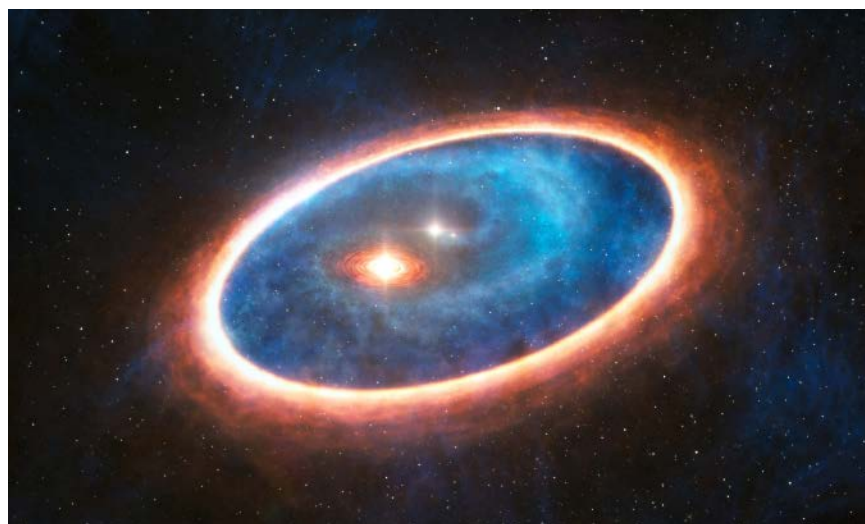


### Planet X

*Ik kwam tijdens het opruimen van mijn kantoor (...) een artikel uit november 2014 tegen van zeer gewaardeerde collega Govert Schilling, op zijn site [www.allesoversterrenkunde.nl](http://www.allesoversterrenkunde.nl). Dat gaat over de zoektocht naar Planet X, de behoefte aan zo'n planeet die wij blijkbaar hebben en de excessen, of zoals Govert zegt 'de pseudowetenschappelijke flauwekul over de Soemerische mysterieplaneet Nibiru die op de aarde zou afrazen'. Hij zegt ook dat, op basis van wat nog geen drie jaar geleden in de wetenschappelijke wereld leefde, geen enkele onderzoeker zijn vingers zou willen branden aan het onderwerp. Volgens NASA kan het dossier 'Planeet X' nu voorgoed gesloten worden'. Ruim een jaar later werd bekend gemaakt dat er een Planet 9 kan bestaan op grote afstand van de zon (zie mijn nieuwsbrief van januari-februari 2016) en nu zijn meerdere teams over de hele wereld en met ook grotere instrumenten op zoek naar nog onontdekte planeten. Het kan raar lopen in de wetenschap.*

**Midden:** een print-screen van de nieuwe video die toont hoe Orion er over honderdduizenden jaren uit zal zien.

**Rechtsonder:** gas en stof rond een binair stelsel (een dubbelster). Artist impression ESO / L. Calçada.



**Foto's hieronder:** twee opnamen van het maantje S/2017 J1, op twee momenten.

**Daaronder:** de lichtflits (boven) die men op 26 mei op Jupiter zag duurde nog geen seconde!

**Linksonder:** de banen van alle manen van Jupiter voorbij de baan van Callisto (ook weergegeven). Geen idee welke de nieuwe twee zijn.

**Rechtsonder:** het kleine witte cirkeltje is de locatie van de inslag. Er was geen donkere vlek te zien, zoals bij andere (grotere) inslagen (zie hierna).

**Inzet:** dit soort donkere vlekken waren te zien na de inslag van de komeet Shoemaker-Levy 9, in juli 1992.

## Jupiter

### Juno

Twee artikelen over Jupiter, maar Juno, de ruimtesonde die sinds een jaar rond de polen van de planeet cirkelt, heeft al zoveel interessante informatie en foto's opgeleverd dat ik daarover in het septembernummer een groter artikel maak. Nu twee andere artikelen.

### Twee 'nieuwe' manen Jupiter

Men heeft weer twee maantjes bij Jupiter gevonden, waardoor het totale aantal satellieten van de gasreus is opgelopen tot 69. Ze zijn wel erg klein: 1 tot 2 km diameter (goed, wel wat groot voor in de tuin). En ze hebben vreemde banen.

Van 2000 tot en met 2003 ontdekte men 46 van die kleine manen bij Jupiter. Dat kwam door de nieuwe reuzentelescopen en supergevoelige, 'wide-field' detectoren die toen in gebruik kwamen. Veel van die maantjes zijn later zoekgeraakt, maar daarover later.

De ontdekkers van de maantjes zijn geen onbekenden op gebied van ontdekkingen in het zonnestelsel: Scott Sheppard, David Tholen en Chadwick Trujillo. Sheppard: 'Wij blijven zoeken naar zeer verre zonnestelselobjecten en de hypothetische 'Planet X' (zie kader pag. 3), en Jupiter was toevallig in het beeldveld!'. Met een kleine omweg kon men de directe omgeving van Jupiter bestuderen.

De maantjes hebben de codes S/2016 J1 en S/2017 J1 ('S' voor satelliet, 'J' voor Jupiter en het getal is een volgnummer per jaar; het zijn dus de eerst ontdekte maantjes van deze jaren). Beide maantjes hebben een langgerekte baan die zo sterk geheld is dat hij de verkeerde kant rond de planeet beweegt! Zo'n baan noemen we een **retrograde baan** en het zegt ons dat die maantjes daar niet altijd waren, zoals de grote manen van Jupiter. Ze zijn heel ergens anders ontstaan en zijn later ingevangen door de reuzenplaneet. In de tekening hieronder zie je de banen van alle Jupitersatellieten voorbij de baan van Callisto. De **prograde** banen, die in dezelfde richting als de rotatie van de pla-

neet bewegen, zijn blauw gekleurd, de retrograde rood.

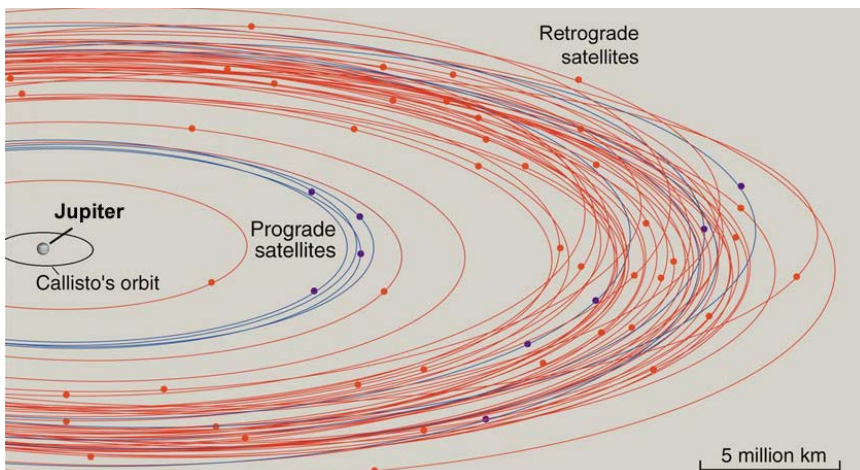
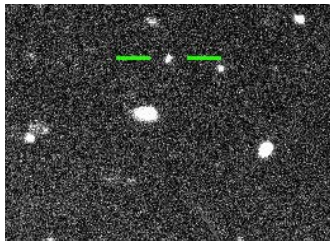
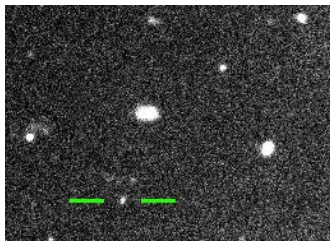
S/2016 J1 heeft een omlooperperiode van 1,65 jaar en staat op gemiddeld 20,6 miljoen km van de planeet – tienmaal zo ver de planeet als de verste grote maan Callisto. De andere, S/2017 J1, heeft een omloopbaan van 2,01 jaar en een afstand van 23,5 miljoen km. Zijn baan is erg excentrisch.

