

# INHOUDSOPGAVE

Voorwoord 6

## 1 **Ons Melkwegstelsel** 16

Kosmische kraamkamers 18

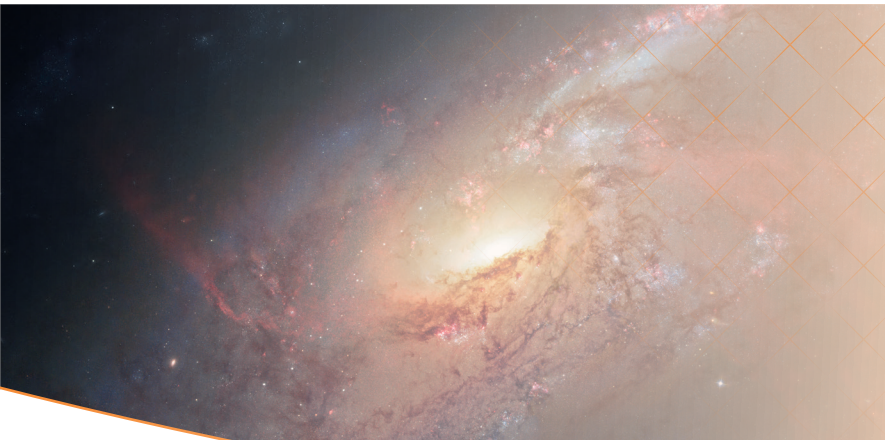
Sterren en planeten 26

De dood van sterren 34

Het centrum van de Melkweg 42

*Intermezzo*

Melkweg onder de loep 50



## 125 **Monsters en veelvraten**

126 **Walsende sterrenstelsels**

134 **Botsingen en versmeltingen**

142 **Actieve kernen en quasars**

150 **Superzware zwarte gaten**

*Intermezzo*

158 **Grote ogen**

## 2 **Kosmische buren** 53

De Magelhaense Wolken 54

Het Andromedastelsel 62

Het Driehoekstelsel 70

Satellietstelsels 78

*Intermezzo*

Hoe ver staat die ster? 86



## 161 **Clusters**

162 **Kosmische samenscholingen**

170 **Zwaartekrachtlenzen**

178 **Duistere krachten**

186 **De groteschaalstructuur van het heelal**

*Intermezzo*

194 **Blik in het verleden**

## 3 **Galactische galerij** 89

Spiraalstelsels 90

Balkspiraalstelsels 98

Ellipsen, lenzen en dwergen 106

Donkere materie 114

*Intermezzo*

Het uitdijende heelal 122



## 197 **Geboorte en evolutie**

198 **Naar de rand van de ruimte**

206 **De allereerste sterrenstelsels**

214 **De vroegste jeugd van het heelal**

222 **Donkere energie**

*Intermezzo*

230 **Precisieloksmologie**

234 **Illustratieverantwoording**

236 **Index**



# 1 Ons Melkweg- stelsel

## Uitzonderlijk uitzicht

De Melkweg strekt zich uit van horizon tot horizon boven de vier gigantische telescoopbehuizingen van de Europese Very Large Telescope op Cerro Paranal in Noord-Chili. Grillige stofwolken belemmeren het zicht op het heldere Melkwegcentrum. De rozerode vlekjes zijn actieve stervormingsgebieden. De Melkweg vormt in feite het 'binnenaanzicht' van ons eigen sterrenstelsel.



# Kosmische kraamkamers

**Orions geheimen**  
Op een lang belichte foto van het beroemde wintersterrenbeeld Orion zijn de contouren zichtbaar van de Orion Molecular Cloud (OMC). Momenteel vindt de meeste ster-  
vorming plaats in de Orionnevel, de heldere wolk ten zuiden van de drie gordelsterren. Deze kosmische kraamkamer bevindt zich op een afstand van ca. 1350 lichtjaar. De oranje ster linksboven is Betelgeuze.

Zelden zag ik de Melkgweg zo mooi als in het voorjaar van 1998.

