

ONBEGRENSD

UNIVERSUM

GOVERT SCHILLING

REIS DOOR HET HEELAL MET DE
JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

FONTAINE UITGEVERS





INHOUD

Inleiding 8

Op zoek naar de aarde 10

Onze kosmische achtertuin 36

Aan de wieg van een ster 62

Vreemde werelden 88

Stervende sterren 120

De galactische federatie 146

Kosmologische kwesties 172

Register 196

Illustratieverantwoording 200

<< Pag. 4/5:

James Webb-foto van Pismis 24,
een stervormingsgebied op 5500
lichtjaar afstand van de aarde.



Van brillenglaskijker tot ruimtetelescoop **34**

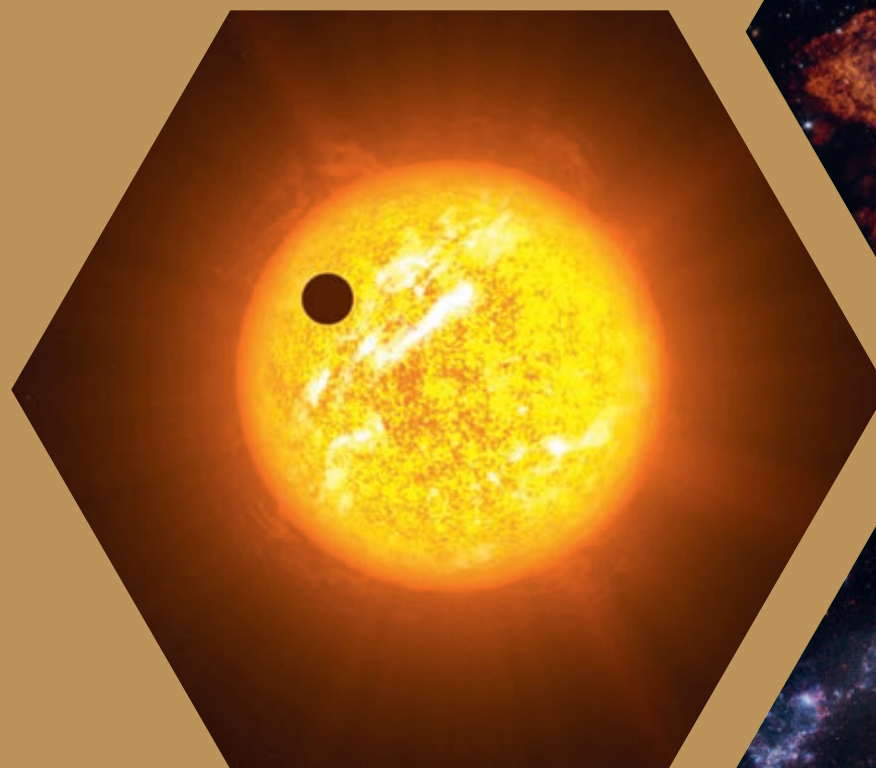
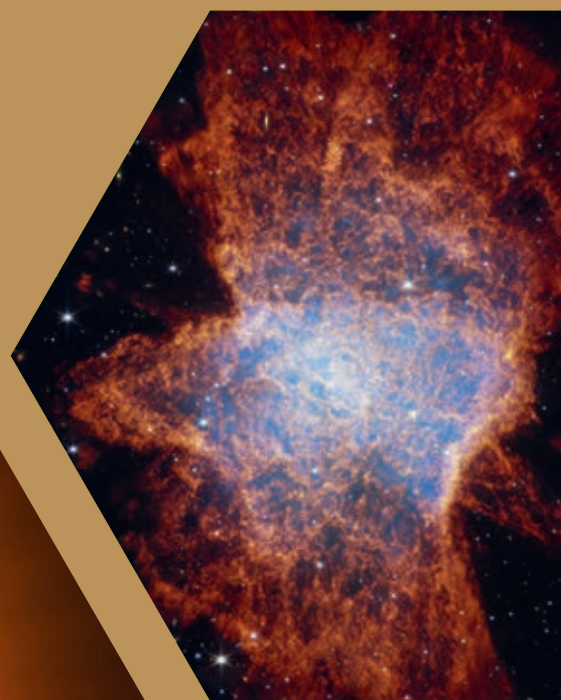
Onzichtbaar licht **60**