Zoals gezegd was men een deel van de maantjes die men begin deze eeuw heeft ontdekt kwijt! Het team heeft er echter vijf zeker herontdekt en de waarnemingen zijn nog niet allemaal verwerkt. Men is er vrij zeker van dat ze allemaal worden teruggevonden.

### Inslag op Jupiter

Voor de zesde keer in de geschiedenis hebben (amateur) astronomen waargenomen dat een object insloeg op de grote planeet. Op 26 mei zag de Franse amateur Sauveur Pedranghelu een lichtflits nabij Jupiters noordpool op een video die hij had gemaakt. De flits was erg kort, minder dan een seconde lang. Er werd snel een e-mail rondgestuurd binnen de wereldwijde groep van Jupiterwaarnemers. Binnen enkele dagen melden zich meer mensen die de flits hadden opgenomen, maar sporen van de inslag zijn (nog) niet waargenomen. Met grotere telescopen kan men misschien wel wat zien, maar tijd op dergelijke instrumenten is duur.

De beroemdste inslagen vonden plaats van 16 tot en met 22 juli 1994, toen 21 fragmenten van de uiteengevallen komeet Shoemaker-Levy 9 achter elkaar de planeet raakten. Die inslagen lieten roetzwarte plekken achter die vele maanden later nog te zien waren. Zulke vlekken werden in 2009 gezien door een Australische amateurastronoom, hoewel de inslag zelf niet werd opgemerkt. Andere amateurs namen drie flitsen waar, in 2010 en 2016. Toen videocamera's goedkoper werden werd het zelfs voor amateurs mogelijk om de planeet continu in de gaten te houden.





## Nieuws

### Stormachtige nevel

Deze nieuwe Hubble-opname laat een wirwar zien van gloeiend gas en donkere stofwolken, in de Grote Magelhaanse Wolk (een begeleidend sterrenstelseltje van de Melkweg). Het is een groot stervormingsgebied, met de code N159, op 160.000 lj afstand en 150 lj in diameter. De felle UV-straling van de jonge, hete en dus blauwe sterren zorgen ervoor dat het alom aanwezige waterstofgas wordt geïoniseerd en gaat oplichten. Die blauwe kleur wordt gereflecteerd door stof, maar de bekende rode kleur ( $H\alpha$ ) die bij de ionisatie van waterstof hoort, ontbreekt hier, door de bewerking blijkbaar (ik kan nergens vinden welke golfengten zijn gebruikt). De woeste sterrenwinden branden grote delen weg van stof- en gaswolken. In het hart ligt de Papillon-nevel, een vlinder-vormige nevel die de linkerkant van de opname domineert. Deze compacte nevel bevat zware sterren in zeer vroege stadia van hun vorming.

### Drie in één

De foto onderaan is gemaakt met de Europese Very Large Telescope (VLT) in Chili. Je ziet twee bekende nevels in dit gebied: de Arendnevel (M16) in het midden en de Omeganevel (M17) links. Maar je ziet ook nog een minder bekende, een zwak oplichtende wolk van geïoniseerd gas rechts (de opname is bewerkt zodat je alle details goed kunt zien). Die gaswolk heet Sharpless 2-54 en staat in de Slang. M16 en M17 vind je in de Boogschutter. De drie nevels maken deel uit van een zeer omvangrijk stervormingsgebied, van gas en stof, op ongeveer 7000 lichtjaar afstand. M16 en M17 zijn de 16e en 17e objecten van de catalogus die de Franse astronoom Charles Messier in de 18e eeuw maakte van nevels. Hij wilde kometen ontdekken en de lijst moest helpen voorkomen dat hij een nevel voor een komeet aanzag - dat verschil is niet zo snel te zien, zeker niet met de toenmalige telescopen.

**Boven:** het stervormingsgebied N159, in de Grote Magelhaanse Wolk.

**Onder:** drie fraaie nevels in een gigantisch stervormingsgebied. Je ziet Sharpless 2-54 (links, de meest noordelijke van de drie), M16 in het midden en M17 rechts (de zuidelijkste). Die laatste twee vind je ook in de planisferen.

De rode kleur is van geïoniseerd waterstofgas dat onder invloed van de UV-straling van de jonge, hete sterren rood gaat oplichten ( $H$ -alfa licht); we noemen dat emissienevels. De blauwe kleur is van diezelfde jonge sterren, die heel heet zijn en daardoor blauw. Stofwolken in de omgeving reflecteren dat licht en we noemen dat reflectienevels.

**Inzet:** het centrale deel van de Arendnevel wat uitvergroot. Foto ESO.

**Hieronder:** het centrale deel van de inzetfoto verder uitvergroot en je ziet de bekende foto van de Hubble Space Telescope.





## Planet Nine, Ten...

### Geen Planet Nine?

Net nu de eerste barstjes ontstaan in de Planet Nine hypothese zijn er aanwijzingen voor een Planet Ten in de Kuiper gordel (het gebied met vooral ijsdwerfen van de baan van Neptunus tot 8,2 miljard km van de zon).

In het januari-februari nummer van 2016 schreef ik over Planet Nine en hoe Mike Brown en Konstantin Batygin tot de conclusie waren gekomen dat er een soort kleine Neptunus op ongeveer 100 miljard km van de zon zou kunnen bestaan. De bewijzen ervoor zijn indirect, pas als hij echt wordt waargenomen met telescopen kunnen we zeggen dat we negen planeten hebben. Het is de vreemde oriëntatie van de banen van enkele van de verste bekende zonnestelselobjecten die hen (en voor hen al twee andere ontdekkers van kleine objecten, Scott Sheppard en Chad Trujillo) aan het denken zette. We hebben het dan over TNO's: Trans-Neptunian Objects, objecten voorbij de baan van Neptunus dus. De banen van in eerste instantie zes van die TNO's (waaronder de redelijk grote Sedna) waren allemaal  $30^\circ$  geheld ten opzichte van het vlak van de ecliptica waarin de planeten bewegen. Hun perihelia (zie de genoemde oudere nieuwsbrief) lagen allemaal in de buurt van dat vlak (een 'cluster' van perihelia). Zoiets kan niet toevallig zijn, de langgerekte banen zouden na het ontstaan binnen een relatief korte tien miljoen jaar weer hun eigen gang gegaan zijn. Later vond men nog zes van die objecten.

### Modellen

Met computermodellen gingen zij aan de gang om uit te vogelen welke mogelijke oorzaken er zouden kunnen zijn voor die configuratie, en een planeet op gemiddeld 700 AE (ruim 100 miljard km), met een langgerekte, zeer excentrische baan, een 'jaar' van 10.000 tot 20.000 aardse jaren en een massa van tienmaal die

van de aarde zou de waarnemingen het best verklaren. Die zou de banen met zijn zwaartekracht in het gareel houden, zoals Jupiter dat doet met de planetoiden van de Planetoïdengordel, en Neptunus met de objecten van de Kuiper gordel. Later vond men andere objecten op die grote afstand tot de zon (gemiddeld 150 AE, vijfmaal zo ver als Neptunus), die de hypothese versterkten.

Zoals het hoort in de wetenschap gingen anderen proberen uit te zoeken of de hypothese zou kunnen kloppen én om die planeet te ontdekken, met de telescoop of in de data van zogenaamde surveys, waarbij door waarnemingen van de gehele sterrenhemel een kaart of afbeelding wordt gemaakt.

### Vooringenomen

Een probleem in de wetenschap is dat een onderzoeker vaak niet met open blik het onderzoek uitvoert, of de resultaten beoordeelt. Er is vaak sprake van wat in het Engels 'bias' heet (vooringenomenheid, bevooroordeeling). Je ziet het ook op andere terreinen. Het is soms gewoon conservatieve koppigheid van iemand die denkt een ontdekking te hebben gedaan en dat op alle mogelijke manieren wil bewijzen, bijvoorbeeld door alleen de data te gebruiken die hem of haar uitkomen. Het kan echter ook komen door de beperkingen bij het waarnemen. Als je een jaar lang de sterrenhemel vanaf een bepaalde plek waarneemt, om alles te kunnen zien, kom je bedrogen uit want de lengte van de nacht verandert in de loop van de seizoenen, soms is er langdurig slecht weer, tegen de achtergrond van de drukke Melkweg is het moeilijk objecten goed op te merken enz.

