

Govert Schilling

NIEUWS

uit de

KOSMOS

40 jaar
sterrenkundige
hoogtepunten

FONTAINE UITGEVERS

Inhoud

Voorwoord	7
Inleiding	9
1984 Astronomen hebben handen vol aan resultaten IRAS-missie	13
1985 Ruimtesonde Giotto op pad naar beroemde komeet Halley	21
1986 Voyager-vlucht langs Uranus levert louter verrassingen op	26
1987 Helderste supernova sinds eeuwen is sterrenkundige goudmijn	33
1988 Rondtollende ster verdampt begeleidende dwerg	38
1989 Scheervlucht langs Neptunus is sluitstuk van Voyager-missie	45
1990 Lancering Hubble-telescoop luidt revolutie in de sterrenkunde in	52
1991 Astronomisch paradijs Mauna Kea herbergt grootste telescoop ooit	60
1992 Magellan-missie onthult ware aard van buurplaneet Venus	67
1993 Leeftijdscrisis heelal houdt kosmologische gemoederen bezig	72
1994 Astronomen zitten klaar voor komeetinslag op Jupiter	78
1995 Eerste planeet bij andere ster is zwaar buitenbeentje	83
1996 Hubble Deep Field: 'ultieme' foto van jong heelal	86
1997 Met Pathfinder begint een nieuwe fase in het Marsonderzoek	90
1998 Supernova's laten zien: heelal dijt steeds sneller uit	95
1999 Totale zonsverduistering brengt sterrenkundigen op de been	102
2000 Rondzwierende sterren verraden zwaar zwart gat in Melkwegkern	108
2001 Ruimtesonde maakt halfzachte landing op 'liefdesrots' Eros	113

2002	Vrijwilligers oefenen voor verblijf op Mars in woestijn Utah	117
2003	Astronomen ontdekken relatie tussen gammaflitsen en supernova's	126
2004	Eindelijk definitief bewijs voor nat verleden van Mars	131
2005	Huygens-capsule landt op Saturnusmaan Titan	135
2006	Stemming moet uitsluitel geven over planeetstatus Pluto	139
2007	ALMA: sterrenkunde op 5000 meter boven zeeniveau	145
2008	Pierre Auger-observatorium moet 'knockout'-deeltjes ontraadselen	152
2009	Ruimtetelescoop Kepler gaat op jacht naar een tweede aarde	157
2010	Nederland neemt revolutionaire software-telescoop LOFAR in gebruik	161
2011	Speurtocht naar aardscheerders wordt steeds intensiever	166
2012	Opnieuw vraagtekens bij ontstaanstheorie maan	171
2013	Kepler-telescoop levert tsunami van exoplaneten op	176
2014	Europese Rosetta-sonde arriveert in baan rond 'badeend-komeet'	183
2015	Ontdekking zwaartekrachtgolven kan elk moment plaatsvinden	188
2016	Boringen moeten licht werpen op krater van dino-inslag	195
2017	Astro-paparazzi jagen op de eerste foto van een zwart gat	200
2018	Crisis in de kosmologie: uitdijng heelal gaat sneller dan voorspeld	205
2019	Klopjacht op Planeet Negen levert tot nu toe nog niets op	211
2020	Snelle radioflitsen zijn afkomstig van kosmische supermagneten	215
2021	Robotwagentje Perseverance gaat bodemmonsters verzamelen op Mars	218
2022	Natuurkundigen bouwen neutrino telescoop op bodem Middellandse Zee	223
2023	Kosmische knipperbollen verraden trage trillingen in de lege ruimte	230
	Register	235

Inleiding

Veertig jaar geleden zag de wereld er heel anders uit. De Berlijnse Muur was nog niet gevallen, Joegoslavië was één land, en Ronald Reagan was president van de Verenigde Staten. Er leefden minder dan vijf miljard mensen op aarde, onder wie Salvador Dalí en Andy Warhol. Apple had net zijn eerste personal computer gelanceerd, maar internet en mobiele telefonie stonden nog in de kinderschoenen. Dilan Yeşilgöz was een 6-jarig meisje in Ankara, Thierry Baudet kreeg een paar keer per dag een schone luier, en Rob Jetten moest nog geboren worden. Net als Lady Gaga en Max Verstappen trouwens. Het klinkt bijna als de prehistorie.