Ruimtetelescoop in close-up **86**

De ogen van Webb **118**

Klaar voor de start **144**

Valse kleuren en stralende sterren **170**



INLEIDING

Bijna dertig jaar geleden hoorde ik voor het eerst over de James Webb Space Telescope. Of in ieder geval over de telescoop die later die naam zou dragen. Het was maart 1996, en tijdens een workshop in Spanje werd het eindrapport gepresenteerd van de HST and Beyond-commissie, die plannen bestudeerde voor een opvolger van de Hubble Space Telescope (HST).

Ik belde erover met *study scientist* (en latere Nobelprijswinnaar) John Mather van NASA's Goddard Space Flight Center, die ik een kleine zes jaar eerder had leren kennen op een groot ruimteonderzoekcongres in Den Haag. 'De Next Generation Space Telescope krijgt een spiegel van misschien wel acht meter in middellijn,' vertelde Mather me. De lancering zou binnen vijftien jaar kunnen plaatsvinden, en het instrument zou dankzij technologische innovaties zelfs goedkoper zijn dan Hubble.

Mather werd later wetenschappelijk projectleider van die nieuwe grote ruimtetelescoop, en heeft alle vertragingen en budgetoverschrijdingen van nabij meegemaakt. Pas op eerste kerstdag 2021 werd James Webb gelanceerd, een slag kleiner dan aanvankelijk gedacht én enorm veel duurder.

Op 11 juli 2022 moest ik aan dat telefoongesprek terugdenken toen ik achter mijn laptop naar een irritant pingeldeuntje zat te luisteren dat steeds opnieuw herhaald werd. NASA zou op 12 juli de eerste foto's van Webb vrijgeven, maar de Amerikaanse president Joe Biden had kort daarvoor laten weten dat hij graag de nieuwe blik op de kosmos aan de wereld zou willen presenteren en dat moest dan een dag eerder.

Duizenden astronomen, wetenschapsjournalisten en belangstellenden logden tijdig in op de website van

NASA TV, maar de president was verlaat, en bijna een uur lang werden de ongeduldige kijkers getrakteerd op een gekmakend wachtmuziekje.

Maar uiteindelijk was het dan zo ver, en de eerste *deep sky*-opname van de James Webb-telescoop overtrof alle verwachtingen. Een dag later, toen ook de andere *first light*-foto's werden vrijgegeven, speculeerden sterrenkundigen al volop over de wetenschappelijke revoluties die Webb zou gaan ontketen.

Het was voor mij van het prille begin af aan duidelijk dat er een keer een schitterend Nederlandstalig fotoboek zou moeten verschijnen met opnamen van de nieuwe ruimtetelescoop. Dat boek heb je nu in handen. Ja, buitenlandse collega's hebben eerder al mooie James Webb-boeken gepubliceerd, maar daarin komen meestal alleen de resultaten uit het eerste jaar aan bod. Door iets langer te wachten, kon ik voor dit boek over een veel ruimere keuze aan spectaculair beeldmateriaal beschikken.

Juist omdat het universum bij een zeer breed publiek enorm tot de verbeelding spreekt, heb ik de tekst van het boek zo algemeen en toegankelijk mogelijk gehouden. Daardoor vormt *Onbegrensd universum* een laagdrempelige eerste of hernieuwde kennismaking met de fascinerende wereld van de kosmos, geschikt voor zowel beginnende als ervaren sterrenkijkers.

