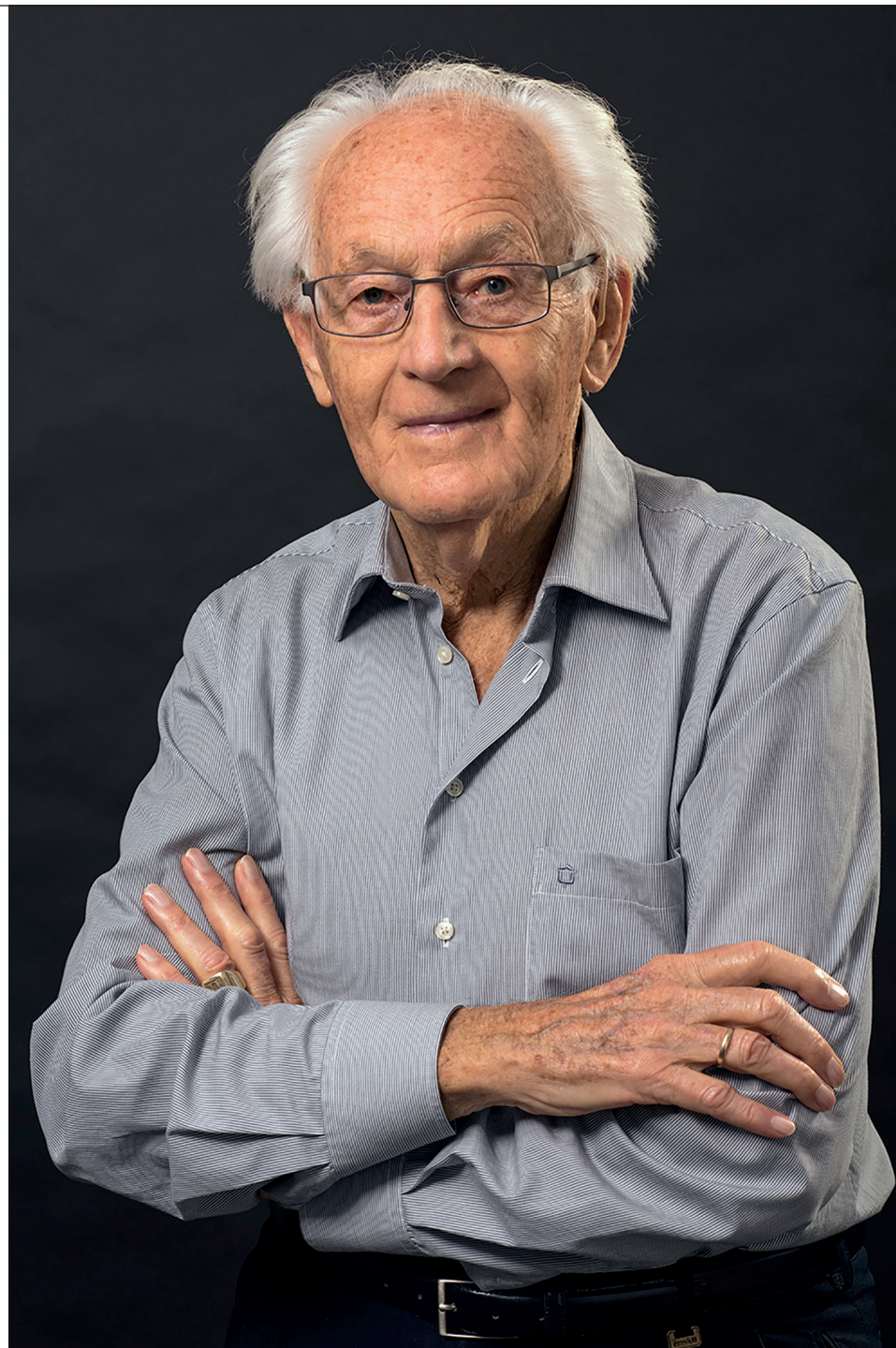


Honderd jaren Kees de Jager

- Sterrenkundige Kees de Jager, die op 29 april zijn honderdste verjaardag vierde, kan terugkijken op een bijzonder vruchtbare wetenschappelijke carrière.
- Zijn onderzoek omvatte onder meer thema's als spectrale analyse, zonnevlammen, hyperreuzen en de invloed van de zon op het klimaat.
- Ook als bestuurder, organisator en popularisator heeft Kees de Jager in de loop der jaren een indrukwekkende staat van dienst opgebouwd.

