

Zonnewetenschap in en buiten Utrecht

Verleden

De Utrechtse universiteit heeft een roemrijke historie in de zonnewetenschap. Dat mag ook wel voor een universiteit die de *Sol* als wapen draagt. De *Sol* siert nu, in bronzen kunstenaarssuitvoering op schaal 1:1 000 000 000, op het Domplein de ingang van het Akademiegebouw maar mooier stadsversiering lijkt me het solaire Utrechtse onderzoek dat de plaatsnaam voluit op de zonnewetenschappelijke wereldkaart heeft gezet.

Dat begon rond de eeuwwisseling met het onderzoek van Julius in het Fysisch Laboratorium, door Buys Ballot gevestigd aan de Bijlhouwerstraat. Buys Ballot had ook de Sterrewacht en het KNMI op Bolwerk Sonnenborgh gehuisvest. Hij was zonnewetenschappicus in de zin dat hij veel numerieke studies verrichtte aan de invloed van de zonnevlekkencyclus op het aardse klimaat, maar op de Sterrewacht werd na hem geen zonnewetenschap bedreven tot de komst van Minnaert. Minnaert werkte eerst onder Julius op het Fysisch Lab, schreef een tweede proefschrift (“Onregelmatige straalvorming” — een onderwerp waarover Julius geheel verkeerde ideeën had), raakte geïnteresseerd in de spectroscopie en begon met Mulders, Houtgast en anderen de Utrechtse school van kwantitatieve zonnenspectrometrie waarmee een hele tak van sterrekundig onderzoek, de stellaire abundantiebepaling, op poten is gezet. Hij oogstte voldoende roem om het college van bestuur te kunnen dwingen de sterrewacht nieuw leven in te blazen (door niet naar Yerkes te verhuizen; daar werd Chandrasekhar directeur in zijn plaats). Zo werd *Sterrewacht Sonnenborgh* als zonnewetenschappelijk instituut geboren.



Figuur 1: Marcel G.J. Minnaert en Cornelis de Jager. Minnaert was een Belgisch bioloog die na de Eerste Wereldoorlog naar Nederland kwam om vervolging wegens deelname aan een Vlaamse onafhankelijkheidsbeweging te ontkomen. Zijn eerste proefschrift (Gent, 1914) ging over de invloed van zonnestraaling op plantengroei. In 1937 werd hij directeur van de Utrechtse Sterrewacht. In de Minnaertzaal op de zevende verdieping van het BBL hangt een geslaagd portret. Deze foto nam ik in 1967 in het Arnhemse Openlucht Museum. Hij overleed in 1970. Kees de Jager (rechts) volgde Minnaert in 1963 op als directeur tot de democratisering van die jaren daar een eind aan maakte. Intussen had hij de omvang van de Sterrewacht verveelvoudigd en stampte hij in no-time een in Nederland ongeëvenaard ruimteonderzoekslaboratorium uit de grond. Daarnaast was er het mee opzetten van ESRO (later ESA) en JOSO, besturen van IAU, COSPAR, ICSU en wat niet al, tijdschriften redigeren (*Solar Physics* en *Space Science Reviews*). Eind jaren zestig, tegen z'n vijftigste, ging hij ook nog marathons rennen en op dansles; een andere activiteit was de sanering van de amateursterrekunde (oprichting ZENIT en De Koepel). Hij is al lang met pensioen maar aan zijn publikatiescore is dat niet te merken. De foto is ook uit 1967, op de door hem georganiseerde Bilderbergconferentie, de beste workshop die ik heb meegemaakt.

Na Minnaert werd onder De Jager's leiding het Utrechtse zonneonderzoek aanzienlijk uitgebreid. De Jager pionierde op infrarode, ultraviolette, radio- en uiteindelijk vooral Röntgengolflengten. De HXIS Röntgentelescoop aan boord van NASA's *Solar Maximum Mission* was het hoogtepunt. Een artistieke weergave daarvan hangt achterin de kantine van het BBL (met mijn uitleg erbij).

Heden

Inmiddels is het onderzoek van de Utrechtse Sterrewacht aanzienlijk gediversieerd. De sterrewacht is intussen geen “Sterrewacht Sonnenborgh” meer, zelfs geen Sterrewacht maar slechts een kijkerloos Sterrekundig Instituut, en de meeste aandacht gaat nu uit naar andere sterren dan de zon (vooral de hetere en de cataclysmisch spectaculairdere) en naar plasmafysische processen in de kosmos. Dat is een trend die ook internationaal geldt. In het begin van deze eeuw was het zonneonderzoek de trekker van de *astrofysica*, als tegenstelling tot de klassieke, meer astrometrisch gerichte, astronomie. De spectroscopisten zijn als eersten vanuit de zonnefysica uitgezwermd over de rest van de kosmos, en dat voorbeeld wordt de laatste jaren gevolgd door de MHD’ers en de plasmafysici.