In dertig jaar tijd groeide de James Webb Space Telescope uit van een vaag idee tot een succesvolle ontdekkingsmachine. 'Het was het wachten waard,' aldus John Mather in een NASA-interview kort na de presentatie van de eerste beelden. Dat kan ik alleen maar beamen. Tijdens het werk aan dit boek ben ik me steeds meer gaan realiseren dat de resultaten van



de James Webb-telescoop minstens zo revolutionair zijn als die van zijn voorloper, de Hubble Space Telescope. Die is overigens nog onverminderd actief, en *Onbegrensd universum* bevat behalve Webb-beelden ook veel Hubble-foto's, met name in het eerste hoofdstuk. Daarnaast kom je in het boek ook opnamen tegen van andere telescopen en ruimtemissies, alsmede (vooral in het vierde hoofdstuk) zogeheten artist's impressions – realistische illustraties, gebaseerd op wetenschappelijke inzichten.

Terwijl de zeven hoofdstukken van het boek je meenemen op een ontdekkingsreis door het universum,

bieden de zes intermezzo's achtergrondinformatie over de James Webb-telescoop zelf – een van de vernuftigste (en duurste) wetenschappelijke instrumenten ooit gebouwd.

Ik hoop en verwacht dat je aan het lezen van *Onbegrensd universum* en aan het bekijken van de vele adembenemende foto's even veel plezier zult beleven als ik heb gehad aan het schrijven en het selecteren van de beelden.

Govert Schilling, najaar 2025

OP ZOEK NAAR DE AARDE



Het is ijskoud, doodstil en aardedonker. Angst-aanjagend leeg en duizelingwekkend uitgestrekt. Zonder omhoog of omlaag; zonder begin of eind. Eén groot Niets, Nergens en Nooit.

Welkom in het heelal.

Het universum is geen plek voor de mens. Wie hier is verdwaald, ziet geen hand voor ogen en hoort geen enkel geluid. Overal onpeilbare zwartheid – links, rechts, voor, achter, boven en onder. Kubieke megaparsecs aan lege ruimte; miljarden jaren aan klokloze tijd. Onbegrensde onherbergzaamheid.

Toch is er ergens in dat universum een blauwe oase, een levende planeet. Een wereld van geur en kleur; van bloesempracht en vogelzang. Met gletsjers en woestijnen; watervallen en regenbogen. Een plaats waar een moeder haar baby de borst geeft; waar een grootvader zijn kleindochter de sterren wijst. Een plek van ontmoeting, vreugde, troost en liefde.

We moeten op zoek naar de aarde.

De lege ruimte om ons heen is niet echt leeg. Schijn bedriegt. Er vliegen minuscuul kleine deeltjes rond, bijna zo snel als een lichtstraal. Protonen – positief geladen deeltjes die de kernen vormen van waterstofatomen. Elektronen – veel lichtere deeltjes met een negatieve elektrische lading. En spookdeeltjes die we neutrino's hebben genoemd. Enorm veel neutrino's, ongrijpbaar en mysterieus.

En behalve die materiedeeltjes zijn er de stralingsdeeltjes: fotonen, met de meest uiteenlopende energieën. Verreweg het talrijkst – en het oudst – zijn de fotonen die een kleine 14 miljard jaar geleden vrijkwamen in de nucleaire heksenketel van de oerknal. Die zwerven nog steeds door het heelal – zwak, nagenoeg uitgeblust, en onzichtbaar voor het menselijk oog. >>

EENZAAM MAAR NIET ALLEEN

De aarde is een kleine blauwe oase in de uitgestrekte donkere woestenij van de kosmos. Toch is onze planeet niet uniek: de meeste sterren in het heelal worden door planeten vergezeld. Het is niet uitgesloten dat op sommige daarvan ook leven voorkomt.