Ook de wereld van de astronomie was veertig jaar geleden heel anders dan nu. Saturnus was de verste planeet die ooit bezoek had gekregen van een ruimtesonde. De Hubble Space Telescope zou zes jaar later pas gelanceerd worden. Van donkere energie, gammaflitsen en magnetars had nog nooit iemand gehoord, en over exoplaneten en zwaartekrachtgolven konden sterrenkundigen alleen maar speculeren. In 1984 twijfelden sommigen zelfs nog aan het bestaan van zwarte gaten.

Dat jaar, op zaterdag 3 maart om precies te zijn, verscheen mijn eerste artikel in *de Volkskrant*. Dat kwam zo. Twaalf jaar eerder, in maart 1972, was ik als 15-jarige scholier definitief gevallen voor de sterrenkunde, toen ik op een sterrenkijkavond in mijn toenmalige woonplaats Maarssen de planeet Saturnus zag door een echte telescoop. Na wat omzwervingen qua opleiding en werk wist ik in 1982 van mijn hobby mijn beroep te

maken, als programmaleider van het Zeiss Planetarium in het Amsterdamse Gaasperpark. Tijdens een borrel na afloop van de première van een nieuwe planetariumvoorstelling werd ik aangesproken door journalist Hans Friedeman van *de Volkskrant*. Of ik misschien een Nederlandse astronoom kende die regelmatig over ontwikkelingen in de sterrenkunde zou willen schrijven voor het nog relatief jonge wetenschapskatern van de krant. ‘Nu of nooit’ schoot het door me heen, en met het hart in de keel stelde ik voor dat ik dat zelf wel graag zou willen doen.

Schrijven deed ik al sinds de kleuterschool. Familiekrantjes, de schoolkrant, het kwartaalblad *UniVersum* van de JWG (Jongerenwerkgroep voor sterrenkunde) – overal schreef ik aan mee en meestal zat ik in de redactie. Sinds 1980 werkte ik zelfs één dag per week als hoofdredacteur van het astronomisch maandblad *Zenit*, dat nog steeds bestaat. Maar schrijven voor een van de grootste Nederlandse dagbladen – dat was natuurlijk heel andere koek.

Mijn eerste artikel (tevens het eerste artikel in deze bundel) ging over de Nederlands-Amerikaanse infraroodkunstmaan IRAS, die eind 1983 zijn revolutionaire waarnemingsprogramma had beëindigd. IRAS was echt een hoogtepunt in het ruimteonderzoek van die tijd, en gedurende de veertig jaren die sindsdien zijn verstreken, heb ik het voorrecht gehad om over nog veel meer hoogtepunten en opzienbarende ontdekkingen verslag te mogen doen in de krant, in de vorm van vele honderden nieuwsberichten, achtergrondverhalen, reportages en interviews. Ondertussen ‘versleet’ ik vier hoofdredacteurs en minstens vijf wetenschapschefs.

Als ik nu door al die artikelen blader (deels nog in de vorm van knipsels in ouderwetse plakboeken, maar voornamelijk in digitale vorm op mijn pc), realiseer ik me pas goed wat een enorme ontwikkeling de astronomie heeft doorgemaakt in de

afgelopen vier decennia. Nieuwe telescopen en ruimtesondes (waaronder de revolutionaire Hubble Space Telescope), karretjes op Mars, planeten bij andere sterren, intrigerende raadsels op het gebied van de kosmologie, onverwachte ontdekkingen en speculatieve theorieën – werkelijk alles komt voorbij. Mijn *Volkskrant*-archief is tevens een staalkaart van veertig jaar sterrenkundige progressie.

Bij het samenstellen van *Nieuws uit de kosmos* heb ik voor elk kalenderjaar één artikel uitgekozen. Dat viel nog niet mee; sommige boeiende ontwikkelingen of ruimtemissies (zoals bijvoorbeeld de ruimtetelescopen Gaia en Planck) vielen helaas tussen de wal en het schip. Bij de uiteindelijke selectie uit mijn vele honderden *Volkskrant*-bijdragen viel de keuze eerder op een langer overzichtsartikel waarin de nodige achtergrondinformatie wordt geboden dan op een beknopt, feitelijk nieuwsbericht van een paar alinea's. Op die manier biedt dit boek ook een verfrissende kennismaking met vrijwel elk deelgebied van de sterrenkunde, en maak je als lezer in feite een boeiende reis door de tijd, langs veertig astronomische hoogtepunten.

