

Kleurcorrectie voor de Fotografische Refractor van de Leidse Sterrewacht

W.H.F.J. Trijssenaar • K. Moddemeijer • A.L.G. van Valkenburg

1. Geschiedenis.

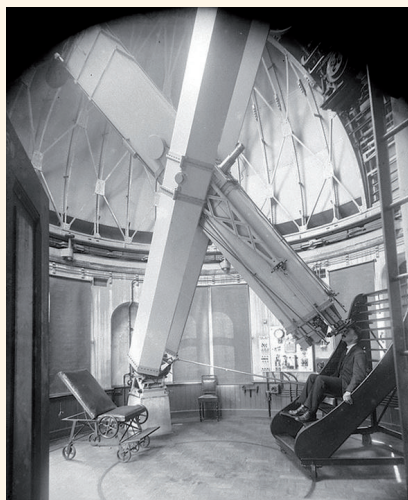
Toen het "nieuwe" gebouw van de Leidse Sterrewacht in 1861 werd geopend bevonden zich alleen op het hoofdgebouw twee koepels. In de zuidelijke koepel stond, en staat nu nog steeds, de 6 duims kijker. Deze telescoop was afkomstig van het observatorium op het dak van het academie gebouw van de Leidse Universiteit aan het Rapenburg. Frederik Kaiser, de toenmalige directeur van de sterrenwacht, gebruikte het instrument met een draadmeter voor het waarnemen van dubbelsterren, diameterbepaling van planeten, maan- en planeetwaarnemingen, de positie meting van Jupitermanen en komeetwaarnemingen.

In de grotere noordelijke koepel bevond zich een 7 duims kijker. Dit instrument vervulde dezelfde rol als de 6 duims kijker. Deze kijker was feitelijk te klein om meerwaarde te hebben. In 1885 werd dit instrument vervangen door de nu nog aanwezige 10 duims kijker welke tot veel meer in staat was. Bij een latere verbouwing werden nog een Oost- en een West koepel geplaatst, waarin verschillende instrumenten hebben gestaan.

In feite waren er na de bouw van de sterrenwacht geen financiële middelen meer om nieuwe kijkers aan te schaffen. Dat veranderde toen H.G. van de Sande Bakhuizen directeur van de Leidse Sterrewacht werd.

Met de komst van fotografisch gevoelige platen werd het mogelijk om bijvoorbeeld hele delen van de hemel fotografisch vast te leggen. Op initiatief van de directeur van de sterrenwacht in Parijs, Amedee Mouchez, werd in 1887 een congres georganiseerd waarbij meer dan 50 astronomen uit alle delen van de wereld aanwezig waren. 20 sterrenwachten zouden deelnemen aan een project waarbij via opnamen op fotografische platen een catalogus zou worden opgesteld van sterren tot de 12^e magnitude. Hoewel Nederland niet deel nam aan dit project "Carte du Ciel", was het voor ons land wel de eerste impuls tot het laten bouwen van een fotografische refractor.

In 1878 werd in Groningen een astronomische faculteit opgericht, waar prof. dr. J.C. Kapteijn werd benoemd als directeur. Hij wilde de beschikking krijgen over een fotografische kijker. Er waren verregaande plannen voor een dergelijke kijker in Groningen en zelfs de plaats waar deze telescoop moest komen te staan was reeds bepaald. Maar uiteindelijk werd de fotografische refractor toch aan de Leidse Sterrewacht toegewezen.



Figuur 1: De fotografische refractor omstreeks 1935

K. (Kees) Moddemeijer, gepensioneerd medewerker TNO IenT te Delft, afdeling Optica.

Heeft meer dan 40 jaar ervaring in optisch ontwerp, assemblage en uitlijning van optische instrumenten, zowel voor ruimtevaart als aardse toepassingen.

Heeft in 2012 het optisch systeem van de corrector voor de fotografische refractor ontworpen.

