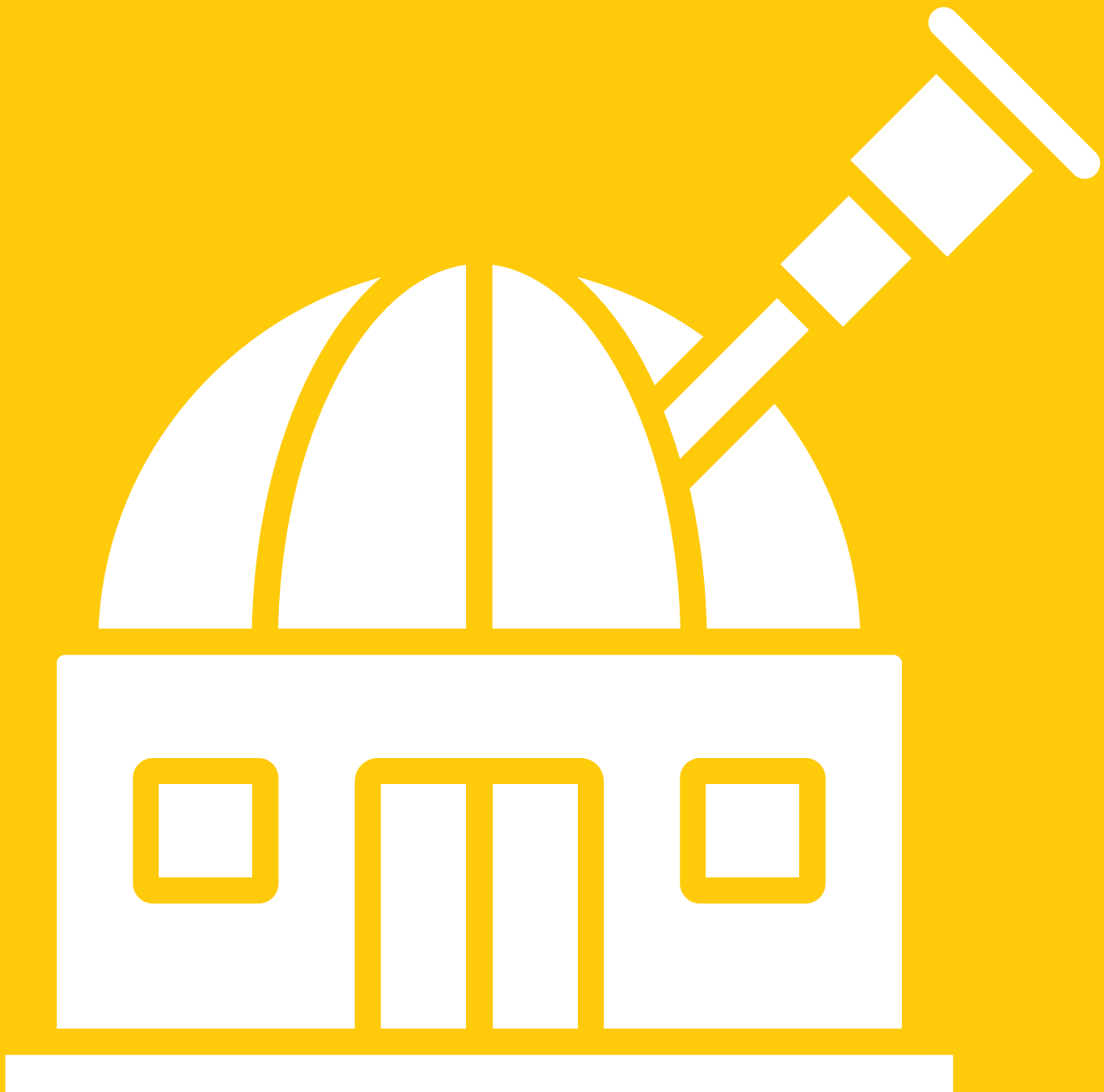


Sonnenborgh en de Utrechtse zonnefysica



Zelden bleek een naam profetischer dan in het geval van het Utrechtse bolwerk Sonnenborgh. Dit zestiende-eeuwse verdedigingswerk aan de buitenrand van de oude binnenstad zou uitgroeien tot een van de belangrijkste centra in de wereld voor het zonneonderzoek. Die opmerkelijke ontwikkeling is te danken aan vier wetenschappers: Christophorus Buys Ballot, die hier een sterrenwacht vestigde, zijn leerling Willem Henri Julius die in het nabije fysische laboratorium een traditie startte van metingen aan het zonnenspectrum, Marcel Minnaert die met zijn komst naar Sonnenborgh deze onderzoekslijn meenam en uitbouwde, en Kees de Jager die zich zou ontwikkelen tot een van de leidende onderzoekers op het gebied van de zonnefysica.

Sonnenborgh

Het bolwerk Sonnenborgh is halverwege de zestiende eeuw aangelegd door de Utrechtse bouwmeester Willem van Noort, samen met drie vergelijkbare bastions. Van Noort volgde in zijn ontwerp het oud-Italiaanse stelsel, waarbij de stadsrand onderbroken wordt door betrekkelijk kleine, op aanzienlijke afstand van elkaar gelegen bolwerken. Gevochten is er nauwelijks, hooguit door beschenken bezoekers. In 1587 werden de eigenaars van twee op het bolwerk gesitueerde panden door de vroedschap gemaand te stoppen met het dobbelspel en het tappen van bier. Kort na de oprichting van de Utrechtse universiteit in 1636 kreeg het terrein een meer verheffende bestemming in de vorm van een botanische tuin die hoogleraar Henricus Regius ten behoeve van het geneeskundeonderwijs aanlegde. Daar bleef het niet bij. In 1695 werd in de kazematten van het bolwerk een chemisch laboratorium geopend, eveneens met het oog op de geneeskunde. Zowel tuin als laboratorium waren geen lang leven beschoren. In de jaren 1720 werd de tuin verplaatst naar de Lange Nieuwstraat en het laboratorium gesloten. Daarmee verloor het bolwerk tijdelijk zijn wetenschappelijke functie.

Christophorus Buys Ballot

