

Een vreemd staketsel op hoge stalen
poten staat temidden van enkele
traditionele telescopen op de hoogste
berg van het eiland La Palma. Het lijkt
alsof er een Martiaanse indringer
uit H.G. Wells' *The War of the Worlds*
is geland op het Canarische eiland.
Het is echter een telescoop van
Nederlandse makelij, gemaakt
volgens een geheel nieuw principe:
de open kijker.

Dutch Open Te

Spiegel op de tocht



Zonnetelescoop



William
Herschel
Telescope
(4,20 meter
spiegeldiameter)

De Dutch Open Telescope op het eiland La Palma dient om de Zon te bestuderen. In het najaar van 1997 leverde hij zijn eerste beelden en die waren schitterend. Daarmee is een technologisch doel bereikt. Bij de bouw van de Dutch Open Telescope (DOT) is een geheel nieuw principe toegepast. Voor zonnetelescopen is het opwarmen van de lucht binnenin de telescoop, waar de zonnestraling zich concentreert, een groot probleem. Normaal worden telescopen daarom compleet vacuüm gezogen. De DOT lost dit probleem geheel anders op. Hij is open gebouwd. De passaatwinden waaien er dwars doorheen en houden hem zo vrij van de interne luchturbulentie die zou ontstaan als de gebundelde zonnestraling stilstaande lucht in het instrument opwarmt.

Voor telescopen is La Palma een gunstige plek omdat de luchturbulentie er vaak zeer gering is. Naast de DOT staan een Zweedse zonnetelescoop en een hele reeks sterrentelescopen. Bij de DOT is niet alleen het telescoopgedeelte open, maar ook het platform en de toren waarop hij staat. De open toren dient om de passaatwind die over de bergelling waait en die La Palma tot turbulentievrije waarnemingsplaats maakt, zo min mogelijk te verstoren.

Op 31 oktober 1997 verrichtten prins Willem-Alexander en president Hermoso Rojas van de Canarische Eilanden samen de 'First Light Ceremony'. Als de activiteitscyclus van de Zon in de komende twee jaar haar hoogtepunt bereikt, is de DOT klaar om al zijn aandacht daarop te richten.

Dr Rob Rutten

Sterrenkundig Instituut, Universiteit Utrecht

Telescope

Dutch Open Telescope
(0,45 m)

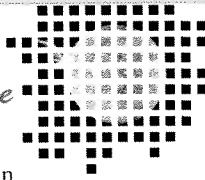
De nieuwe Dutch Open Telescope (DOT) temidden van de andere telescopen op de Roque de los Muchachos (2400 m) op het eiland La Palma. Op deze avondopname in het najaar waaien de wolken met de inversielaag langs de berg omhoog. Boven de oceaan liggen ze lager. Rechts is de diepe Caldeira de Taburiente, een gapend gat in de grote vulkaan die de noordelijke helft van La Palma vormt.

Zweedse zonnetelescoop
(0,48 m)

Isaac Newton Telescoop
(2,5 m)

Jacobus Kapteyn Telescoop
(1,0 m)