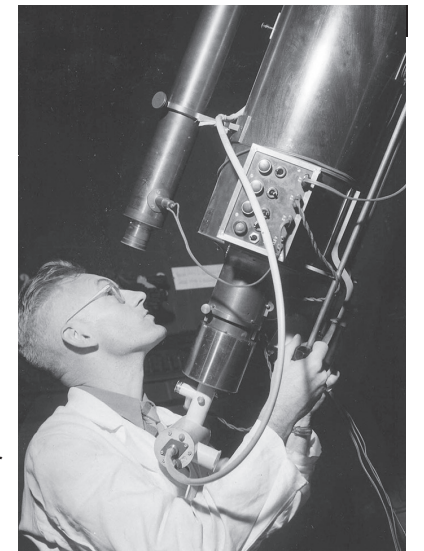


Kees de Jager.



Het gezin
De Jager in
Langowan,
Indonesië.

Kees de Jager achter
de Merz-telescoop
van Sonnenborg,
1953.(Sonnenborgh)



Het leven van Cornelis de Jager, roepnaam Kees, was gedurende vele jaren nauw met de Utrechtse Sterrenwacht Sonnenborgh verbonden. In 1939 begon hij er de studie sterrenkunde, tijdens de Tweede Wereldoorlog zat hij er ondergedoken en in de jaren na de oorlog groeide hij er van wetenschappelijk medewerker uit tot hoogleraar, later tot directeur van de Sterrenwacht. Van 1963 tot 2003 woonde hij in de directeurswoning op Sonnenborgh, samen met zijn vrouw Doetie Rienks, die hij al op de middelbare school in Surabaya had leren kennen. Kees gaf talloze lezingen over nieuwe ontwikkelingen in de sterrenkunde, in dezelfde zaal van de sterrenwacht waar hij als student zijn eerste colleges had gevolgd. Hij ging daar mee door nadat hij was verhuisd naar het eiland waar hij was geboren: Texel.

Kees is een markante persoonlijkheid, een eminent sterrenkundige, een begenadigd popularisator, een uitstekende bestuurder, een voortreffelijke spreker, als geboren Texelaar ongevoelig voor autoriteit en wars van nonsens, maar bovenal een zeer aimabel mens. Op 29 april jongstleden vierde Kees zijn honderdste verjaardag, een heugelijk feit waaraan *Zenit* in het afgelopen aprilnummer (blz. 34-36) al aandacht besteedde. Hier volgt een uitvoeriger terugblik op zijn rijke leven.

Door Frank Verbunt

Kees de Jager werd op 29 april 1921 geboren als zoon van een onderwijzer. Verklaart dat het opgeheven vingertje waarmee hij zijn betoog graag onderstreept? Zijn moeder Cornelia en vader Jan besloten het avontuur te zoeken en verhuisden in 1926 met hun gezin naar de Minahasa op Noord-Sulawesi. Ze woonden ze daar

vanaf 1929 in een klein dorp, waar ze de enige blanken waren. Kees maakte er vrienden, sprak de lokale taal en zou vele jaren later nog zeggen dat hij zich meer Minahasser voelde dan Nederlander. Toen het gezin naar Surabaya op Java verhuisde, Kees was inmiddels twaalf, verbaasde en ergerde hij zich over de hiërarchie daar: op zijn middelbare school zaten vooral blanken en erg weinig Indonesiërs.

Zonneonderzoek

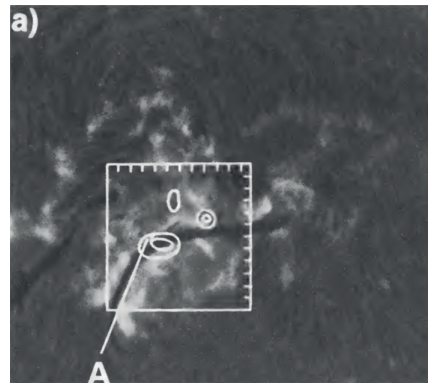
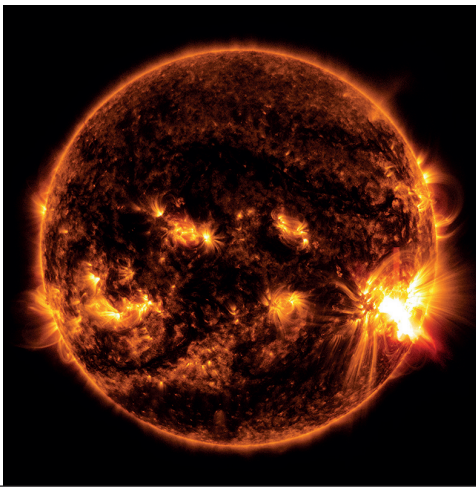
In 1939 keerde Kees terug naar Nederland om er in Utrecht te studeren. Onder de indruk van Marcel Minnaert, koos hij voor sterrenkunde. De belangstelling voor sterrenkunde was hem door zijn vader bijgebracht, al toen hij elf was: "Kijk jongen", zei mijn vader, "zie je die twee sterren? De ene schijnt wit maar de andere is oranje-rood. Dat komt omdat de witte heter is dan de andere". Zijn leven lang zou Kees grote bewondering houden voor zijn leermeester Minnaert. In 1943 moest Kees samen met medestudent en vriend Hans Hubenet onderduiken op Sonnenborgh, omdat ze de loyaliteitsverklaring aan de Nazi's niet wilden ondertekenen. Overdag zaten beiden in een kleine verborgen ruimte, 's nachts werkten ze. Kees bereidde zijn eerste publicatie voor: over de verdeling van licht over het oppervlak van de galileïsche manen van Jupiter. Hij vond dat Ganymedes afweek van de andere manen Io, Europa en Callisto.

