

J. van Zuylen*

JAN EN HARMANUS VAN DEIJL. EEN OPTISCHE
WERKPLAATS IN DE 18e EEUW

Inleiding

Harmanus van Deijl publiceerde in 1807 zijn "Kort bericht der trapsgewijze verbeteringen aan achromatische verrekijkers en het stammicroscop."¹ Hij was toen 69 jaar, hij had geen kinderen en het voortbestaan van zijn zaak na zijn dood was op zijn minst twijfelachtig. De activiteiten in de haven van Amsterdam verminderden zienderogen en het is niet onwaarschijnlijk dat tengevolge daarvan de vraag naar de (overigens uitstekende) Van Deijl verrekijkers drastisch verminderde. Als dit zo was had Harmanus een reden om een nieuw produkt op de markt te brengen (het achromatisch stammicroscop) en bovendien tijd om de genoemde verhandeling te schrijven, waarin hij eerst de verbeteringen beschrijft die "wijle mijn vader en ik" aan de ontwikkeling der verrekijkers hebben bijgedragen en daarna zeer uitvoerig ingaat op de voordelen van het 'achromaticq microscop'. In het Utrechts Universiteitsmuseum bevinden zich enkele instrumenten die door de Van Deijls zijn gemaakt. Het was daardoor mogelijk sommige van zijn verbeteringen te evalueren.

Het leven van de Van Deijls is uitvoerig onderzocht door M. Rooseboom.² Het schijnt dat Jan zich als betrekkelijk jonge man zelfstandig heeft gevestigd. Volgens Rooseboom trouwde hij in 1737, toen hij 22 jaar oud was, en heeft hij sindsdien steeds op hetzelfde adres gewoond. De veronderstelling van Rooseboom dat er in de familie van Van Deijl ook vroeger optici zijn geweest, berust op een vergissing. Ook zijn er geen aanwijzingen dat hij een bestaande firma heeft voortgezet.³ De Van Deijls

* Universiteitsmuseum, Biltstraat 166, Postbus 13021, 3507 LA Utrecht.

** Mijn dank gaat uit naar: mijn zoon J.M. van Zuylen en naar J.C. Deiman voor het verrichten van de metingen aan de kijkers en microscopen; D.H. Jaecks voor het beschikbaar stellen van enkele van zijn meetresultaten; P.H.K. Louwman voor het beschikbaar stellen van een kijker van Van Deijl uit 1788.

1. H. van Deijl, "Kort berigt der trapsgewijze verbeteringen aan achromatische verrekijkers en het stam-microscop door Jan en Harmanus van Deijl te Amsterdam", *Natuurkundige verhandelingen der Koninklijke Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem* 3, nr. 2 (1807) 133-152.

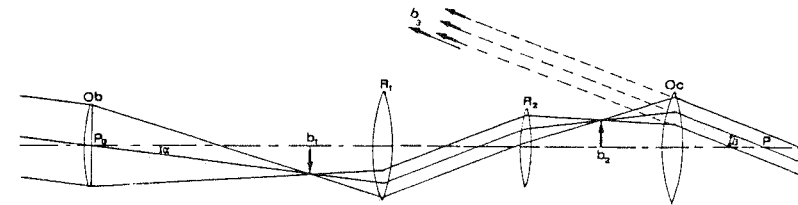
2. M. Rooseboom, "Die holländischen Optiker Jan und Harmanus van Deijl und ihre Mikroskope", *Janus* 44 (1940) 185-197.

3. *Ibid.*, 186, noot 2; P.H. van Cittert, boekbespreking van M. Rooseboom, *Bijdrage tot*

moeten energieke zakenlieden zijn geweest met een open oog voor belangrijke technische ontwikkelingen. Hun instrumenten laten zien dat ze de techniek zeer goed beheersten. Uit de verhandeling blijkt dat althans Harmanus over een zekere theoretische ondergrond beschikte. Zijn beschouwingen over de lichtsterkte van het microscoop geven hiervan een mooi voorbeeld; de redenering is correct en ter zake. De verbeteringen hebben betrekking op drie onderwerpen: 1. het omkeerooculair; 2. het kijkerobjectief; 3. het microscoop.

De verrekijker aan het begin van de 18e eeuw

Harmanus begint zijn verhaal met de mededeling dat de firma voorheen verrekijkers maakte met "enkele objectieflenzen" en "met drie of ook met vijf oogglazen." Dit zijn aardse verrekijkers, die een rechtopstaand beeld geven van het voorwerp waarop ze gericht zijn. Een ander type kijker is de astronomische kijker; deze geeft een omgekeerd beeld. Het voordeel van de astronomische kijker is gelegen in het feit dat het oculair veel eenvoudiger kan zijn; er is in principe maar één lens voor nodig. Een aardse verrekijker heeft, om het beeld rechtop te draaien, een extra paar lenzen in het oculair nodig, dat daardoor tenminste drie lenzen telt.