Dutch Open Telescope



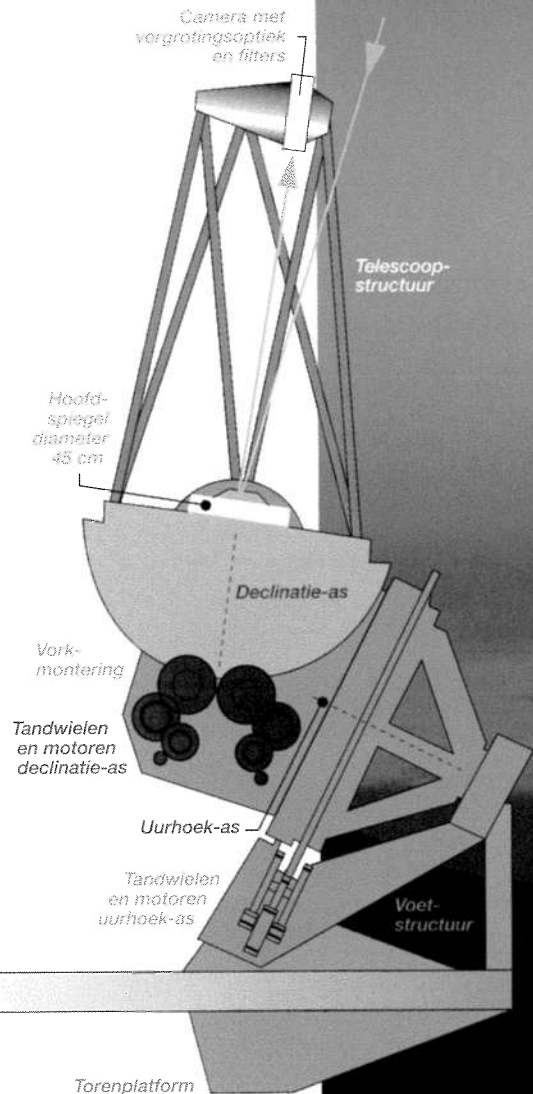
Zonnewetenschappers hebben scherpe opnamen van de Zon nodig. De waterstof-fuserende hoofdreeksster is weliswaar een doodgewone ster in de achtertuin van de Melkweg, maar allesbehalve saai. De Zon heeft aardse onderzoekers veel te bieden. Het is een actieve ster met verschijnselen zoals zonnevlekken, protuberansen, zonnevlammen, een hete corona en de uit snelle deeltjesstromen bestaande zonnewind. Het zonnemagnetisme veroorzaakt al die verschijnselen. Magnetische velden veroorzaken niet alleen in de Zon interessante verschijnselen, maar doen dat in grote delen van het heelal. Zonnewetenschappers onderzoeken vooral de veranderende structuren van magnetische velden. Voor hun speurtocht naar het hoe en waarom ervan hebben zij opnamen nodig die het onderste uit de kan halen wat betreft de beeldscherpte.

Het idee om een volledig open telescoop te bouwen, kwam van de Utrechtse zonneprof dr Kees Zwaan. Dr ir Rob Hammerschlag van het Sterrenkundig Instituut Utrecht werkte het idee verder uit. Een telescoop moet de Zon nauwkeurig blijven volgen. Op La Palma wordt juist bij harde wind de beeldkwaliteit van de atmosfeer zo min mogelijk verstoord. Een hele reeks vindingen in de drijfwerken van de DOT zorgt ervoor dat de DOT wel beweegbaar is, maar niet wiebelt in de wind. Toen de universitaire geldbronnen opdroogden, bracht het innovatieve karakter van Hammerschlags ontwerp de Stichting Technische Wetenschappen (STW) ertoe de DOT onder haar hoede te nemen. Dankzij deze extra steun staat de DOT nu op een vijftien meter hoog platform nabij de 2400 meter hoge Roque de los Muchachos.

Lichtpuntjes

De Zon is de enige ster die zo dichtbij staat dat we haar vanaf de Aarde als een schijf aan de hemel zien staan. Alle andere sterren zien we als lichtpuntjes. Het scheidend vermogen is onvoldoende om die als schijf te zien. Het scheidend vermogen wordt uitgedrukt in de hoekmaat, de grootte van een voorwerp gedeeld door de afstand. Ons oog heeft een scheidend vermogen van ongeveer een halve boogminuut (30 boogseconden).

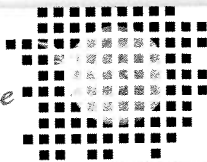
De Zon staat 'slechts' honderdvijftig miljoen kilometer bij ons vandaan en beslaat een hoek van ruim een halve graad (1922 boogseconden). De afstand tot de eerstvolgende ster, Proxima Centauri, is driehonderdduizend keer





In 1997 zijn de DOT-poten verankerd in vier betonblokken van elk twintig kubieke meter, samen 200.000 kilogram, zo zwaar als een flinke trein. Dat is nodig om ook bij zware ijsbelasting (zeg 30.000 kilogram ijs in de liftkoker) en zware storm de DOT overeind te houden. De opklapbare koeppelent wacht in de achtergrond.





zo groot als de afstand tot de Zon. Proxima Centauri oogt dus driehonderdduizend keer zo klein. De schijnbare doorsnede van Proxima Centauri bedraagt ongeveer 0,005 boogseconde. Van Proxima Centauri kunnen we geen enkel detail waarnemen. Zelfs voor ruimtetelescoop Hubble blijft Proxima Centauri slechts een beeldpuntje.