Maar kijk, er zijn ook fotonen die we wél kunnen zien. Zichtbaar licht. Hier, op een volstrekt willekeurige plek in de eindeloze kosmos, zijn het er niet veel. Te weinig in ieder geval om de lichtgevoelige staafjes in ons netvlies te activeren; vandaar die overrompelende duisternis. Maar als we met een gevoelige telescoop om ons heen konden kijken, zouden we zien dat we omringd worden door talloze zwakke stipjes, vlekjes en veegjes van licht, als wolken vuurvliegjes in een maanloze zomernacht.

Tellen lukt onmogelijk. Houd een speld tussen duim en wijsvinger, strek je arm, doe één oog dicht, en achter de kop van de speld gaan minstens duizend van die lichtstipjes schuil. Eén speldenknop naar links of naar rechts, en je dekt er opnieuw duizend af. Het zijn er honderden miljarden; misschien wel meer dan een biljoen.

En elk stipje, elk vlekje en elk veegje is een verzameling van ontelbare sterren. Een compleet sterrenstelsel, op een onvoorstelbaar grote afstand. Het kleine beetje licht dat door de donkere kosmos reist, het zwakke schijnsel dat nauwelijks is opgewassen tegen de allesoverheersende duisternis, is sterlicht. Zonlicht. Licht – en warmte – waarin planeten zich koesteren; waardoor leven gedijt.

ZWERMEN EN CLUSTERS

Ergens in een van die sterrenstelsels – ons Melkwegstelsel – is de aarde te vinden. Een nietig bolletje, in een baan rond een stralende ster – onze zon. Hoog tijd om op pad te gaan.

Niet alle sterrenstelsels staan even ver weg. De nabijgelegen exemplaren zien we groter en helderder, zodat we ze beter kunnen bestuderen. Natuurlijk zijn ze wel veel minder talrijk, net zoals er veel minder

mensen in je eigen straat wonen dan op duizenden kilometers afstand. Toch biedt die nabije steekproef een representatief beeld van het totaal.

Zo blijkt al snel dat de sterrenstelsels niet gelijkmatig zijn verdeeld in de ruimte. Vaak staan er twee of drie bij elkaar, meestal vergezeld door ondermaatse begeleiders, als kleine groepjes mensen op een dorpsplein, omringd door spelende kinderen. Die groepjes maken op hun beurt deel uit van grotere samenscholingen – zwermen en clusters van honderden of duizenden stelsels.

Zelfs de clusters zijn weer geclusterd, in langgerekte, slierterige structuren, onderling gescheiden door uitgestrekte lege 'holtes'. De kaart van de kosmos doet denken aan een nachtelijke satellietfoto van de aarde, waarop de lichtjes van dorpen en steden aaneenge-regen zijn tot grotere agglomeraties, verspreid in het donkere platteland.

De supercluster waar ons Melkwegstelsel deel van uitmaakt, is Laniakea genoemd – een Hawaïaans woord dat zoveel betekent als 'onmeetbare hemel'. Laniakea telt minstens honderdduizend sterrenstelsels, verspreid over een gebied van meer dan een half miljard lichtjaar. Met andere woorden: een lichtstraal heeft er met zijn onvoorstelbaar hoge snelheid van 300.000 kilometer per seconde ruim een half miljard jaar voor nodig om de supercluster te doorkruisen.

Zoals alle superclusters omvat Laniakea verschillende kleinere clusters: Fornax, Pavo-Indus, Hydra-Centaurus en Virgo. Die clusters zijn genoemd naar de Latijnse namen van de sterrenbeelden waarin we ze zien staan vanaf de aarde. En aan de buitenrand van de Virgocluster vinden we de zogeheten Lokale Groep – een bescheiden verzameling van drie spiraal-





