

The background of the entire page is a deep space image featuring a dense field of stars of various colors (white, yellow, orange, red) and several colorful nebulae in shades of blue, green, and purple. The stars have prominent diffraction spikes, giving them a sparkling appearance. The nebulae are wispy and ethereal, adding a sense of vastness and wonder to the cosmic scene.

De pracht van ons UNIVERSUM

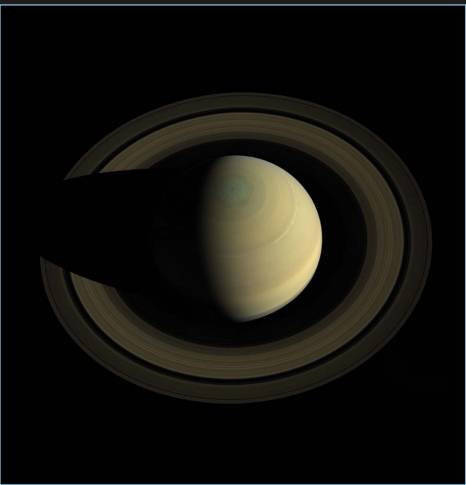
Een adembenemende reis door het heelal

DIRK H. LORENZEN

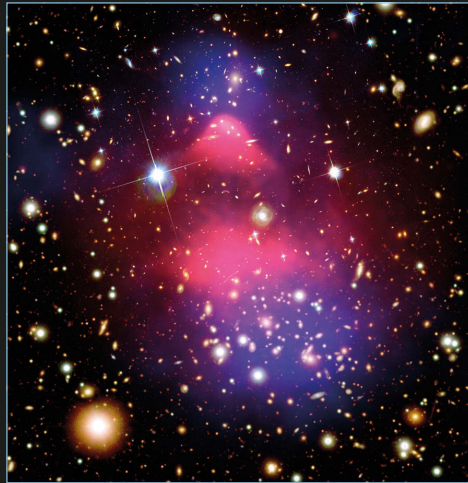
DELTA^ΔS

INHOUD

Voorwoord	6
De nieuwe pracht van het universum	10
De dikke en de dunne	15



1 FANTASTISCH FIRMAMENT	19	2 ONZE HEMELSE FAMILIE	49	3 ONS KOSMISCHE THUIS	87
De pracht van de sterren	20	De pracht van de planeten	50	De pracht van ons Melkwegstelsel	88
Begeleider van de aarde	22	De zon in volle actie	52	Eta Carinae – een bijzonder mooi allegaartje	90
Rode maansverduistering	24	De ogenschijnlijk rustige zon	53	Stervorming in volle glorie	97
Als de dag nacht wordt	26	Als de zon haar kuren heeft	54	De prachtige Orionnevel	98
Venus voor de zon	30	De pruttelende zon	56	De Arendnevel en de zuilen	103
Als planeten elkaar kruisen	32	Mercurius, onze raadselachtige buur	58	Jonge sterren schieten in het rond	104
Goede strepen, slechte strepen	34	Venus, de hel aan de hemel	60	Sterrenhopen – families in ons Melkwegstelsel	108
Glinsterende Melkweg	36	De aarde – planeet vol leven	62	Planeten, overal exoplaneten!	114
Meteorenregen	38	De korte reis naar de maan	64	Het mooie einde van stille sterren	116
Sneeuwballen met een staart	40	De lange reis naar Mars	66	Sterrenexplosies	123
Zomers parelmoer	42	Ceres, Vesta en de kleine planeten	70	James Webb en de supernova	124
Magisch poollicht	44	‘Tsjoeri’, de Europese superkomeet	71	De perfecte supernova	127
Europa geeft ’s nachts licht	46	De reuzenplaneet Jupiter	72	Bolvormige sterrenhopen – oud en wijs	130
		Vuur en ijs – en leven?	74	Een zwart gat met een Nobelprijs	134
		Saturnus – de magie van de ringen	76	Gaia en de hemelmeting	136
		Saturnus en de aarde in beeld	78	Röntgenbeeld van het hete universum	138
		Uranus, een blauwe bol met ringen	82	Effelsberg en radioastronomie	140
		Neptunus, de berekende planeet	83		
		Pluto en de ijzige rest	84		



Coverbeeld: James Webbs Zuilen der Schepping
De beroemde stofzuilen (ongeveer vijf lichtjaren hoog) in de Arendnevel, waargenomen door de James Webb-ruimtetelescoop. Zie pagina 103.

