



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Voorbij het eindeloze heelal

Kriek, M.T.

Citation

Kriek, M. T. (2025). *Voorbij het eindeloze heelal*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4249117>

Version: Publisher's Version

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4249117>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Prof.dr. Mariska T. Kriek

Voorbij het Eindeloze Heelal



Universiteit
Leiden

Bij ons leer je de wereld kennen

Voorbij het Eindeloze Heelal

Oratie uitgesproken door

Prof.dr. Mariska T. Kriek

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de

Extragalactische sterrenkunde

aan de Universiteit Leiden

op vrijdag 20 juni 2025



Universiteit
Leiden

Mijnheer/mevrouw de rector magnificus, geacht faculteitsbestuur, beste collega's, familie, en vrienden, zeer gewaardeerde toehoorders, hier in de zaal of via de livestream,

Meerdere collega's vertelden mij dat het leuke aan een oratie is dat je 45 minuten lang ongestoord aan het woord bent – en zelf mag bepalen waar je verhaal over gaat. Mijn verhaal gaat over het heelal, het immense, eindeloze heelal. Maar ook over de manier waarop wij wetenschap bedrijven, over de belangrijke rol die technologie speelt in de astronomie, over het dagelijks werk van een astronoom, en over waarom wij het heelal eigenlijk bestuderen. Maar waarom doe ik dit eigenlijk? Ik word nog steeds af en toe met verbazing wakker dat ik sterrenkundige ben – hoe is dat gebeurd?

Het was puur toeval dat ik in 1997 begon met een studie sterrenkunde. Ik wilde zoveel: bouwkunde, industrieel ontwerpen, wiskunde, biomedische wetenschappen – en ga zo maar door. Het was even sterrenkunde, maar dat was precies het moment dat ik mijn studiekeuzeformulier – toen nog gewoon per post – naar Groningen moest sturen. Ik had geen idee waar ik aan begon en wist eigenlijk helemaal niets over het heelal. Ik had geen telescoop, en ik kan nog steeds alleen Orion en de Grote Beer aanwijzen aan de sterrenhemel. Wat ik wel had, was een enorme nieuwsgierigheid en een fascinatie voor de onbegrijpelijke structuur van het heelal. Mijn natuurkundeleeraar op de middelbare school maakte ooit de vergelijking met het oppervlak van de aarde: iets dat eeuwig doorgaat en geen midden heeft – een analogie die mijn dochter al in groep drie had meegekregen. Ik ben ook geen sterrenkunde gaan studeren om wetenschapper te worden, maar omdat het me een fascinerende en moeilijke opleiding leek, waarna ik consultant of iets dergelijks zou worden. Maar zes jaar later studeerde ik af – en was ik helemaal om.

Er is enorm veel gebeurd in de sterrenkunde sinds ik in 1997 aan mijn studie begon. Zo weten we inmiddels dat het heelal 13,8 miljard jaar oud is en dus 13,8 miljard jaar geleden is

ontstaan in de oerknal. In het allereerste begin was het heelal extreem heet en zat alles samengeperst in een piepklein volume. Het bestond toen uit een gloeiendhete soep van piepkleine deeltjes – nog kleiner dan atomen. Terwijl het heelal steeds verder uitdijde, begon het langzaam af te koelen. Daardoor konden de losse deeltjes zich gaan samenvoegen tot grotere bouwstenen, zoals protonen en neutronen. Daarna ontstonden ook de eerste atomen, zoals waterstof en helium.

Toentertijd was de materie in het heelal bijna gelijkmatig verdeeld. Maar die “bijna” is belangrijk: juist op de plekken waar de dichtheid net iets hoger was, trok de zwaartekracht extra materie aan. Terwijl het heelal steeds verder uitdijde, klonterde deze materie samen, en werd het contrast tussen lege en dichte gebieden alleen maar groter. In die dichte gebieden ontstonden al snel de eerste sterren en sterrenstelsels. Maar hoe en wanneer dat precies gebeurde, daar weten we eigenlijk nog verrassend weinig van. En juist dat onderwerp greep mijn fascinatie. Dus in 2003 begon ik mijn promotieonderzoek naar sterrenstelsels in het jonge heelal, hier in Leiden, onder begeleiding van professor Pieter van Dokkum, verbonden aan Yale University, en professor Marijn Franx.