Die keerde weer terug in de daaropvolgende eeuw. In 1848 vroeg de jonge Utrechtse buitengewoon hoogleraar wiskunde Christophorus Buys Ballot (1817-1890) de stad toestemming het grootste van de twee panden te mogen gebruiken. Hij wilde het op eigen kosten inrichten als meteorologisch observatorium. Oud-studiegenoot Frederik Krecke had zich bereid verklaard de dagelijkse waarnemingen te verrichten, die Buys Ballot op zijn beurt zou bewerken en publiceren. Het bestuur stemde in en binnen enkele jaren slaagde Buys Ballot erin de regering te bewegen om deze privéonderneming een duurzamer karakter te geven middels de oprichting van een rijksinstituut: het KNMI. In diezelfde tijd had Buys Ballot, tevens belast met het onderwijs in de sterrenkunde, bij de universiteit aangedrongen op de bouw van een nieuwe universitaire sterrenwacht, bij voorkeur naast zijn observatorium. De tot dan toe gebruikte Smeetoren, aan de zuidwestelijke kant van de stad, verkeerde al sinds jaar en dag in erbarmelijke omstandigheden. Ook dit verzoek werd ingewilligd en in 1854 werd de door Buys Ballot zelf ontworpen sterrenwacht in gebruik genomen.

Met het vertrek van het KNMI naar De Bilt in 1897 kreeg de sterrenwacht tevens de beschikking over de oude behuizing van dit instituut. Hierdoor kon een aantal oude wensen van de sterrenkundigen worden ingewilligd: een ambtswoning voor de nieuwe hoogleraar-directeur, Albert Nijland (circa 1830-1908), een grotere collegezaal en een bibliotheek. Intussen werd op nog geen vijfhonderd meter van de sterrenwacht de basis gelegd voor het latere onderzoeksveld van de zonnefysica. In 1867 had Buys Ballot, inmiddels gewoon hoogleraar, de wiskunde ingeruild voor een leerstoel in de fysica. Na lang aandringen kreeg hij tien jaar later de beschikking over een splinternieuw natuurkundegebouw aan de Bijlhouwerstraat. Buys Ballot miste de tijd en het talent voor experimenteel fysisch onderzoek. De enige die aanvankelijk gebruikmaakte van de onderzoeksfaciliteiten was zijn in 1882 aangestelde assistent Willem Henri Julius (1860-1925). Hij richtte zijn promotieonderzoek op het infraroodspectrum van gassen, een onderwerp dat door de spectroscopische ontdekkingen van de Duitse fysicus Kirchhoff steeds meer belangstelling trok.