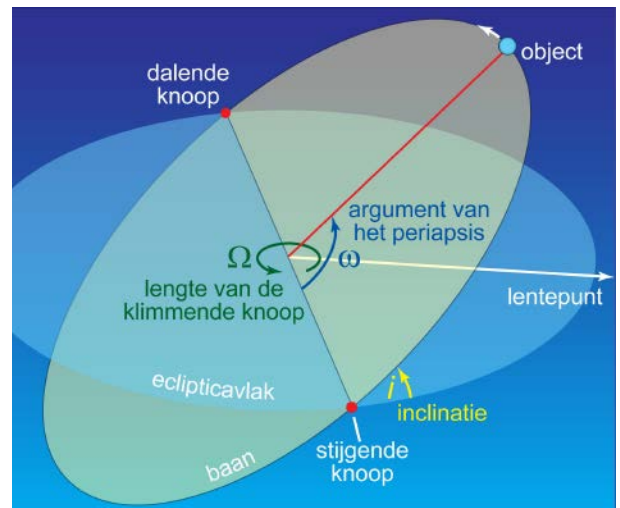
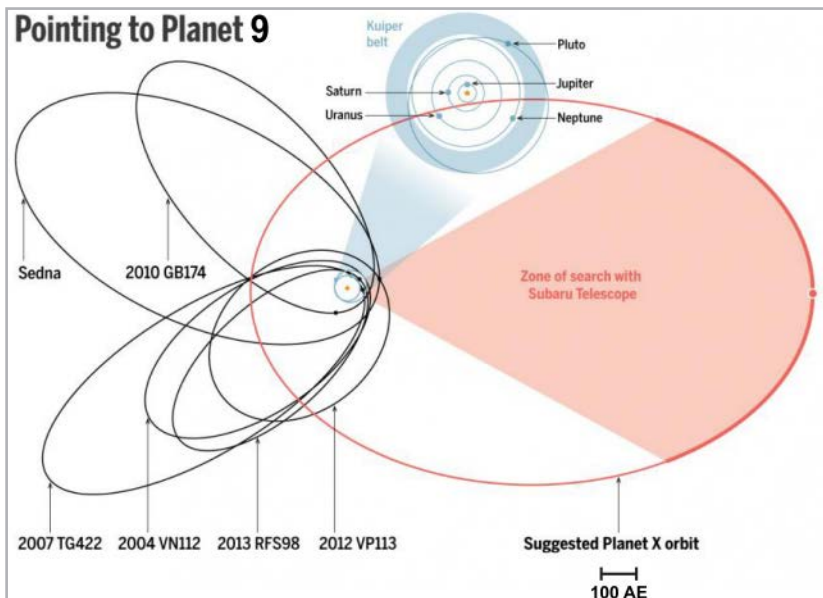
Zo vroeg men zich af of je op basis van slechts twaalf objecten de stevige voorspelling zou kunnen maken voor een zware, nog onzichtbare planeet, hoe nauw hun banen ook geclusterd waren. Twee recente analyses belichten de zaak op een andere manier.



**Hierboven:** Planet Nine zou een planeet zijn op gemiddeld 700 AE (1 AE, of Astronomische Eenheid, is de afstand van de aarde tot de zon: ca. 150 miljoen km), tien maal zo zwaar als de aarde en ongeveer 40.000 km in diameter: een mini-Neptunus (Neptunus en Uranus zijn rond 50.000 km groot).

**Linksonder:** de banen van de eerste zes TNO's, met hun vreemde configuratie. Brown en Batygin probeerden met computermodellen te achterhalen wat de mogelijke oorzaken zijn van deze configuratie. Andere onderzoekers komen nu met een analyse van acht TNO's die met OSSOS gevonden zijn. Daaruit zou blijken dat die allerlei verschillende banen hebben, random dus; en dat ze niet geclusterd zijn.

**Rechtsonder:** Om de inclinatie van een baan te bepalen heb je een referentievlak nodig. Dat is in het zonnestelsel het vlak van de ecliptica, maar het kan bij planeten en manen ook om het baanvlak van de planeet gaan. Het punt in de baan dat het dichtst bij de planeet is noemen we dan **periapsis**; er is vervolgd op pag. 7



## OSSOS

Een team onder leiding van Cory Shankman, van de Canadese University of Victoria, publiceerde een artikel in de *Astronomical Journal*, waarin ze stellen dat er bij Brown en Batygin sprake is van 'observational bias'. Dat deden ze op basis van de OSSOS, de *Outer Solar System Origins Survey*. OSSOS heeft van 2013 tot 2017 zo'n 800 KBO's (Kuiper gordel- objecten) ontdekt, kijkend naar acht afgebakende stukjes van de hemel. Ze vonden ook acht nieuwe TNO's in het betreffende gebied, met banen op gemiddeld 150 AE en perihelia voorbij de baan van Neptunus. Een daarvan, 2013 SY99, heeft zijn perihelium op 50 en zijn aphelium op maar liefst 1420 AE (in mijn te bestellen *Zonnestelselmodel* beweegt hij tussen 825 m en 21,2 km van de zon!).

Het ziet er naar uit dat enkele van die acht TNO's banen hebben die ruwweg in lijn liggen met de twaalf eerder gevonden objecten. Andere doen dat echter niet. Computersimulaties lijken verder aan te tonen dat de verdeling van die OSSOS-objecten ook random kan zijn ontstaan, dus niet noodzakelijkerwijs door clustering. Die clustering zou een effect kunnen zijn van de wijze waarop dit soort moeilijke waarnemingen worden uitgevoerd.

Zo maken hun erg langgerekte banen het waarschijnlijker dat ze worden ontdekt als ze dichterbij zijn, rond hun perihelium. En als de waarnemers consistent rond de ecliptica zoeken (waar we de planeten vinden) of ver uit de buurt van de overvolle Melkweg, zoals vaak gebeurt, dan zou je clustering natuurlijk vooral in de richtingen zien waar je wel kijkt.

Alleen, gaat deze logica ook op voor de clustering die Brown, Sheppard en collega's hebben gevonden? Brown concludeert dat observational bias niet de clustering van de 12 eerste, verre TNO's kan verklaren: 'Shankman trekt de onterechte conclusie dat 'als onze survey 'biased' is, die van alle anderen dat ook moet zijn!'. Sheppard: 'De OSSOS-survey was

langs slechts kleine stukken van de ecliptica, wat het moeilijk maakt iets te zeggen over de rest. Maar toch is het geweldig dat er weer meer extreme objecten worden gevonden'. Dat is omdat men nu te weinig objecten kent voor goede (statistische) analyse.

De enige manier om een planeet definitief aan te tonen is natuurlijk door hem te waar te nemen, te fotograferen. Met een vermoedelijke magnitude van 22 (250 miljoen maal zo zwak als de ster Spica, van de Maagd) wordt dat zelfs met de grootste telescopen een enorme klus. De komende maanden gaan Brown, Trujillo en Sheppard waarnemen met de 8.2 m Subaru telescoop op Mauna Kea (Hawai). 'We gaan hem vinden of niet', zegt Brown, 'My money is on still finding it'.

## Planet Ten

Ondertussen is een ander team met een analyse van de banen van verre zonnestelselobjecten gekomen waaruit zou blijken dat de Kuiper gordel een kleine planeet zou herbergen.

Kathryn Volk en Renu Malhotra van de University of Arizona analyseerden de banen van ruim 600 KBO's (Kuiper gordelobjecten) en ontdekte dat die welke dichterbij de zon zijn een kleinere baanheiling (inclinatie) hebben t.o.v. het vlak van de ecliptica dan verder weg gelegen KBO's (het gaat om minder dan 2° voor de eerste groep en gemiddeld 9° voor de andere). 'De kans dat dit toeval is, is 1 of 2%', zegt Volk. Zij en Malhotra denken dat er iets moet rondzwerfen dat minstens zo zwaar is als Mars, op ruwweg 60 AE van de zon en met een inclinatie van 8°.