Hoe bestuderen we deze sterrenstelsels eigenlijk? In de observationele sterrenkunde kunnen we geen experimenten uitvoeren. We kunnen niet even op en neer naar die verre sterrenstelsels om een stukje rots op te halen. We kunnen ze ook niet van verschillende kanten bekijken, ontleden of op een weegschaal leggen. Sterrenstelsels zie je ook niet groeien of veranderen. De tijdschalen in het heelal zijn daarvoor veel te lang – en wij leven veel te kort. Op een enkele zeldzame supernova na, zien sterrenstelsels er gedurende een mensenleven vrijwel hetzelfde uit. De enige informatie die we hebben, komt uit onze waarnemingen. We moeten het doen met het licht dat deze verre sterrenstelsels naar ons uitzenden.

Maar ondanks die beperking hebben astronomen juist een heel bijzonder voordeel ten opzichte van andere wetenschap-

pers: wij kunnen terugkijken in de tijd en de geschiedenis van het heelal direct bestuderen. Dat is mogelijk omdat licht een eindige snelheid heeft – het doet er dus een tijdje over om ons te bereiken. Zelfs het licht van de zon is even onderweg. Om precies te zijn: 8 minuten. We zien de zon dus niet zoals die er nu uitziet, maar zoals die er 8 minuten geleden uitzag. We kijken dus 8 minuten terug in de tijd. Hetzelfde geldt op grotere schaal: het licht van de dichtstbijzijnde ster doet er vier jaar over om ons te bereiken. Ook die zien we dus zoals die er vier jaar geleden uitzag.

Dit geldt ook voor sterrenstelsels die zich op veel grotere afstanden van ons bevinden. Wanneer we bijvoorbeeld een foto van de hemel maken, ontvangen we tegelijkertijd licht van talloze sterrenstelsels uit verschillende tijdperken van het heelal. Sommige van die sterrenstelsels staan zo ver weg dat hun licht er meer dan 12 miljard jaar over heeft gedaan om ons te bereiken. Dat betekent dat we ze zien zoals ze eruitzagen toen het heelal nog geen 2 miljard jaar oud was. Het licht van de dichtstbijzijnde sterrenstelsels is daarentegen slechts enkele miljoenen jaren onderweg. In één enkele foto zien we dus het heelal door de jaren heen – of beter gezegd: door miljarden jaren heen. We kijken letterlijk de geschiedenis in.

Ja, u hoorde het goed: slechts een paar miljoen jaar. De afstanden en tijdschalen in het heelal zijn gigantisch. Een diepe afbeelding van het heelal, waarop talloze sterrenstelsels te zien zijn, beslaat doorgaans slechts een piepklein stukje van de hemel – vaak nog geen 10% van de oppervlakte van de volle maan. En de maan is natuurlijk al klein vergeleken met de hele hemel. Zo'n afbeelding laat dus maar een minuscuul stukje van ons universum zien. Boven op de afstanden en tijdschalen is dus ook het aantal sterrenstelsels in ons zichtbare heelal immens. En elk van die sterrenstelsels bevat op zijn beurt weer miljoenen tot honderden miljarden – of zelfs nog meer – sterren.

Tijdens mijn promotieonderzoek ontdekte ik dat de groei van sterrenstelsels in ons vroege heelal veel sneller was gegaan dan

we toentertijd dachten. We vonden enorm zware sterrenstelsels, nog zwaarder dan onze eigen Melkweg, toen het heelal nog maar zo'n 3 miljard jaar oud was – dus slechts 20 tot 25 procent van zijn huidige leeftijd. Met 'zwaar' bedoel ik: meer dan 100 miljard keer zo zwaar als de zon.

Deze sterrenstelsels waren eerder over het hoofd gezien, om twee redenen. Ten eerste hadden theoretische modellen niet voorspeld dat sterrenstelsels al zo veel sterren konden hebben gevormd in zo'n vroeg stadium van het heelal. Ten tweede waren deze sterrenstelsels niet eerder zichtbaar, zelfs niet met de beste telescopen van dat moment. Het zichtbare licht van deze stelsels was zo lang onderweg dat de lichtgolven inmiddels waren uitgerekt door de uitdijning van het heelal. Tegen de tijd dat dit licht onze telescopen bereikte, was het verschoven van zichtbaar licht naar infrarood – ofwel warmtestraling. Er waren dus telescopen nodig die infrarood licht konden waarnemen om deze sterrenstelsels überhaupt te kunnen ontdekken. Gelukkig kwam rond die tijd net een nieuwe generatie infraroodinstrumenten beschikbaar.