Het maximaal scheidend vermogen van de DOT (bij volkomen afwezigheid van luchturbulentie) bedraagt 0,2 boogseconde. Een telescoop met een scheidend vermogen van 0,2 boogseconde kan de zonnenschijf met zeventig miljoen beeldpunten afbeelden. Dat is meer dan de hoeveelheid beeldpunten van een uiterst scherpe kleinbeeldia. Een scheidend vermogen van 0,2 boogseconde is echter niet zomaar bereikt. Zeker niet in onze Lage Landen, want door de turbulentie in de dampkring bedraagt het scheidend vermogen hier doorgaans minimaal enkele boogseconden.

Voor sterrenkundigen is de dampkring een geduchte hinderpaal. Telescopen op Aarde beelden sterren niet af als puntjes, maar als vlekjes. Dat komt door de verwaziging die onze dampkring veroorzaakt. Turbulentie in de dampkring buigt de lichtstralen enigszins af, met snelle veranderingen. De stralen van een ver weg staande ster zijn evenwijdig; de golf-fronten (loodrecht op de stralen) zijn vlak als ze de dampkring binnenkomen. Inhomogeniteiten in de atmosfeer, denk aan luchtbellens, veranderen de lokale brekingsindex. De bellen werken als kleine lenzen.

Vlekkerig

De diverse stralen van een ster die de telescoop opvangt, gaan door verschillende bellen en buigen daar anders af. De verwaziging die daarbij ontstaat (de *seeing* in vakjargon) verandert binnen de korte meettijd van 0,01 seconde omdat de lichtstralen steeds andere bellen doorsnijden. Bij nog kortere belichtingstijden veroorzaken de bellen een vlekkerig beeld van de ster. Bij langere belichtingstijd versmeren de vlekjes tot een wazig schijfje.

De verwaziging is de schuld van onze eigen dampkring. Op de allerbeste plaatsen, met de minste turbulentie, zijn die *seeingschijfjes* ongeveer 0,1 boogseconde groot. De kleine kijkers van de amateur-astronomen zijn met een spiegel diameter van slechts enkele decimeters al groot genoeg om de atmosferische scherpte-



Felix Bettonvil, een ingenieur in het DOT-team, bekijkt kort na de First Light Ceremony de kop van de DOT. Het spiegeltje zit in het primaire brandpunt en weerkaatst het grootste deel van het invallende zonlicht. Alleen het kleine gaatje laat licht toe tot de koker erachter. Daarin zitten een microscoopobjectief voor navergroting, filters en de CCD-camera die de eerste beelden maakte. Inmiddels wordt complexere secundaire apparatuur geïnstalleerd, waarbij een deel van het licht na het diafragma naar opzij wordt gebracht, waar meer ruimte is, bezijden de inkomende bundel. De slang rechts dient voor luchtafzuiging en bevat ook de waterleiding die de koeling van de achterkant van het spiegeltje verzorgt.





Telescoopbouwer dr ir Rob Hammerschlag bij zijn telescoop, kort na de First Light Ceremony. Het weer was slecht dus de tent bleef gesloten en de spiegel afgedekt; het deksel (met de twee handvatten) zit er op. De grote slangen dienen om turbulente wervels van nabij de spiegel weg te zuigen; daarmee wordt nog geëxperimenteerd. De glimmende buizen naar links ondersteunen de apparatuur in het brandpunt.

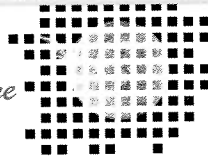
Fijnmechanicus Piet Hoogendoorn is van meet af aan bij de bouw van de telescoop betrokken geweest en heeft de meeste van de duizenden bouten er zelf in vastgedraaid. De middelste tandwielen in de overbrengingskast zitten niet op assen maar kunnen vrij bewegen. Daardoor leggen ze aan over de hele lengte van hun tanden in plaats van op een enkel punt. Dat is belangrijk omdat de telescoop anders rond dat punt zou kunnen kiepen.

