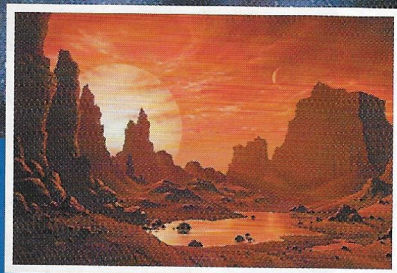
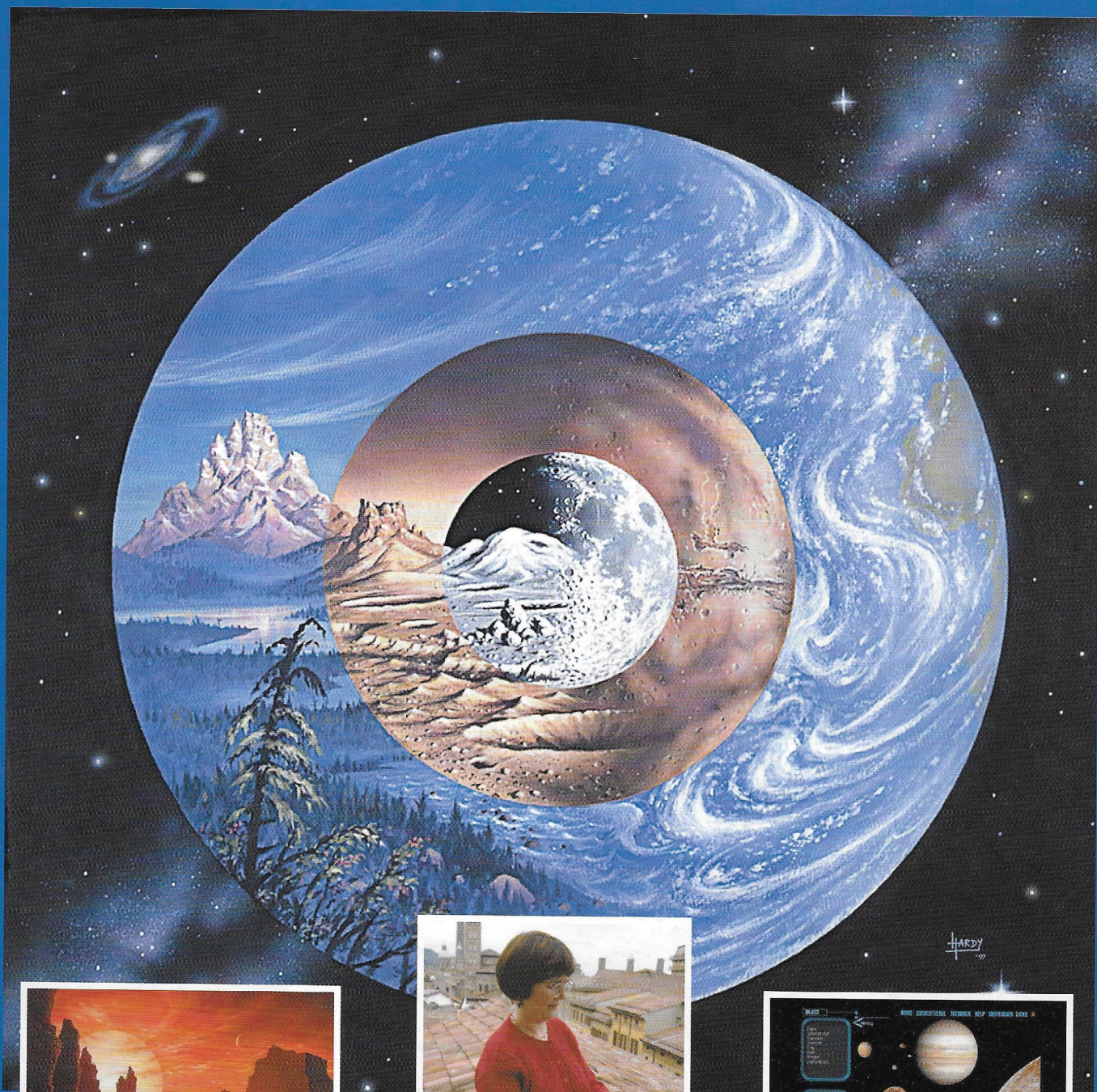