Om onze waarnemingen te verzamelen, vlogen we de hele wereld over. De observatoria die we gebruikten staan in droge, dunbevolkte en hooggelegen gebieden – zoals de Atacama-woestijn in Chili en op Mauna Kea in Hawaï. Deze hightech observatoria in maanachtige landschappen, gecombineerd met een jetlag en een omgekeerd dag-nachtritme, maken de ervaring vaak behoorlijk surrealistisch. Waarnemen is ontzettend leuk, maar het kan ook best pittig zijn – vooral in de winter, wanneer de nachten lang zijn. Dan werk je soms nachten achter elkaar wel 15 uur per nacht, en blijft er weinig tijd over om te slapen. En zelfs dat slapen gaat niet altijd gemakkelijk, door de hoogte, de droogte, de jetlag en het omgekeerde dag-nachtritme.

Het was ook altijd weer een verrassing hoe de waarneemrun zou verlopen. Het gebeurde regelmatig dat de telescoop 's nachts gesloten bleef door slecht weer of technische proble-

men, en gingen we met lege handen weer naar huis. Soms kwamen we na een lange reis aan in Hawaï, om te ontdekken dat een sneeuwstorm boven op de berg een stroomstoring had veroorzaakt. Dan zat er niets anders op dan de vulkanen te gaan bekijken of een duik te nemen in de oceaan. Maar het kwam ook vaak genoeg voor dat ik tijdens zo'n reis alleen de controlekamer van de telescoop zag – en het enige wat ons eraan herinnerde dat we werkelijk in Chili waren, was de pisco sour op het vliegveld of de empanadas op zondagavond.

Voor mijn promotieonderzoek maakte ik gebruik van een nieuwe generatie infraroodspectrografen, die net beschikbaar waren gekomen op de grootste telescopen op aarde. Vooral GNIRS, op de 8-meter Gemini South-telescoop, was essentieel voor ons onderzoek. Met dit instrument konden we het licht ontleden in verschillende golflengten – alsof we het uiteen trokken als een regenboog. Met deze waarnemingen bepaalden we de massa van de zware sterrenstelsels. We ontdekten ook dat deze sterrenstelsels geen nieuwe sterren meer vormden. Ze waren dus al heel vroeg volledig gevormd – volwassen sterrenstelsels in een nog onvolwassen heelal. Ja, astronomen zijn dol op menselijke analogieën. Gemini Observatory deed daar nog een schepje bovenop met een persbericht over onze resultaten, getiteld: “Geboortebeperving in het vroege heelal.” Ik werd vervolgens geciteerd op een feministisch forum, met de opmerking dat zelfs sterrenstelsels aan geboortebeperving doen.

Ook na het afronden van mijn promotieonderzoek was de pret nog niet voorbij – het avontuur aan de overkant van de Atlantische Oceaan lonkte. Dus eind september 2007, drie dagen na de verdediging van mijn proefschrift, vertrok ik naar de Verenigde Staten. Tijdens mijn vier postdoc jaren aan de Amerikaanse oostkust zette ik mijn onderzoek naar deze onverwachte sterrenstelsels voort. Met vervolgwaaarnemingen van de Hubble Space Telescope en nog diepere waarnemingen met Gemini-South ontdekten we dat deze verre zware sterrenstelsels, ondanks hun volwassen uiterlijk, toch heel anders waren dan de volwassen zware sterrenstelsels in het nabije heelal. Ze

waren namelijk veel compacter, en de dichtheid van sterren was extreem hoog. Als je op een planeet in zo'n sterrenstelsel in het vroege heelal zou wonen, zou de hemel bijna volledig gevuld zijn met sterren – onvergelijkbaar met onze eigen sterrenhemel.