Willem Henri Julius

Julius was anders dan zijn promotor een vaardig experimentator. Met zelfgebouwde instrumenten wist hij de intensiteit van warmtestraling bij verschillende golflengten met grote nauwkeurigheid te bepalen. Na zijn promotie in 1888 kreeg hij een aanstelling in Amsterdam bij Johannes Diderik van der Waals om in 1896 terug te keren naar Utrecht, nu als hoogleraar in de experimentele fysica. Aanvankelijk nam het onderwijs al zijn tijd in beslag. Maar na 1900 wist hij steeds meer tijd vrij te maken voor onderzoek. De richting van dat onderzoek werd groten-deels bepaald door een toevallige omstandigheid. Op initiatief van Nijland besloot de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW) een expeditie uit te rusten naar Sumatra om daar in 1901 een volledige zonsverduistering waar te nemen. De verantwoordelijke sterrenkundigen besloten hun commissie uit te breiden met een fysicus met het oog op gewenste spectroscopische waarnemingen. Julius verklaarde zich hiertoe bereid. Ter voorbereiding verdiepte hij zich in het raadsel van de waargenomen scherpe begrenzing van de zon, algemeen gezien als een gloeiende gasbol waarvan de dichtheid naar buiten toe geleidelijk afnam.



Ets van de sterrenwacht op Sonnenborgh circa 1860, gepubliceerd in J.J.F. Wap, *De Stad Utrecht*, Utrecht: Broese (1860).

Zijn onderzoek aan dit probleem leidde al snel tot een verwerping van de bestaande verklaringen ten gunste van een geheel nieuwe theorie waarmee hij ook tal van andere verschijnselen in de zonnatmosfeer meende te kunnen verklaren. Een belangrijke rol in zijn theorie speelde het recent ontdekte verschijnsel van de anormale dispersie, de vreemde fluctuaties in de brekingsindex van een medium bij golflengtes in de buurt van absorptielijnen. Dit zorgt voor tal van optische illusies. Goed beschouwd zien wij volgens Julius aan de buitenkant van de zon niet wat wij menen te zien. Zijn dispersieverklaring van de toenemende roodverschuiving naar de zonsrand resulteerde in een langdurige briefwisseling met Einstein, die meende dat hier sprake was van een gravitationeel effect. Waar sommige natuurkundigen onder de indruk waren van het grote verklaringsbereik van de theorie van Julius, reageerden astronomen doorgaans veel gereserveerder. Zij vertrouwden liever op hun waarnemingen. Het probleem met Julius' theorie was dat die gebaseerd was op een combinatie van uiteenlopende effecten waarvan de exacte verhouding niet bekend was. Nauwkeurige voorspellingen kon de theorie derhalve niet leveren.

Zonnespectrograaf

Julius was er echter van overtuigd op het juiste spoor te zitten. De resultaten van de expeditie hadden zijn vertrouwen in de theorie gesterkt. Zijn lidmaatschap van de International

Union for Co-operation in Solar Research, die in 1904 in St. Louis werd opgericht, bracht hem onder de aandacht van de gezaghebbende Amerikaanse astronoom George Ellery Hale. Die nodigde hem in 1907 uit voor een bezoek aan zijn nieuwe Mount Wilson Solar Observatory in Pasadena. Hier verrichtte Julius enkele brekingsproeven, waarbij hij gebruik kon maken van de superieure zonnenspectrograaf van Hale. Zijn Amerikaanse ervaringen versterkten zijn wens van een eigen heliofysisch observatorium. In 1913 vroeg en kreeg hij toestemming om zijn verouderde laboratorium uit te breiden met een nieuwe westelijke vleugel. Met behulp van een heliostaat (spiegels) op het dak van de nieuwe vleugel werd het zonlicht door een telescoopbuis naar de begane grond geleid waar een beeld van de zon werd gevormd. Een deel van dat licht belandde via een spleet in de kelder waar zich een spectrograaf bevond met een microfotometer. Daarmee kon de intensiteit bij iedere golflengte met grote nauwkeurigheid automatisch worden geregistreerd. In 1918 was het instrumentarium gereed voor onderzoek.