Zou zo'n object nog niet waargenomen zijn? Mogelijk niet, want Volk zegt dat er 30% kans is dat surveys van de Kuiper gordel tot nu toe een object op de juiste afstand en met de juiste helderheid over het hoofd hebben gezien. Als de planeet echt bestaat zou de toekomstige Large Synoptic Survey Telescope hem snel moeten kunnen vinden.

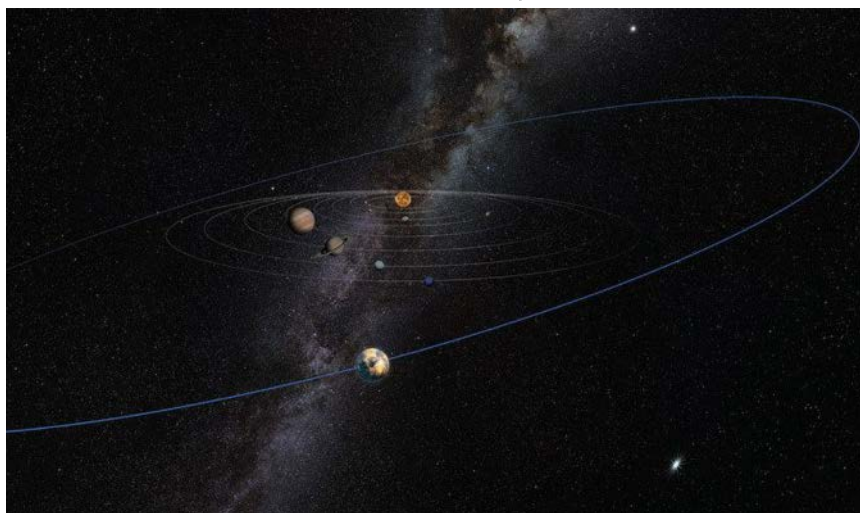
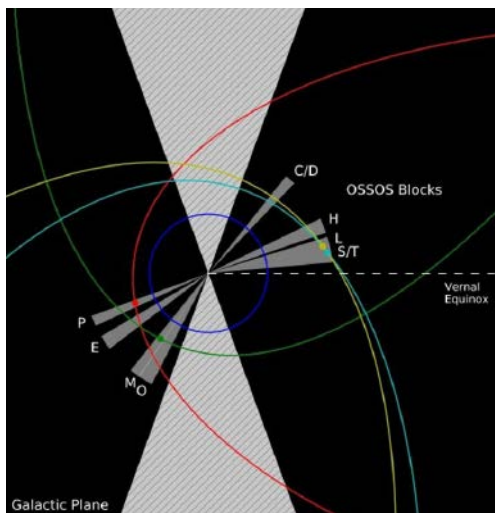


vervolg van pag. 6  
ook een **apoapsis**. De snijpunten van het eclipticavlak en het vlak van de betreffende baan noemen we **knopen**: een **stijgende knoop** waarna de baan boven het eclipticavlak uitstijgt, en een **dalende knoop**. De lijn door de knopen is de **knopenlijn** die met een bepaalde snelheid roteert rond het massacentrum (de zon of een planeet). De **lengte van de klimmende knoop** geeft de richting aan waarin de baan het eclipticavlak kruist. Het **argument van het periapsis** ( $\omega$ ) geeft de hoek (hoekafstand) aan tussen het periapsis en de klimmende knoop, gezien vanuit het centrum van de baan.

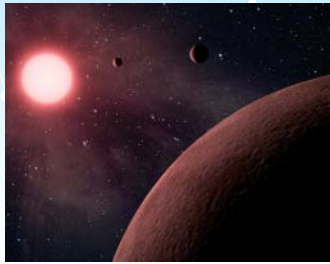
**Hierboven**: een artist impression van de mogelijke planeet in de Kuiper gordel.

**Linksonder**: het zonnestelsel van boven gezien, de blauwe cirkel is de baan van Neptunus. Verder de banen van de vier verste OSSOS-objecten. De acht grijze driehoeken zijn de 'blokken' waar OSSOS heeft waargenomen, langs de ecliptica. De lichtgrijze vlakken geven de Melkweg aan, 'vernal equinox' = lentepunt.

**Rechtsonder**: als de nieuwe analyse klopt is er een 'planetary mass object' die de banen van verre TNO's verstoort.







**Hierboven:** men vond 219 nieuwe kandidaat-planetten, waaronder tien 'aardes' in de leefbare zone van de ster.

**Linksonder:** dit diagram toont hoe planeten van verschillende grootteklassen zich vormden. Eerst ontstonden de kernen (van metalen en silicaten) van de planeten zich, die ijzen verzamelden. Daarna trokken ze waterstof en helium aan waardoor ze veel sterker groeiden. Vervolgens werden de planeten 'verschroeid' door het sterlicht waardoor ze gas verloren. Bij een bepaalde massa en afstand tot hun ster behouden planeten hun gas en worden ze mini-Neptunussen. Onder die grens verliezen ze het meeste gas en worden ze rotsachtige superaardes.

**Rechtsonder:** indeling van de exoplaneten die door Kepler (lichtgele stippen) en andere surveys zijn waargenomen. De horizontale lijnen markeren de grootten van Jupiter, Neptunus en Aarde. De gekleurde ovaal geven de typen planeten aan: hete Jupiters (roze); gas-reuzen dichtbij hun ster, dus heet, koud gas reuzen (lila), oceaanwerelden en ijsreuzen (blauw), rotsplanetten (geel) en lavawerelden (groen; hete rotsplanetten, dus of heel jong, of dichtbij de ster). Het grijze vlak rechtsonder is de grens van de toekomstige surveys van exoplaneten.

## Nieuws over exoplaneten

### Kepler catalogus klaar

Kepler geleerden hebben een scherpe scheidslijn gevonden tussen twee typen planeten: superaardes en mini-Neptunussen. De Kepler-data zullen een belangrijke invloed hebben op de speurtocht naar leven op andere planeten. De *Kepler Space Telescope* werd in 2009 gelanceerd om gedurende vier jaar exoplaneten (planetten bij andere sterren dan de zon) te ontdekken, in een klein stukje van de sterrenhemel in de Zwaan. Het ging om 200.000 sterren! De ruimtetelescoop deed het in 2013 nog zo goed dat zij als K2 missie doorging. De methode is simpel: als een planeet voor zijn ster langs beweegt (een **transit**) wordt de helderheid van die ster even minder. Dat was wat in de Kepler-data moest worden opgemerkt en daarvoor gebruikte men speciaal ontwikkelde software. Je snapt ook dat het niet mogelijk is om op die manier alle exoplaneten te vinden, want alleen als wij tegen de zijkant van het stelsel aankijken kan zoiets gebeuren. Toch werden 34.000 signalen (exoplaneten en 'ruis') opgevangen. Het Kepler-team heeft op 19 juni een catalogus uitgebracht met 219 nieuwe kandidaat-planetten, waarvan tien van ongeveer het formaat van de aarde en met een baan in de leefbare zone van hun ster (het gebied rond een ster waar vloeibaar water op het oppervlak van een planeet mogelijk is, dus waar het niet te heet of te koud is).

Daarmee komt het totaal voor *Kepler* op 4034 kandidaat-planetten, waarvan er inmiddels 2335 later zijn bevestigd met aanvullende waarnemingen. Daarvan zijn er 50 potentiële 'aardes', in de zin dat ze ongeveer zo groot zijn (ruim 30 bevestigd). *Kepler* is met die 4034 de absolute recordhouder want dat is 80% van alle kandidaat-planetten en bevestigde exoplaneten die men heeft gevonden.

De nu gepubliceerde zeer nauwkeurige catalogus is de achtste, meest omvattende en gedetailleerde – en de definitieve versie. 'Deze survey catalogus zal de basis zijn voor het beantwoorden van een van de meest dwingende

vragen: Hoeveel planeten zijn er in het Melkwegstelsel?', aldus Susan Thompson, van het SETI Instituut in California en de hoofdauteur van de catalogus.