Deze verre sterrenstelsels waren dus nog niet uitontwikkeld en hadden nog een lange weg te gaan. Je kunt het vergelijken met een mensenleven: wij groeien het meest in de eerste 18 jaar – ook zo'n 20 tot 25% van onze gemiddelde levensduur. Daarna veranderen we nog wel een beetje – we worden wat dikker en grijzer – maar niet meer zo ingrijpend als tijdens de eerste 18 jaar. Zo is het ook met deze sterrenstelsels. We nemen ze waar in hun ‘tienerjaren’: uitgegroeid in de lengte en net klaar met het vormen van al hun sterren. Naarmate ze ouder worden, nemen ze geleidelijk toe in massa en worden ze ronder en dikker. Dit resultaat was nogal opmerkelijk, omdat deze zware sterrenstelsels geen nieuwe sterren meer vormden. Hoe kon hun sterre-massa dan toch toenemen? We begrepen lange tijd niet goed waarom deze stelsels nog zoveel in de breedte groeiden, en er werden allerlei theorieën voorgesteld. Deze resultaten leidden tot felle discussies op conferenties en tot interessante persberichten. Meer onderzoek was nodig om dit beter te begrijpen.

Een van de leuke aspecten van de sterrenkunde is dat we dankzij technologische vooruitgang enorme stappen vooruit kunnen zetten. Elke keer dat er een nieuwe telescoop of een nieuw instrument beschikbaar komt, krijgen we compleet nieuwe inzichten. Vaak kunnen we eindelijk vragen beantwoorden die ons al jarenlang bezighouden. Maar soms ontdekken we totaal nieuwe objecten of verschijnselen die we nooit hadden verwacht. In sommige gevallen leidt zelfs de ‘irritante’ ruis in je data tot een Nobelprijs – zoals in 1964, toen Arno Allan Penzias en Robert Woodrow Wilson per ongeluk de achtergrondstraling van het heelal ontdekten. Ook in mijn eigen onderzoek leidden onverwachte afwijkingen in de data tot nieuwe onderzoekslijnen, en liet ik me tijdelijk meeslepen door vragen over

interstellair stof en pulserende sterren. De ontwikkeling van nieuwe instrumentatie speelt dus een cruciale rol in de vooruitgang van ons vakgebied.

Tijdens mijn jaren als promovendus en postdoc heb ik zeker geprofiteerd van nieuwe instrumentatie, maar inmiddels was ook die alweer ingehaald door de technologische vooruitgang. Als promovendus nam ik verre sterrenstelsels stuk voor stuk waar. Ik bracht zo'n 50 nachten door op bergtoppen en bestudeerde uiteindelijk ongeveer 40 verre sterrenstelsels. In 2012 kwam een nieuw instrument beschikbaar op de 10-meter Keck-telescoop in Hawaï: MOSFIRE. Dit instrument was niet alleen gevoeliger, maar maakte het ook mogelijk om ineens 30 sterrenstelsels tegelijk te bestuderen. Alles bij elkaar betekende dit een sprong vooruit van een factor ~100. In tegenstelling tot eerder gebruikte telescopen is Keck niet open voor alle astronomen, maar alleen toegankelijk voor wetenschappers die verbonden zijn aan bepaalde instituten. Gelukkig was ik in januari 2012 net begonnen als Assistant Professor aan de University of California in Berkeley – een van de weinige universiteiten met toegang tot Keck. Mijn verhuizing naar Californië was dus perfect getimed.

Onze eerste waarneming met MOSFIRE was op kerstavond, 24 december 2012. Waarnemen met Keck was een totaal andere ervaring dan met alle andere telescopen die ik tot dan toe had gebruikt. We vlogen helemaal naar Hawaï, maar werkten vervolgens vanuit het Keck-hoofdkantoor – naast een winkelstrip. We zaten dus niet op de berg, hoog boven de wolken, maar kilometers lager, onder het wolkendek. We konden de telescoop niet zien of horen. (Ja, telescopen maken best veel herrie als ze bewegen!) Wel konden we midden in de nacht even langs Starbucks voor een caféïnefix. Die eerste nacht met MOSFIRE was een geweldig kerstcadeau: zelfs na vijf minuten zag de data – voor tientallen sterrenstelsels tegelijk – er beter uit dan alles wat we in de jaren ervoor hadden verzameld. Ik heb waarnemen vaak vergeleken met een bezoek aan het casino: je gokt op iets – welk stelsel doen we, en wat zullen we vinden? Maar deze keer wonnen we echt de jackpot.