Goed voorbeeld...

Het kan heel goed zijn dat toekomstige grote zonnetelescopen DOT-achtig ogen. Ze zullen veel groter zijn dan de huidige generatie vacuümtelescopen (waarvan de nieuwe Frans-Italiaanse THEMIS op Tenerife met 90 cm doorsnede de grootste is). Bij grote diameters is vacuümzuigen niet mogelijk. In de Verenigde Staten is zojuist een rapport verschenen waarin als eerste prioriteit voor toekomstig Amerikaans zonneonderzoek de constructie van een zonnetelescoop met een diameter van twee tot vier meter met adaptieve optiek wordt aanbevolen. Het ontwikkelen van adaptieve optiek is daarvoor absoluut noodzakelijk, omdat zelfs op La Palma de Friedparameter (de atmosferische scherptelimiet) ver onder de meter blijft. De DOT figureert in dat rapport als conceptvoorbeeld.

De DOT lost met zijn open bouwwijze het probleem van de luchtverwarming in de kijkerbuis op, op een manier die ook veel grotere spiegeldiameters toelaat. Adaptieve optica corrigeert de luchtturbulentie die ontstaat in de atmosfeer boven een telescoop. Een computer analyseert daarbij de vervormingen die de atmosfeer in het binnenkomende golffront heeft veroorzaakt. Een adaptieve spiegel (te beschouwen als een lap spiegelen rubber die op veel plaatsen kan worden ingestulpt en uitgeduwd) compenseert de vervormingen met tegengestelde bewegingen. De verdere telescoop en de analyse-apparatuur ontvangen dan de zonnestraling zoals die de atmosfeer binnenkwam, oorspronkelijk nog onbedorven. Adaptieve optiek vereist een enorm rekenvermogen om binnen de tijd waarin de atmosferische vertroebelingen veranderen (0,001-0,01 seconde) de correcties te bepalen en naar de rubberen spiegel door te sluisen. De nieuwste rekenchips, en daarvan een heleboel in parallelle opstelling, maken dit mogelijk. Dat betekent dat een afbeeldingsscherpte ver boven de Friedwaarde van de atmosfeer tot de mogelijkheden behoort. Ook dan blijft een locatie met hoge Friedparameter noodzakelijk omdat correctie van het beeldbederf beter gaat als de binnenkomende lichtfronten minder zijn vervormd.





limiet van 0,1 boogseconde te halen. Grotere telescopen geven wel een groter beeld, maar zijn niet scherper.

Spiegeldiameter

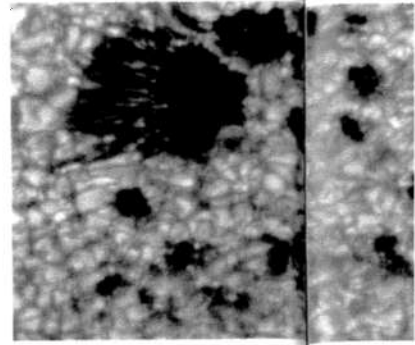
Een maat voor atmosferische scherptelimiet is de Friedparameter. Deze vergelijkt het scheidend vermogen van de dampkring met de overeenkomstige spiegeldiameter. Het scheidend vermogen van de William Herschel Telescope op La Palma, met een spiegeldiameter van 4,20 meter, bedraagt in theorie 0,025 boogseconde. In de praktijk staat de atmosferische turbulentie slecht een scheidend vermogen van hooguit 0,1 boogseconde toe, ofwel de beeldscherpte van een kijker met een spiegeldiameter van slechts dertien centimeter. De Friedparameter van de atmosfeer bedraagt dan dertien centimeter.