Marcel Minnaert

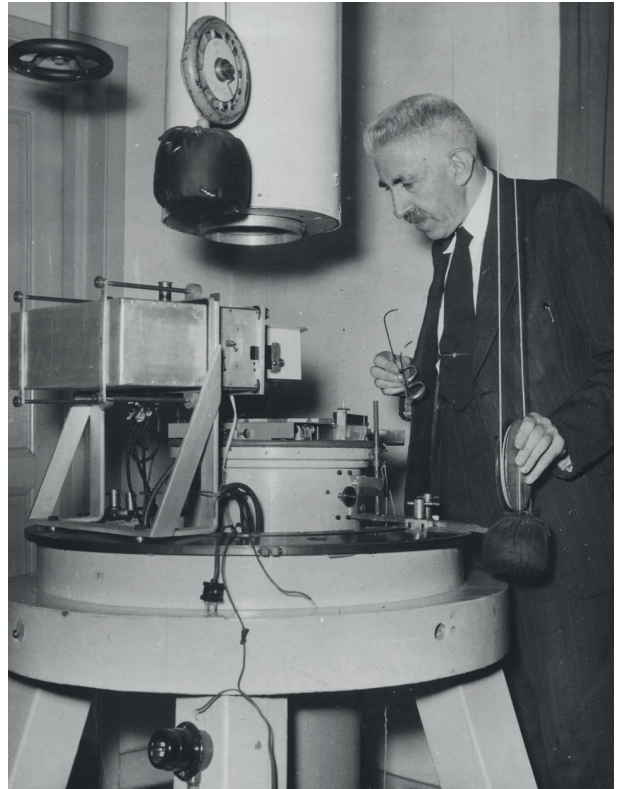
Erg succesvol was dat onderzoek aanvankelijk niet. De stedelijke omgeving en het Nederlandse klimaat bleken verre van ideaal en Julius kampte met gezondheidsproblemen. Dat het met de Utrechtse zonnephysica desondanks wel de goede kant opging was te danken aan een Vlaamse vluchteling die in 1919 onderdak had gevonden in Julius'



Portret van Willem Henri Julius door Antonie Lewin uit 1916. Beeld: collectie Universiteitsmuseum Utrecht.

observatorium: de Gentse bioloog Marcel Minnaert. Deze flamingant had zich tijdens de oorlog in Leiden omgeschoold tot fysicus, met het oog op een toekomstige leerstoel in dat vak aan de door de Duitse bezetter vernerlandste universiteit van Gent. Minnaert aanvaardde inderdaad een aanstelling aan deze Vlaamse Hogeschool. Na de bevrijding van België werd hij daar veroordeeld wegens collaboratie met de gehate Duitse bezetter en vluchtte hij met zijn moeder terug naar Nederland. In Leiden was hij inmiddels persona non grata geworden. Ehrenfest was hem zijn houding tijdens de oorlog uiterst kwalijk gaan nemen. Minnaerts belangstelling voor lichtmetingen bracht hem in 1919 in Utrecht, waar hij Julius mocht assisteren in het heliofysisch observatorium. Nog datzelfde jaar kreeg hij er een aanstelling als observator.