←←← (p. 1) **Kleine, fijne spiralen**

Het sterrenstelsel NGC 300 in het sterrenbeeld Sculptor heeft een diameter van 'slechts' 45.000 lichtjaren en ligt met zes miljoen lichtjaren afstand nog in onze buurt. De rode vlekken zijn gloeiende waterstof. Op die plekken ontstaan veel sterren. Opname met de telescoop van 2,2 meter op La Silla in Chili.

←← (p. 2-3) **Geweldige stofmassa**

Dit 'fantasy-landschap' van gas, stof en straling in de Carinanevel is 7500 lichtjaren van ons verwijderd. De gloeiende 'mystieke berg' is ongeveer 2 lichtjaren hoog en straalt door de gasstromen van de jonge sterren een ongelooflijke dynamiek uit – als het ware alsof de punt draait. Opname van de Hubbletelescoop.

→→ **James Webb ziet veel gas en stof**

Het onregelmatig gevormde sterrenstelsel NGC 6822 in het sterrenbeeld Boogschutter is slechts 1,5 lichtjaren van ons verwijderd. Het heeft zich sinds zijn ontstaan in de begintijd van het heelal nauwelijks ontwikkeld. Deze infraroodopname van de James Webb-ruimtetelescoop toont tal van koele gas- en stofwolken.

4 FANTASTISCHE STERRENEILANDEN

143

De pracht van sterrenstelsels	144
Een telescoop met drie sterrenstelsels	146
De supernova's – 1987 en 2017	150
Andromeda, Driehoek & Barnard	154
Grote dwergsterrenstelsels	162
Betoverende spiralen	164
Het Spook- en Draaikolkstelsel	168
Sterrenstelsels op reis	172
Balken met spiraalarmen	175
Botsingen in de kosmos	178
Vijf sterrenstelsels en Hubble	186
Vijf sterrenstelsels en James Webb	187
Vernietiging in drie stappen	188
Een sterrenstelsel met een verleden	190
Twee sterrenstelsels in één klap	191
Als sterrenstelsels een radslag maken	193
Reusachtig sterrenstelsel met een zwart gat	194

5 DEEP SPACE

199

De pracht van de oerknal	200
Supernova's – meetlatten in het heelal	202
M82 met wind en supernova	205
Als sterrenstelsels licht verbuigen	206
Zwaartekrachtlenzen en de verste van alle sterren	212
Het Einsteinkruis	214
Supernova Refsdal	215
James Webb en het eerste Deep Field	216
Het universum is rond	218
Het universum is gelukkig	219
James Webb ziet meer dan Hubble	220
Gammaflitsen	222
Zwaartekrachtgolven en ruimtetijdtrillingen	225
Het kosmische web	226
De zoektocht van Euclid	228
De draagkracht van de fotonen	231
Het oudste licht van de kosmos	232

Bijna allemaal zwarte gaten!	234
Register	236
Fotoverantwoording	238

VOORWOORD

door Philippe Mollet

Volkssterrenwacht Mira - Grimbergen

Beste lezer,

Voor u ligt zonder enige twijfel het fraaiste fotoboek dat ooit verscheen over sterrenkunde! En nee, dat is geen verkooppraatje, maar wel degelijk het logische resultaat van technologische vooruitgang – en dan niet enkel in de drukkerijsector. Telescopen en camera's zijn de laatste decennia ontzettend veel performanter geworden!

De term 'telescoop' moet u trouwens heel breed opvatten: de fraaie afbeeldingen in dit boek zijn lang niet allemaal klassieke foto's (dus in zichtbaar licht gemaakt). Moderne sterrenkunde werkt evenzeer met veel exotischer golflengtes: infrarood, ultraviolet, X-stralen, gammastraling, ... ons 'venster op het heelal' is de laatste decennia veel breder geworden! Daarvoor moeten de toestellen wel vaak op vreemde plaatsen staan (de radiotelescoop ALMA staat bijvoorbeeld 5 km hoog in de Atacama woestijn), of zelfs helemaal in de ruimte!