Een Friedparameter van dertien centimeter is een uitzonderlijk hoge waarde die op maar weinig plaatsen op Aarde wordt gehaald. Daar horen de vulkaantoppen van de Canarische Eilanden en de toppen van het Chileense kustgebied bij. Deze bergen zijn verzamelaarsplaatsen voor grote telescopen. Hawaï is een verzamelaarsplaats voor sterrentlescopen, omdat daar vooral de nachtseeing zeer goed is. Ondanks de goede atmosferische omstandigheden presteren telescopen ook op deze plaatsen niet beter dan kijkers met spiegeldiameters van vijftien tot twintig centimeter. Toch staan daar telescopen met spiegeldiameters van tien meter. Ze verzamelen meer licht en kunnen zwakkere objecten afbeelden.

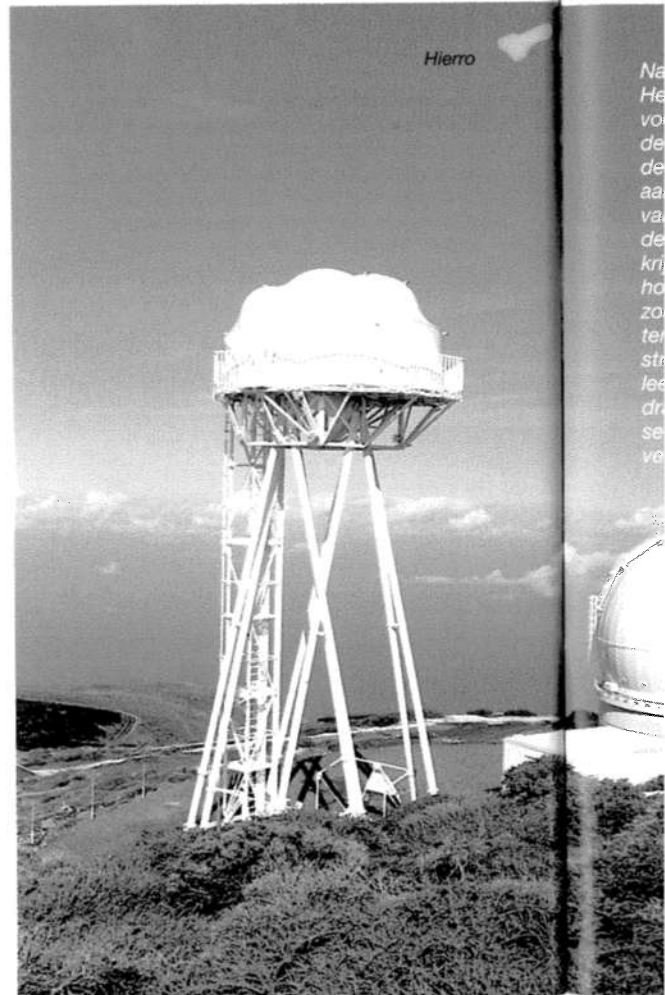
Voor zonnetlescopen is het allemaal nog erger. De Zon verhit de grond, het gebouw en de telescoop. Het zinderende trillen van lucht boven een zomerse asfaltweg maakt duidelijk dat dit de Friedparameter verlaagt. Het door de invallende zonnestralen verhitte asfalt verwarmt de lucht boven de weg en veroorzaakt in de onderste luchtlagen convectie (stroming) met een sterk turbulent karakter. De lichtstralen die daar doorheen komen, buigen af door de wisselende breking in de hetere en minder hete (dichtere) luchtbellens. Grondverhitting verslechtert de seeing. Zonnetlescopen moeten daarom niet alleen op plaatsen staan met een hoge Friedparameter van de hoge atmosfeer, maar er ook alles aan doen om het effect



Een van de eerste opnamen die de DOT maakte, toont een uitbrekend nieuw actief gebied met zwarte vlekken die nog niet tot volledige vlekken zijn samengegroeid (poriën). De grijzige vlekken daaromheen vormen de granulatie, het oppervlaktepatroon gevormd door de convectie waarmee de Zon haar in het inwendige opgewekte energie naar buiten voert. Hier en daar bevinden zich kleine witte spikkeltjes, de magnetische fluxbuises. Ze komen dankzij de afbeeldingsscherpte van de DOT tevoorschijn. Dit zijn de fun-



damentele bouwstenen waaruit het zonnemagneetveld is opgebouwd; het gaat erom deze met hoge precisie in kaart te brengen. De opname toont een gebied van zo'n 20.000 km doorsnede.