Na het overlijden van Julius in 1925 kreeg Minnaert de leiding over het observatorium, dat echter ondergeschikt bleef aan het fysisch laboratorium onder leiding van Julius' opvolger Leonard Ornstein (1880-1941). Ornstein richtte zich eveneens op het meten van stralingsintensiteiten en riep daarbij veelal de hulp in van Minnaert. Bijgevolg moest Minnaert zijn tijd over beide instellingen verdelen. Minnaerts loyaliteit aan zowel Julius als diens theorie was grenzeloos. Die theorie was het onderwerp geweest van een tweede dissertatie, dit keer van natuurkundige aard. Evenals Julius was hij sterk geneigd zijn bevindingen te beschouwen als een ondersteuning van de theorie, ondanks

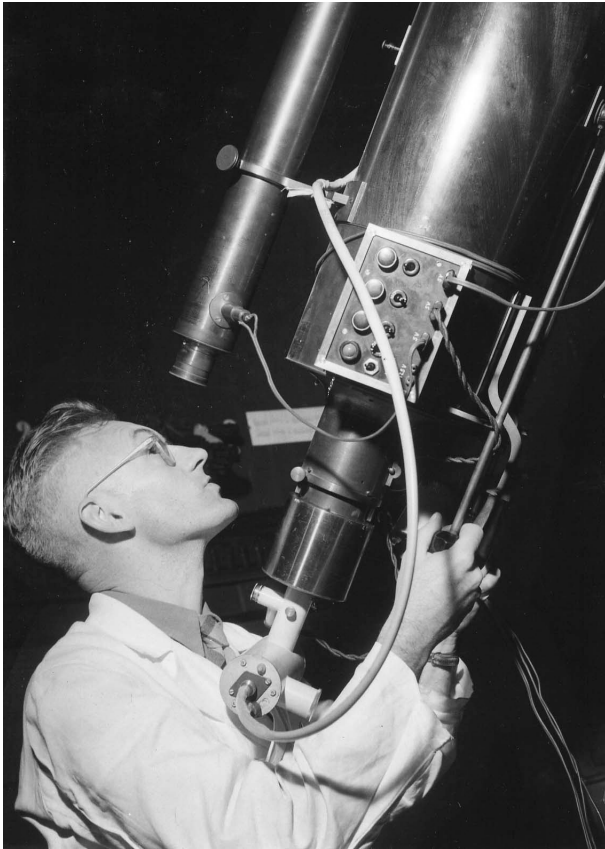


Minnaert en de zonneopstelling in 1953. Foto: collectie Sonnenborgh Museum & Sterrenwacht.

de toenemende scepsis van collega's. Pas enkele jaren na zijn promotie bij Leonard Ornstein in 1925 raakte hij er geleidelijk van doordrongen dat de sceptische astronomen het gelijk aan hun zijde hadden gehad.

Fotometrische zonneatlas

Inmiddels was Minnaert een eigen weg ingeslagen met een groot en langdurig project: het nauwkeurig in kaart brengen van de relatieve intensiteiten van het gehele zonnespectrum. Dit resulteerde uiteindelijk in de monumentale *Photometric atlas of the solar spectrum from $\lambda 3612$ to $\lambda 8771$* , die Minnaert in 1940 met G.F.J. Mulders en W. Houtgast publiceerde. De totale lengte van het daarin afgebeelde spectrum bedroeg meer dan honderd meter. Hiermee kon de chemische samenstelling van de zonnatmosfeer volledig worden bepaald. Intussen hadden nieuwe ontwikkelingen binnen de quantumtheorie hem in staat gesteld om uit de intensiteitsmetingen de hoeveelheden deeltjes af te leiden die verantwoordelijk waren voor de absorptie. Uit Minnaerts ijkingen bleek dat de absorptie niet lineair toenam met het aantal deeltjes, maar een merkwaardige kromme volgde. In analogie met zijn vroegere biologische werk sprak hij van een groeikromme, oftewel *curve of growth*, een term die internationaal werd overgenomen. Hij slaagde erin theoretisch rekenschap te geven van die groeikromme middels een combinatie van verschillende fysische effecten. Minnaerts groeicurve en



Kees de Jager achter de Merz-kijker in de Utrechtse sterrenwacht uit 1953. Foto: collectie Sonnenborgh Museum & Sterrenwacht.

zijn werk aan de Utrechtse atlas plaatsten hem in de jaren dertig onder de leiders van de internationale zonnefysica.