RONDKIJKEN IN DE MELKWEG

Eenmaal aangekomen in ons eigen Melkwegstelsel zijn er talloze jonge open sterrenhopen te zien, vooral in de statige spiraalarmen waar de meeste nieuwe sterren ontstaan. Verreweg de bekendste open sterrenhoop is het Zevengesternte (linksonder) (ook wel de Plejaden genoemd), in het sterrenbeeld Stier (linksboven). Dat opvallende groepje sterren is op een heldere winteravond gemakkelijk met het blote oog zichtbaar. De sterrenhoop is pas zo'n 100 miljoen jaar oud. Hij bevat enkele honderden sterren en wordt omgeven door ijle nevelflarden die het blauwe licht van de jonge sterren reflecteren. Bolvormige sterrenhopen, zoals 47 Tucanae (boven), zijn enorm veel groter: ze bevatten vaak honderdduizenden sterren, met leeftijden van vele miljarden jaren. Maar vanwege hun veel grotere afstanden zijn de meeste bolhopen alleen met behulp van telescopen te zien (de foto van 47 Tucanae is gemaakt door de Hubble-telescoop). Het centrum van het Melkwegstelsel wordt aan het oog onttrokken door donkere wolken van absorberend stof, maar kan wel bestudeerd worden met radiotelescopie. Het surrealistische panorama van het Melkwegcentrum (links) is gebaseerd op waarnemingen met de schotelantennes van het MeerKAT-observatorium in Zuid-Afrika. Behalve uitdijende gasschillen van geëxplodeerde sterren zijn er ook langgerekte slierten van gas zichtbaar, gerangschikt langs magnetische veldlijnen. Exact in het middelpunt van het Melkwegstelsel (de heldere witte vlek op de afbeelding) bevindt zich een zwart gat dat vier miljoen keer zo zwaar is als de zon.





ROZE EN BLAUW

De Trifidnevel (linksonder) en de Lagunenevel (rechtsboven) zijn twee kolossale stervormingsgebieden in het sterrenbeeld Boogschutter (Sagittarius). De Lagunenevel is op een heldere zomernacht net met het blote oog te zien. Beide nevels bestaan uit hete wolken van waterstofgas, herkenbaar aan de opvallende roze kleur. In het centrum van de twee nevels zijn al tientallen nieuwe sterren geboren. Zulke jonge, hete sterren stralen voornamelijk blauw licht uit. Vandaar het blauwe aureool rond de Trifidnevel: dat is sterlicht, weerkaatst door koele stofdeeltjes in de buitendelen van de nevel. Overal op de foto zijn trouwens grillige stofwolken te zien, die donker afsteken tegen de heldere nevelachtergrond. De lang belichte foto is de eerste opname die gemaakt werd door het Vera C. Rubin Observatory. Dat observatorium is in de zomer van 2025 in gebruik genomen in Noord-Chili en beschikt over de grootste digitale camera in de geschiedenis.

VAN BRILLEGLASKIJKER TOT RUIMTETELESCOOP

De telescoop is begin zeventiende eeuw uitgevonden door de Middelburgse brillenslijper Hans Lipperhey, die er in 1608 octrooi op aanvraag. Maar het was de Italiaan Galileo Galilei die kort daarna betere instrumenten bouwde, en daarmee een revolutie in de sterrenkunde ontke-
tende. Galilei ontdekte bergen en kraters op de maan, donkere vlekken op de zon, schijnge-
stalten van Venus, manen bij de planeet Jupiter en talloze sterren in de Melkweg.

Hoe groter de lens of de spiegel van een telescoop is, des te meer sterlicht vangt hij op. Met een grotere telescoop kun je dus zwakkere objecten zien, en verder het heelal in kijken. Bovendien levert een grotere telescoop ook scherpere beelden op, zodat er in verre nevels of sterrenstelsels ook kleine details zichtbaar zijn.

Geen wonder dus dat sterrenkundigen sinds de tijd van Lipperhey en Galilei steeds grotere telescopen zijn gaan bouwen. Aanvankelijk waren dat lenzentelescopen, waarbij het sterlicht gebundeld wordt door een bolle lens (vergelijkbaar met een brandglas), maar later werd steeds vaker gebruikgemaakt van een holle spiegel (vergelijkbaar met een scheerspiegel).