september 2000

ZENIT

STERRENKUNDE - WEERKUNDE - RUIMTEONDERZOEK

prijs f9,95 voor België 200 F



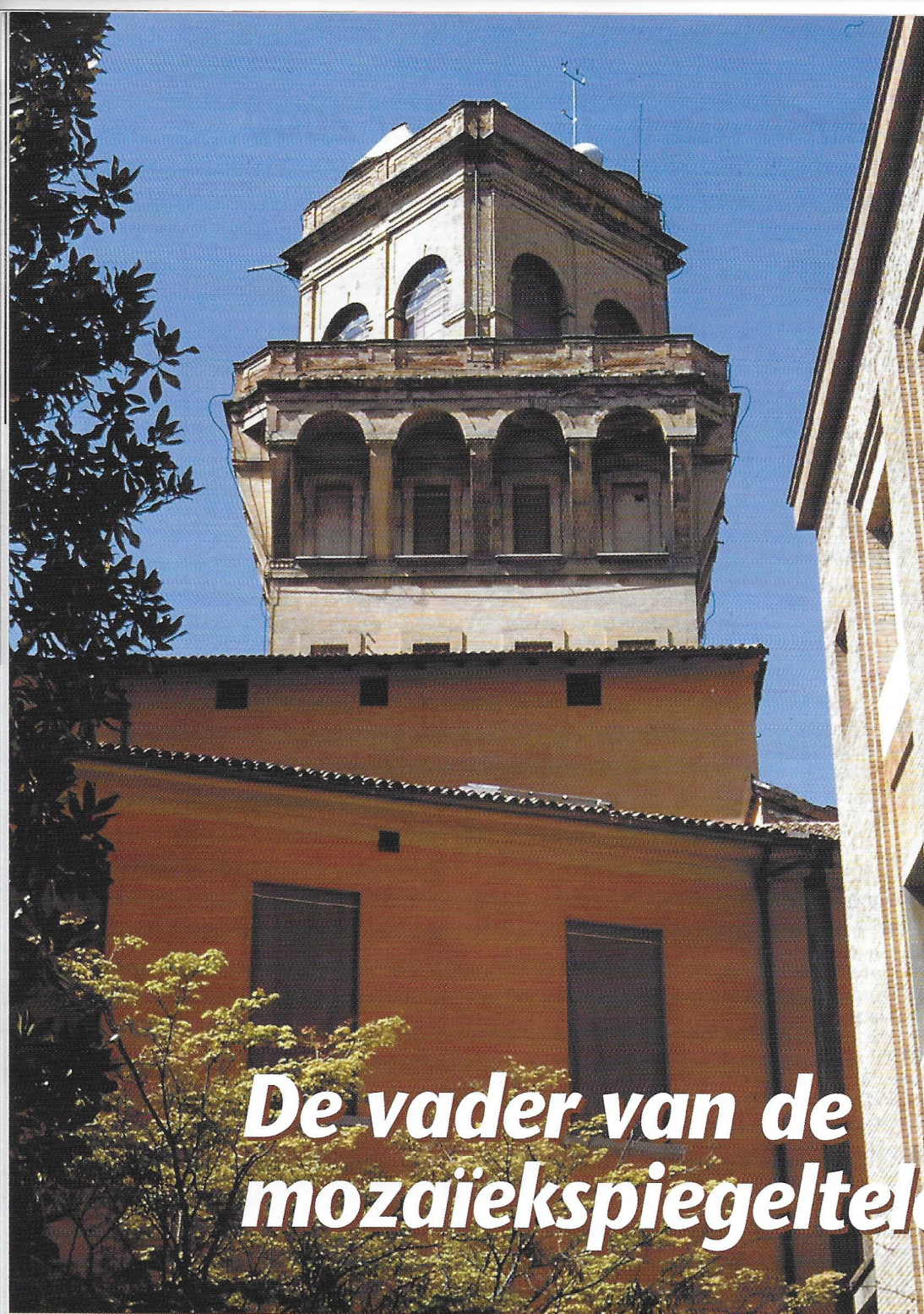
**Planeten bij
andere sterren
en de mens**