De resultaten van de Hubbletelescoop fleurden al tal van sterrenkundeboeken op, maar in dit boek wordt de show gestolen door een overvloed aan beelden van de nieuwe James Webb-ruimtetelescoop. Hij zorgde op korte tijd al voor heel wat doorbraken in veel domeinen van de sterrenkunde, maar hij levert ook gewoon adembenemende plaatjes op!

Maar ook dichterbij huis vallen er spectaculaire opnames te maken: de laatste decennia stuurden we ettelijke ruimtetuigen naar alle mogelijke objecten in ons eigen zonnestelsel. Zo krijgt u in dit boek detailbeelden voorgeschoteld van het Mars-oppervlak, maar evengoed van het volstrekt onregelmatige oppervlak van een komeet of een planetoïde.

Het is de grote verdienste van de auteur om uit die stortvloed aan nieuwe beelden en illustraties de juiste

keuzes te maken – en die bovendien te voorzien van een glasheldere en heel gestructureerde uitleg over de nieuwste inzichten die ze ons opleverden. Dit boek is dan ook veel meer dan een fotoboek: beschouw het gerust als een uitmuntende cursus sterrenkunde!

En de auteur is zo te zien niet alleen thuis in de professionele sterrenkunde, hij heeft ook duidelijk interessante contacten in het wereldje van de amateur-astronomie! Want ook daar is de laatste decennia een heuse revolutie geweest. Sommige amateurs hebben – zoals professionele sterrenwachten – een heuse 'remote observatory' aan het andere eind van de wereld waarmee ze vanuit het comfort van hun woonplaats de meest oogstrelende beelden maken. Anderen trekken de wereld rond om de meest spectaculaire fenomenen vast te leggen: het grote formaat van dit boek leent zich ideaal voor deze beelden van de Melkweg, van kometen, het poollicht, of allerhande eclipsen.

Dit boek verscheen oorspronkelijk in het Duits, en de teksten verwijzen hier en daar dan ook uitdrukkelijk naar Duitse onderzoekers of instituten. Maar ook in ons kleine landje moeten we niet blozen: we hebben enkele astronomen en instituten van wereldfaam. Kiezen is verliezen natuurlijk, maar hieronder geef ik enkele prominente:

– De ploeg rond Michaël Gillon van de Luikse universiteit, met hun TRAPPIST en SPECULOOS-projecten voor de zoektocht naar exoplaneten (planeten rond andere sterren, zie pagina 114).

– Professor Conny Aerts en haar ploeg aan het Instituut voor Sterrenkunde van de KUL staan zo ongeveer aan de basis van een heel nieuwe discipline: de asteroseismologie of de studie van stertrillingen.

Carpe noctem!

VOORWOORD

door Rob van den Berg
Sterrenwacht Sonnenborgh - Utrecht

Toen ik als kind voor het eerst door een kleine telescoop de ringen van Saturnus zag, was ik helemaal verkocht. Ik kende de mooie kleurenfoto's uit het boek dat ik van mijn vader had gekregen, maar ik had nooit gedacht dat ik de ringen ook zelf zou kunnen zien. Zelfs de maan verandert volledig wanneer je er door een kleine telescoop naar kijkt. Je ziet kraters, vlakten en bergen. Je ziet zelfs dat de maan een bol is, een andere wereld naast de onze.

Van sterrenkunde wordt vaak gezegd dat het de oudste wetenschap is. Al sinds er mensen rondlopen op onze planeet kijken we met verwondering 's nachts omhoog naar de duizenden lichtpuntjes die je bij heldere omstandigheden kan zien. We begrijpen nog niet eens zo heel lang wat sterren zijn.