Het artikel, zijn eersteling, werd in 1946 gepubliceerd. In de jaren daarna publiceerde Kees de waarnemingen van de helderheid van variabele sterren die hij tijdens de onderduikperiode met de Merz-telescoop op Sonnenborgh had gedaan. Daarmee trad hij in de voetstappen van een vroegere directeur van de Utrechtse sterrenwacht, Albert Nijland. De belangstelling van Kees was toen al aan het verschuiven naar de zon. Minnaert en Anton Pannekoek hadden een prachtige methode bedacht om door analyse van de lijnen in het spectrum van een ster, en dus ook van de zon, de temperatuur en dichtheid in de atmosfeer van de ster te bepalen, als functie van de afstand tot het oppervlak. Zoals Kees het zei: "Elk van deze zogenoemde absorptie- of emissielijnen vertelt ons een

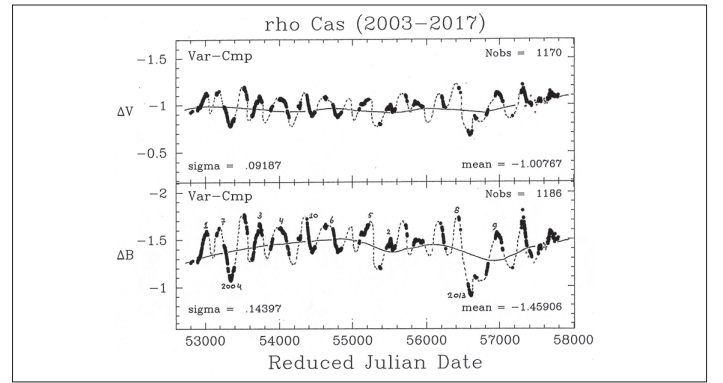


Kees na afloop van zijn oratie met vrouw en kinderen, 1961.

Zonnevlam (rechts), op 27 oktober 2014 gefotografeerd door het Solar Dynamics Observatory in extreem-ultraviolette golflengten. (NASA/SDO)



Opname van een actief gebied op de zon in het licht van de H α -spectraallijn, 21 mei 1980. Het witte vierkant geeft het blikveld van HXIS, ongeveer 260.000 $\times$ 260.000 km, met daarin contouren van röntgenstraling. (Hoyng e.a. 1982)



Veranderingen in de magnitude van de gele superreus rho Cas gedurende 14 jaar in geel (V) en blauw (B) licht. Uit deze veranderingen kunnen de variaties in grootte en temperatuur van de ster worden afgeleid. (Van Genderen e.a. 2019)

lang en boeiend verhaal en het loont de moeite zich hun taal eigen te maken.” Samen met de Brusselse sterrenkundige Lucien Neven publiceerde Kees in 1951 een voorbereidend artikel en vervolgens een reeks artikelen waarin de eigenschappen van de buitenste lagen van de zon werden blootgelegd. In 1952 behaalde Kees cum laude zijn doctorstittel op dit onderwerp, bij Minnaert. Een Utrechtse expeditie werd georganiseerd om in Khartoum in Soedan de zonsverduistering van 1952 waar te nemen, en ook die waarnemingen werden verwerkt in een volledig model van de buitenlagen van de zon, dat van de auteurs Hans Heintze, Hubenet en De Jager de naam Utrecht Reference Photosphere 1964 kreeg, en de faam van Sonnenborgh als internationaal erkend centrum van zonnefysica bevestigde. Het model laat zien dat van binnenin de zon naar het oppervlak de temperatuur eerst afneemt, in de fotosfeer, en vervolgens weer toeneemt, in de chromosfeer. In 1967 organiseerde Kees een conferentie in het Bilderberg Hotel bij Arnhem waarin zonnefysici bijeenkwamen om een vergelijking te maken tussen verschillende methoden om de zonneatmosfeer te onderzoeken. Uit de overeenstemming die daar werd bereikt volgde een nieuw model, het Bilderberg Model, dat door Kees samen met de Amerikaanse sterrenkundige Owen Gingerich in 1968 werd gepubliceerd.