Sterrenkundige trekpleister

De Canarische Eilanden zijn de voornaamste vestigingsplaats voor Europese telescopen op het noordelijk halfrond geworden. Op het eiland La Palma staan drie sterrentelescopen die onderdeel zijn van een Brits-Nederlandse samenwerking, de nationale Italiaanse telescoop nadert er zijn voltooiing en de Spanjaarden hopen er een tien-metertelescoop te bouwen. Daarnaast staan er twee zonnetelescopen, een Zweedse en de nieuwe DOT. Veel grotere (maar niet scherpere!) zonnetelescopen staan op Tenerife.

De Canarische Eilanden zijn dus niet alleen toeristische maar ook sterrenkundige trekpleisters. Zowel de toeristen als de sterrenkundigen komen voor het klimaat. De hemel is er meestal onbewolkt, zeker op de bergtoppen. Als de heersende noordoostpassaat wolkenvelden aanvoert, steken de observatoria op de bergtoppen daar ruim bovenuit. Men heeft dan alleen last van hoge bewolking en die komt daar niet zo vaak voor omdat de Canarische Eilanden ten zuiden van de gordel liggen waarin de straalstromen de meeste depressies voortjagen.

Voor sterrenkundigen is het belangrijk dat de seeing goed is. Er zijn geen andere bergen in de buurt die in hun windafwaartse kielzog turbulentie produceren. Komt de passaatwind op La Palma en Tenerife uit het noordoosten, zoals het hoort in dat deel van de Atlantische Oceaan, dan ontmoet hij een tamelijk gladde berghelling waarlangs hij naar en rond de telescopen wordt gelooft. De onderste luchtlagen bevatten daardoor weinig turbulentie. Voor zonswaarnemingen komt daar nog bij dat de passaatwind vaak stevig blaast. Dat vermindert het effect van de grondverhitting door de invallende zonnestralen.

De Canarische loftrampet steken vereist ook vermelding van de schaduwzijden. Als het er niet waait, is de seeing er overdag slecht omdat de grondverhitting een te dikke turbulente laag levert. Voorts lijden de Canarische Eilanden bij zomerse oostenwind aan neerddwarrelend stof dat in de Sahara is opgewaaid. Ten slotte kunnen de winters op de Canarische vulkanen een zware belemmering vormen. Het kan er vreselijk stormen en ook is er vaak zware ijsafzetting.

De Canarische Eilanden bestaan uit relatief jonge vulkaantoppen. La Palma is het meest westelijke eiland. Het eiland heeft de meeste vegetatie omdat het de meeste regen ontvangt. Op Tenerife staan vooral zonnetelescopen. De scherpste zonnebeelden komen echter van La Palma.

La Palma

Tenerife

Gomera

CANARISCHE EILANDEN

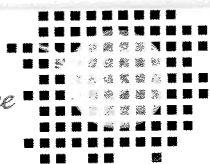
Gran Canaria

Lanzarote

Fuerteventura

Naast de DOT (links) staat de Britse William Herschel Telescope (WHT), waarin Nederland voor 15% participeert. De hoofdspiegel van de WHT is bijna tienmaal zo groot als die van de DOT. De seeing binnen de WHT-koepel is aanzienlijk verbeterd door de koelinstallatie van de drijfwerken uit het gebouw te verwijderen. Als de proefperiode gunstig verloopt, krijgt een grotere spiegel voor de DOT een hoge prioriteit en wordt de DOT de grootste zonnetelescoop van Europa en de grootste ter wereld met hoge beeldscherpheid. De struikjes op de voorgrond zijn codeso, een alleen op La Palma voorkomende brem. Ze dragen in belangrijke mate bij aan de goede seeing overdag omdat ze de grondverhitting verminderen.





van grondverhitting te verminderen. (Een zonnetelescoop in de ruimte, zoals de Hubble Space Telescope, lost beide problemen in één klap op, maar die oplossing is voornamelijk duur.)