Afb. 1.

Schema van een kijker met drielenzig omkeerooculair.

- Ob : objectief
 b_1 : door het omkeerstelsel gevormd rechtopstaand beeld van een ver verwijderd voorwerp
 $R_1 + R_2$: omkeerstelsel
 b_2 : door het omkeerstelsel gevormd rechtopstaand beeld
 Oc : oogglens van het oculair
 b_3 : door de oogglens gevormd beeld
 Po : midden van de met Ob samenvallende intreepupil
 P : door het oculair gevormd beeld van Po, midden van de uitreepupil
 α : hoek waaronder het object wordt gezien
 β : hoek waaronder het beeld wordt gezien

de geschiedenis der instrumentmakerskunst in de Noordelijke Nederlanden tot omstreeks 1840 (Leiden, 1950), *Archives internationales d'histoire des sciences* 4 (1951) 560-563, m.n. 562.

Een schematische voorstelling van een kijker 'met drie oogglazen' is gegeven in afbeelding 1, waarin ook het verloop van de stralenbundel voor één enkel beeldpunt is geschetst. In deze figuur valt op dat de stralenbundel, die de kijker binnentreedt met de volle diameter van het objectief bij het verlaten van de kijker een geringere diameter heeft gekregen. Deze laatste komt overeen met de middellijn van de zogenaamde uittreepupil, een rond vlakje, gelegen bij het punt P, dat gepasseerd wordt door alle lichtstralen die de kijker via het objectief zijn binnengekomen. Het is nu zo dat de middellijn van de uittreepupil gelijk is aan de diameter van het objectief gedeeld door de vergroting van de kijker. Zo heeft een moderne nachtkijker een uittreepupil van ruim 7 mm. Overdag met goed licht kan men volstaan met een uittreepupil van 1.5 mm, terwijl men bij minder goed licht liever een wat grotere uittreepupil wil hebben, bijvoorbeeld 3 mm.

In de tijd dat Jan van Deijl met het vervaardigen van verrekijkers begon waren dit nog zeer gebrekkige instrumenten. Zo liet de kwaliteit van het glas zeer te wensen over en ook voor de optredende beeldfouten wist men nog geen oplossing. Al proberende had men ontdekt dat objectieven met een relatief kleine diameter en een grote brandpuntsafstand, wat dus resulteerde in lange kijkers waarvan de diameter klein was, de beste resultaten gaven.

Als representatief voorbeeld van zo'n vroege kijker volgt hier nu de constructie van een door Campani (1635-1715) gemaakte kijker. Het instrument is door Christiaan Huygens opgemeten en onderzocht.⁴ Campani werd in die tijd beschouwd als de beste Italiaanse lenzenlijper en omdat de Italianen over goed glas konden beschikken waren hun produkten zeer gezocht. Huygens is over de kijker in een brief van 18 juni 1666 aan zijn broer Constantijn zeer enthousiast:

“qu'elle est sans couleurs d'iris, et qu'on ne s'aperçoit point les points des verres oculaires que l'ouverture est passablement grande sans que pourtant les objets paroissent aucunement courbez et qu'en fin elle represente très distinctement à cause de la bonté des ses verres.”⁵

Dit wil zeggen dat er voor verschillende kleuren geen (zichtbaar) verschil in vergroting is, dat er geen belletjes of andere ongerechtigheden in de oculairlenzen zichtbaar zijn, dat het gezichtsveld redelijk groot is en zonder zichtbare vertekening en dat het beeld uitermate scherp is.

Huygens geeft voldoende gegevens om de kijker te kunnen doorrekenen, waarbij moet worden aangetekend dat zijn terminologie niet helemaal eenduidig is. Zijn metingen zijn samengevat in tabel 1.

De kijker vergroot 16 maal. De uittreepupil heeft dus een middellijn van 18:

4. *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, dl. VI (Den Haag, 1895) 213-216, m.n. 214 (brief 1638 aan Constantijn Huygens, 11 mei 1668).

5. *Ibid.*, 46-48, m.n. 48 (brief 1546 aan Constantijn Huygens, 18 juni 1666).