Een rol speelt daarin dat de zon het de sterrekundige minder makkelijk maakt dan de verder weg gelegen objecten. De zon staat voldoende dichtbij dat de details (nog altijd 100 km) redelijk goed te zien zijn. Die blijken niet mis. Als je een ster het liefst beschrijft per eenvoudige geometrie, zeg bolschillen, en met de aanname van evenwicht zonder de dynamische verschijnselen te willen begrijpen of beschrijven, dat zit je bij ons huis-, tuin en keukensterretje glad verkeerd. Vooral de magnetisch gedomineerde processen en structuren zitten bijzonder ingewikkeld in elkaar. De grote vragen (hoe werkt de dynamo die het magneetveld opwekt, waarom vertoont dat veld een 22-jarige ompolingscyclus, waarom is de corona zo heet, waarom wenst het veld zich zo spaghetti-gewijs te ordenen, hoe en waarom concentreert het zich soms in zonnevlekken) zijn alle nog lang niet beantwoord. Duidelijk is wel dat gedetailleerd fysisch inzicht in allerlei niet-evenwichtsprocessen met magnetische trekjes een eerste vereiste is.

Deze complexiteit verklaart wellicht dat het hiaat achtergelaten door zonnefysici die elders in het heelal op zoek zijn gegaan naar toepassingen van eenvoudiger snit (althans minder behept met een overmaat aan niet weg-te-praten waarneembare fijnstructuur) nu wordt opgevuld door rasechte fysici — de grootste concentratie zonneonderzoekers in Nederland is momenteel te vinden in Goedbloed’s groep in Rijnhuizen.

Niet alleen de inbreng van keiharde plasmafysici brengt het vak nu vooruit, ook de vooruitgang in technieken doet wonderen. De SOHO missie, de eerste “cornerstone” van ESA’s lange-termijn programma, observeert de zon vanaf het begin van dit jaar vanuit het L1 Lagrangepunt tussen zon en aarde op vlekkeloze en produktieve wijze. Het hierbij afgedrukte magnetogram van de *Michelson Doppler Interferometer* toont de kwaliteit waarmee de globale structuur van het zonnemagneetveld nu gemeten en gevolgd kan worden.

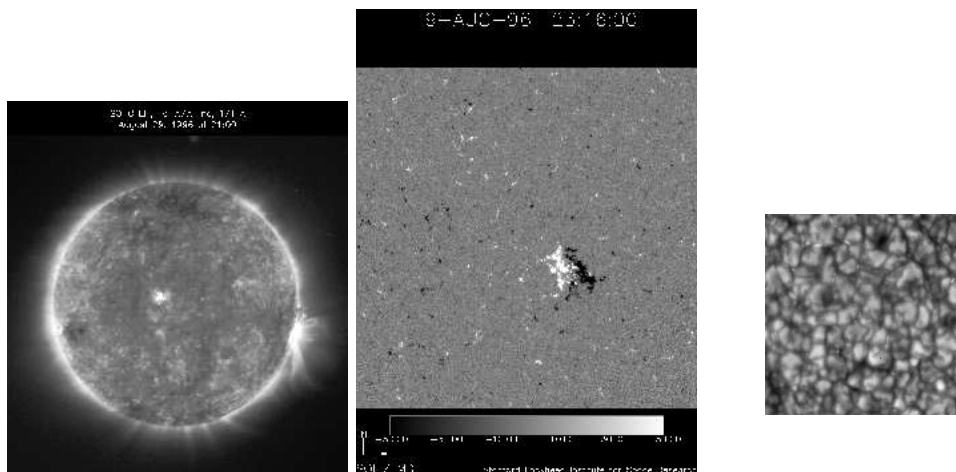
Daarnaast vormen numerieke simulaties een belangrijke doorbraak. Sterrekundigen kunnen geen meetapparatuur in hun objecten steken, maar ze kunnen deze wel nabootsen in numerieke modelberekeningen. Die worden nu volwassen — tijdsafhankelijk en betrouwbaar in het gedetailleerd evalueren van complexe fysische processen. Elders in de sterrekunde geldt eveneens dat numerieke simulaties nu het eerdere scenario-modelleren vervangen: sterrekunde is nu óók een harde wetenschap aan het worden. In het zonneonderzoek betekent dit een immense vooruitgang omdat de eerdere scenario’s veel te simplistisch zijn gebleken.

Toekomst

De SOHO missie heeft dankzij zuinige manoeuvres nabij de maan nog voor dertig jaar brandstof aan boord. Ook de Japanse Yohkoh satelliet die dagelijks Röntgenbeelden van de zon verzamelt is een lang leven beschoren. Daarnaast zijn er andere ruimteprojecten op komst (TRACE, Solar-B, Solar Lite) waarin Utrechters zijn betrokken. Werk aan de winkel!