Straalkachel

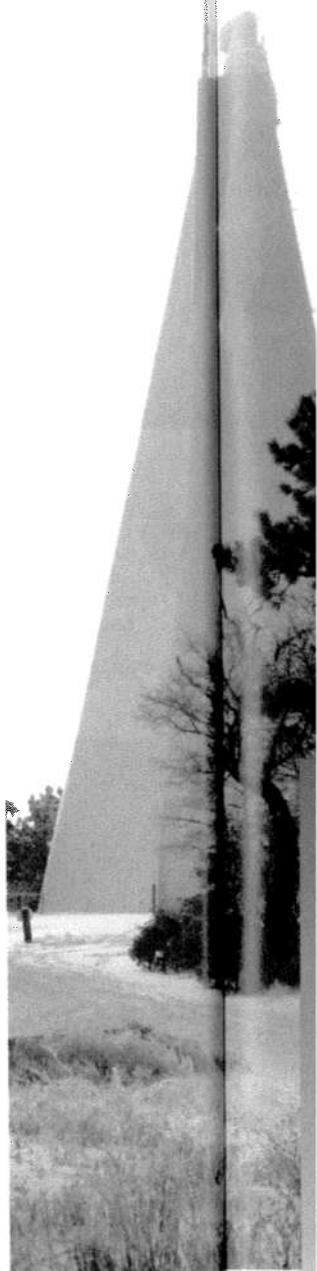
Een gunstige plaats op Aarde en adaptieve optica (zie kader pag. 75) kunnen nog niet voorkomen dat er in de zonnetelescoop zelf turbulentie ontstaat. In een telescoop mag evenmin luchturbulentie ontstaan en dat terwijl het samenknijpen van het zonlicht in een brandpunt gelijkstaat aan het inbouwen van een straalkachel in de telescoop. In volle zon wordt het aardoppervlak verhit met ongeveer 1,4 kilowatt per vierkante meter. Zonnebadend op het strand voelt men die warmte aan den lijve. Een telescoop bundelt de energiestroom waardoor de optiek in of nabij het primaire brandpunt sterk wordt verhit. Meestal zit er daarom geen optiek in het primaire brandpunt, maar ook dan kan de lucht zo sterk opwarmen dat er binnen de kijkerbuis convectie optreedt. Deze 'interne telescoopseeing' bederft het beeld.

De oplossing is eenvoudig: zuig de zonnetelescoop leeg. De laatste decennia zijn alle zonnetelescopen uitgevoerd als vacuümtelescopen. Zonder lucht in de kijker is er geen turbulentie meer mogelijk. Er kleeft echter een groot bezwaar aan: de vacuümtelescoop moet beginnen en eindigen met vacuümvensters. Het ingangsvenster moet een doorsnede hebben gelijk aan of groter dan de spiegel diameter. Tegelijkertijd staat dat venster onder een drukverschil van één atmosfeer tussen binnen en buiten. Het venster moet voldoende sterk zijn. Een te dik ingangsvenster bederft echter de beeldkwaliteit door de spanningen en de inhomogeniteit in het glas. De grens voor de doorsnede van een ingangsvenster bij vacuümtelescop ligt bij een meter.

De Dutch Open Telescope (DOT) lost het probleem van de interne seeing op met een open bouwwijze en door de sterke passaatwind te gebruiken. De wind waait dwars door de telescoop en houdt hem vrij van turbulente werfels. Daarnaast verhindert een reflecterend diafragma interne verhitting. Dit diafragma is geplaatst in het primaire brandpunt waar het zonlicht samenkomt. Het spiegelt het overgrote deel van het beeld van de Zon de telescoop