A.L.G. (Ton) van Valkenburg, gepensioneerd medewerker TNO IenT te Delft, afdeling Optica.

Heeft meer dan 40 jaar ervaring in optisch en mechanisch ontwerp, assemblage en uitlijning van optische instrumenten, zowel voor ruimtevaart als aardse toepassingen. Heeft in 2012/13 de mechanische structuur van de corrector voor de fotografische refractor ontworpen en gebouwd.

W.H.F.J. (Willem-Jan) Trijssenaar, sinds 1997 lid van de Werkgroep Leidse Sterrewacht en werkzaam met de fotografische dubbelrefractor.

De telescoop werd in 1896 bij Paul Ferdinand Gautier in Parijs besteld. Deze had in 1885 een prototype voor de kijkers voor het "Carte du Ciel" programma opgeleverd. In totaal werden 13 van deze kijkers geleverd en geplaatst in o.a. Algerije, Argentinië, Oostenrijk, Parijs en het Vaticaan.

De lenzen werden vervaardigd door de gebroeders Paul Pierre en Mathieu Prosper Henry. De kijker heeft een opening van 340 mm en de brandpuntsafstand bedraagt 524 cm. Hij is geplaatst in een Engelse montering, wat inhoudt dat een klein gebied rond de hemel(noord)pool niet kan worden waargenomen. De oorspronkelijke koepel waarin de kijker werd geplaatst werd in 1896 -1898 gebouwd en bevatte tevens een donkere kamer voor het ontwikkelen van de belichte glasplaten.

In 1898 werd de Fotografische dubbelrefractor - in feite zijn het twee kijkers, een hoofdkijker waarmee de opnamen gemaakt worden, en een kleinere visuele volgkijker met dezelfde brandpuntsafstand - in de koepel geplaatst. De eerste jaren werden er door J.H. Wilterdink uitgebreide metingen met de kijker gedaan. Het was de Deense astronoom Ejnar Hertzsprung die het instrument in 1919 intensief ging gebruiken voor zgn. Objectieftralie opnamen. Hierbij wordt op het objectief een grof raster gelegd van evenwijdige metaaldraden. Hiermee konden fotografisch beter magnituden bepaald worden en voor heldere sterren veel betere posities. De kijker werd ook gebruikt voor fotografische fotometrie en astrometrie.

In 1960 werd de oude toren van de fotografische refractor gesloopt en vervangen door een nieuwe vrijstaande toren die ongeveer 30 m. meer naar het westen is geplaatst. De reden voor deze verplaatsing is vermoedelijk het feit dat de destijds nieuw gebouwde (en inmiddels gesloopte) toren van het van der Klaauw laboratorium in het gezichtsveld van de fotografische kijker stond. Dit was een doorn in het oog van de toenmalige directeur van de sterrenwacht, prof. dr. J.H. Oort (volgens prof. dr. Adriaan Blaauw). Toch is het een raadsel waarom tot deze rigoreuze en kostbare verplaatsing werd besloten omdat in 1960 de hoogtijdagen van deze kijker reeds voorbij waren.

Al in 1923 werd de "fotograaf" niet meer geschikt bevonden voor het meten van parallaxen, de opdracht die het instrument had meegekregen bij zijn plaatsing aan de sterrenwacht. Er bestonden op dat moment al soortgelijke telescopen met grotere brandpuntsafstanden die op plaatsen stonden waar betere klimatologische omstandigheden heersten. Het was in die tijd al moeilijk om geschikte waarnemingprogramma's voor deze kijker te vinden. De meest eenvoudige waarnemingen die