Minnaert en Sonnenborgh

Minnaerts faam resulteerde in 1937 in het aanbod van een sterrenkundige leerstoel in Chicago, op dat moment wereldwijd een van de belangrijkste centra voor astrofysica. In datzelfde jaar was de Utrechtse astronoom Albertus Antonie Nijland overleden en speelden de curatoren met de gedachte de Utrechtse sterrenkunde op te heffen. Nijland was vooral een astronoom van de oude stempel geweest aan wie de nieuwe ontwikkelingen in de astrofysica grotendeels voorbij waren gegaan. Daarbij diende er bezuinigd te worden. Ornstein en Minnaert verzetten zich echter krachtig tegen het verdwijnen van de leerstoel. Uiteindelijk werd de sterrenkunde gered doordat Minnaert het aanbod uit Chicago afsloeg en bereid bleek Nijland op te volgen als een 'goedkope' buitengewoon hoogleraar.

De kersverse hoogleraar droeg er zorg voor dat de spectroheliograaf overgebracht werd naar het observatorium op Sonnenborgh, ten koste van een deel van het woonhuis. Het onderzoek aan de Bijlhouwerstraat kreeg sowieso steeds meer te lijden van trillingen ten gevolge van het toenemend verkeer. Maar voor de verhuizing gerealiseerd was, was de oorlog uitgebroken. Aanvankelijk konden onderwijs en

onderzoek nog voortgang vinden maar in 1942 werd Minnaert als gijzelaar door de Duitsers in St. Michielsgestel geïnterneerd. Het onderwijs werd daarop voortgezet door hoofdassistent Jaap Houtgast. Het volgende jaar kwam het universitaire onderwijs volledig stil te liggen nadat de meeste studenten geweigerd hadden een loyaliteitsverklaring te tekenen. Enkele van Minnaerts studenten doken onder in de sterrenwacht. Eén van hen was Minnaerts latere opvolger Kees de Jager (1921-2021).

Kees de Jager

Kort na de bevrijding werd Minnaert dan eindelijk bevorderd tot gewoon hoogleraar. Hij zette zich ijverig in voor het herstel van de internationale samenwerking en droeg daar zelf aan bij via internationale commissies. Tevens werkte hij mee aan de opbouw van de Nederlandse radiosterrenkunde. Het eigenlijke onderzoek liet Minnaert steeds meer over aan zijn medewerkers. Dat betrof doorgaans nog steeds de interpretatie van zonnespectra, veelal aan de hand van gegevens verkregen van beter gesitueerde observatoria of van eclipsexpedities. Een van die medewerkers was de eerder genoemde Kees de Jager, die een ongekende productiviteit aan de dag legde. Zijn onderzoek betrof zowel de zonnefysica als, meer algemeen, de stellaire fysica. In 1952 was hij gepromoveerd op een onderzoek naar de waterstoflijnen in het zonnespectrum resulterend in een gedetailleerd model van de zonneatmosfeer. Hiermee verwierf De Jager onmiddellijk een internationale reputatie. Kort daarop bouwde hij een foto-elektrische fotometer voor helderheidsmetingen van sterren. In 1957 werd hij bevorderd tot lector in de stellaire astrofysica en na drie jaar tot hoogleraar in de astrofysica. Weer drie jaar later zou hij Minnaert opvolgen als directeur van de sterrenwacht.

Zowel zonnefysica als radiosterrenkunde profiteerde in de naoorlogse periode van hun veronderstelde militaire betekenis. Zowel zonnevlekken als zonnevlammen bleken van invloed op de ontvangst van radiosignalen. De Jager realiseerde zich echter dat het Utrechtse observatorium geen toekomst had als waarnemingscentrum. Radioastronomie was niet de enige denkbare oplossing voor het ongunstige Nederlandse klimaat. De snelle opkomst van de ruimtevaart bood nieuwe mogelijkheden voor waarnemingen buiten de dampkring, vooral van belang voor de waarneming van hoogfrequente straling. Hij meende dan ook dat participatie in Europese en Amerikaanse ruimteprogramma's voor Utrecht onontbeerlijk was. In 1961 startte De Jager met steun van de KNAW de Werkgroep Ruimte Onderzoek van Zon en Sterren, dat al spoedig uitgroeide tot een volwaardige afdeling met een eigen laboratorium, de voorloper van de huidige Stichting Ruimte Onderzoek Nederland (SRON). Dat laboratorium groeide al snel uit tot een internationaal toonaangevend instituut waar instrumenten werden ontwikkeld voor sterrenkundig onderzoek in de ruimte en waar aldus verkregen gegevens werden geanalyseerd. In 1962 werd De Jager hoofdredacteur van het nieuwe tijdschrift *Space Science Reviews*, uitgegeven door Reidel. Hij was in deze tijd actief betrokken bij de oprichting van de European



Sonnenborgh. Foto: Sonnenborgh - Timo van der Horst.