Halverwege de twintigste eeuw was de Hale-telescoop op Palomar Mountain in Californië (genoemd naar initiatiefnemer

1



1. Twee kleine telescoopjes van Galileo Galilei, gebouwd in 1609. 2. De Hubble Space Telescope in zijn baan om de aarde. 3. De 5-meter Hale Telescope op Palomar Mountain in Californië. 4. De Europese Very Large Telescope in Noord-Chili is een van de krachtigste observatoria ter wereld. 5. Op de Chileense bergtop Cerro Armazones wordt gebouwd aan de Extremely Large Telescope.

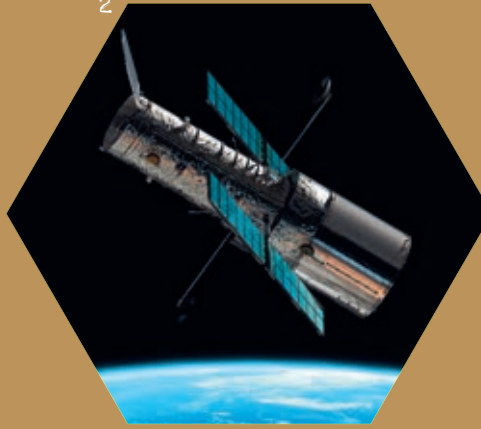
George Ellery Hale) de grootste telescoop ter wereld, met een spiegelmiddellijn van 5 meter. Pas tegen het eind van de vorige eeuw lukte het om nog aanzienlijk grotere telescopen te bouwen, dankzij nieuwe technologieën zoals gesegmenteerde spiegels en actieve optiek.

Anno 2025 zijn er vijf gigantische enkelvoudige telescopen op de grond in bedrijf met spiegels van 10 of 11 meter in diameter die uit tientallen zeshoekige segmenten bestaan. Daarnaast zijn er meer dan tien telescopen met een spiegelmiddellijn tussen 6,5 en 8,4 meter. Al die reuzenspiegels maken gebruik van actieve optiek: computergestuurde ondersteuningspunten corrigeren kleine vormafwijkingen als gevolg van zwaartekracht, temperatuurvariaties en windbelasting.

De eerste grote ruimtetelescoop was de Hubble Space Telescope, gelanceerd in 1990. In zijn baan om de aarde heeft Hubble geen last van atmosferische trillingen, waardoor hij veel scherpere beelden oplevert dan een vergelijkbaar instrument op de grond, ook al meet de hoofdspiegel slechts 2,4 meter in middellijn. Vanuit de ruimte kun je bovendien infrarode en ultraviolette straling bestuderen.

Spaceshuttle-astronauten hebben Hubble in de loop van de tijd verschillende malen van nieuwe camera's en meetinstrumenten voorzien, en de ruimtetelescoop is nog steeds actief. Het is misschien wel de meest succesvolle telescoop in de geschiedenis: op elk deelgebied van de astronomie

2



heeft hij revolutionaire nieuwe inzichten opgeleverd.

De James Webb Space Telescope is aanzienlijk groter en gevoeliger dan Hubble, met een gesegmenteerde spiegel van 6,5 meter in doorsnee. Webb is de grootste en krachtigste ruimtetelescoop in de geschiedenis.

3



Overigens zijn telescopen op de grond niet overbodig geworden met de lancering van James Webb. Om te beginnen is één telescoop bij lange na niet voldoende om de onderzoeksprogramma's van tienduizenden astronomen van over de hele wereld mee uit te voeren. Daarnaast vullen de verschillende instrumenten elkaar juist goed aan.

4



Zo bouwt de Europese Zuidelijke Sterrenwacht (ESO) in Noord-Chili een reuzentelescoop met een spiegel van bijna 40 meter in middellijn die uit een kleine 800 segmenten bestaat. Met die Extremely Large Telescope worden vanaf 2029 detailmetingen verricht aan zwakke, verre objecten die door James Webb zijn ontdekt.

5