**De eerste
mozaïek-
spiegel**



**Sterrenkunde
op het
Internet**



De oude toren van de universiteit van Bologna. In de bovenste, 'gedraaide' ruimte begon Horn-d'Arturo in de jaren dertig aan de bouw van een telescoopspiegel die uit afzonderlijke segmenten bestond. (Foto van de auteur)

De grootste optische telescopen ter wereld zijn momenteel de twee Keck-broers op Hawaï. Zij hebben een hoofdspiegel van tien meter diameter, maar zullen in de nabije toekomst waarschijnlijk worden voorbijgestreefd door telescopen met spiegels van 25 of misschien wel 50 meter diameter. Zulke diameters zijn alleen te realiseren door de spiegels op te bouwen uit een groot aantal kleinere, lichte segmenten die als tegeltjes in elkaar passen. De allereerste spiegel van deze constructie werd vijftig jaar geleden gemaakt door een onbekende professor van de sterrenwacht van Bologna.

De vader van de mozaïekspiegeltelescoop

George Beekman

De sterrenwacht van Bologna was tot voor kort gehuisvest in de vijftig meter hoge toren van de oude universiteit, in het hartje van de stad. Vroeger moesten de astronomen er dagelijks heel wat trappen lopen, maar nu zijn de ruimten ook per lift bereikbaar. In een van de hoeken van de toren is de ronde, marmeren plaat van twee meter diameter te zien, waarop Horn-d'Arturo eertijds zijn gesegmenteerde telescoopspiegel opbouwde. De 61 zeshoekige segmenten zitten nu veilig opgeborgen in evenzovele genummerde dozen, maar eind dit jaar moeten ze weer op de plaats liggen waar ze vijftig jaar geleden hebben gelegen.

Guido Horn-d'Arturo (1879-1967) was van 1921 tot 1954 hoogleraar astronomie in Bologna en tevens directeur van de sterrenwacht. In 1932 schreef hij in *Coelum* (Hemel), het eerste populair-sterrenkundige tijdschrift in Italië dat hij een jaar eerder had opgericht, over de aangekondigde bouw van de 5-meter Hale-telescoop op Palomar Mountain in Californië. Hij offerde – evenals vele anderen in die tijd – dat deze kolossale en kostbare telescoop wel eens de grootste telescoop met een spiegel uit één stuk zou kunnen blijven. Nog grotere spiegels van dit type zouden onhandelbaar en onbetaalbaar worden.

Alternatieve constructies

Langs welke weg zou men in de toekomst nog grotere telescopen kunnen bouwen? In zijn artikel liet Horn-d'Arturo enkele alternatieve spiegelconstructies de revue passer. Eén daarvan was een spiegel die gecreëerd werd door het langzaam ronddraaien van een ondiepe bak met kwik: een techniek die al in 1908 met succes was beproefd door de Amerikaanse fysicus Robert W. Wood, maar als gevolg van technische problemen toch niet was doorgezet. Een ander alternatief, spiegels die waren samengesteld uit een groot aantal dunne en lichte segmenten, bood volgens Horn-d'Arturo meer perspectieven.