Tijdens mijn tien jaar in Californië breidde ik mijn onderzoeksprogramma uit, maar de verre, zware sterrenstelsels lieten me niet los. Hoe konden deze sterrenstelsels al zo vroeg in de geschiedenis van het heelal zoveel sterren hebben gevormd? Waarom kwam daar vervolgens een einde aan? En hoe groeiden ze uit tot de volwassen sterrenstelsels in het nabije heelal? Op al deze vragen hadden we nog steeds geen goed antwoord.

MOSFIRE maakte het mogelijk om dit vakgebied opnieuw in een stroomversnelling te brengen. Voor het eerst konden we de chemische samenstelling meten van sterren in onze sterrenstelsels. Die samenstelling geeft waardevolle informatie over het tijdstip, de snelheid en de omstandigheden waaronder sterren zijn gevormd. Waterstof en helium ontstonden bij de oerknal, maar alle andere elementen zijn pas later gevormd – in sterren en tijdens hun explosies. Welke elementen ontstaan, hangt af van het type ster. Zo worden zuurstof en magnesium vooral geproduceerd in de zwaarste sterren, koolstof en stikstof in middelzware sterren, en ijzer tijdens het explosieve einde van lichte sterren. Sterren van verschillende massa's hebben ook verschillende levensverwachtingen. Zware sterren leven meestal maar kort – zo'n 10 miljoen jaar – terwijl lichte sterren miljarden jaren kunnen meegaan. De chemische samenstelling van een sterrenstelsel is dus een soort klok: we kunnen eruit afleiden wanneer en hoe snel de sterren zijn gevormd.

Met MOSFIRE konden we voor het eerst meten hoeveel waterstof, magnesium en ijzer aanwezig was in onze verre, zware sterrenstelsels. We ontdekten dat deze sterrenstelsels hun sterren al 2 miljard jaar eerder hadden gevormd, toen het heelal pas 1 miljard jaar oud was. Dat gebeurde in een opvallend korte periode: in slechts 100 miljoen jaar tijd ontstonden al hun sterren. Dat komt neer op zo'n duizend nieuwe zonnen per jaar, op een moment dat het universum nog in zijn kinderschoenen stond. In november 2016 – dezelfde week waarin mijn dochter werd geboren en Trump voor het eerst werd gekozen – publiceerden we deze resultaten in *Nature*. Het was een ingrijpende week: met de baby op schoot en demonstranten op straat stond ik de pers te woord.

Na 10 mooie jaren in Berkeley en zo'n 80 waarneemnachten verder, had ik zo'n beetje alles gedaan wat ik met de geweldige Keck telescoop en het MOSFIRE-instrument wilde doen. Ik was klaar voor een nieuwe stap, zowel geografische als wetenschappelijk. De mogelijkheid bood zich aan om terug te keren naar Leiden. Kort na mijn verhuizing, precies 10 jaar na onze eerste nacht met MOSFIRE ging de James Webb Space Telescope (JWST) de lucht in. Het was dus weer een mooi kerstcadeau, nu op eerste Kerstdag. In spanning volgden we de lancering en de risicovolle reis naar zijn nieuwe thuis: 1,5 miljoen kilometer van de aarde, vier keer zo ver als de maan. Na zes maanden zouden we eindelijk ontdekken waartoe Webb in staat was. Ik zag de foto's voor het eerst bij de redactie van EenVandaag – nog geen uur later moest ik aan Nederland uitleggen wat ze betekenden.

In tegenstelling tot de Keck Telescoop is Webb toegankelijk voor astronomen van alle nationaliteiten en wetenschappelijke instellingen. Je hoeft alleen maar een goed idee te hebben – en andere astronomen moeten het ook een goed idee vinden. Je kunt al raden wat wij wilden doen: eindelijk die belangrijke vragen beantwoorden over het ontstaan en de ontwikkeling van onze mysterieuze sterrenstelsels. Gelukkig wisten we onze collega's te overtuigen. We schreven ons voorstel op in november 2020, in het eerste jaar van de pandemie, en in januari 2024 – meer dan drie jaar later – kregen we eindelijk onze eerste data van JWST. En het was het wachten dubbel en dwars waard.