De artikelen zijn van nieuwe titels voorzien en heel licht geredigeerd. Onder aan elk artikel is een kort commentaar toegevoegd, waarin ik latere ontwikkelingen belicht en waar mogelijk verwijst naar gerelateerde artikelen in het boek.

In de afgelopen veertig jaar is ook de (wetenschaps)journalistiek ingrijpend veranderd – ook dat valt in deze bundel terug te zien. Kranten moesten de concurrentie aangaan met tijdschriften, websites, blogs en sociale media; internet begon ook voor de reguliere dagbladen een steeds belangrijker rol te spelen; artikelen werden korter en laagdrempeliger; serieuze koppen maakten plaats voor *click bait*. Mijn IRAS-verhaal uit 1984 zou nu nooit meer de papieren krant halen.

Maar wat nooit veranderd is: de enorme belangstelling bij

een groot publiek voor alles wat zich buiten de aarde afspeelt. Sterrenkunde is onverminderd populair, en zal ook de komende veertig jaar ongetwijfeld tot de verbeelding blijven spreken, ook al omdat de astronomie een veelbelovende toekomst tegemoet gaat. Of *de Volkskrant* in 2064 nog bestaat is ongewis, maar als er dat jaar opnieuw een *Nieuws uit de kosmos*-achtige bundel verschijnt, weet ik zeker dat ook die bol zal staan van fascinerende ontdekkingen en kosmische vergezichten.

Govert Schilling

1988 Rondtollende ster verdampt begeleidende dwerg

Laat in de nacht van 22 op 23 juni 1988, toen Nederland grotendeels op één oor lag, was Jan van Paradijs, wetenschappelijk hoofdmedewerker van het Sterrenkundig Instituut Anton Pannekoek van de Universiteit van Amsterdam, juist opgebleven om naar de merkwaardige ster PSR 1957+20 te kijken. Het gaat hier om een ster die waanzinnig snel roteert en daarbij zijn begeleider geheel verdampt.

De ster staat op een afstand van zo'n 3000 lichtjaren en het kleine beetje straling dat hij uitzendt kon tot dusver alleen met extreem gevoelige radiotelescopen worden waargenomen. Maar op de 2400 meter hoge vulkaantop Roque de los Muchachos op het Canarische eiland La Palma slaagde Van Paradijs er als eerste in de verdampende ster in zichtbaar licht te detecteren. Samen met acht (voornamelijk Britse) collega's gebruikte hij daarvoor de grootste telescoop van Europa: de William Herschel Telescope, die een spiegelmiddellijn van 4,2 meter heeft. De resultaten werden op 25 augustus in *Nature* gepubliceerd.

'De waarnemingsomstandigheden op La Palma zijn zo extreem goed,' aldus Van Paradijs, 'dat wij het betreffende sterretje duidelijk konden zien, zelfs al stond er op minder dan een boogseconde afstand een ander sterretje dat er helemaal niets mee te maken heeft.' Een boogseconde is de hoek waaronder je een dubbeltje ziet op een afstand van tweehonderd kilometer.

PSR 1957+20 werd in maart dit jaar ontdekt door drie Amerikaanse astronomen onder leiding van Andy Fruchter van de Princeton-universiteit. Ze gebruikten daarvoor de grote Areci-

bo-radiotelescoop op Puerto Rico, die een middellijn van driehonderd meter heeft. Fruchter en zijn medewerkers voerden een gerichte zoekactie uit naar zogeheten millisecondepulsars. Dat zijn sterretjes die in minder dan een honderdste seconde éénmaal om hun as draaien. Daarbij zwiepen ze krachtige bundels radiostraling door het heelal als de lichtbundels van een vuurtoren. Waarnemers op aarde zien zo'n draaiend object als een knipperende radiobron: een *pulsating star*, ofwel pulsar. Het nieuw gevonden object is met een rotatietijd van slechts 1,6 milliseconde de op één na snelste pulsar die thans bekend is. Op zich al een bijzondere vondst.