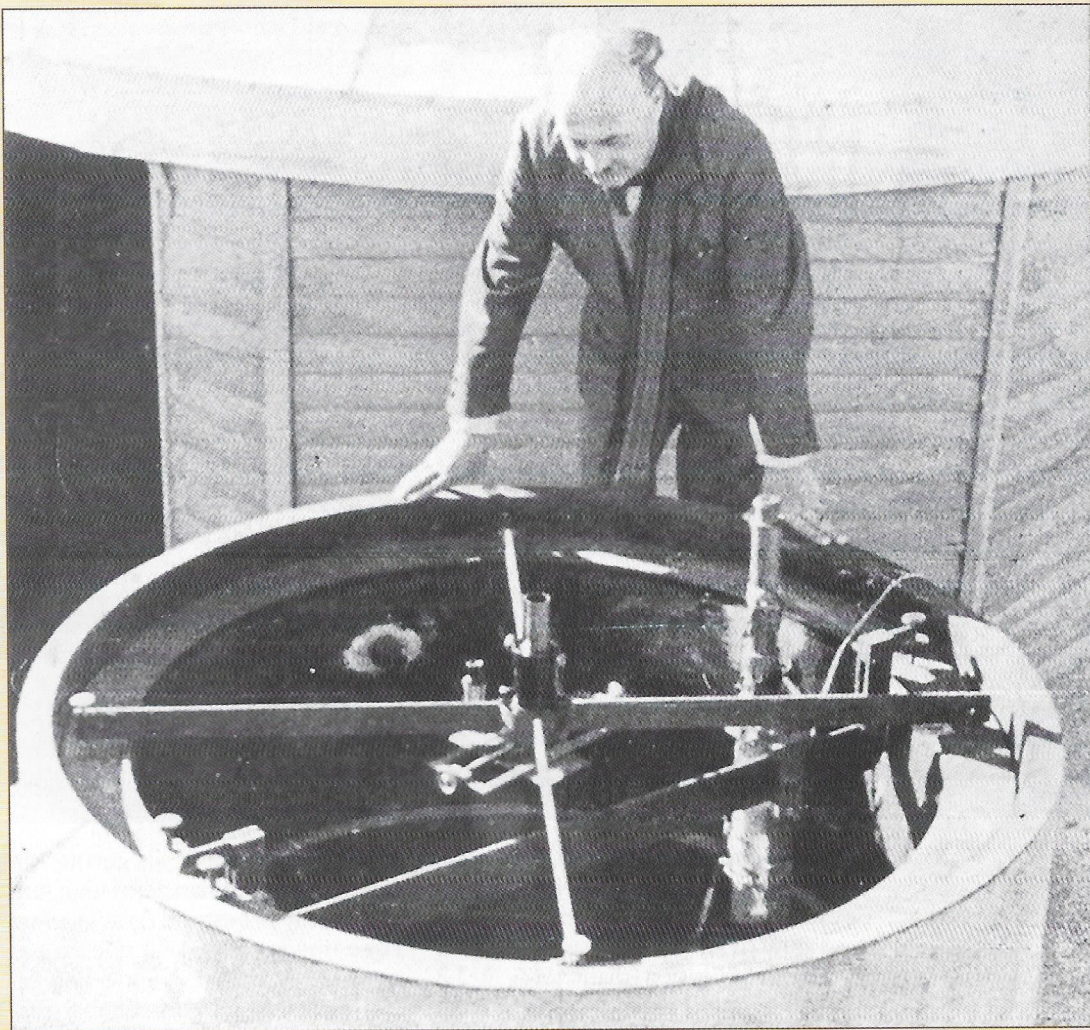
Horn-d'Arturo had gelezen over een experiment dat de Ierse edelman en amateur-astronoom Lord Rosse (ook wel bekend als William Parsons) in 1828 had beschreven in het *Edinburgh Journal of Science*. Rosse had uit het metaal 'speculum' een 15-cm spiegel geslepen die uit twee delen bestond: een centrale schijf met daaromheen een iets hoger liggende ring. Beide hadden een sferische kromming, maar konden met behulp van schroeven zodanig worden ingesteld dat zij gezamenlijk de vorm van een paraboloïde benaderden. Zo omzeilde Rosse het veel moeilijker werk van het slijpen van een paraboolvorm.