Omdat Webb zich buiten onze dampkring bevindt, kan het veel scherpere beelden maken dan telescopen op aarde. De bewegingen in onze atmosfeer zorgen namelijk voor een wazig effect. JWST neemt bovendien waar in het infrarood, en is daarmee uitermate geschikt om het licht van verre sterrenstelsels op te vangen. Het hele ontwerp van de telescoop is ingenieus en de technologische vooruitgang is ongekend: in slechts 24 uur kon Webb wat de grootste telescopen op aarde zelfs in 100 nachten niet voor elkaar kregen.

Met Webb is ook de manier van onderzoek doen fundamenteel veranderd. We hoeven niet meer naar de andere kant van de wereld te vliegen, zijn niet langer afhankelijk van het weer, vieren onze verjaardag niet meer in Chili, en bakken geen olieballen meer in Hawaï. We kunnen 's nachts gewoon slapen. We dienen onze waarneeminstructies in bij NASA's Space Telescope Science Institute, en Webb voert het plan uit. Twee keer per dag maakt Webb contact met de aarde: zo worden de instructies verstuurd en de verzamelde data ontvangen. Met de grote telescopen op aarde keken we al niet meer met ons eigen oog door de telescoop, maar dit is weer een stap verder.

Maar dat "s nachts gewoon slapen" klopt toch niet helemaal. Voor ons eerste programma dienden we onze waarneeminstructies in oktober in, en pas in januari kregen we de data toegestuurd. We hadden vele slapeloze nachten. Wat als we er net naast zaten? Wat als het plan toch niet helemaal klopte? Wat als we een foutje hadden gemaakt? Of nog erger: als de telescoop ermee zou stoppen. Er kon zoveel misgaan. En 24 uur op Webb kost bijna vier miljoen dollar – dat zou dus een duur foutje worden. Maar toen we in januari 2024 eindelijk onze data kregen, bleek het nog mooier dan we hadden gehoopt.

En zo zetten we het afgelopen jaar, dankzij Webb, opnieuw een grote stap vooruit in het onderzoek naar onze favoriete sterrenstelsels. Voor het eerst konden we, met behulp van waterstof, koolstof, magnesium en ijzer metingen van 15 stelsels, nauwkeurig bepalen wanneer de populatie van vroege, zware sterrenstelsels is gevormd – en hoe snel dat ging. Ook konden we voor het eerst de bewegingen van sterren in deze verre stelsels meten. En wat bleek? Deze sterrenstelsels waren roterende schijven. Dat is behoorlijk verrassend, want de volwassen sterrenstelsels die we om ons heen zien, hebben meestal een ronde of elliptische vorm. Dit resultaat geeft ons nieuwe inzichten in hoe en waarom de stervorming precies is gestopt. Een populaire theorie was dat botsingen tussen twee grote schijfstelsels de stervorming tot stilstand brachten en tegelijkertijd de schijven verstoorden. Wat dan overblijft, is een meer bolvormig stelsel.

Maar onze waarnemingen laten zien dat die verklaring niet kan kloppen.

Dankzij deze waarnemingen kregen we ook een beter beeld van hoe die verre, zware sterrenstelsels verder groeiden nadat de stervorming tot stilstand was gekomen. Door botsingen met kleinere buurstelsels namen ze in omvang toe. Deze geleidelijke versmeltingen verstoorden hun schijfstructuur, waardoor de stelsels langzaam hun platte vorm verloren en steeds ronder werden. Uiteindelijk veranderden ze in de meer bolvormige, grotere sterrenstelsels die we in het heelal van vandaag de dag terugzien.

Het is nauwelijks te geloven hoeveel belangrijke resultaten Webb in zo'n korte tijd al heeft opgeleverd. Maar we zijn nog lang niet klaar met Webb – het leukste moet nog komen. Met de ongekend gedetailleerde data van JWST merken we dat ons gereedschap eigenlijk te simpel is geworden – we kunnen er niet uithalen wat er werkelijk in zit. Zo laat de manier waarop we de massa van sterrenstelsels bepalen nog te wensen over. We zien vooral de zware sterren en schatten vervolgens hoeveel lichte sterren er zouden moeten zijn. Maar dat is riskant, want juist die lichte sterren – die te zwak zijn om direct waar te nemen – bevatten het grootste deel van de massa. Komend jaar gaan we dit probleem aanpakken met extreem diepe waarnemingen van Webb. Voor het eerst gaan we direct meten hoeveel lichte sterren er zijn voor elke zware ster in verre sterrenstelsels. Dat noemen we de initiële massaverdeling van sterren. De data voor dit programma hebben we net binnen, en daar zijn we het komende jaar zoet mee.