Politiek en leiderschap

Kees voelde zich nauw verwant met de Indonesische bevolking en was verontwaardigd dat Nederland in 1947 en 1949 de onafhankelijkheid van Indonesië gewelddadig probeerde tegen te houden. Kees stak zijn destijds uiterst linkse opvattingen niet onder stoelen of banken, met als een van de gevolgen dat hem tot 1961 (!) de toegang tot de Verenigde

Staten werd geweigerd. Hierdoor liep hij onder meer een aan hem in 1954 aangeboden hoogleraarspositie in Princeton mis. In 1961 hield Kees zijn inaugurele rede als hoogleraar, waarin hij het Nederlandse regeringsbeleid ten aanzien van Indonesië nog eens duidelijk afkeurde. Vervolgens begon een periode waarin Kees steeds meer in bestuursfuncties van internationale wetenschappelijke organisaties terecht kwam. Zijn grote kennis van zaken gepaard met een sympathiek karakter en diplomatieke gaven zullen daarbij zeker een rol hebben gespeeld, evenals het feit dat hij als Nederlander vloeiend Frans, Duits en Engels sprak. Op 1 oktober 1961 richtte Kees het Utrechtse Laboratorium voor Ruimteonderzoek op, dat hij tot 1983 als directeur zou leiden. Dat was één van de vele activiteiten rond 1960 om het ruimteonderzoek in Europa op te zetten. Van meet af aan was Kees daarbij betrokken als lid van talloze commissies. Als uitvloeisel daarvan richtte Kees in 1962 met de uitgever Reidel het wetenschappelijk tijdschrift *Space Science Reviews* op, waarin de ontwikkelingen in het ruimteonderzoek in overzichtsartikelen werden samengevat, en in 1967 ook nog het wetenschappelijk tijdschrift *Solar Physics*.

In 1967 richtte Kees samen met de Duitse sterrenkundige Karl-Otto Kiepenheuer en de Italiaanse sterrenkundige Guglielmo Righini de Joint Organisation for Solar Observations op. Door het werk van deze organisatie zou de vulkaan Roque de los Muchachos op het Canarische eiland La Palma als plek voor zonneobservatoria uit verschillende Europese landen worden uitgekozen. Eén daarvan was de Dutch Open Telescope. Ook in 1967 werd Kees assistent-secretaris-generaal van de IAU, de Internationale Astronomi-

sche Unie, en in 1970 secretaris-generaal. Als vertegenwoordiger van de IAU kwam hij in 1968 in COSPAR terecht, de internationale organisatie voor Coöperation in Space Research. Al in 1972 werd hij President van deze organisatie, waar hij al zijn diplomatiek talent nodig had om de Verenigde Staten en de Sovjet Unie beide tevreden te houden. Vervolgens werd hij in 1976 vicepresident en in 1978 president van de International Council of Scientific Unions, de overkoepelende wereldorganisatie van alle natuur- en exacte wetenschappen. Daar moest hij het probleem oplossen hoe Communistisch China en Taiwan – dat door China als een opstandige provincie wordt beschouwd – beide lid konden worden. Beide landen beweerden heel China te vertegenwoordigen. Dat omzeilde Kees door in de statuten te zetten dat niet landen, maar territoria lid konden worden. Daarmee konden beide landen leven. Al deze activiteiten leidden tot talloze vriendschappen met vooraanstaande sterrenkundigen en overige wetenschappers over de hele wereld. De kwaliteit van het werk van Kees werd erkend in eredoctoraten in Parijs en Wrocław, en met eremedailles in Groot-Brittannië, de Verenigde Staten, Frankrijk, Duitsland en de Sovjet Unie.

Zonnevlammen

Het werk van Kees aan de zon leidde tot speciale belangstelling voor de uitbarstingen in de vorm van zonnevlammen. Zijn Utrechts Laboratorium voor Ruimteonderzoek richtte zich mede daarom op het waarnemen van röntgenstraling. De Koninklijke Academie der Wetenschappen vroeg wetenschappers om een idee voor een Nederlandse wetenschappelijke satelliet. Kees had wel drie ideeën. Het eerste daarvan leidde tot röntgentelescopen in de Astronomische Nederlandse Satelliet ANS die