Dit artikel van Lord Rosse bracht Horn-d'Arturo op een idee hoe men heel grote spiegels zou kunnen maken. Men zou vele kleinere, sferische spiegeltjes, die relatief dun en licht zijn en betrekkelijk goedkoop in grote aantallen kunnen worden gemaakt, tot één geheel moeten samenvoegen. De spiegeltjes zouden in de vorm van steeds groter wordende kringen rond een centrale spiegel moeten worden opgesteld en meer naar buiten toe steeds wat hoger moeten liggen. Om dit idee uit te testen, begon Horn-d'Arturo in de bovenste kamer van de sterrenwacht, de *torretta* (torenkamer), zo'n telescopspiegel te bouwen.

Vele tasselli

De spiegelsegmenten kwamen van de Duitse firma Carl Zeiss in Jena en werden in Bologna verder afgewerkt. De segmenten, door Horn-d'Arturo *tasselli* genoemd, waren ruwweg trapeziumvormig, drie centimeter dik en hadden dezelfde sferische kromming. Elk werd met behulp van drie stelschroeven op een horizontaal liggende marmeren plaat in de juiste stand gezet. In het brandpunt, tien meter hoger op het dak van de toren, bevonden zich een instelkijertje en een houder voor fotografische platen die met een motortje langs een rail kon bewegen. Door deze beweging kon de telescoop – die vast stond en loodrecht omhoog keek – een hemellichaam ruim zes minuten lang volgen.

De eerste opnamen met deze 'zenittelescoop' werden in 1935 met één kwadrant van de geplande 1-



meter spiegel gemaakt. Tien van de 81 segmenten lagen toen op hun plaats en de optische kwaliteit van deze kwart spiegel was veelbelovend. Drie jaar later moest Horn-d'Arturo het werk aan zijn spiegel echter staken. Omdat hij uit een joodse familie kwam, werd hij door het fascistische regime van zijn functie ontheven en moest hij ook

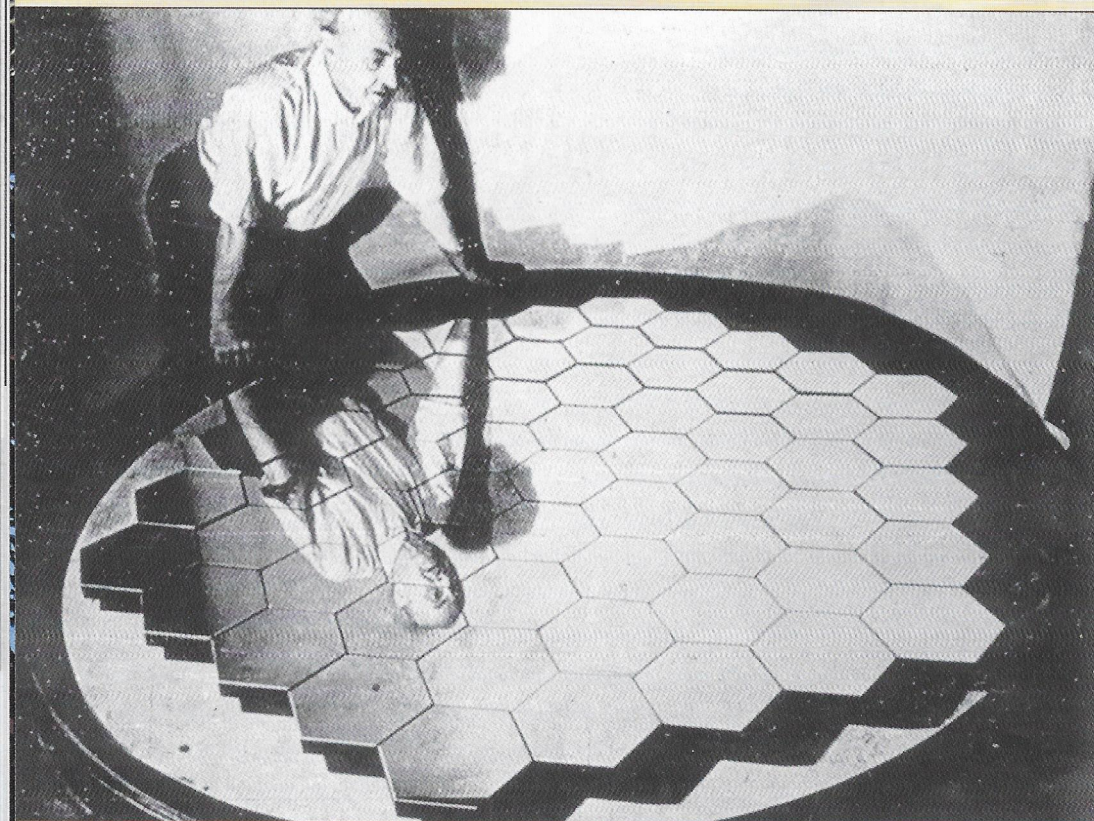
Horn-d'Arturo in 1932 bij het brandpunt van zijn geplande 1-meter telescoop, op het dak van de toren. Hier bevond zich apparatuur voor het instellen van de spiegelsegmenten en een verplaatsbare houder voor fotografische platen.