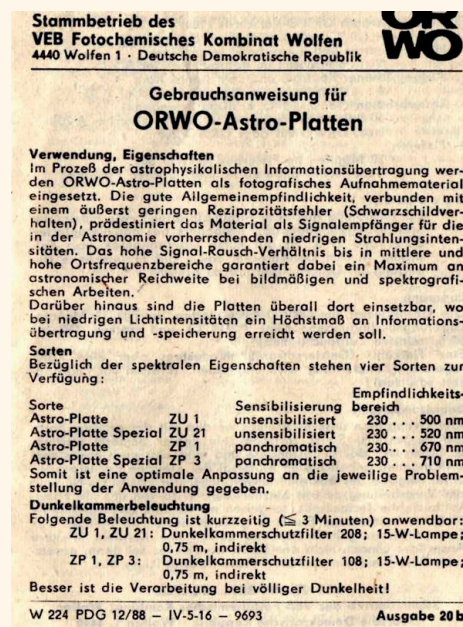
met deze kijker gedaan konden worden waren fotografische fotometrie met behulp van intra-focale opnamen.

Tot in de jaren 70 van de vorige eeuw kregen studenten aan de faculteit Sterrenkunde nog praktische waarnemingscursussen met deze kijker. De kijker werd als laatste van de vier telescopen van de sterrenwacht in onderhoud gegeven aan de Werkgroep Leidse Sterrewacht. Vanaf dat moment zijn er waarnemingen door leden van de Werkgroep met deze kijker gedaan. Aanvankelijk werd gewerkt met de nog bestaande glazen platen, later werd geprobeerd opnamen te maken met kleuren dia(rol)film. Duidelijk is daarop te zien dat alleen het gebied in het blauwe deel van het spectrum scherp is afgebeeld. De overige kleuren (groen en rood) worden onscherp. In een later stadium werd gewerkt met een digitale camera, met hetzelfde euvel.

2. Kleurcorrectie.

De fotografische platen, die oorspronkelijk werden gebruikt, waren van het merk Kodak of Orwo type ZU1 en waren uitsluitend gevoelig voor blauw licht (centrale golflengte ca. 430 nm). Het objectief van de telescoop is voor deze golflengte geoptimaliseerd.

Tegenwoordig zijn deze platen niet meer leverbaar en de wens bestond dan ook om de telescoop geschikt te maken voor visuele waarnemingen m.b.v. een oculair of een (kleuren-) CCD camera. Daartoe moest de telescoop worden voorzien van een optische corrector om de kleurfout van het objectief te compenseren. Deze corrector is in 2012 ontworpen en gebouwd en is in april 2013 in de telescoop geplaatst.



Figuur 2: Documentatie ORWO

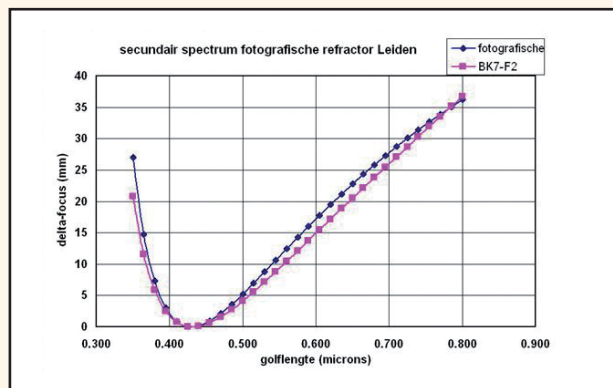
3. Optische eigenschappen van de telescoop.

Het objectief van de telescoop heeft een effectieve diameter van 33 cm en een brandpuntsafstand van 5,24 m. Het is een air-spaced doublet (twee componenten met daartussen een luchtspleet). De gebruikte glassoorten zijn niet meer bekend, maar het betreft hier waarschijnlijk standaard kroon- en flintglas. Voor de optische simulatie is hiervoor Schott BK7 en F2 aangenomen.

Het gezichtsveld van de telescoop bedraagt 15 x 15 cm (1,6° aan de hemel).

In het recente verleden is de chromatische focus-shift van het objectief opgemeten (variatie in brandpuntsafstand als functie van de golflengte van het licht). Hieruit blijkt dat de optimalisatie golflengte ligt bij 430 nm.

Met behulp van bovenstaande gegevens is het objectief in software gesimuleerd m.b.v. het optisch ontwerp- en optimalisatieprogramma "Zemax".