Op Cerro Paranal, een 2600 meter hoge bergtop in het onherbergzame noorden van Chili, was de bouw van de Europese Very Large Telescope in volle gang. De Griekse sterrenkundige Jason Spyromilio, die later directeur van het observatorium zou worden, had me overdag rondgeleid. 's Avonds aten we in de kantine van het door schijnwerpers verlichte basiskamp – een grote verzameling zeecontainers, omgebouwd tot eenvoudige slaapvertrekken.

En toen viel de stroom uit.

Het duurde ruim een halfuur voordat er een noodaggregaat was opgestart. In die periode kwam iedereen naar buiten: bouwvakkers, technici, astronomen. Zo'n indrukwekkende sterrenhemel hadden de meesten nog nooit gezien. Een fluweelzwart firmament, bespikkeld met duizenden glinsterende lichtjes. En recht boven ons hoofd: de brede band van de Melkgweg – het binnenaanzicht van ons eigen sterrenstelsel.

Vierhonderd miljard sterren draaien in een trage processie rond het centrum van een gigantische afgeplatte schijf, als islamitische bedevaartgangers die tijdens de *hadj* in een hypnotiserende ceremonie rond de Kaäba lopen. En zoals een pelgrim in de Grote Moskee in Mekka zijn geloofsgenoten wel in alle horizontale richtingen om zich heen ziet maar niet boven of onder zich, zo zien wij, vanuit ons gezichtspunt in een buitenwijk van het Melkgwegstelsel, de andere sterren versmelten tot een band van licht rond de hemelkoepel.

Een vlekkerige lichtband is het, gedecoreerd met sterrenwolken en nevelvlekken, en doorsneden door rafelige stofwolken die ons het zicht op het heldere centrum ontnemen. Het schijnsel van miljoenen andere sterren, op afstanden van vele duizenden lichtjaren\* – een indrukwekkender beeld van onze eigen nietigheid is nauwelijks denkbaar.

Een blik op de Melkgweg is een tot nederigheid stemmende kennismaking met de plaats van de mens in ruimte en tijd.

Miljarden jaren lang heeft zich in dit uitgestrekte spiraalstelsel de kosmische kringloop voltrokken van geboorte, leven en dood van sterren. Pas 4,6 miljard jaar geleden, toen het Melkgwegstelsel al twee derde van zijn huidige leeftijd had, ontstond onze eigen zon, als een onopvallende dwergster te midden van talloze even onopvallende soortgenoten. Uit een handvol puin en gruis – restmateriaal van die geboorte – klonterden de planeten samen, en op een van die planeten evolueerden organische moleculen tot zelfbewuste wezens die zich vanaf een aardedonkere bergtop vergapen aan het uitzicht op het universum.

Gedurende duizenden jaren bevolkte de mens de hemelkoepel met goden, fabeldieren en andere verzinsels. De Melkgweg was een hemelse rivier, of een heirbaan naar het hiernamaals. Pas sinds een paar honderd jaar – een kosmische oogwenk – heeft mythologie plaats moeten maken voor wetenschap, waarbij feiten overigens vaak nog wonderlijker blijken te zijn dan fantasieën. Want wie had ooit kunnen bevroeden dat de atomen in ons eigen lichaam gesmeed zijn in het binnenste van andere zonnen?

Afgezien van een incidentele meteor of een zeldzame komeet komt de sterrenhemel ons voor als eeuwig en onveranderlijk; de Melkgweg als een toonbeeld van kosmische bestendigheid. Maar schijn bedriegt. Het is vooral de vluchtigheid van mens en mensheid die ons het idee geeft van hemelse stilstand. Een mensenleven is niet meer dan een ademtucht in het bestaan van een ster, en sinds de geboorte van *Homo sapiens* heeft de zon slechts één promille van zijn baan rond het

\* Een lichtjaar is de afstand die het licht, met een snelheid van 300.000 kilometer per seconde, in één jaar aflegt: ongeveer 9,5 biljoen kilometer.