zijn appartement in de toren verlaten. Een niet-joodse astronoom, Francesco Zagar, nam zijn functie – en zijn appartement – over.

In 1945, na de val van het fascisme,



Op het dak van de toren is nu nog te zien waar zich vroeger het brandpunt van de telescoop met gesegmenteerde spiegel bevond. (Foto van de auteur)



Horn-d'Arturo met zijn in 1952 voltooide 1,8-meter spiegel die uit 61 afzonderlijk instelbare segmenten bestond.

kon Horn-d'Arturo weer terugkeren en begon hij, geassisteerd door zijn technicus Aldo Galazzi, aan de bouw van een gesegmenteerde spiegel die een diameter van 1,8 meter zou krijgen. De voortgang

verliep echter, mede als gevolg van het gebrek aan financiële steun, erg traag. In 1949 bestond de spiegel uit twee ringen, in 1951 uit drie en pas in 1952 lag ook de vierde ring op zijn plaats. Rond een centraal zes-

hoekig segment van 20 centimeter diameter lagen toen vier ringen van 6, 12, 18 en 24 segmenten. De paraboolvorm was benaderd door iedere volgende ring iets hoger dan de ware sferische vorm te leggen: de verschillen namen van binnen naar buiten toe van 0,5 mm tot 3,4 mm. Met deze spiegel, die geen noemenswaardige vertekening bleek te vertonen, konden sterren tot magnitude 18 worden gefotografeerd.

Voor- en nadelen

Een van de nadelen van deze telescoopspiegel was dat de segmenten onder invloed van temperatuurwisselingen van stand veranderden en dus telkens weer via de drie stelschroeven moesten worden bijgesteld. Hiervoor waren twee personen nodig. De ene zat onder de marmeren plaat aan de stelschroeven te draaien en de andere moest met de kleine collimatietele-

scoop op het dak vaststellen wanneer twee stellen verlichte kruisdraden precies samenvielen. Wanneer de spiegel ieder dag werd gecontroleerd, kon een ervaren duo de 61 segmenten in minder dan drie kwartier instellen. Na vier tot vijf dagen – als er meer segmenten waren ontregeld – had men daarvoor twee uur nodig.

Een ander nadeel was dat de vast opgestelde telescoop slechts de hemel in een strook van 1,3 graden breed door het zenit kon waarnemen. Horn-d'Arturo wees er echter op dat men een groter deel van de hemel kon bestrijken wanneer men meerdere van zulke telescopen op verschillende breedtegraden zou bouwen. Hij schatte dat deze telescopen per stuk niet meer dan 3,5 miljoen lire (een kleine vierduizend gulden) hoefden te kosten: een fractie van een even grote telescoop met een volledig beweegbare spiegel uit één stuk.