Ik herinner me nog het moment waarop ik besepte dat de zon ook een ster is. Het gaf me het gevoel dat het heelal met al die geheimzinnige en bijzondere hemellichamen helemaal niet zo abstract is, maar dat we er een onderdeel van zijn, dat het bijna tastbaar is. Maar het heelal is onbevattelijk groot. Met de snelste raket die we hebben zou een reis naar de dichtstbijzijnde ster nog altijd zo'n 80.000 jaar duren. En dan gaat het nog maar over de eerste ster na de zon. Voorlopig moeten we ons beperken tot de planeten van ons zonnestelsel, en zelfs daar naartoe reizen duurt al een paar maanden tot enkele jaren.

Als je even stilstaat bij die enorme afstanden, dan is het wonderlijk dat we zelfs heel verre sterrenstelsels kunnen zien. En omdat we over steeds betere telescopen beschikken, kunnen we zelfs tot aan de rand van het zichtbare heelal kijken, waar we het nagloeien van de Big Bang kunnen zien. Er is geen limiet aan hoe ver we kunnen kijken, zolang het licht van de verste sterren maar voldoende tijd heeft gehad om ons te bereiken. Met de komst van nieuwe telescopen, zoals de James Webb-ruimtetelescoop, kijken we steeds dieper het heelal in en leggen we alles in steeds meer detail vast. De mooiste foto's van het heelal zijn gebundeld in dit prachtige boek, dat zich niet alleen onderscheidt door de vele schitterende beelden, maar ook door de begrijpelijke taal waarmee alles beschreven wordt.

Kijk op een heldere nacht eens omhoog. Een paar van de helderste lichtpunten zijn waarschijnlijk planeten die rond onze eigen zon draaien. Blijf even stilstaan bij de sterren die je ziet. De kans is groot dat er rond die sterren ook planeten draaien. Werelden die misschien wel bewoond zijn. Het heelal is nog vol onbegrepen raadsels. Of we ooit alle wonderen van het heelal zullen doorgronden, weten we niet. Maar we hoeven niet alles te begrijpen om te kunnen genieten van de pracht van het universum, door alleen maar op een heldere nacht omhoog te kijken.

DE NIEUWE PRACHT VAN HET UNIVERSUM

‘Attention pour le décompte final... 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, trois, deux, unité, top... décollage.’ 25 december 2021, Kourou, Europa’s lanceerbasis in Frans-Guyana, 09.20 uur plaatselijke tijd. Een Ariane 5-raket baant zich met kracht een weg door de bewolkte hemel. In de punt van de raket bevindt zich de kostbaarste lading die ooit het heelal in gestuurd werd: de James Webb-ruimtetelescoop.

Terwijl zowat iedereen in België en Nederland – het is kort na 13 uur – gezellig de kerstmaaltijd aan het verorberen is, zijn professionals en ruimteliefhebbers wereldwijd er niet gerust op. Ze hopen dat het op dat moment duurste onderzoeksinstrument aller tijden (maar liefst negen miljard Amerikaanse dollar!) heelhuids in het heelal komt. De verwachtingen zijn hooggespannen, zoals ook NASA-commentator George Diller duidelijk maakt: ‘Van een tropisch regenwoud tot aan de rand van de tijd: James Webb begint een reis terug naar de geboorte van het universum.’