30 augustus 1974 werd gelanceerd, met een Gronings instrument voor de waarneming van ultraviolette straling en twee Utrechtse detectoren voor röntgenlicht. In samenwerking met Philips en Fokker ontwikkelde het Utrechtse laboratorium, onder leiding van Kees, die detectoren en de apparatuur om de stand van de satelliet te regelen. Op beide gebieden behoort het lab ook nu nog tot de wereldtop. Met de ANS werden onder meer de röntgenflitsen van neutronensterren ontdekt. Waarnemingen daarvan vormen de enige mogelijkheid om de straal van een neutronenster te bepalen. Inmiddels was duidelijk dat zonnevlammen bronnen van röntgenstraling zijn. Dat vereist temperaturen van miljoenen graden. Om die enorm hoge temperaturen te verklaren, combineerde Kees technische ontwikkeling met theoretische natuurkunde. Voor het eerste werd een speciale camera gebouwd die harde röntgenstraling kon afbeelden: de Utrecht Hard X-ray Imaging Spectrometer HXIS. Deze werd op tijd ontwikkeld om tijdens een periode van maximale activiteit op de zon, wanneer veel zonnevlammen optreden, te kunnen waarnemen met de Amerikaanse Solar Maximum Mission-satelliet. Ir. Bert Brinkman schreef zijn proefschrift onder de leiding van Kees over de bouw van dit instrument. Twee andere promovendi van Kees, Max Kuperus en Peter Hoyng, gebruikten hun kennis van de natuurkunde van zeer hete gassen bij het interpreteren van de data verkregen met HXIS. De waarnemingen maakten duidelijk dat de harde röntgenstaling ontstaat als magnetische lussen, gevuld met heet gas, met elkaar in botsing komen. Het artikel daarover behoort met het artikel over het Bilderbergmodel tot de meest geciteerde artikelen van Kees. HXIS nam waar van 14 februari 1980 tot 12 december 1989.

Röntgenbronnen en hyperreuzen

De bij HXIS ontwikkelde techniek om harde röntgenstraling af te beelden werd ook gebruikt bij een Utrechts instrument op het Russische ruimtestation MIR, waarmee röntgenbronnen in de Melkweg werden waargenomen. Het idee daarvoor was geboren in 1977, tijdens een gesprek tussen Kees en de Russische fysicus Roald Sagdeev... in een sauna in Tel Aviv³. Toen dat instrument stuk ging haalde Kees de wereldpers door de Russen zover te krijgen om het euvel met een ruimtewandeling te verhelpen. Nogmaals dezelfde techniek, verbeterd met de op de MIR opgedane ervaringen, werd gebruikt voor de twee groothoek-röntgencamera's in de Italiaans-Nederlandse satelliet BeppoSAX. John Heise, promovendus van Kees, ontdekte met deze instrumenten dat gammaflitsen, extreem korte stoten gammastraling uit het heelal, nagloeien in röntgenlicht. Hij bepaalde met de groothoekcamera's de posities van gammaflitsen voldoende snel en nauwkeurig om vervolgwarnemingen mogelijk te maken met röntgen- en optische telescopen met een veel kleiner blikveld en aanzienlijk nauwkeuriger positiebepalingen. Daarmee kon het probleem van de raadselachtige oorsprong van gammaflitsen eindelijk worden opgelost: ze zijn afkomstig uit verre sterrenstelsels, van onder meer een bijzonder soort supernova-explosies. Vanaf 1980 verlegde Kees zijn aandacht opnieuw, nu naar de grootste sterren die we kennen. Samen met de Leidse sterrenkundige Arnout van Genderen en Utrechtse collega Hans Nieuwenhuizen liet hij zien dat deze sterren pulseren en daarbij in temperatuur variëren van 4000 tot 8000 graden en weer terug. Bij de publicatie van een artikel hierover in 2019 was Arnout van Genderen 83 jaar. Kees was daarvan niet onder de indruk,

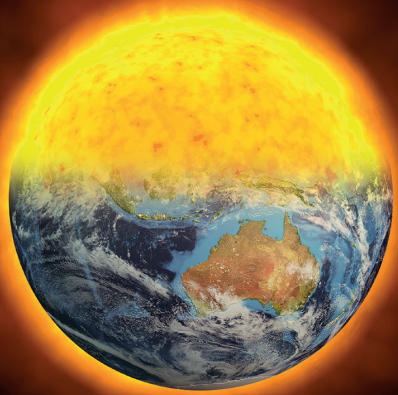
hij was 98. Na zijn terugkeer naar Texel raakte Kees de laatste twintig jaar ook geïnteresseerd in de opwarming van de aardatmosfeer; als zonnefysicus kon hij laten zien dat die niet aan de zon kan worden toegeschreven. Eind 2020 publiceerde hij hierover samen met Sylvia Duhau en Ad Nieuwenhuizen het boek *Solar Magnetic Variability and Climate*.