### Chaos in Carina

Dit mozaïek van 48 Hubble-foto's toont de Carina-nevel in het zuidelijke sterrenbeeld Kiel – een chaotisch complex van gas- en stofwolken op 7500 lichtjaar afstand waarin voortdurend nieuwe sterren worden geboren.

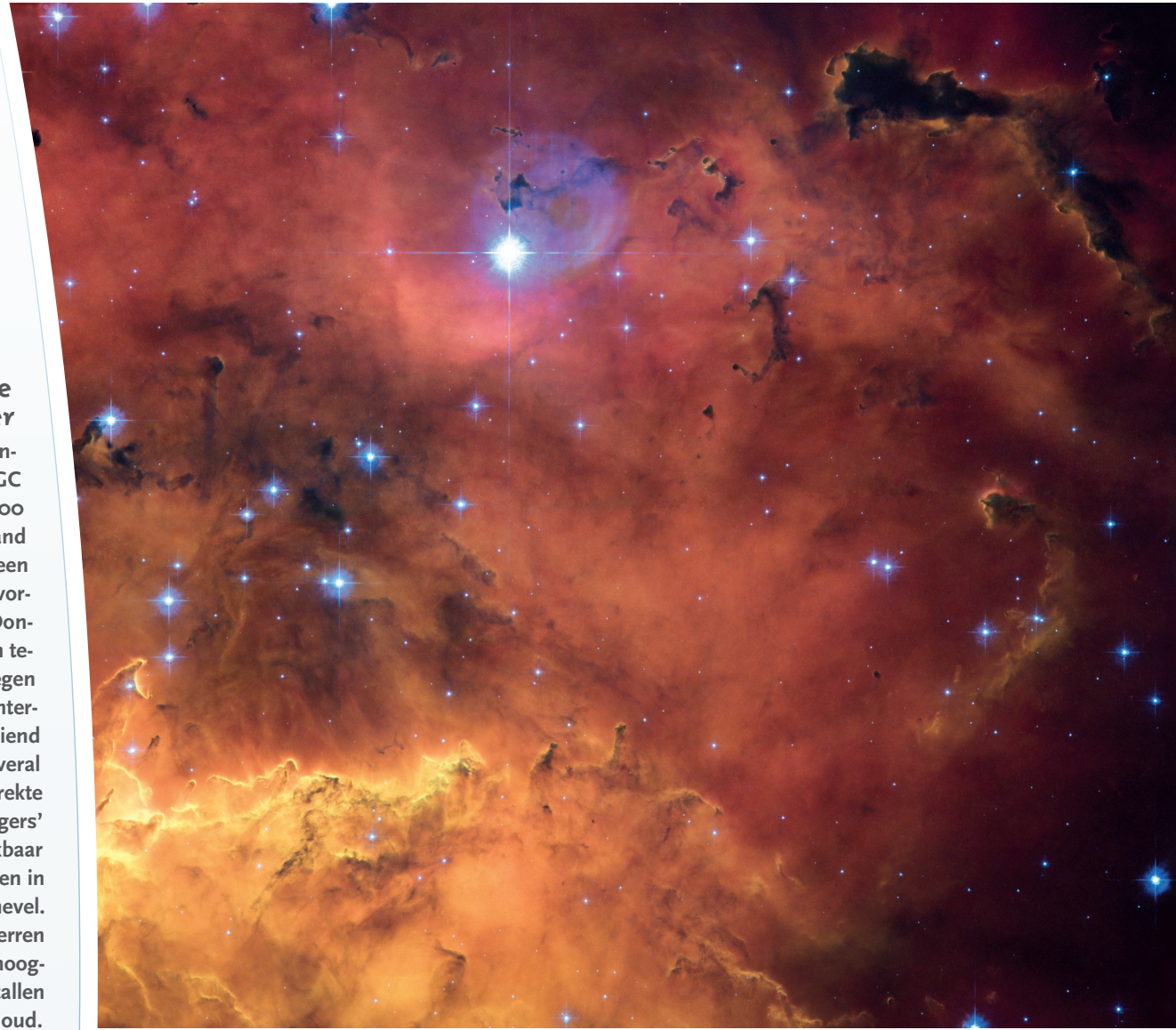
Overal in de nevel zijn schokgolven, verdichtingen en jonge protosterren te zien. Grillig gevormde stofwolken steken donker af tegen de heldere nevelachtergrond.