Op 5 maart dit jaar zagen Fruchter en zijn collega's echter iets volslagen onverwachts. Gedurende vijftig minuten vielen de radiopulsen geheel weg, alsof de pulsar plotseling aan het oog werd onttrokken. Nader onderzoek wees uit dat dit zich elke 9,2 uur herhaalde. De conclusie lag voor de hand: er moest een groot donker object om de pulsar heen bewegen, waardoor er regelmatig verduisteringen optreden. De onderzoekers konden berekenen hoe zwaar de begeleider van de pulsar moest zijn: slechts 2,5 procent van de massa van de zon. Van Paradijs legt uit waarom dat zo'n opzienbarend resultaat is. 'Een object met zo'n geringe massa kan nooit groot genoeg zijn om de verduisteringen te veroorzaken, die immers maar liefst bijna een uur duren. Door de getijdenkrachten van de pulsar zou zo'n ijl object helemaal uit elkaar worden gerukt.'

De onderzoekers veronderstelden dan ook dat de verduisteringen niet zozeer door de begeleider zelf werden veroorzaakt, als wel door een uitgestrekt gasomhulsel dat voortdurend van de begeleider wegstroomt. In feite stelden Fruchter en zijn collega's zich voor dat de begeleider een klein compact sterretje zou zijn (een witte dwerg), dat continu door de energierijke straling van de pulsar wordt gebombardeerd. Daardoor zouden de

buitenlagen van de dwerg volledig verdampen en in de ruimte wegstromen. Zij berekenden dat het sterretje over 'slechts' tien miljoen jaar compleet verdwenen zal zijn.

Hoe de verdamping precies in zijn werk gaat, is volgens Van Paradijs nog niet bekend. 'Theoretici denken dat de pulsar gammastraling uitzendt, omdat de verdampende werking van andere soorten straling minder sterk is. Maar er zou ook röntgenstraling of magnetische dipoolstraling in het spel kunnen zijn.' Bij dit alles moet wel worden bedacht dat de verdampende ster nog niet rechtstreeks was waargenomen. Het enige wat sterrenkundigen konden 'zien' waren de radiopulsjes van de pulsar. Vanzelfsprekend werd er snel jacht gemaakt op een optische identificatie. De pulsar zelf geeft te weinig zichtbaar licht om vanaf de aarde gezien te worden, maar de witte-dwergbegeleider zou misschien wel kunnen worden ontdekt.

In mei leek het even alsof de identificatie al gelukt was. Samen met twee collega's, Shri Kulkarni en George Djorgovski, ontdekte Andy Fruchter op de positie van de radiobron een zwak sterretje dat regelmatig van helderheid veranderde. Maar hij gebruikte daarvoor een betrekkelijk kleine telescoop (met een spiegelmiddellijn van anderhalve meter) en de waarnemingsomstandigheden waren verre van ideaal.

Met de veel betere instrumenten en omstandigheden op La Palma kon Van Paradijs in juni aantonen dat Fruchters sterretje in werkelijkheid het samengesmolten beeldje van twee sterretjes was. Eén daarvan heeft niets met de pulsar te maken; hij staat gewoon toevallig in dezelfde richting, alleen ruim twee keer zo ver weg. De andere ster is de witte dwerg. Deze blijkt vierhonderdduizend maal zo zwak te zijn als de zwakste sterren die met het blote oog aan de hemel gezien kunnen worden. Bovendien neemt de helderheid elke 9,2 uur nog eens met een factor twintig af. Deze verzwakking van het licht van de witte dwerg

valt precies samen met de verduistering van de radiopulsar. Als de radiopulsen verduisterd worden, bevindt de begeleider (de witte dwerg) zich tussen de pulsar en de aarde in en kijken we dus tegen de 'koele' kant van deze ster aan.

PSR 1957+20 is dus niet bepaald een alledaags object. De pulsar heeft een middellijn van ongeveer tien kilometer en bestaat uit opeengepakte neutronen met een gemiddelde dichtheid van honderd miljoen ton per kubieke centimeter. Zoals gezegd draait hij in slechts 0,0016 seconde éénmaal om zijn as. Op een afstand van een kleine twee miljoen kilometer bevindt zich de witte dwerg, die ongeveer even groot is als de aarde en uit gedegenererde waterstofatomen bestaat.