De 1,8-meter telescoop werd in de jaren vijftig en zestig in Bologna vooral gebruikt voor het waarnemen van veranderlijke sterren, waarvan er ook enkele tientallen werden ontdekt. Horn-d'Arturo had zijn telescoop nog wel willen uitbreiden met een vijfde kring van spiegels, om de diameter te vergroten tot 2,2 meter, maar daarvoor bood de sterrenwachtoren niet de ruimte. En omdat hij zijn werkgever – de universiteit – niet voor zijn experimenten enthousiast wist te maken (wat overigens voor een deel te wijten was aan zijn ondiplomatieke gedrag), zou het bij deze ene telescoop met gesegmenteerde spiegel blijven.

Op papier ontwikkelde Horn-d'Arturo echter plannen voor de bouw van een telescoop van 5,1 meter diameter, net iets groter dan de Hale-telescoop uit 1948. De spiegel zou gaan bestaan uit 217 zeshoekige segmenten van ongeveer 30 centimeter diameter en moesten worden opgesteld op de bodem van een dertig meter hoge grot bij Castellana, in het uiterste zuiden van Italië. Op die plaats beweegt de Andromedanevel precies door het zenit! De grot zou via een te boren schacht met het aardoppervlak in verbinding moeten worden gebracht. De kosten van dit project

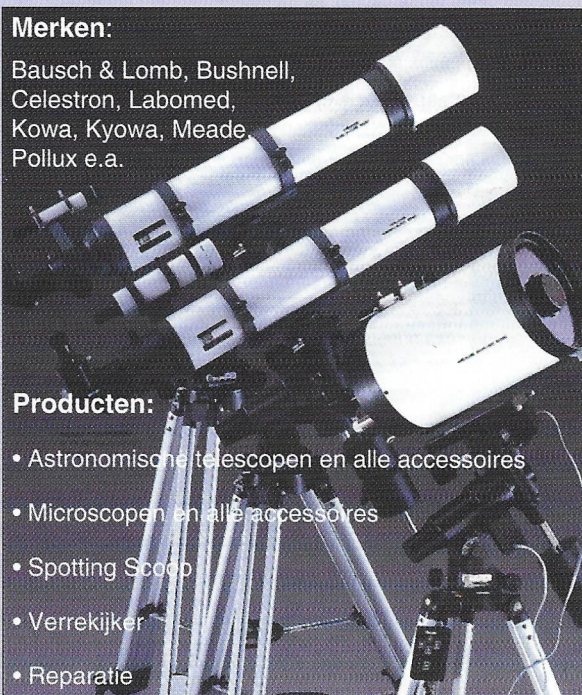
POLARIS OPTISCHE INSTRUMENTEN

Merken:

Bausch & Lomb, Bushnell, Celestron, Labomed, Kowa, Kyowa, Meade, Pollux e.a.

Producten:

- Astronomische telescopen en alle accessoires
- Microscopen en alle accessoires
- Spotting Scope
- Verrekijker
- Reparatie



POLARIS OPTISCHE INSTRUMENTEN

Nachtegaalstraat 76; 3581 AM Utrecht
tel/fax: 030- 2322569

werden geschat op 34 miljoen lire (een kleine 40.000 gulden).

Late bekendheid

Doordat Horn-d'Arturo aanvankelijk alleen in het Italiaans publiceerde, bleef zijn werk lange tijd vrij onbekend. De eerste verwijzing naar zijn werk in een niet-Italiaanse publicatie verscheen in 1950 in *Die Sterne*. Francesco Zagar, de astronoom die in 1938 tijdelijk de plaats van Horn-d'Arturo had ingenomen, meldde toen in een overzicht van de naoorlogse situatie van de sterrenkunde in Italië dat 'G. Horn-d'Arturo al jarenlang bezig is met de bouw van een vaste, verticale telescoop, waarvan het objectief is samengesteld uit vele afzonderlijke kleine sferische spiegels met onafhankelijke instelling'.