Sterrenkunde in Utrecht

Twee instituten in Utrecht kwamen onder leiding van Kees de Jager tot grote bloei: het Sterrenkundig Instituut van de Universiteit Utrecht en het Laboratorium voor Ruimteonderzoek. Het eerste breidde hij op basis van de wetenschappelijke erfenis van Minnaert uit tot een groot instituut. De onderwijskundige kwaliteiten van Kees blijken uit het grote aantal uitstekende onderzoekers dat hij heeft opgeleid, die op hun beurt uitstekende onderzoekers opleidden, die... enzovoorts, inmiddels al honderden. Over de hele wereld werken wetenschappelijke nazaten van Kees. Kees werkte zich enkele keren in een nieuw gebied in door er een boek over te schrijven, zoals *Structure and dynamics of the Solar Atmosphere* (1959) en *The Brightest Stars* (1980). Niet toevallig werden deze onderwerpen zwaartepunten van het onderzoek in Utrecht, het eerste onder leiding van Cees Zwaan en later Rob Rutten, en het tweede onder leiding van Henny Lamers. Dat Amsterdam met Ed van den Heuvel en Brussel met Bert de Loore centra van het onderzoek aan de evolutie van sterren werden is direct terug te voeren op de colleges die Kees hen in de jaren 1960 over dit onderwerp in Utrecht en Brussel gaf (van 1960-1970 was hij buitengewoon hoogleraar aan de Vrije Universiteit in Brussel, voor één dag per week). Ook de werkplaats groeide, waar niet alleen instrumenten als de Utrecht Echelle Spectrograaf voor

SOLAR MAGNETIC VARIABILITY AND CLIMATE

C. de Jager, S. Duhau,
A.C.T. Nieuwenhuizen



stip-media

Op zeer hoge leeftijd publiceerde Kees samen met anderen nog het boek *Solar Magnetic Variability and Climate*.

de grootste telescopen uit die tijd werden gebouwd, maar Rob Hammerschlag ontwikkelde er zelfs een revolutionair en veel nagevolgd concept voor een complete zonnetelescoop. Het Laboratorium voor Ruimteonderzoek groeide uit het niets op tot één van een handvol leidende instituten in de wereld. De microscopische fijne tralies voor röntgenspectroscopie in de eerste twee generaties röntgensatellieten werden in Utrecht gemaakt; die voor de huidige derde generatie in samenwerking met het Max Planck Instituut in München en het Goddard Space Flight Center in Maryland. De interpretatie van die spectra gebeurt met door Rolf Mewe en medewerkers op het lab ontwikkelde theorie en programmatuur. Zo verenigde het Sterrenkundig Instituut en het Laboratorium voor Ruimteonderzoek theorie en techniek op het allerhoogste niveau, in navolging van Kees zelf.

Sterrenkunde uit Utrecht

De bètafaculteit en het College van Bestuur van de Utrechtse Universiteit bleken aan dit succesverhaal maling aan hebben. In 2011 besloten ze het Sterrenkundig Instituut op te heffen. De zusterinstituten elders in Nederland, verenigd in de top-onderzoeksschool NOVA, vroegen om een gesprek, evenals de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek NWO en de KNAW. Die gesprekken werden

geweigerd. Op 31 januari 2012 viel, na 370 jaar, het doek voor de Utrechtse sterrenkunde. Op een grote afscheidsbijeenkomst, 6 april 2012, hield Kees een zeer geëmotioneerde toespraak, waarin hij groei en bloei van het Sterrenkundig Instituut onder leiding van zijn voorganger Marcel Minnaert en van hemzelf nog eens belichtte. Het huilen stond hem nader dan het lachen. Dat gold ook voor de mensen in de zaal toen Kees zijn toespraak eindigde met de zin: “*Ze hebben mijn kind vermoord!*”

Gelukkig blijft het overige levenswerk van Kees onaangetaast. Het Laboratorium voor Ruimteonderzoek, inmiddels omgevormd tot SRON en dat na het wegvallen van sterrenkunde in Utrecht daar weinig meer te zoeken had, overlegde met andere universiteiten, en zet vanaf midden 2021 haar activiteiten op volle kracht voort in Leiden. Ook het werk van de wetenschappelijke nazaten van Kees, in de Nederlandse sterrenkunde en over de hele wereld, gaat onverminderd door. Wat nu nog aan sterrenkunde in Utrecht over is, is Museum Sterrenwacht Sonnenborgh. Dat dreigde een zieltoegend museum te worden, op een snel afbrokkelend bolwerk. Hier greep – het moet gezegd – de Universiteit Utrecht op positieve wijze in, door haar medewerker Bas Nugteren er als directeur van het museum te detacheren (evenals diens opvolger Maarten Reichwein). Nugteren zorgde er in korte tijd voor, met financiële steun van onder andere de gemeente Utrecht en de Bankgiroloterij, dat het museum gemoderniseerd werd. De KF Hein Stichting, die het bolwerk en het gebouw beheert, restaureerde het bolwerk. In het vernieuwde museum wordt niet alleen moderne sterrenkunde en weerkunde aan een jong publiek uitgelegd, maar ook de herinnering levend gehouden aan het werk van Marcel Minnaert, Kees de Jager en hun opvolgers.