In slechts 9,2 uur draaien de twee objecten om elkaar heen. En alsof dat nog niet bizar genoeg is, lost de witte dwerg in een paar miljoen jaar tijd geheel op onder invloed van de straling van de pulsar. Wie zou dan ook verwachten dat beide sterren ooit vergelijkbaar zijn geweest met onze eigen vertrouwde zon? Toch is dat precies wat volgens Van Paradijs het geval is.

Lang geleden moeten er twee vrij normale sterren zijn geweest, die samen door het leven gingen als een rustige dubbelster. Toen de zwaarste van de twee, die het snelst evolueerde, tegen het eind van zijn leven opzwol tot een rode reus (dat lot staat ook onze zon te wachten), kwam de begeleider in de ijle buitenlagen van deze ster terecht. Het gevolg was dat de begeleider in zijn beweging werd afgeremd en in een steeds kleinere baan naar binnen spiraalde. De wrijvingswarmte die daarbij vrijkwam, zorgde ervoor dat de buitenlagen van de rode reus het heelal in dreven. Wat er overbleef, was een witte dwerg (de compacte kern van de rode reus), met op korte afstand een zonachtig sterretje.

'In zo'n geval,' aldus Van Paradijs, 'stroomt er stermaterie van de gewone ster naar de witte dwerg. In ons Melkwegstelsel komen zeker een paar honderdduizend van zulke objecten voor.'

Als gevolg van die materie-overdracht wordt de witte dwerg steeds zwaarder en als de massa ongeveer anderhalf maal zo groot is als die van de zon stort de witte dwerg verder ineen tot een neutronenster. De neutronenster draait al enorm snel rond, ongeveer eens per seconde, maar omdat het gas van de begeleider nu door het sterkere zwaartekrachtveld met een veel grotere snelheid op het oppervlak terechtkomt, neemt die rotatiesnelheid voortdurend toe. De neutronenster wordt 'opgezweept' als een priktol.

Om een nog niet geheel begrepen reden houdt de materie-overdracht na verloop van tijd op en kunnen we op aarde de bundels radiostraling van deze opgezweepte neutronenster waarnemen. We zien dan een millisecondepulsar. Wat er nog van de begeleider was overgebleven (niet veel meer dan een witte-dwergachtige sterkern) wordt door de energierijke straling van de pulsar verzengd tot de ster geheel is 'vervlogen'.

Aan de details van dit model wordt door de Amsterdamse sterrenkundigen hard gewerkt. Van Paradijs wil in elk geval de volgende zomer terug naar La Palma voor nieuwe, gedetailleerde waarnemingen.

PSR 1957+20 was het eerste voorbeeld van een zogeheten 'zwarte weduwe'-pulsar – een neutronenster in een dubbelstersysteem die zijn begeleider langzaam maar zeker 'opeet'. De hoge rotatiesnelheid is het gevolg van materieoverdracht van die begeleider; tegenwoordig zijn er veel meer van dit soort 'millisecondepulsars' bekend. Ze behoren tot de meest bizarre objecten in het Melkwegstelsel, en het zijn tevens de nauwkeurigste 'klokken' in het universum. Onderzoek aan millisecondepulsars heeft ook nieuw licht geworpen op zwaartekrachtgolven in het heelal (zie blz. 230).

2017 Astro-paparazzi jagen op de eerste foto van een zwart gat

Met een ruimteschip rakelings langs een zwart gat vliegen, zoals in de film *Interstellar*, zit er voorlopig nog niet in. Maar voor sterrenkundigen is het fotograferen van zo'n kosmische allesvreter al een heel opwindend alternatief. Volgende week is het zover: radiotelescopen over de hele wereld werken dan samen om het zwarte gat in de kern van de Melkweg in beeld te brengen. 'Het idee is al bijna twintig jaar oud,' zegt astronoom Heino Falcke van de Radboud Universiteit in Nijmegen, 'maar nu moet het eindelijk lukken.'