De experimenten van Horn-d'Arturo werden in grotere kring bekend nadat Albert Ingalls, de auteur van *Amateur Telescope Making*, er in 1951 in *Scientific American* over had bericht. Enkele bekende amateur-astronomen, zoals John P. Hamilton in Australië en Lyle T. Johnson in de Verenigde Staten, kwamen direct daarna met ideeën voor telescopen met gesegmenteerde spiegels van 12 tot 17 meter diameter en uitbreidingen die ook het

langer volgen van een hemellichaam mogelijk maakten. Het bleef echter bij ideeën, omdat de meeste telescoopbouwers de nieuwe techniek nog te futuristisch vonden.

Toen in de jaren zestig de allereerste plannen werden gemaakt voor een ruimtetelescoop, waarvan men in die tijd dacht dat die al in 1979 in een baan om de aarde zou kunnen draaien, stelden sommige constructeurs voor om die een dunne, gesegmenteerde spiegel te geven. De uiteindelijke Hubble-ruimtetelescoop (gelanceerd in 1990) kreeg echter toch een (bescheiden) lichtgewicht spiegel uit één stuk. Pas in het midden van de jaren tachtig besloten de Amerikanen een telescoop met een uit segmenten bestaande spiegel te gaan bouwen, maar dan wel één die ook in alle richtingen beweegbaar zou zijn. Toen kwamen de technologie, elektronica, en computerbesturing in zicht die nodig waren om alle segmenten ook *tijdens* het waarnemen in hun juiste stand te houden.

De eerste telescoop met zo'n spiegel, de 10-meter Keck-telescoop, werd in 1992 op Hawaï in gebruik genomen. Al een jaar eerder was gebleken dat de techniek goed werkte en besloot men nog een tweede te bouwen. Die was in 1996

gereed en een jaar daarna verscheen op Mount Fowlkes in Texas de Hobby-Eberly Telescope: een telescoop met een gesegmenteerde spiegel van 11 meter diameter die een beperkte 'bewegingsvrijheid' had. Momenteel worden in zowel de Verenigde Staten als Europa plannen gemaakt voor de bouw van telescopen met hoofdspiegels van 25 of misschien wel 50 meter diameter. De suggestie van Horn-d'Arturo 'dat er misschien nog eens een tijd komt waarin gesegmenteerde spiegels van vijf meter diameter tot de kleinere worden gerekend', begint na zo'n vijftig jaar uit te komen!

Specchio a tasselli

De bovenste drie etages van de oude toren van de universiteit van Bologna zijn nu ingericht als astronomisch museum. In de drie ruimten zijn onder andere de fraaie, antieke instrumenten te zien die vanaf het begin van de achttiende eeuw door de Bolognezer astronomen werden gebruikt. Bij het betreden van de meridiaanzaal vallen direct de koperen meridiaanlijn en de analemma op, die in 1742 werden gemaakt door Ercole Lelli. En op de wenteltrap naar de torenkamer kan men zich even verplaatsen in de astronoom – Giovan Battista Guglielmini – die in 1790 door het laten vallen van kogels het effect van de aswenteling van de aarde wilde meten.

Ook de *specchio a tasselli* van Horn-d'Arturo behoort nu tot het Astronomisch Museum, hoewel hij daar altijd een wat vergeten bestaan heeft geleid. Vorig jaar werd besloten om de spiegel en zijn omgeving op te knappen en ook deze hoek van de toren meer bij het museum te betrekken. Eind dit jaar is de spiegel weer te bezichtigen en zal ook Horn-d'Arturo wat meer de eer krijgen die hem toekomt. Het licht van de hemellichamen zal hij – de spiegel – echter niet meer kunnen opvangen, want de openingen naar de hemel werden na de oprichting van het museum in 1979 voorgoed dichtgemaakt.

Literatuur

Marina Zuccoli en Fabrizio Bònoli (red.), *Guido Horn d'Arturo e lo specchio a tasselli*, Bologna 1999.

Marina Zuccoli, hoofd van de bibliotheek van het sterrenkundig instituut van Bologna, poseert met een van de 61 genummerde segmenten die straks allemaal weer op hun juiste plaats moeten liggen. (Foto van de auteur)