En over precies een jaar gaat Webb opnieuw voor ons aan de slag. Dan keren we terug naar de basis: het verbeteren van onze modellen van sterren. Met deze verbeterde stermodellen en nauwkeurigere initiële massaverdelingen kunnen we sterrenstelsels – licht en zwaar, jong en oud – in ons heelal veel beter begrijpen. Op dit moment zorgen de vele aannames nog voor grote systematische onzekerheden. Je kunt het vergelijken met een weegschaal die standaard 5 kilo te veel aangeeft. Of toch niet?

Komend jaar voeren we ook een van de grootste extragalactische Webb-programma's tot nu toe uit, onder leiding van mijn voormalige promovendus Wren Suess, inmiddels professor aan de University of Colorado in Boulder. Met Webb gaan we een uitzonderlijk diepe en gedetailleerde dataset verzamelen, met afbeeldingen op 30 verschillende golflengten, over een gebied aan de hemel bijna zo groot als de maan. Daarmee brengen we in kaart hoe sterrenstelsels zich in de loop van de kosmische geschiedenis hebben ontwikkeld. Ook het enorme Webb data-archief biedt talloze mogelijkheden. Op dit moment plukken we vooral het laaghangende fruit en kijken we met onze Hubble-hersenen naar de Webb-data. Door met creatieve en vernieuwende methoden naar de data te kijken, hopen we ook op die manier het veld vooruit te helpen. Deze manier van werken heeft mij in het verleden veel opgeleverd. Door te graven in publieke data die al een tijdje lag te verstoffen, vonden we belangrijke nieuwe inzichten.

Want dat blijft toch het leukste aan onderzoek doen: ingewikkelde puzzels oplossen, het onbegrijpelijke proberen te begrijpen, en graven in de ruis. Doen wat niemand voor mogelijk hield – en laten zien dat het werkt. Al is het heelal ongelooflijk fascinerend, het had voor mij net zo goed iets anders onbegrijpelijk kunnen zijn: ons eigen lichaam, onze hersenen, onze aarde – noem maar op. Als astronomen vergeten we vaak dat die paar verlichte pixels op ons scherm in werkelijkheid enorme sterrenstelsels zijn, vaak nog groter dan onze eigen Melkweg. Dat we 10 tot 12 miljard jaar terugkijken in de tijd – dat we rechtstreeks de geschiedenis in kijken. Het zijn de complexe puzzels die ons dagelijks bezighouden. Vaak gaan daar eindeloze brainstormsessies aan vooraf. En telkens denken we: nu snappen we het. Om dan een paar dagen later tot de conclusie te komen dat we er toch helemaal naast zaten... of toch niet? Die momenten met studenten en collega's, dat zijn de leukste momenten van mijn week.

Net als veel andere astronomen krijg ik vaak de vraag over het belang van de astronomie. Daar zijn veel antwoorden op.

Bijvoorbeeld dat ons vakgebied heeft bijgedragen aan talloze technologische innovaties. Dat mensen van nature nieuwsgierig zijn, het eindeloze heelal willen begrijpen en willen weten waar wij – en onze planeet – vandaan komen. En natuurlijk dat we willen weten wat, en misschien wie, er nog meer leeft in dit heelal. Maar sterrenkunde is ook een uitstekende manier om mensen op te leiden. Zo ben ik er zelf tenslotte ook ooit ingerold. Elk jaar halen zo'n honderd studenten hun Leidse bachelor of masterdiploma in de sterrenkunde – en slechts een klein deel van hen zal daadwerkelijk het heelal blijven bestuderen. De meesten gaan zich richten op andere complexe – en vaak urgentere – puzzels, en dat is van groot belang, juist in deze uitdagende tijden. Misschien is dat wel onze meest waardevolle bijdrage aan de maatschappij. Het is dus cruciaal dat we als maatschappij de wetenschap blijven steunen – ook de fundamentele wetenschap, die op het eerste gezicht misschien geen directe maatschappelijke bijdrage levert, maar bij nader inzien, via educatie en innovatie, van enorme waarde is.