Een zwart gat is een gebied in de ruimte met zoveel zwaartekracht dat er zelfs geen licht uit kan ontsnappen. Dan valt er ook niets te fotograferen, zou je denken. Maar zwarte gaten zuigen materie uit hun omgeving op. Dat gas wordt heet en begint te gloeien, nog voordat het naar binnen valt. Het zwarte gat tekent zich dan als een donkere 'schaduw' af tegen die heldere achtergrond. Wat Falcke en zijn collega's proberen vast te leggen is dus eigenlijk de 'rand' van het zwarte gat (officieel de *event horizon* of de gebeurtenishorizon genoemd).

Uiteindelijk doel: kijken of Albert Einstein het bij het juiste eind had. Volgens Einsteins algemene relativiteitstheorie uit 1915 is de zwaartekracht in werkelijkheid niets anders dan een vervorming van de ruimtetijd. Die vervorming bepaalt de beweging van vallende appels, planeten en lichtstralen. Als de vervorming in een bepaald gebied te sterk is, kan er niets meer uit ontsnappen, zelfs geen licht. Zo'n gebied heet een zwart gat.

Maar de relativiteitstheorie is nog nooit goed getest in ex-

treem sterke zwaartekrachtvelden. Bestaan de voorspelde zwarte gaten wel echt? Hebben ze inderdaad een horizon – een *point of no return*? Kun je uit de afbuiging van het licht iets afleiden over de rotatie van het zwarte gat? Zwaartekracht is nog steeds een mysterieus fenomeen; wie er meer over wil begrijpen, kan niet om zwarte gaten heen. En een foto zegt meer dan duizend woorden.

Makkelijk is het niet. De ‘schaduw’ van het zwarte gat in de kern van de Melkweg heeft een middellijn van ruim vijftig miljoen kilometer – een derde van de afstand tussen de aarde en de zon. Dat lijkt heel wat, maar het gat staat wel op 27.000 lichtjaar afstand. Het is alsof je vanuit Den Haag de baardstoppels van president Erdogan in Ankara in beeld wilt brengen. Vanwege absorberend gas en stof lukt het bovendien niet in zichtbaar licht. De ‘foto’ kan alleen gemaakt worden met een radiotelescoop, op een golflengte van ruim één millimeter.

Voor een scherp genoeg beeld moeten sterrenkundigen eigenlijk een radioschotel bouwen zo groot als de aarde – complete sciencefiction natuurlijk. Maar je kunt ook superscherpe opnamen maken door kleinere instrumenten, verspreid over de aarde, aan elkaar te koppelen. Zo creëer je een virtuele reuzentelescoop, die heel toepasselijk de Event Horizon Telescope (EHT) is genoemd. Daar komt trouwens nog heel wat bij kijken – elk opgevangen radiogolfje moet bijvoorbeeld getimed worden met een precisie van een tienmiljardste seconde.

De eerste pogingen van Falcke en zijn Europese collega's, met een klein aantal radioschotels in 2004, waren veelbelovend, maar lieten de horizon nog niet zien. In de Verenigde Staten kreeg het team van radio-astronoom Shep Doleman het in 2007 evenmin voor elkaar. Er zijn ingrijpende technische aanpassingen vereist op alle deelnemende telescopen: overal moeten atoomklokken geïnstalleerd worden, en de verwerking van

de enorme hoeveelheid meetgegevens valt ook niet mee.

Inmiddels wordt er gewerkt aan de oprichting van een internationaal EHT-consortium, met Doeleman als directeur en Falcke als voorzitter van de wetenschappelijke raad. Een bijzondere combinatie, want echt soepel verloopt de samenwerking niet; op Twitter en Facebook heeft Falcke regelmatig zijn ongenoegen geuit. De Amerikanen pretenderen vaak dat het allemaal hún idee is en gaan soms een beetje als cowboys te werk, liet hij eerder weten. Europa is meer van de regeltjes en de zorgvuldige afspraken. 'Er zijn flinke verschillen in managementstijl,' zegt hij nu diplomatiek. 'Het lijkt soms de Verenigde Naties wel. Ik heb er slapeloze nachten van gehad.' De benodigde handtekeningen zijn nog steeds niet gezet, maar dat staat de gezamenlijke waarnemingscampagne van volgende week gelukkig niet in de weg.