Popularisator

Ook het grote publiek kon genieten van de heldere uitleg van Kees. Hij schreef vele artikelen in *Zenit* en de voorganger ervan *Hemel en Dampkring*. Samen met Ed van den Heuvel schreef hij in 1972 het boek *Ontstaan en levensloop van sterren* voor een breed publiek (een herziene versie van een boekje dat Kees in de jaren vijftig over hetzelfde onderwerp schreef). In 1993 verscheen van de hand van Kees nog het populaire *Bolwerk van de sterren* (over de geschiedenis van de Utrechtse sterrenwacht, samen met H.G.

van Buren en M. Kuperus) en twee jaar later *Tien opmerkelijke sterrenkundige ontdekkingen*. Persoonlijke herinneringen haalt hij op in zijn columns in *Zenit*, inmiddels gebundeld in twee boeken *Terugblik*. In voor iedereen begrijpelijke woorden kan Kees de moeilijkste onderwerpen toegankelijk maken, in een ontspannen en onderhoudende stijl. In woord bleek dat uit voordrachten, gedurende vele jaren op Sonnenborgh. Keer op keer bleek Kees in staat in korte tijd de essentie te vatten van welk onderwerp dan ook en die vervolgens aan leken uit te leggen. Hij is ook daarin een voorbeeld voor zijn wetenschappelijke nazaten.

De columns van Kees danken hun uitstekende leesbaarheid mede aan zijn gevoel voor humor, waarbij hij de nodige zelfspot niet schuwt. Hij presenteert zich altijd als medemens, en niet als iemand die op grond van zijn prestaties boven anderen, leek of wetenschapper, staat. Ik wil eindigen met een voorbeeld dat hij zelf (bij mijn weten) niet heeft opgeschreven. Bij de pensionering van Rolf Mewe, röntgenspectroscopist op het Utrechts ruimtelab, hield Kees een toespraak waarin hij vertelde over zijn bezoek aan een sterrenkundig instituut in Japan. Een jonge wetenschapper vroeg hem daar waar hij vandaan kwam. Uit Utrecht, antwoordde Kees. Uit Utrecht? Kent u professor Miwi dan? Jazeker, ik werk op hetzelfde instituut. Kijk, daar aan de muur hangt een foto waar ik naast hem sta. Oh! riep de jonge wetenschapper uit, en het was duidelijk dat ze vond dat iemand die op hetzelfde instituut werkte als ‘Miwi’ wel een begenadigd wetenschapper moest zijn.

En dat is Kees inderdaad. ●

Meer lezen?

Cornelis de Jager, *Solar Physics* 169, pp. 443-464 (1996): Autobiografisch essay bij zijn 75ste verjaardag
Kees de Jager, *Terugblik. Persoonlijke herinneringen aan opmerkelijke gebeurtenissen*, Alkmaar, 2014.
Kees de Jager, *Terugblik 2. Persoonlijke herinneringen aan opmerkelijke gebeurtenissen*, Alkmaar, 2020.
Meerdere auteurs: Themanummer ‘Kees de Jager’, *Zenit* Juli/Augustus 2011.

¹ *Zenit* juli/augustus 2011, blz. 315.

² Inaugurale rede *Zon en Sterren*, 8 mei 1961.

³ *Terugblik* 2014, blz. 296

2I/Borisov

van alle kometen het meest ongerept

Nieuwe waarnemingen aan komeet 2I Borisov laten zien dat deze interstellare bezoeker de meest ongerepte komeet is die zich tot nu toe in het zonnestelsel heeft vertoond.