EEN BLIK OP HET UNIVERSUM VANUIT HET WITTE HUIS

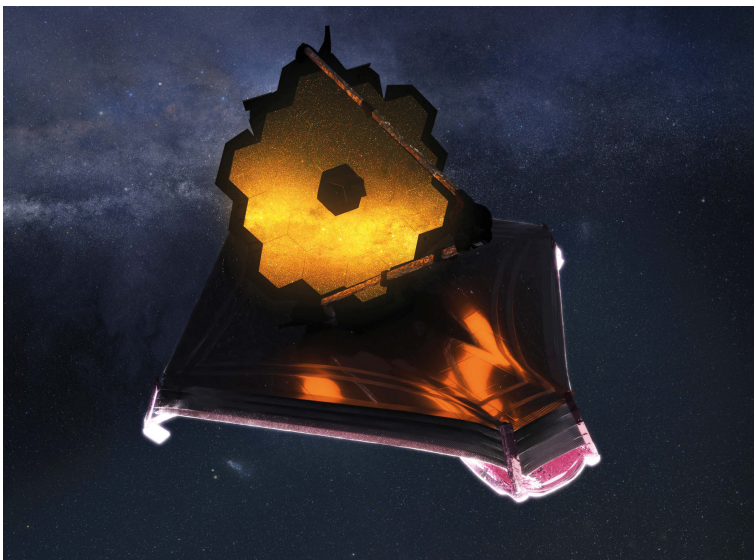
Flashforward: een halfjaar later, 11 juli 2022, in het Witte Huis in Washington. De Amerikaanse president Joe Biden stelt de eerste James Webb-foto voor aan het grote publiek. Het is de tot dusver diepste infraroodopname van het heelal. Er waren in totaal zo’n twaalf uren belichtingstijd voor nodig en op het beeld zijn duizenden sterrenstelsels te zien, waaronder vele die op opnames van de ruimtetelescoop Hubble niet te herkennen waren. Het is een historische dag, zo meent de president terecht. De astronomie gaat met de James Webb-telescoop een nieuw, nog prachtiger tijdperk in. Nog nooit eerder konden we zo ver in de kosmos kijken – nog nooit eerder konden deskundigen waarnemingen doen zo ver terug in de tijd; James Webb kon intussen sterrenstelsels fotograferen die al zo’n 250 miljoen jaar na de oerknal bestonden. Je kan het als het ware als volgt stellen: terwijl Hubble de kosmos ‘slechts’ tot op kleuterleeftijd kon registreren, kan James Webb beelden maken van het heelal op peuterleeftijd. Het gaat razendsnel vooruit: van exoplaneten die mogelijk een omgeving bieden waar leven mogelijk is, tot dikke gas- en stofwolken waaruit sterren ontstaan. Of tot restanten van stervende sterren of zwarte gaten in de beginfase van de kosmos. Steeds weer levert de infraroodtelescoop van James Webb totaal nieuwe inzichten, geeft hij antwoord op vele aloude vragen en zorgt hij voor tal van fascinerende nieuwe mysteries.



↑ **Een hemels kerstcadeau**
De lancering van de Ariane 5-raket op 25 december 2021 in Kourou in Zuid-Amerika. Onder het beschermende omhulsel aan de punt bevindt zich de samengevouwen James Webb-

telescoop. De raket werd zo nauwkeurig in de omloopbaan gebracht dat de telescoop veel minder brandstof nodig had dan verwacht om zijn positie in het heelal te bereiken. Daardoor zal James Webb niet

zoals gepland tien jaar, maar meer dan twintig jaar gebruikt kunnen worden. De mogelijke levensduur van de telescoop is door de Ariane 5 verdubbeld. De NASA is dolenthousiast. *Well done, Europe!*



STAANDE OVATIES VOOR JWST

Een van de hoofdverantwoordelijken voor de James Webb-telescoop is astronoom Jane Rigby, die bij de release in het Witte Huis was. Een halfjaar later vertelt ze op een grote bijeenkomst hoe intensief de ingebruikname van James Webb was – maar ook hoe uitstekend het instrument werkt. Op het laatst stonden er meer dan duizend mensen in de overvolle conferentiezaal en ze barstten in gejuich uit. Astronomen zijn maar zelden zo opgetogen. JWST – de vakwereld gebruikt meestal de Engels uitgesproken afkorting voor de telescoop of spreekt simpelweg van James Webb – is nog veel lichtgevoeliger dan gepland, en ziet ook veel scherper.

James Webb maakt tegenwoordig in belangrijke mate deel uit van de astronomie. Toch is de astronomie, als oudste wetenschap ter wereld, veel meer dan James Webb. Op de aarde staan tal van hoogwaardige telescopen – zoals de Very Large Telescope in Chili, de instrumenten op Cerro Tololo of Mauna Kea en de radiotelescoop in Effelsberg. Samen met andere sterrenwachten en telescopen op satellieten – die ook met röntgen-, gamma-, infrarood- en radiostraling werken – kunnen ze het universum observeren. En ook als je 's nachts bij helder weer zonder telescoop met het blote oog naar de hemel kijkt, is de kosmos fascinerend. Of je nu een kwaliteitsvolle telescoop, een amateurtelescoop of je eigen ogen gebruikt: het universum is hemels mooi – gewoon prachtig!