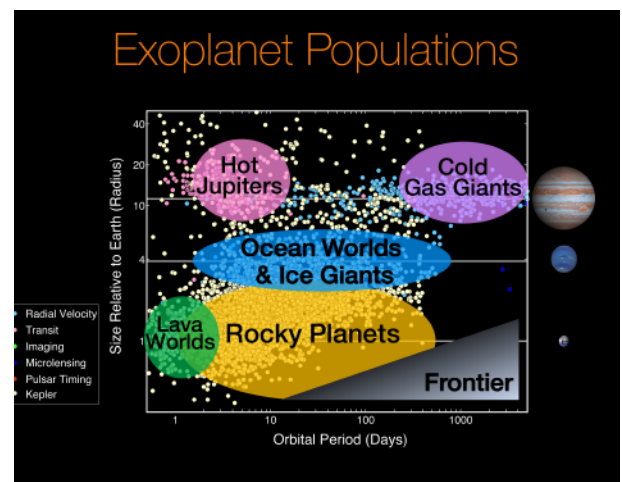
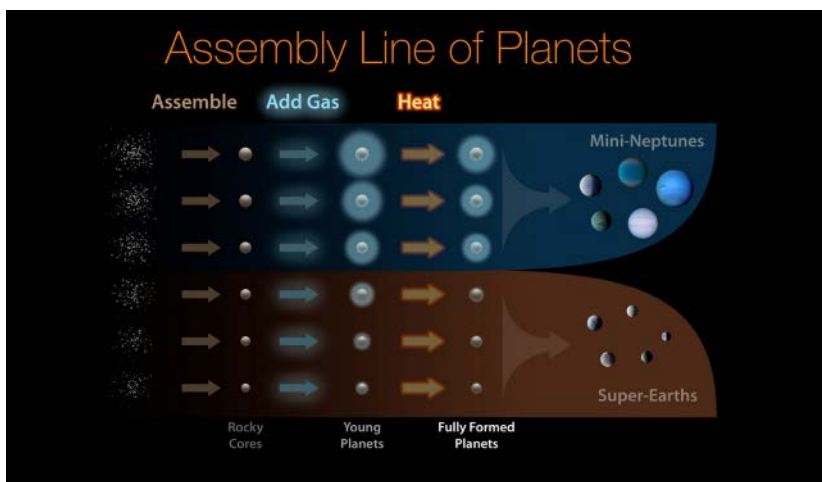
De data zijn inmiddels nauwgezet gecontroleerd op planeten die door de software over het hoofd gezien zijn (door 'nep-planetten' toe te voegen aan de lijst) en om valse signalen (van valse exoplaneten dus) toe te voegen om om te zien hoe vaak de software ruis verwarde met echte planeten.

### Typen

Verder zal men op basis hiervan een beter beeld krijgen van de verbreidheid en 'demografie' (het aandeel van alle verschillende typen planeten, en hun grootten) van planeten. Op de persconferentie van 19 juni maakten de onderzoekers ook bekend dat er een duidelijke en belangrijke nieuwe onderverdeling is in de 'stamboom' van (exo-) planeten. De ontdekking 'is vergelijkbaar met de ontdekking dat zoogdieren en hagedissen verschillende takken zijn aan de boom van het leven', aldus onderzoeker Benjamin Fulton.

De scherpe verdeling komt door het ontstaansproces. Fulton: 'De rotsachtige kernen van protoplanetten komen van kleinere delen, waarna hun zwaartekracht waterstof en helium aantrekt. Een beetje gas maakt een planeet meteen veel groter en plaatst hem in de klasse van de mini-Neptunussen. Planeten in het midden [*die niet zoveel gas aantrekken, RJW*] worden hierin geremd waardoor ze aan de rotsachtige superaarde-kant blijven. Hun pas gevormde atmosfeer kan worden weggebrand als de planeet te dicht bij zijn ster staat'. Zie paragraaf 'Planeetvorming', hierna.

Het lijkt er nu op dat er van nature rotsplanetten ontstaan tot ongeveer 1,75 maal zo groot als de aarde. Om nog onduidelijke redenen neemt ongeveer de helft hiervan waterstof en helium op, waardoor ze sterk groeien. Zo komen ze in de planetenpopulatie met een grootte die meer bij Neptunus komt.





### En verder

Op basis van de Kepler-data gaat men straks met gloednieuwe telescopen als de *Transiting Exoplanet Survey Satellite* (NASA, 2018) en de *James Webb Space Telescope* (de opvolger van de *Hubble Space Telescope*, ook 2018) verder onderzoek doen. Deze kunnen mogelijk de eerste foto's maken van exoplaneten. Kepler heeft aangetoond waarop men moet letten. Thompson: 'Het voelt een beetje als het einde van een tijdperk, maar eigenlijk is het juist het begin. De dingen die Kepler vond zijn verbazingwekkend. Het heeft ons deze aardachtige planeten laten zien en we hebben nog zoveel werk te doen om te begrijpen hoe gewoon Aardes zijn in het heelal'.

### Planeetvorming

Planeten en alle andere objecten rond een ster ontstaan uit een enorme schijf van gas en stof (de protoplanetaire schijf), net als de ster zelf. In het zonnestelsel is 99,85% van al dat gas en stof in de zon gaan zitten. De rest (0,15%) vormde vooral de acht planeten (98,85%) en de kometen en planetoïden die nu de Kuiper-gordel en Oortwolk bevolken (1,12%). Wat dan nog overblijft vinden we terug in de dwergplaneten, satellieten, planetoïdengordel en stof.

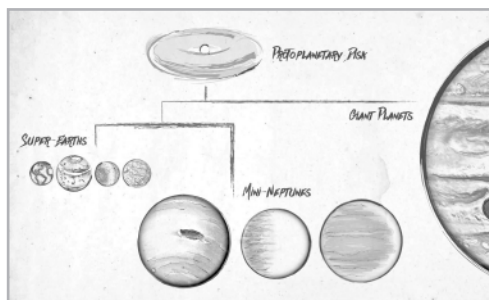
### Typen planeten

Wij kennen in het zonnestelsel rotsplaneten en reuzenplaneten, die weer verdeeld zijn in de gasreuzen Jupiter en Saturnus, en de ijsreuzen Uranus en Neptunus. De vier reuzenplaneten worden vaak als groep gasreuzen genoemd, maar de twee kleine reuzen bevatten maar 1% gas (zie hieronder). De rest bestaat, naast de rotskern, vooral uit 'ijzen', vluchtige stoffen als water, methaan en ammoniak die op deze afstand tot de zon (voorbij de Planetoïdengordel) bevroren zijn.

Hoe is die verdeling tot stand gekomen? Het vroege zonnestelsel bestond vooral uit gasen, waterstof en helium (ca. 98%; we noemen alleen deze twee elementen gassen), net als

de zon en de gasreuzen nu. De rest bestond uit ijzen (1,4%) en metalen en silicaten (0,6%). Waterstof (vriespunt  $-253^{\circ}\text{C}$ ) en helium ( $-272^{\circ}\text{C}$ ) konden nergens uit zichzelf condenseren. In de buurt van de protozon was het te warm voor de ijzen om te condenseren. Alleen metalen en later silicaten ('gesteenten') konden piepkleine vaste deeltjes vormen waaruit uiteindelijk de bouwstenen van de planeten ontstonden: planetesimalen en nog later proto-planeten. Daarom zijn de planeten in de buurt van de zon ook klein (het water op aarde kwam veel later, via inslagen door planetoïden). Op de afstand waar we nu de Planetoïdengordel vinden konden ijzen (zeker water) wel condenseren. We noemen dat gebied de 'vorstlijn'.

De protozon had, toen de zon nog geen kernfusie had opgestart (zo'n piepjonge ster noemen we een **T Tauri ster**, naar een voorbeeld in de Stier), veel sterkere zonnewinden dan de huidige zon. Daarmee blies hij gas uit het binnenste zonnestelsel weg, dat bij de vorstgrens bevroor. Net voorbij de vorstlijn lag de jonge rotskern van Jupiter, op de perfecte plek om alle ijzen op te vangen en enorm te groeien. Toen hij tienmaal zoveel massa had als de aarde nu kon hij ook waterstof en helium aantrekken – en dus nog sneller groeien. Saturnus begon dat proces een paar miljoen jaar later, toen Jupiter zich al te goed gedaan had, en is daarom kleiner. Uranus en Neptunus visten helemaal achter het net en kregen maar heel weinig gassen.