Space Research Organisation, de voorloper van het huidige ESA. Later zou hij voorzitter worden van de Committee on Space Research (COSPAR).

Solar Physics

Maar daarmee verloor hij de zonnefysica niet uit het oog. In 1966 begon hij een tweede tijdschrift bij dezelfde uitgeverij, *Solar Physics*. Het succes van dit laatste tijdschrift tekende de nieuwe status van de zonnefysica als een zelfstandig onderzoeksveld binnen de sterrenkunde. Datzelfde bleek uit de oprichting van de European Joint Organization for Solar Observations in 1968, alsmede die van de Solar Physics Division van de American Astronomical Society. Dankzij de nieuwe mogelijkheden van het ruimteonderzoek verschoof de belangstelling van De Jager naar nieuwe onderwerpen, zoals zonnevlammen, resulterend in de ontdekking van stroombogen. Dit zijn een soort zonnevlammen waar duizend miljard ampère aan elektrische stroom doorheen gaat. Maar de zon was niet meer het voornaamste onderwerp van zijn onderzoek. Naarmate De Jager zich in de jaren zeventig meer richtte op het ruimteonderzoek, werd de Utrechtse zonnefysica steeds meer het terrein van Kees Zwaan, in 1965 gepromoveerd bij Minnaert op een onderzoek aan zonnevlekken. In 1967 zou hij als lector het onderwijs in de zonnefysica gaan verzorgen. Twaalf jaar later werd hij benoemd tot hoogleraar astrofysica met als aandachtsveld de atmosferen van zon en sterren.

Intussen groeide de wetenschappelijke staf razendsnel. Uitbreiding van de sterrenwacht bleek niet afdoende om deze groei het hoofd te bieden. Het tevens in gebruik nemen van naburige panden in het Servaas Bolwerk en de Herenstraat

bood tijdelijk soelaas. Voor het nog sneller groeiende laboratorium voor ruimteonderzoek werd uitgeweken naar de verder gelegen Huizingalaan. Deze ruimtelijke versnippering van de Utrechtse sterrenkunde was verre van ideaal. Plannen voor de bouw van een nieuw sterrenkundig instituut in en op het negentiende-eeuwse fort Rhijnauwen stuitten op krachtig verzet van de opkomende milieubeweging. Het zou uiteindelijk tot 1987 duren tot de Utrechtse sterrenkunde een nieuwe – en laatste – bestemming vond op de bovenste verdieping van het Buys Ballotlaboratorium op De Uithof.

Slot

Zo bevonden de natuurkunde en de zonnefysica zich weer in hetzelfde gebouw en was de rol van Sonnenborgh als centrum van de zonnefysica uitgespeeld. In 2012 werd de Utrechtse sterrenkundegroep zelfs in zijn geheel opgeheven. Enkel het huidige museum Sonnenborgh, waarvan de oude sterrenwacht – mét oorspronkelijke zonnespectrograaf – deel uitmaakt, herinnert de bezoeker nog aan een groots verleden. In 2021 is Sonnenborgh door de European Physical Society uitgeroepen tot EPS Historic Site, vanwege de meteorologie van Buys Ballot én het zonneonderzoek van Minnaert en De Jager.

REFERENTIES

- 1 C. de Jager, H.G. van Bueren en M. Kuperus, *Bolwerk van de sterren*, Uitgeverij Bekking, Amersfoort (1993).
- 2 H.G. Heijmans, *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940*, Erasmus Publishing, Rotterdam (1994).
- 3 L. Molenaar, Marcel Minnaert astrofysicus 1893-1970. *De rok van het universum*, Balans, Amsterdam (2003). www.dbnl.org/tekst/moleo16marcor_01