↑ Van de cleanroom in het heelal

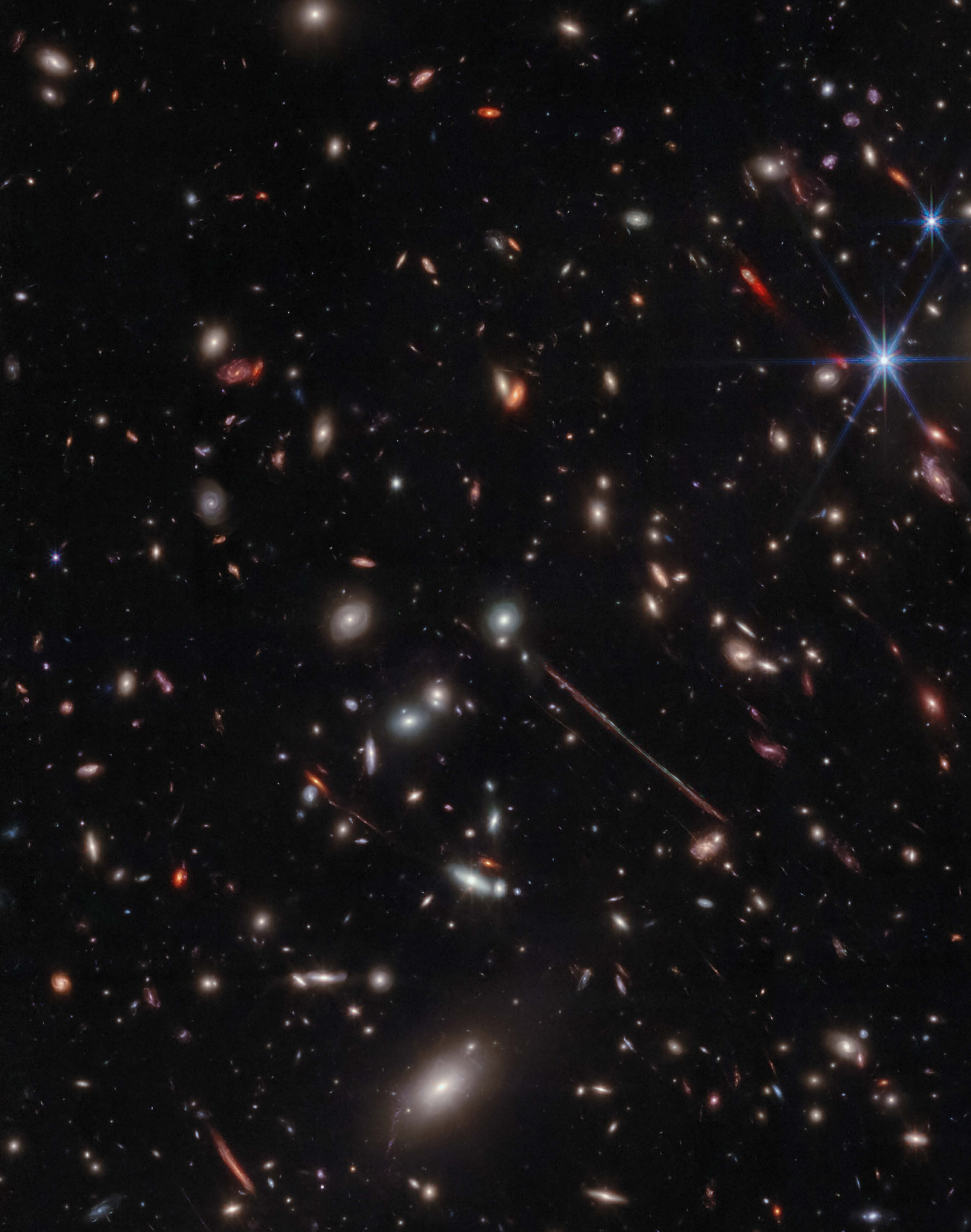
De met goud beklede spiegel van de James Webb-telescoop bestaat uit 18 segmenten en heeft een diameter van 6,5 meter (op de foto boven links is hij te zien bij een test in een NASA-cleanroom). Voor de lancering werd hij dichtgevouwen zodat hij in de raket paste. De twee rechterfoto's tonen de in veel beschermfolie gehulde telescoop onmiddellijk voor en na het uitvouwen, iets minder dan een halfuur na de lancering. De toenmalige Director of Science van de Europese ruimtevaartorganisatie Günther Hasinger was erg verheugd over die beelden: hij liet de camera op de Ariane 5-raket installeren. Enkele weken na de lancering was James Webb volledig uitgevouwen (illustratie links onderaan).