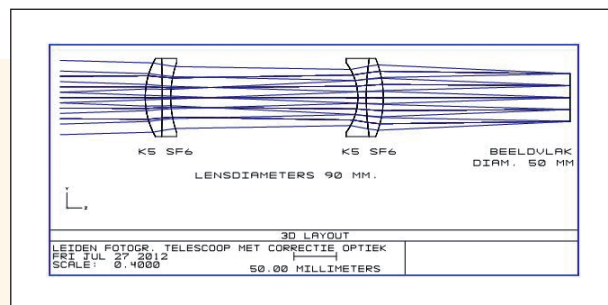
Figuur 3: Focusverschuiving als functie van de golflengte (blauw: gemeten, rood: gesimuleerd in Zemax, BK7-F2)

4. Optisch ontwerp.

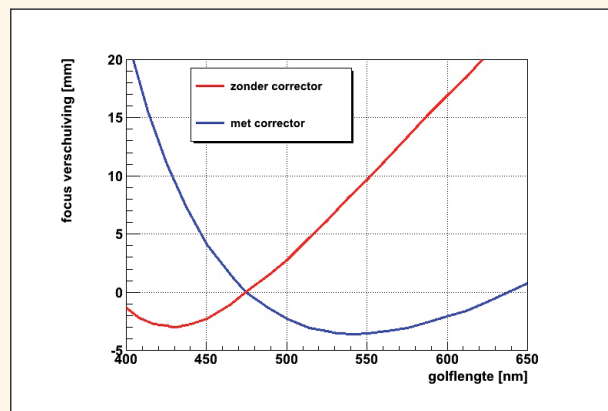
De corrector, waarvan het optisch systeem is ontworpen en geoptimaliseerd in Zemax bestaat uit een stelsel van 2 gekitte doubletten, die samen met een oculair of CCD sensor zijn geplaatst in een tubus met een lengte van ca. 60 cm. Deze tubus wordt aan de camerazijde in de telescoop geschoven en gemonteerd op de plaats van de voormalige platencassette.

De corrector is zodanig ontworpen, dat de brandpuntsafstand van de telescoop niet verandert ($f = 5,24$ m). Ook de ligging van het beeldvlak is nagenoeg onveranderd. Alleen het gezichtsveld is gereduceerd van 15 x 15 cm naar 5 cm diameter. Dit is echter voldoende voor een 2 inch oculair of een full frame CCD sensor (24 x 36 mm).

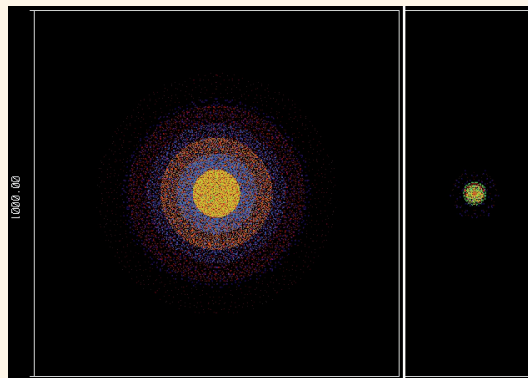
De glassoorten K5 en SF6 zijn mede geselecteerd om hun gelijke thermische uitzetting. Hierdoor treden geen spanningen op in het glas als gevolg van temperatuurvariaties.



Figuur 4: Optisch ontwerp kleurcorrector



Figuur 5: Focusverschuiving zonder en met correctie optiek. De optimalisatie golflengte wordt door de corrector verschoven van 430 nm naar 550 nm (het midden van de ooggevoeligheidskromme).



Figuur 6: Sterafbeelding zonder en met correctie optiek in het beeldvlak van de telescoop, gesimuleerd in Zemax voor het zichtbare golflengtegebied. Schaalwaarde 1 mm.