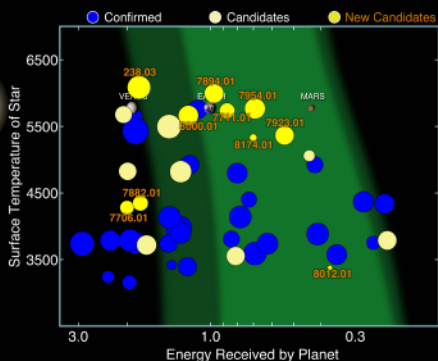
**Linksonder:** een overzicht van de ca. 50 planeten in de leefbare zone van hun ster (dus waar vloeibaar water aan het oppervlak mogelijk is) die minder dan twee maal de diameter van de aarde hebben. De groene strook geeft de leefbare zone aan (het donkere deel de meest optimistische schatting). De kandidaten zijn weergegeven naar de oppervlaktetemperaatuur van hun ster (verticaal) en de hoeveelheid energie die ze van die ster ontvangen. De heldergele cirkels geven nieuwe kandidaten aan, vaalgele cirkels de kandidaten uit eerdere catalogi. Blauwe rondjes zijn kandidaten die inmiddels zijn bevestigd door follow-up waarnemingen. Met moeite zie je op een kwart van de afstand van de bovenrand de planeten Venus, Aarde en Mars, ter vergelijking. Merk je dat veel nieuwe kandidaten rond zonachtige sterren liggen (met een oppervlaktetemperaatuur van  $5500^{\circ}\text{C}$ )? Dat geeft wel aan dat men voortgang maakt met het vinden van planeten ter grootte van de aarde rond dit type sterren. In het algemeen ziet men zonachtige sterren als de beste kandidaten voor sterren met planeten waarop leven zou kunnen ontstaan, omdat ze niet te extreem zijn qua straling en miljarden jaren meegaan, lang genoeg voor het ontstaan van leven zoals op de aarde.

**Links:** de meeste exoplaneten liggen qua grootte tussen de aarde en Neptunus. Men ontdekte dat de middelgrote planeten netjes te verdelen zijn in 'aardes', 'superaardes' en 'mini-Neptunussen'.

**Rechteronder:** een grafiek met de 4034 kandidaat-planetten die zijn ontdekt met Kepler. Hiervan zijn er 2335 bevestigd door andere waarnemingen. De gele stippen zijn de toevoegingen in de definitieve catalogus, de blauwe stippen van eerdere catalogi. Door verbeterde detectietechnieken worden er nog steeds exoplaneten gevonden. Daaronder tien planeten ter grootte van de aarde en met een afstand waarop vloeibaar water aan het oppervlak mogelijk is.

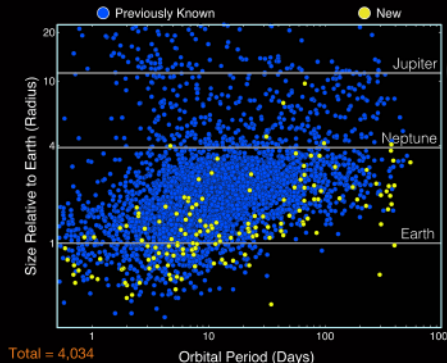
### Kepler Habitable Zone Planets

As of June 2017



### New Kepler Planet Candidates

As of June 2017





*Boven: een artist's impressie van een planetenstelsel bij een rode dwerg.*

### Dwergen

We noemen rode dwergen natuurlijk zo omdat ze veel kleiner zijn dan de zon... maar ook de zon is een dwergster! In feite zijn alle sterren die waterstof verbranden tot helium dwergsterren (of hoofdreekssterren, zie Rob's Nieuwsbrief van september 2014). Als de waterstof op is en sterren helium gaan verbranden worden ze veel groter, omdat de hitte in de kern dan veel groter is. Het worden dan (meestal) rode reuzen of superreuzen.

**Linksonder:** van de zeven planeten die men heeft ontdekt bij de rode dwerg TRAPPIST-1 is de aandacht nu op vierde, vijfde en zesde gericht, en dan vooral op TRAPPIST-1g.

**Rechtsonder:** het aantal bekende potentiële 'aardes' neemt steeds meer toe. Er komt een moment dat we op een planeet tekenen van leven tegenkomen, misschien wel intelligent leven! Wat betekent dat voor de manier waarop wij naar ons eigen bestaan kijken? Onze religies zullen zich dan toch ook moeten aanpassen? Dat kan problemen geven want sommige religies staan niet bekend om hun flexibiliteit.

## Meer over exoplaneten

### TRAPPIST-1g

In het maartnummer schreef ik al over het interessante, zeer compacte planetenstelsel van de ster TRAPPIST-1 (zie dat artikel voor de wat vreemde naam). Er is nu weer meer bekend geworden over het planetenstelsel van de rode dwerg (3 tot 8 miljard jaar oud), dat uit zeven planeten bestaat, allemaal ongeveer zo groot als de aarde (variërend van 25% kleiner tot 10% groter dan onze planeet) en deels in de leefbare zone rond de ster.

### Leven

Bij al het onderzoek aan exoplaneten en werelden in ons eigen zonnestelsel zijn de onderzoekers erg gefocust op de mogelijkheden van buitenaards leven. Vandaar dat men bij het vinden van een exoplaneet meteen wil bepalen of die in de leefbare zone is (waar vloeibaar water op het oppervlak mogelijk is). Dat is omdat iedereen ervan uitgaat dat voor het ontstaan en de evolutie van leven water én een atmosfeer cruciaal zijn. Dat is uiteraard op basis van ons enige voorbeeld: de aarde, waar het leven 3,5 tot 4 miljard jaar geleden ontstond.

Het TRAPPIST-1 stelsel, op 39 lichtjaar afstand in het sterrenbeeld Waterman, is heel bijzonder, met een rode dwerg als ster en een compacte groep van maar liefst zeven flinke planeten. Drie van de planeten, TRAPPIST-1e, f en g, bevinden zich in de leefbare zone. Maar hebben ze een atmosfeer? En zo ja, wat is de samenstelling van die dampkring?

### James Webb Telescope

Om die vragen te beantwoorden zijn de nieuwste telescopen nodig, en die moeten nog worden gelanceerd of gebouwd. Eind 2018 wordt de James Webb Space Telescope gelanceerd, maar de astronomen zijn ongeduldig en richten zich nu op computermodellen om te bepalen of deze planeten langlevende atmosferen zouden kunnen hebben. Dan moet je alle bekende informatie invoeren, zoals de intensiteit van de sterrenwind (zie verder), de voortdurende stroom van geladen deeltjes (ionen en elektro-

nen) die de ster uitzendt, en het effect daarvan op de zeven planeten en hun atmosferen.

Pas gevormde planeten kunnen geleidelijk van hun atmosferen worden ontdaan door de sterke sterrenwind van jonge sterren, en de sterrenwind van rode dwergen is behoorlijk stevig. Het computermodel toont aan dat de sterrenwind van TRAPPIST-1 veel sneller en geconcentreerder is dan de zonnwind die de aarde bereikt.

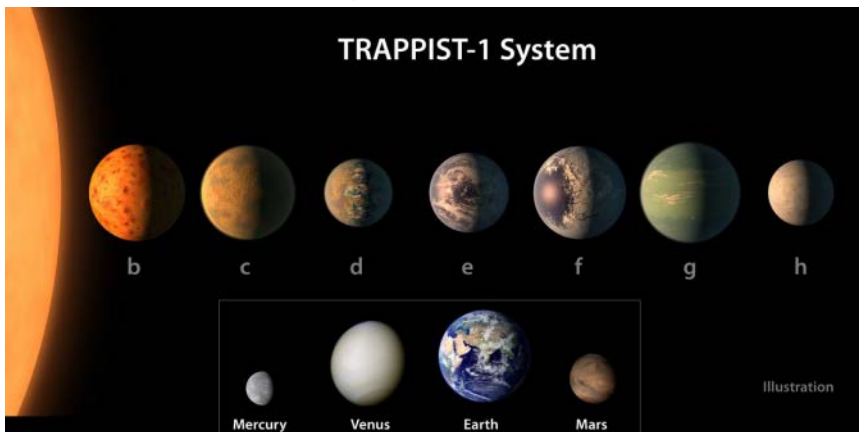
Op TRAPPIST-1b, de dichtstbijzijnde planeet van de ster, is de wind zelfs 1000 tot 10.000 maal zo sterk als de zonnwind die ons bereikt.