Dus bij deze wil ik mijn dank uitspreken aan NWO, die mijn onderzoek aan de Universiteit Leiden de afgelopen twee jaar mogelijk heeft gemaakt met een Vici-beurs. Ook in de Verenigde Staten werd mijn onderzoek grotendeels mogelijk gemaakt door de belastingbetaler: zowel NSF als NASA hebben mijn onderzoeksprogramma altijd royaal gesteund.

Net zo belangrijk waren de instituten die vertrouwen hadden in mij en mijn onderzoeksprogramma, en mij de kans gaven om dat waar te maken. Zowel Princeton University als de Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics boden mij als postdoc de gelegenheid om mezelf als onafhankelijk onderzoeker te bewijzen. Ik ben het Department of Astronomy van UC Berkeley zeer dankbaar dat ze mij de ruimte hebben gegeven om echt te laten zien wat ik kan, en me bloot te stellen aan de dynamiek van een Amerikaanse topuniversiteit. Het was een enorm waardevolle ervaring. En tot slot wil ik al mijn collega's van de Leidse Sterrewacht enorm bedanken – voor hun ver-

trouwen, steun, en de kans om terug te keren naar de plek waar het voor mij allemaal begon.

Ik dank het College van Bestuur en de Faculteit voor mijn aanstelling als hoogleraar, en voor het in mij gestelde vertrouwen. Het heeft even geduurd, maar na vier jaar heb ik deze oratie dan toch mogen uitspreken. Ik ben ook veel verschuldigd aan mijn promotoren, professoren Marijn Franx en Pieter van Dokkum. Marijn – zonder jouw heldere inzichten, maar ook jouw oog voor detail, was ik nooit gekomen waar ik nu ben. Pieter – jouw creativiteit is een enorme inspiratie en ik kijk er naar uit om nog vele jaren samen te werken. Ik wil ook mijn collaborators bedanken – voor de inspirerende samenwerkingen en de vele onvergetelijke conferenties en team meetings.

Maar de mensen aan wie ik het meest dank verschuldigd ben, zijn mijn huidige en voormalige promovendi. Zonder hen was mijn onderzoeksprogramma er niet geweest. Jesse, Francesca, Sedona, Wren, Aliza, Brian, Chloe en Martje – thank you all for deciding to work with me, to dive in deep, to step outside your comfort zone, to take ownership over your project, and to produce exciting and novel science. As I mentioned before, brainstorming science with you all is the best part of my job, and I am very proud of all the work we have produced together. Ja, u denkt nu misschien: dat zijn veel vrouwen. Is dat toeval? Ik weet het niet. Voor mij waren dit simpelweg de beste kandidaten. Wat ik wel weet, is dat ik tijdens mijn hele doctoraalopleiding maar één vak heb gevolgd dat werd gegeven door een vrouw. In de ~25 jaar die sindsdien zijn verstreken is dat gelukkig enorm verbeterd. Maar dat betekent niet dat we er al zijn – zeker niet in Nederland, waar de ouderwetse moedercultuur nog sterk aanwezig is. Als vrouw heb je hier toch vaak een dikke olifantshuid nodig om een wetenschappelijk carrière te combineren met het moederschap, zeker vergeleken met de Verenigde Staten.

Tenslotte wil ik al mijn familie en vrienden bedanken – voor hun steun, en voor alle leuke, aardse afleidingen. We hebben

het zelden over het heelal, maar nu weten jullie weer even waar ik me overdag mee bezighoud. Ik wil vooral mijn moeder bedanken: dat ze er altijd voor me is, en dat ik dankzij haar deze baan kan combineren met het ouderschap. En tot slot wil ik mijn dochter Nora bedanken – dankzij jou weet ik wat er echt toe doet.

Ik heb gezegd.

PROF.DR. MARISKA T. KRIEK



2003	Doctoraal Sterrenkunde, Universiteit Leiden
2007	Promotie Sterrenkunde, Universiteit Leiden (cum laude)
2007-2010	H. N. Russell Postdoctoral Fellow, Princeton University, VS
2010-2011	Clay Postdoctoral Fellow, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, VS
2012-2014	Assistant Professor, University of California, Berkeley, VS
2014-2021	Associate Professor, University of California, Berkeley, VS
2021-2022	Full Professor, University of California, Berkeley, VS
2021	Hoogleraar in de Extragalactische Sterrenkunde, Universiteit Leiden