Acht observatoria doen er mee, in Arizona, Mexico, Chili (twee stuks), op Hawaï (ook twee), op de Zuidpool en in Zuid-Spanje, waar Falcke straks zelf zit. Ze liggen allemaal op grote hoogte: de metingen gebeuren op een golfhoogte waarbij een kurkdroge omgeving en een ijle dampkring nodig zijn. En mooi weer – die voorwaarde zou nog weleens roet in het eten kunnen gooien. In totaal moet er in de periode van 4 tot 14 april vier nachten lang met alle instrumenten worden waargenomen, en dat lukt alleen als er echt nergens een wolkje aan de hemel is.

De belangrijkste deelnemer aan de campagne is de ALMA-sterrenwacht, op 5000 meter hoogte in Noord-Chili: de 66 schotelantennes van het observatorium geven de Event Horizon Telescope een enorme gevoeligheid. De Nederlandse astronoom Thijs de Graauw, tot 2013 directeur van ALMA, herinnert zich de jarenlange voorbereidingen vooral als 'veel politiek gedoe en een clash tussen persoonlijkheden. Het is een interessant experiment, maar het zal nog heel wat zweet kosten om het allemaal werkend te krijgen.'

Shep Doeleman, die tijdens de campagne gewoon op de Harvard-universiteit blijft, ziet vooral op tegen het lange wachten op een daadwerkelijk resultaat. 'Dit is een experiment in uitgestelde bevrediging,' zegt hij. Per waarnemingsnacht wordt maar liefst 2 petabyte aan ruwe data verzameld – ongeveer de inhoud van een half miljoen dvd's – en met de verwerking en analyse daarvan zijn grote supercomputers vele maanden in de weer. 'Reken er maar niet op dat we vóór 2018 iets kunnen laten zien,' aldus Doeleman.

En over wát we dan te zien krijgen, moeten de verwachtingen niet al te hoog gespannen zijn, waarschuwt Falcke. 'De horizon van het zwarte gat beslaat hooguit een paar pixels,' zegt hij. 'De verdeling van het afgebogen licht eromheen is waarschijnlijk asymmetrisch, als gevolg van de rotatie van het zwarte gat – dat verwacht ik wel in beeld te krijgen. Maar het wordt geen mooi kleurenplaatje zoals dat in *Interstellar* te zien is. Ik hoop dat het grote publiek straks niet teleurgesteld zal zijn.'

De wetenschappers zelf zijn in elk geval enthousiast. In de nabije toekomst zal de Event Horizon Telescope uitgebreid worden met nog meer radioschotels, wat de gevoeligheid alleen maar ten goede komt. Op het verlanglijstje van Heino Falcke: een twaalf meter grote Nederlandse schotelantenne voor millimeterstraling op de Gamsberg in Namibië. 'Je wilt je instrumenten zo gelijkmatig mogelijk verdeeld hebben over de aarde,' zegt hij, 'en Afrika is nog een grote witte vlek.' De financiering voor die Africa Millimeter Telescope is echter nog lang niet rond.

En daarna? Falcke hoeft niet lang na te denken. 'De ruimte in. Zowel in Rusland als bij de Europese ESA bestaan daar plannen voor of wordt er in ieder geval over nagedacht. Als je instrumenten op aarde kunt koppelen aan schotels in de ruimte, kun je een nog veel grotere virtuele telescoop creëren.'

De eerste 'foto' van een zwart gat, gereconstrueerd uit metingen die tijdens de EHT-campagne van 2017 zijn verricht, werd pas in april 2019 gepubliceerd. Het was geen opname van Sagittarius A (het zwarte gat in de kern van ons eigen Melkwegstelsel; zie blz. 108), maar van een enorm veel zwaarder zwart gat in het centrum van het sterrenstelsel M87. Het duurde tot 2021 voordat ook de metingen aan Sagittarius A* in detail geanalyseerd waren. Zo mogelijk wordt elk voorjaar een nieuwe meetcampagne uitgevoerd; uiteindelijk hopen Falcke en zijn collega's zelfs timelapse-filmpjes van zwarte gaten te kunnen maken.*