De intensiteit ervan moet de eventuele atmosferen van de binnenste drie planeten binnen enkele miljoenen jaren hebben vernietigd. Op de buitenste planeet, 1h, is het zeker te koud. Maar volgens de modellen hebben de middelste drie planeten, na miljarden jaren, hun atmosferen behouden, en (uiteindelijk) complexe biosferen kunnen krijgen. Daaruit blijkt ook dat niet TRAPPIST-1f, zoals men eerst dacht, maar TRAPPIST-1g de beste kandidaat is voor eventueel leven (1g staat verder weg).

De onderzoekers weten echter dat ze niet te optimistisch moeten zijn. De atmosferen zouden zeer dicht kunnen zijn, of veel waterstof kunnen bevatten, wat niet zo goed is voor leven. De meeste (of alle) van de zeven planeten zullen ook door de getijdenkrachten synchroon roteren, wat betekent dat hun rotatieperiode ('dag') en omlooperperiode ('jaar') gelijk zijn. Daardoor ontstaan extreme verschillen tussen de dag- en de nachtkant, maar dat hoeft geen grote belemmering te zijn voor het ontstaan en de evolutie van leven, als het leven daar net als op aarde in de oceanen ontstond.

### Leven

Men verwacht de komende jaren de tekenen van wat voor levensvormen dan ook te vinden op andere planeten. Dat heeft grote consequenties voor religies en de filosofie, zeker als we intelligent leven tegenkomen. In dat laatste geval zullen ook andere zienswijzen moeten worden aangepast.





### Gevaarlijke sterrenvlammen

TRAPPIST-1 is een rode dwerg, veel kleiner dan de zon (ruim 10% van de diameter van onze ster en met 160.000 km iets groter dan Jupiter), en heeft een veel lagere oppervlaktetemperatuur (ruim 2000°C, de zon 5500°C). Maar rode dwergen kunnen wel wat anders in petto hebben voor hun planeten.

De ontdekkingen van planeten bij bijvoorbeeld de rode dwergen TRAPPIST-1 en LHS 1140 geeft aan dat er planeten ter grootte van de aarde kunnen bewegen rond miljarden rode dwergen in ons Melkwegstelsel. Het is het meest voorkomende type ster, met in onze omgeving een aandeel van zeker 80%!

De kleine, koele sterren kunnen echter enorme uitbarstingen laten zien, met intense sterrenvlammen (**flares**), op een manier waarbij de zon (dan: zonnevlammen) erg bescheiden lijkt. Rode dwergen zijn dus misschien niet zo vriendelijk voor hun planeten en hun atmosferen, en dus zeker niet voor eventueel leven! Maken ze die planeten dan juist onleefbaar?

### GALEX

Om die vraag te beantwoorden kamde een team van onderzoekers de datalijst van de Galaxy Evolution Explorer (GALEX) uit, een ruimte-telescoop die van 2003 tot 2012 de sterrenhemel in ultraviolet (UV) waarnam. UV komt van zeer hete bronnen, en flares zenden een flink deel van hun straling uit in UV-golflengten. De rode dwergen zelf zijn juist heel zwak in UV, en dat gecombineerd met de grote gevoeligheid van de GALEX-detectors voor snelle veranderingen

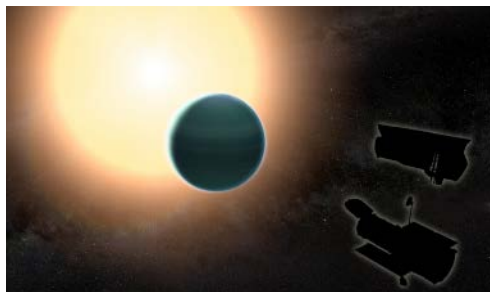
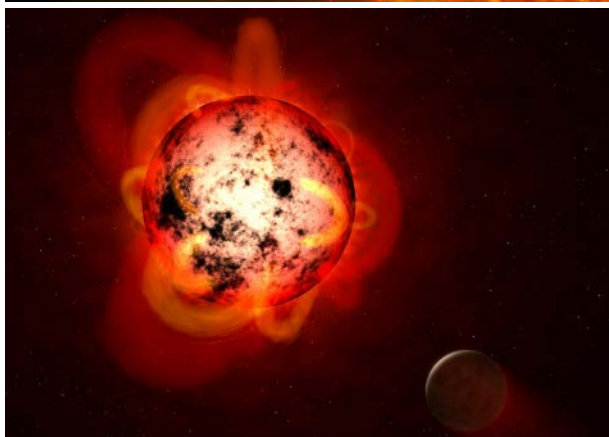
maakte dat men nu ook zwakkere flares kon meten. Dat is belangrijk want die komen vaker voor en ook al zijn ze minder schadelijk voor eventueel leven, uiteindelijk kunnen ze een planeet onleefbaar maken.

Men onderzocht honderden rode dwergen en nam tientallen sterrenvlammen waar, van 'itty bitty baby flares' die slechts enkele seconden duurden tot 'monster flares', die de ster enkele minuten lang honderden malen helderder maakten. De onderzochte flares waren in kracht vergelijkbaar met die van de (veel grotere) zon, maar planeten in de leefbare zone van rode dwergen staan natuurlijk veel dichterbij hun (koelere) ster. Dat is geen goede combinatie, grote flares kunnen een planeet atmosfeer wegvagen. Het krachtige UV kan dan ongehinderd het oppervlak van de planeet bereiken, wat desastreus zou zijn voor (het ontstaan van) leven.

Men zoekt verder in de GALEX én Kepler data en verwacht uiteindelijk honderdduizenden flares te vinden. Het laat weer mooi het nut zien van survey missies zoals GALEX, die bedoeld was om de evolutie van sterrenstelsels te bestuderen: nu wordt hij gebruikt voor de zoektocht naar leefbare exoplaneten! Ook deze mensen wachten met smart op de James Webb Space Telescope.

### Andere exoplaneten

Er was de laatste maanden veel nieuws over exoplaneten. Hieronder wat voorbeelden.



**Linksboven:** een fikse zonnevlam - flare in het Engels.

**Linksonder:** flares van rode dwergen kunnen heel intens zijn en planeten op kleine afstand 'bakken'.

**Midden, boven:** deze planeet (rechts) staat op 13.000 lj afstand, te ver voor Kepler. Zijn code, OGLE-2016-BLG-1195Lb, verwijst naar het Optical Gravitational Lensing Experiment, een Poolse telescoop bedoeld om het mysterie van de donkere materie te helpen ontrafelen door 'gravitationele microlensing'. Dat is het verschijnsel dat een verre ster tijdelijk helderder wordt als er, van ons uit gezien, een andere ster voor langs schuift. De massa van de nabije ster werkt als een lens. Je kunt er ook het bestaan van een exoplaneet mee aantonen, want dan is er een secundaire oplichting van de verre ster. De planeet blijkt dezelfde massa te hebben en op dezelfde afstand van zijn ster te staan als de aarde. Alleen is die ster erg koel, misschien wel een bruine dwerg (een mislukte ster). De planeet ligt ver buiten de leefbare zone en zal waarschijnlijk een permanente 'ijsbal' zijn.