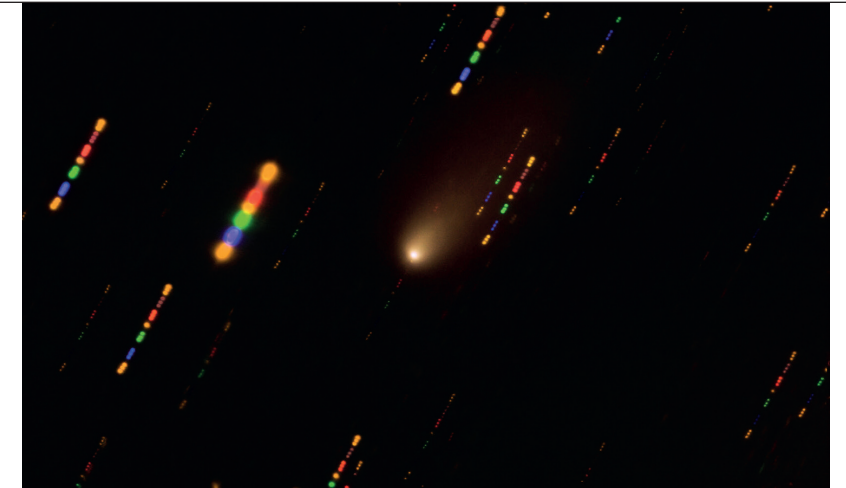
Door George Beekman

Komeet 2I/Borisov werd op 30 augustus 2019 ontdekt door Gennadiy Borisov, een amateurastronoom en telescopenbouwer op de Krim. De komeet was toen op weg naar de zon en astronomen stelden al snel vast dat zijn snelheid zo groot en zijn baan zo hyperbolisch was dat hij van buiten de Oortwolk moet zijn gekomen, dus van een andere ster. De komeet vloog op 8 december 2019 op een afstand van twee astronomisch eenheden langs de zon en begon toen aan zijn terugreis naar de interstellare ruimte (*Zenit* november 2019, blz. 4). Een groep astronomen onder leiding van Stefano Bagnulo observeerde de komeet met de Very Large Telescope van de Europese Zuidelijke Sterrenwacht in Chili. Zij gebruikten daarbij een instrument dat ook de polarisatie van het licht van de stofdeeltjes in de coma van de komeet kon meten. Deze polarisatie ontstaat doordat stofdeeltjes het zonlicht verstrooien en de manier waarop zij dat doen geeft inzicht in de chemische en fysische eigenschappen van deze deeltjes.

De metingen aan Borisov (30 maart gepubliceerd in *Nature Communications*) laten zien dat het licht van de komeet sterker gepolariseerd is dan dat van alle bekende kometen in ons zonnestelsel. De enige ko-



Gennadiy Borisov met twee van zijn telescopen. (O. Bryzgalov)



Opname van komeet 2I/Borisov gemaakt met de Very Large Telescope van de ESO in december 2019, toen de komeet het dichtst bij de zon stond. Doordat de telescoop de komeet volgde, vertonen de sterren zich als streepjes. Hun kleuren zijn het gevolg van het samenvoegen van opnamen in verschillende golflengtegebieden. (ESO/Olivier Hainaut)

meet met een vergelijkbare polarisatie is de in 1995 ontdekte komeet Hale-Bopp, die waarschijnlijk slechts één keer eerder in de buurt van de zon is geweest en dus nauwelijks door de straling en geladen deeltjes van deze ster veranderd zal zijn.

De samenstelling van komeet Hale-Bopp zou sterk overeen moeten komen met die van de protoplanetaire schijf rond de ster waarin hij ooit – zo’n 4,5 miljard jaar geleden – is ontstaan. Anders dan bij deze en alle andere kometen in ons zonnestelsel neemt de polarisatie bij Borisov echter bij toenemende fasehoek (de hoek tussen de waarnemingsrichting en de zon) op een *constante* manier toe en dat suggereert ook dat hij nog iets maagdelijker is dan Hale-Bopp. Hij is vóór zijn bezoek aan ons zonnestelsel in 2019 waarschijnlijk nooit in de buurt van een andere ster geweest.

Een tweede groep astronomen, onder leiding van Bin Yang (European Southern Observatory), observeerde komeet 2I/Borisov met de VLT en de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) in Chili. Hun waarnemingen (30 maart gepubliceerd in *Nature Astronomy*) wijzen erop dat

de vaste deeltjes in de coma uit kiezelachtige korrels (*pebbles*) van een millimeter tot misschien wel een centimeter groot bestaan. Dat wijst er volgens de astronomen op dat de oorspronkelijke pluizige stofdeeltjes in de protoplanetaire schijf waarin de komeet ontstond door onderlinge botsingen samenvoegden en dichter en compacter werden. Dat proces zou hebben plaatsgevonden in het binnenste deel van de protoplanetaire schijf en daarmee geeft deze interstellare komeet een aardig inkijkje in het proces van het ontstaan van kometen bij een andere, zij het helaas nog onbekende ster.

Interstellare objecten zoals komeet 2I/Borisov vormden de bouwstenen van planetoïden en planeten bij andere sterren. Hoewel Borisov de eerste interstellare komeet is die bij de zon kwam, was hij niet de eerste bezoeker uit de interstellare ruimte. Dat was ‘Oumuamua, die op 18 oktober 2017 werd ontdekt maar zich toen alweer van de zon verwijderde. Hij werd aanvankelijk geclassificeerd als komeet, maar later vanwege het ontbreken van een coma omgedoopt tot planetoïde. ●