### Kleurrijke kraamkamer

Net als de Orionnevel is NGC 2467, op 13.000 lichtjaar afstand van de aarde, een gigantisch stervormingsgebied. Donkere stofwolken tekenen zich af tegen de kleurrijke achtergrond van gloeiend waterstofgas. Overal zijn langgerekte slierten en 'vingers' te zien, vergelijkbaar met de stofpilaren in de Adelaarnevel.

De meeste sterren op de foto zijn hooguit enkele tientallen miljoenen jaren oud.



Melkwegcentrum afgelegd. Eratosthenes en Einstein, Huygens en Hawking – elke natuurvorser uit verleden, heden en toekomst bestudeert in feite dezelfde still uit de biopic van het Melkwegstelsel. Om dat galactische levensverhaal goed in beeld te krijgen, moeten we tijdschalen van honderden miljoenen jaren in oogenoemde nemen. Zouden we eonen kunnen verdichten tot minuten, dan zagen we kosmische wolken borrelen en botsen, gas- en stofnevels ineensstorten en fragmenteren, en nieuwgeboren sterren oplichten als vuurvliegjes in de nacht. We zouden zien hoe het proces van stervorming om zich heen grijpt als een uitslaande bosbrand, en hoe de catastrofale dood van de ene ster de aanzet vormt tot de geboorte van andere. Het Melkwegstelsel is de roerige keuken van een honderd-miljard-sterrenrestaurant waar natuurwetten het recept vormen en waar aan een chef-kok geen behoefte is. Men neme een ruime hoeveelheid waterstof en helium met een mespuntje zware elementen, en laat vervolgens de zwaartekracht zijn gang maar gaan. Voordat je er erg in hebt worden de eerste zonnen al opgediend; met een beetje geluk gearneerd met planeten. Het begint allemaal met donkere moleculaire wolken – reusachtige koude nevels waarin losse

atomen zich deels hebben samengevoegd tot eenvoudige moleculen van waterstof en koolmonoxide. Ze hebben afmetingen van honderden lichtjaren en zijn alleen zichtbaar wanneer ze zich als een donker silhouet aftekenen tegen een heldere nevelachtergrond, of wanneer we hun microgolfstraling opvangen met speciale schotelantennes, zoals die van het ALMA-observatorium in Noord-Chili. Waar de dichtheid van het gas het hoogst is, zegeviert de zwaartekracht. Atomen en moleculen worden steeds dichter naar elkaar toe getrokken, en in het centrum van de wolk ontstaat een compacte kern die voldoende bouwstof bevat voor de vorming van tientallen of honderden sterren. Onder invloed van turbulente bewegingen en magnetische velden valt die kern uiteen in talloze fragmenten – de embryo's van solitaire sterren zoals de zon, maar ook van dubbelsterren en drie- of viervoudige stelsels. Na een korte periode van hooguit een paar honderd-duizend jaar fonkelt er diep in de moleculaire wolk een complete nieuwe sterrenhoop. En nu hun nucleaire ovens zijn ontbrand en opgestookt, blazen die pasgeboren sterren energierijke straling de ruimte in. De omringende wolk wordt van binnen uit verhit en schoongebazen. Schokgolven in het



### Verdampend stof

Donkere stofpilaren in de Adelaarnevel, op 7000 lichtjaar afstand in het sterrenbeeld Slang, verdampen onder invloed van de energierijke straling van een nabijgelegen sterrenhoop (boven, buiten beeld). Doordat deze foto op infrarode golflengten is gemaakt, zijn de protosterren in de stofpilaren goed zichtbaar: infrarode straling dringt gemakkelijker door stof heen dan zichtbaar licht.





gas en stof veroorzaken nieuwe verdichtingen, waaruit weer nieuwe sterren ontstaan. Om de haverklap klinkt een volgende geboortekreet in de kosmische kraamkamer.