**Niet geschikt voor leven!**

**Daaronder:** deze gasreus (rechts) is met 4300°C juist heter dan de meeste sterren. De 300 miljoen jaar jonge ster, KELT-9, is nog heter: ruim 10.000°C. Het is een B-ster op 620 lj afstand, tweemaal zo groot en zwaar als de zon. De planeet heeft bijna driemaal zoveel massa als Jupiter maar slechts de helft van de dichtheid: hij is opgezet als een ballon door de extreme straling van de ster. Moleculen als water, kooldioxide en methaan kunnen aan de sterkant niet eens worden gevormd (de planeet roteert synchroon), aan de nachtkant zou dat misschien kunnen maar daar bestaan ze dan tijdelijk. De planeet beweegt in 1,5 dag om de ster, die blijkbaar zelf zeer snel roteert, gezien de vervorming in deze artist's impression. **Niet geschikt!**

**Midden, onder:** deze planeet, HAT-P-26b, vond men met de Hubble en de Spitzer. De ster staat op 437 lj en de planeet is een 'warme Neptunus' (met de grootte en massa zoals onze ijsreuzen), een die dus dichtbij zijn ster staat. Hij bestaat vooral uit waterstof en helium, maar men vond ook water in zijn dampkring! **Niet geschikt!**

### Meteoriet!

In januari sloeg een meteoriet een gat in het dak van een schuurtje in Broek in Waterland. Dergelijke inslagen zijn op zich niet zeldzaam, maar dat je de meteoriet terugvindt wel! Het is de zesde in ons land, drie in de 19e eeuw, twee in de vorige eeuw en dit is de eerste van deze eeuw.

De informatie voor dit stukje komt uit het artikel dat **Govert Schilling** in de **Volkskrant** van 26 juni schreef. Ik ga het natuurlijk niet allemaal overpennen, als je alles wilt weten moet je Goverts (uiteraard erg leuke) artikel even opzoeken op internet.

We weten dat de inslag op 11 januari rond 17:00 uur was omdat de vuurbol (toen de dan nog meteoroïde op ca. 80 km hoogte en met 10 km/s begon te 'verbranden') door tientallen mensen is gezien. Een Belgische automobilist heeft de vuurbol zelfs gefilmd met zijn dashboardcam. De bewoners waren echter niet thuis en merkten het beschadigde dak, en de rare, een halve kilo zware, zwartgeblakerde steen pas later. Die steen belandde gelukkig bij Naturalis. Op 3 februari togen meteorietexpert Marco Langbroek en geoloog Leo Kriegsman (van Naturalis) naar Broek in Waterland. Zij herkenden hem als een echte meteoriet (bij de meeste meldingen gaat het om gewone aardse stenen). Wat zullen die twee van enthousiasme hebben staan springen! Geologisch onderzoek in Leiden bevestigde dat het een echte meteoriet is, oorspronkelijk afkomstig uit de Planetoïdengordel. Een speurtocht in een groot gebied rond de vindplaats, met tientallen vrijwilligers, leverde geen extra stenen op, maar die kans is ook klein, met de drassige Hollandse grond. De meteoriet heet zoals gebruikelijk naar zijn vindplaats: de Broek in Waterland (2017).



## Hemel van juli

### 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 juli 2017

Eerste kwartier	1 jul, 2:51 u MEZT
Volle maan	9 jul, 6:07 u MEZT
Laatste kwartier	16 jul, 21:26 u MEZT
Nieuwe maan	23 jul, 11:46 u MEZT
Eerste kwartier	30 jul, 17:23 u MEZT

**Apogeu**m: 6 jul, 6:29 u MEZT, 405.933 km  
**Perigeu**m: 21 jul, 19:12 u MEZT, 361.238 km

### Planeten

Voor de planeten geven we het sterrenbeeld waarin ze deze maand of maanden staan, plus de **rechte klimming\*** (RA) waarmee je de locatie van de planeet op de planisfeer kan opzoeken.

planeet	sterrenbeeld	RA
Mercurius	Tweelingen/Kreeft/Leeuw	9:11 u
Venus	Stier/Tweelingen	5:02 u
Mars	Stier/Tweelingen	8:07 u
Jupiter	Maagd	12:58 u
Saturnus	Slangendrager	17:25 u
Uranus	Vissen	1:46 u
Neptunus	Waterman	23:02 u

\*) zie rechter kolom

### De planeten

**Mercurius** bereikt op 30 juli zijn **grootste oostelijke elongatie**, normaal de beste situatie om binnenplaneten waar te nemen, maar doordat de lijn Zon-Mercurius een kleine hoek met de horizon maakt komt hij niet zo hoog aan de hemel. Hij is dus toch niet zo goed te zien. Met een verrekijker kun je hem tussen 5 en 21 juli in de avondschemering zien, boven de WNW horizon. Hij gaat een uur na de zon onder.

**Venus** is morgenster. Aan het eind van de maand komt zij ruim drie uur voor de zon op. Op 20 juli krijgt ze bezoek van de maan.

**Mars** is op 27 juli in conjunctie met de zon en is daardoor deze maand niet te zien.

**Jupiter** wordt ook minder goed zichtbaar. Hij staat tijdens de avondschemering in het ZW tot westen. Eind van de maand gaat hij vóór middernacht onder. Op 1 juli bezocht door de maan **Saturnus** is bijna de hele nacht zichtbaar en gaat ruim na middernacht onder. Hij staat linksboven de heldere, rode ster Antares. Op 7 juli passeert de maan.

**Uranus** wordt steeds beter zichtbaar. Eind juli komt hij vóór middernacht op. Zoek hem, met een verrekijker, in de ochtendschemering, in het zuidoosten. Op 17 juli passeert de maan.

**Neptunus** is een steeds langer deel van de nacht te zien en komt eind juli in de avondschemering op. Een telescoop is nodig.

## Hemel van augustus

### Maanfasen augustus 2017

Volle maan	7 aug, 20:11 u MEZT
Laatste kwartier	15 aug, 3:15 u MEZT
Nieuwe maan	21 aug, 20:30 u MEZT
Eerste kwartier	29 aug, 10:13 u MEZT

**Apogeu**m: 2 aug, 19:55 u MEZT, 405.024 km  
**Perigeu**m: 18 aug, 15:19 u MEZT, 366.122 km  
**Apogeu**m: 30 aug, 13:25 u MEZT, 404.308 km

### Planeten

Voor de planeten geven we het sterrenbeeld waarin ze deze maand of maanden staan, plus de **rechte klimming\*** (RA) waarmee je de locatie van de planeet op de planisfeer kan opzoeken.

planeet	sterrenbeeld	RA
Mercurius	Leeuw	niet zichtbaar
Venus	Tweelingen/Kreeft	7:31 u
Mars	Kreeft/Leeuw	9:26 u
Jupiter	Maagd	13:14 u
Saturnus	Slangendrager	17:21 u
Uranus	Vissen	1:46 u
Neptunus	Waterman	22:59 u

\*) De declinatie is niet nodig omdat planeten altijd in de buurt van de ecliptica kunnen worden gevonden. Ik neem de RA's voor het midden van de periode.

### Perseïden

Rond 12 augustus kunnen we weer de Perseïden zien, de beroemde meteorenzwerm. Drie avonden zijn het meest geschikt om ze te zien: 11/12, 12/13 en 13/14 augustus. Het maximum (met de grootste kans om meteoren te zien: 20-25 per uur!) is op 12 augustus rond 21 uur. De maan kan wat storen, dus kijk van de maan af. Ga naar een donkere plek, met tuinstoelen die je in ligstand kunt zetten. Genieten maar!

### De planeten

**Mercurius** is op 26 aug in benedenconjunctie met de zon en daarom deze maand niet zichtbaar.

**Venus** komt nu meer dan 3 uur vóór de zon op en is een fraaie morgenster. Op 19 aug komt de smalle maansikkel in de buurt.

**Mars** komt kort vóór de zon op en is daarom ook niet te zien.

**Jupiter** wordt 's avonds steeds korter zichtbaar en gaat eind van de maand nog geen anderhalf uur na de zon onder. Jupiter staat nog steeds in de buurt van de ster Spica (Maagd), en die afstand wordt deze maand steeds korter, van 8° tot 4° (de maan en de zon hebben een diameter - in hoekafstand - van 0,5°).

**Saturnus** is de hele avond te zien en gaat na middernacht onder. Je ziet de geringe reus in de avondschemering ongeveer 16° boven het zuiden. Op 3 en 30 aug passeert de maan.

**Uranus** komt in de loop van de avond op en staat dan verder de hele nacht boven de horizon.

**Neptunus** komt in de avondschemering op en is de rest van de nacht te zien - met een telescoop!