Twee uitersten

De Sacramento Peak Telescope is de Vacuum Tower Telescope (VTT) van het US National Solar Observatory in Sacramento Peak (New Mexico). Qua prestaties evenaren de DOT en de VTT elkaar, maar in bouwwijze verschillen ze drastisch. De VTT bestaat uit een verticale pijp van honderd meter lengte, waarvan circa zestig meter onder de grond zit. De hele pijp van vacuümvenster tot en met de hoofdspiegel is vacuüm gezogen om luchturbulentie in de telescoop te vermijden. De pijp hangt vrij roteerbaar in een bak met kwik boven in de toren. De waarnemingsvloer, een schijf van twaalf meter doorsnee op grondniveau, draait met buis en waarnemers mee. Dankzij het kwiklager draaien zij nagenoeg zonder wrijving. De hele structuur kan met de hand aan het draaien worden gebracht. De VTT kan echter niet, zoals de DOT, meedraaien met de dagelijkse beweging van de Zon langs de hemel. Daarvoor is de pijp te lang. Het vacuümvenster weersstaat een drukverschil van een atmosfeer tussen binnen en buiten. Spanningen in dit venster beperken de beeldscherpte van de VTT. Daardoor is de beeldscherpte van deze grote zonnetelescoop niet beter dan die van de DOT, ondanks de grotere diameter.



	VTT (vacuümprincipe)	DOT (open)
lengte	100 meter	2 meter
spiegel-diameter	76 cm	45 cm
effectief	45 cm	45 cm
draaiend gewicht	250.000 kilogram en toch kun je hem met je vinger omdraaien	Parallactisch d.w.z. de telescoop draait om twee assen: beeld staat stil.
optische structuur		± 20.000 kilogram platform en telescoop

Zonlicht
(valt door een kwartsvacuümvenster van 96 cm dikte)
Twee paar draaibare spiegels die het zonlicht naar de bodem van de telescoop spiegelen



DOT

± 40 meter
boven
de grond

Grond-
niveau

± 60 meter
onder
de grond

Focus

Kwarts-
venster

Buis draait
in kwik-
lager

Gehole
buis is
vacuüm
gezogen

Hoofd-
spiegel

uit. Een gaatje met een doorsnede van slechts 1,6 mm, het diafragma, laat een klein beeldveld toe tot de verdere optiek. Waterkoeling houdt dit diafragma op omgevingstemperatuur.

De eerste beelden van de DOT bewezen dat hij het theoretisch scheidend vermogen gesteld door de 45 cm diameter van de primaire spiegel (0,2 boogseconde) haalt. Dat is dezelfde kwaliteit als die van de 47,5 centimeter Zweedse zonnetelescoop op La Palma, die tot dusver de scherpste afbeeldingen van de Zon maakt. De twee scherpste zonnetelescopen ter wereld staan nu broederlijk naast elkaar. De DOT wordt zelfs bestuurd vanuit het Zweedse telescoopgebouw; computerkabels transporteren de DOT-beelden erheen. De twee telescopen zullen vaak samen worden gebruikt. De komende tijd zal leren of de lokale seeing bij de open DOT-toren ook in de praktijk beter is dan die bij de betonnen toren van de Zweedse telescoop.

Het afgelopen najaar heeft een aantal subsidieverleners besloten een proefperiode van drie jaar te steunen, waarin de DOT zich astronomisch kan bewijzen. Het programma daarvoor bestaat uit het gelijktijdig in kaart brengen van de magnetevelden in de fotosfeer, de magnetevelden in de lage chromosfeer en die in de hoge chromosfeer van de Zon. In dat programma vormen de scherpe beelden die de DOT en La Palma samen bieden, een belangrijk facet, naast de opnamen van de ultraviolet- en röntgenstralingstelescopen aan boord van de satellieten SOHO en TRACE (zie pag. 10). Over drie jaar kunt u een artikel met nieuwe ontdekkingen tegemoet zien!

Auteur

Dr Rob Rutten (56), docent/onderzoeker bij de faculteit Natuur- en Sterrenkunde, Universiteit Utrecht, heeft zonnenspectroscopie als zijn specialiteit. Hij coördineert een door de Europese Unie gesteunde samenwerking tussen acht zonnephysische instituten in zeven landen, die alle het zonnemagnetisme bestuderen met de vijf zonnetelescopen op de Canarische Eilanden, waaronder de DOT.

Literatuur

Herbert Friedman. Zon en Aarde. Wetenschappelijke Bibliotheek. Maastricht: Natuur & Techniek, 1989.
R.S. Le Poole en F.P. Israël. Sterrenkijkers. Natuur & Techniek 60 (1992), 10: 728-741.

internet

<http://www.astro.ruu.nl/~rutten/dot>