De donkere wolk – de baarmoeder van het ster-  
vormingsproces – lost ondertussen langzaam maar  
zeker op. De ultraviolette straling van de zwaarste  
borelingen in de centrale sterrenhoop beukt in op  
het ijle gas, slaat de moleculen uiteen tot losse ato-  
men en brengt die vervolgens aan het gloeien met  
een karakteristiek rozerood schijnsel. Elders worden  
grillige gas- en stofwolken door diezelfde straling  
verdicht en geboetseerd tot nieuwe sterren-  
embryo's: kosmische 'eieren' die over niet al te  
lange tijd ook zullen uitkomen.

Tegelijkertijd vindt aan de randen van deze stof-  
wolken stralingsverdamping plaats. Net zoals  
zandsteenformaties in de loop van tienduizenden  
jaren eroderen onder invloed van de wind, zo slij-  
ten de donkere wolken langzaam maar zeker weg  
door de inwerking van sterlicht. Alleen in de scha-  
duw van de grootste verdichtingen, aan de lizijde  
van de stralingswind, houdt het stof langer stand.  
Zo ontstaan overal langgerekte donkere vingers die  
naar de centrale sterrenhoop lijken te wijzen, tot-  
dat ook zij het leven schenken aan nieuwe sterren,  
om vervolgens volledig te vervliegen.

Datzelfde lot wacht ook de jonge sterrenhoop.  
Binnen honderd miljoen jaar – één procent van de  
leeftijd van het Melkwegstelsel – valt de flonkeren-  
de verzameling geleidelijk uiteen, wanneer de  
zwaartekracht niet langer in staat is om de kriskras  
bewegende sterren aan elkaar te binden. De zwaar-  
ste gezinsleden hebben hun korte leven dan al  
beëindigd; lichtere broertjes en zusjes, zoals onze  
eigen zon, trekken de wijde wereld in, op pad langs  
de oevers van de Melkweg.

Vanaf Cerro Paranal biedt die Melkweg een adem-  
benemende aanblik: het samengevloeiende schijnsel  
van miljoenen ver verwijderde sterren, die alleen  
met een krachtige telescoop afzonderlijk zichtbaar  
zijn. Elders aan de hemel schitteren duizenden  
sterren op veel kleinere afstanden, in onze directe  
omgeving. Zitten daar de naaste verwanten van  
onze eigen zon tussen? Sterren die ruim vierehalf  
miljard jaar geleden in dezelfde sterrenhoop het  
levenslicht uitstraalden?

Niemand weet het. Wat we wél weten is dat er op  
dit moment op tal van plaatsen in het Melkweg-  
stelsel nieuwe sterren worden geboren, diep in de  
krochten van gas- en stofwolken die donker afste-  
ken tegen de glanzende Melkwegband, of open en  
bloot in helder oplichtende nevels. Nieuwe zon-  
nen, nieuwe planeten, misschien wel nieuw leven.  
Dat mirakel speelt zich overal in het  
Melkwegstelsel af, al lang voordat de aarde ont-  
stond, en nog lang nadat de mens van het toneel  
zal zijn verdwenen.

Als kosmische eendagsvlieg op een rondbolende  
zandkorrel krijg ik geen genoeg van het uitzicht.

### Eén grote familie

NGC 6611 is een  
sterrenhoop die pas  
zo'n 5,5 miljoen jaar  
oud is. De sterren  
ontstonden vrijwel  
tegelijkertijd in het  
centrum van de  
Adelaarnevel. Die  
nevel wordt door de  
straling van de pas-  
geboren sterren van  
binnenuit schoon-  
geblazen. Over zo'n  
honderd miljoen  
jaar zal de sterren-  
hoop uiteen zijn  
gefallen en hebben  
de sterren zich door  
het Melkwegstelsel  
verspreid.