Maar ook op de grond zit men niet stil. Hier ligt de hoofdmoot van het Utrechtse onderzoek de komende jaren. Vanaf geschikte bergtoppen, zoals de Roque de los Muchachos op La Palma waar ik dit stukje schrijf, kan men de zon waarnemen met een resolutie die bij goede *seeing* (afwezigheid van turbulentie in de onderste lagen van de aardatmosfeer) de resolutie van de MDI-beelden met een factor 5–10 overtreft. Wel moet de telescoop dan het onderste uit de seeing-kan kunnen halen. De hierbij afgedrukte opname van de Zweedse telescoop op La Palma toont de op dit moment best haalbare scherpte.

Een gloednieuwe zonnetelescoop die de scherptegrens moet gaan verleggen wordt momenteel op La Palma geïnstalleerd door R.H. Hammerschlag en zijn medewerkers en is te



Figuur 2: Links: een SOHO-EIT opname van 9 augustus 1996 genomen in het licht van de Fe IX/X lijnen op $\lambda = 17.1$ nm en geplukt van <http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/>. Zonnestraling op korte golflengten komt uit meer naar buiten gelegen lagen dan die waar het zichtbare licht uit ontsnapt. Helder is heet op dit ultraviolette plaatje van de binnen-corona. (Hier duikt een NGSB-tentamenvraag op: waarom is de rand zo helder wit?) Midden: deel van een SOHO-MDI magnetogram van 9 augustus 1996. De witte en zwarte plekjes zijn gebiedjes in de zonnefotosfeer met sterk magnetisch veld, respectievelijk uitwaarts en inwaarts gericht. Dit beeld beslaat een kwart zonsdiameter. De zon bevindt zich momenteel in het minimum van de activiteitscyclus; veel meer dan wat hier te zien is speelt zich nu niet af. Een opeenvolging van zulke magnetogrammen toont voortdurende evolutie. Mandy Hagenaar (AIO bij sterrekunde) onderzoekt de patronen daarin, in samenwerking met de staf van het Stanford-Lockheed Instituut die de MDI heeft gebouwd en opereert. Dat doet ze vooral in maandenlange verblijven te Palo Alto — tekenend voor het internationale karakter van het sterrekundig onderzoek. Rechts: een klein deel ($1/10^\circ$ in x en y) van een beeld dat ik op 17 juli 1996 opnam met de Zweedse zonnetelescoop op La Palma (met 2700 andere beelden, in totaal 7 Gbyte op die dag). Dit beeld is opgenomen in het licht van de CH molecuulband bij $\lambda = 430.5$ nm. De grotere witte plekken zijn de granulen die als platte pannekoekjes de buitenste laag van de convectiezone van de zon vormen. Ze zijn ongeveer een boogseconde groot (700 km op de zon; de zonsdiameter is 1920 boogseconden). Daartussen, in de intergranulaire lanen die de inwaartse gastromen uittekenen, zitten hier en daar kleine heldere puntjes. Deze markeren lokaties met sterk magnetisch veld, de “fluxbuizen” waaraan al heel veel theoretisch onderzoek is verricht maar die pas nu, op opnamen van deze kwaliteit, daadwerkelijk zichtbaar worden. Hun diameter ligt aan de grens van wat aan scheidend vermogen op zichtbare golflengten wordt gehaald (0.2 boogseconde of 150 km op de zon).



Figuur 3: De Dutch Open Telescope, gezien vanaf de Zweedse zonnetoren op de Roque de los Muchachos (La Palma). Je kijkt hier langs de DOT van 2300 meter neer op de zee. De foto is gemaakt op 28 juli nadat de telescoop en de wegklapbare koepel bovenop de vijftien meter hoge toren waren gehesen. Het frame waarin de telescoop werd vervoerd staat er nog naast. Telescoop, koepel en platform wegen zo'n dertig ton. Hammerschlag's ontwerp levert uitzonderlijke stijfheid. Dit is nodig omdat de seeing het best is bij flinke wind; juist dan moet de volgnauwkeurigheid binnen de 0.01 boogseconde blijven. De telescoop is gebouwd door de vakgroep Sterrekunde, de facultaire instrumentatiegroep (IGF) en de centrale werkplaats van de TU Delft met steun van de Stichting Technische Wetenschappen.

zien op bijgaande foto. Deze telescoop heet de “Dutch Open Telescope” maar is in feite een Utrechts produkt. Het is de eerste sterrekundige telescoop die open en bloot, zonder koepel, in de wind staat teneinde de op La Palma zo gunstige seeing minimaal te verstoren. We verwachten met de telescoop beeldreeksen te verzamelen die SOHO aanvullen met aanzienlijk hogere resolutie. De kunst zal daarbij worden om scherpte als in mijn opname met de Zweedse telescoop te halen niet alleen op de momenten van de allerbeste atmosferische seeing, maar vaker dan dat door de golffrontdeformaties die de turbulentie veroorzaakt computergewijs te corrigeren. Dat vraagt om real-time beeldbewerking die aan de grens van de huidige hardware ligt, maar is in principe mogelijk. Daarover meer in komende Vakidioten.