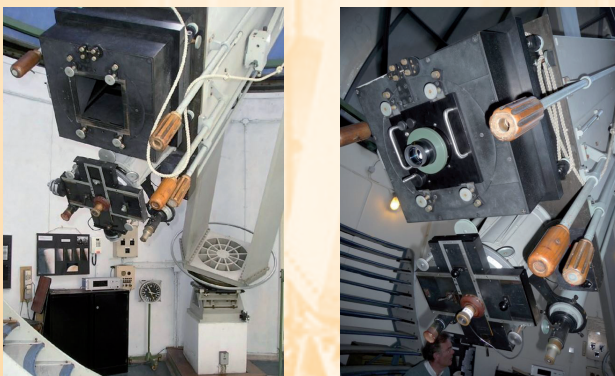
5. Mechanisch ontwerp.

Het mechanisch ontwerp is zodanig, dat de corrector zonder aanpassing van de telescoop op de plaats van de voormalige platencassette kan worden gemonteerd. De telescoop zelf dient alleen met een extra contragewicht opnieuw te worden gebalanceerd.

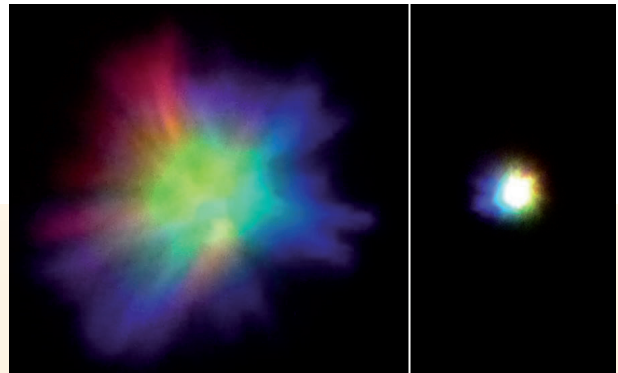
De optiektubus, die de 2 doubletten en het oculair of CCD camera bevat, kan in zijn geheel worden gefocuseerd d.m.v. een schroefspindel mechanisme. De scherpstelling kan handmatig gebeuren (met een focuseerknop) of met de geïntegreerde stappenmotor. Dit laatste is vooral nuttig als gebruik wordt gemaakt van een CCD camera. De stappenmotor kan dan vanuit software via USB worden aangestuurd. Het is dan zelfs mogelijk om de scherpstelling te automatiseren, via beeldbewerking van het camerabeeld.



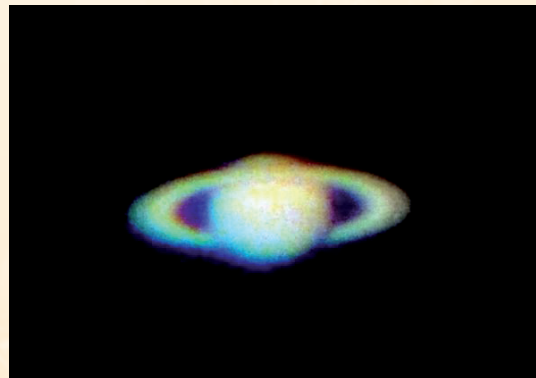
Figuur 7 en 8: Kleurcorrector; 2 aanzichten.



Figuur 9 en 10: Beeldzijde van de telescoop. Rechts: met kleurcorrector geïnstalleerd.



Figuur 11: Sterafbeelding (Arcturus, 3-6-2013) zonder en met correctie optiek. Het "vlaamseffect" wordt veroorzaakt door atmosferische turbulentie.



Figuur 12: Saturnus (3-6-2013), opname met correctie optiek.

De bovenstaande foto's zijn uit de hand genomen met een eenvoudige digitale camera door het oculair van de telescoop ($f = 17 \text{ mm}$).

Een betere kwaliteit kan nog worden bereikt met een CCD camera zonder objectief, direct in het beeldvlak van de telescoop. De corrector is voorzien van een interface voor de montage van een dergelijke camera. ♦