→→ Verjaardagsfoto van James Webb

Op 12 juli 2023 was de James Webb-ruimtetelescoop een jaar lang in werking. Dit beeld is het verjaardagsgeschenk aan de wereld: het Rho Ophiuchi-complex is een slechts zo'n 400 lichtjaren verwijderd stervormingsgebied. De materiejets van vele jonge sterren laten hun sporen achter in gas (rood). De eerder beige-gekleurde gaswolk bevat grote hoeveelheden koolwaterstofmoleculen – de motor van tal van chemische processen in het heelal. Het beeldfragment heeft een diameter van 0,7 lichtjaren.









De dikke en de dunne

De James Webb-telescoop heeft 'El Gordo' (Spaans voor 'De dikke') waargenomen, de melkwegcluster met de grootste massa die we kennen. Zijn licht is 7,5 miljard jaar geleden vertrokken – lang voor de zon en de aarde ontstonden. De ruim honderd verschillende sterrenstelsels van de cluster zien er wit en een beetje diffuus uit. Hun zwaartekracht (gravitatie) verbuigt de lichtstralen van objecten ver achter de cluster. Die objecten lijken dan versterkt, vergroot en deels bizar vervormd. Vaak zijn ook meerdere beelden van één en hetzelfde object te zien. Experts spreken dan van het zwaartekracht-lenseffect (zie pagina 206). Rond 'El Gordo' bevinden zich tal van vreemd gevormde sterrenstelsels. Erg opvallend is 'de dunne' in het midden van de afbeelding. Dat is het lang uitgerekte beeld van een sterrenstelsel waarvan het licht elf miljard jaar geleden vertrokken is, nog geen drie miljard jaar na de oerknal. Even oud – of juist even jong in de geschiedenis van de kosmos – is de 'vishaak' rechts bovenaan. Het is het vergrote en door stof en de expansie van het universum sterk naar het rood verschoven beeld van een sterrenstelsel dat ongeveer een vierde zo groot is als ons eigen Melkwegstelsel. Het enige lichtpunt in het dunne rode sterrenstelsel links onderaan op de afbeelding is vermoedelijk een rode superreus. Dat is een ster zoals Betelgeuze in het sterrenbeeld Orion, die ongeveer 10,5 miljard jaar geleden licht gaf en waargenomen werd dankzij de zwaartekracht lens 'El Gordo' en James Webb!

→→ Mooier bestaat niet

De Grote Orionnevel M42 is het mooiste voorbeeld van een gasnevel. Dit enorme stervormingsgebied (1350 lichtjaren bij ons vandaan en met een doorsnede van 20 lichtjaren) bevindt zich in het zwaard van Orion (zie pagina 18). Zelfs met een verrekijker kan je de diffuse lichtvlek zonder problemen herkennen. Wie in de winter met een kleine telescoop naar de hemel kijkt, krijgt deze prachtige nevel te zien. Hier zijn naast meer dan duizend sterren ook tal van bruine dwergen waar te nemen – donkerrood glanzende objecten die weliswaar een tijdlang zeer heet zijn maar niet genoeg massa bevatten om nucleaire reacties in hun kern op te starten. Experts willen begrijpen hoeveel sterren van welke massa gewoonlijk ontstaan in een grote gas- en stofwolk. Daarom heeft de ruimtetelescoop Hubble de Orionnevel geobserveerd gedurende 105 omlopen rond de aarde.