Tabel 1. *Kijker van Campani*

| objectief | | 1-oculairlens | | 2-oculairlens | | ooglens | | | |
|------------|-------|---------------|----|---------------|-------|------------|-------|-----|-------|
| f=760mm | | f=47.4mm | | f=47.4mm | | f=47.4mm | | | |
| diam. 18mm | | diam. 23mm | | diam. 23mm | | diam. 23mm | | | |
| r | n | a | r | d | n | a | r | d | n |
| 794 | 1.523 | | 49 | 3.5 | 1.523 | | 49 | 3.5 | 1.523 |
| 794 | | 810 | 49 | | | 96 | 49 | | |
| | | | | | | | 189.5 | 49 | |

Verklaring

f = brandpuntsafstand

r = kromtestraal van het optische vlak in mm

r = kromtestraal van het optische vlak in mm

d = dikte van de lens in mm

a = afstand tussen de lenzen in mm, de eerste afstand van 810mm is instelbaar

16 = 1.13 mm. Dit betekent dat de lichtsterkte gering is. Huygens zegt: “elle est un peu sombre.”⁶

Volgens moderne begrippen is het gezichtsveld klein: nauwelijks 20° aan de oogzijde, overeenkomend met een cirkel van 87.5 mm middellijk gezien op een afstand van 250 mm. De vertekening is 3,6%, het chromatisch verschil in vergroting 2,4% in het midden van het veld en 1,5% aan de rand.⁷ Dit komt overeen met een verschil van 9.4 boogminuten tussen de hoeken β voor rood en blauw licht. Negen boogminuten komen overeen met een afstand van 0.68 mm op 250 mm afstand. Het is vreemd dat dit Huygens niet is opgevallen. De oorzaak is dat bij een enkele lens als objectief de beelden voor rood en blauw niet tegelijk scherp kunnen worden ingesteld waardoor de contouren niet erg goed gedefinieerd zijn. Wanneer het beeld voor geelgroen licht (waarvoor het oog veel gevoeliger is dan voor rood en blauw) maar voldoende scherp is, vallen de kleurfouten bij dit kleine objectief niet op.

Toen Huygens voor zichzelf een kijker had gemaakt met een wat grotere opening was het beeld minder scherp.⁸ Hieruit blijkt dat de kijker van

6. *Ibid.*, 213-216, m.n. 213.

7. De kleurschifting van het glas is berekend met een door Turrière gegeven formule (*Optique industrielle* (Parijs, 1920) 75). Volgens hem geldt voor oude soorten glas bij benadering: $\Delta n(C-F) = 0.07812n_D - 0.10962$. Wij meten in het algemeen een gemiddelde brekingsindex bij wit licht en dan is voor ons doel een betere formule: $\Delta(C-F) = 0.07670n - 0.10762$. De formule is heel grof, vooral kroonglas vertoont ten opzichte van de formule een grote spreiding.

8. *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*, dl. VI (Den Haag, 1895) 213-216, m.n. 213.

Campani weliswaar goed bruikbaar, maar tenminste in twee opzichten voor verbetering vatbaar was. Om de lichtsterkte te kunnen vergroten moest de kleurfout van het objectief verminderd worden, en om die verbetering goed te benutten moest het chromatisch verschil in vergroting van het oculair kleiner worden gemaakt. De verbetering van het objectief staat op naam van John Dollond die vanaf 1758 kijkers met 'achromatische objectieven' in de handel bracht.

Van Deijl schrijft over de constructie van het objectief:

"dat men dus door een bolrond crown glas en een holrond flintglas zamen te voegen, een zamengesteld objectiefglas verkrijgt, hetgeen geene kleurschifting veroorzaakt: waardoor, bijgevolg, de verrekijkers veel groter opening kunnen hebben, en dus veel meer licht kunnen opvangen, en diensvolgens tot vermeerdering van licht of tot vergroting naar believen des te beter kunnen gebruikt worden."⁹

De Van Deijls maakten in 1762 voor het eerst kennis met een achromatische kijker van Dollond. Het objectief had een opening van ongeveer 29 mm en een brandpuntsafstand van 822 mm. De vergroting van de kijker is niet opgegeven. Zijzelf leverden nog in hetzelfde jaar een kijker af met een overeenkomstig objectief, dat 29 mm vrije opening en 771 mm brandpuntsafstand had. Deze kijker, met een vijflenzig oculair, vergrootte 5 maal en had dus een uittreepupil van 5.8 mm. De lichtsterkte, die evenredig is met het oppervlak van de uittreepupil, was dus 26 maal zo groot als die van de kijker van Campani; "men zag hierdoor zeer scherp en helder."¹⁰

Het door Van Deijl verbeterde omkeerooculair

Bij de grote lichtsterkte van hun eerste achromatische kijkers is 1.5% chromatisch verschil in vergroting teveel en dit inspireerde Harmanus tot een belangrijke uitvinding:

"... ontdekte ik, op de theorie der kleurschifting nader acht gevende, dat men even zoo wel door 4 oogglazen deze schifting kan geleiden, zoodanig dat de geschifte stralen door het laatste oogglas genoegzaam evenwijdig met de stralen van het beeld in het oog gaan en dus op de retina met de zelve in punten zamenkomen."¹¹

Dat betekent dus in onze terminologie: maak de hoek β voor de verschillende gekleurde stralen voldoende gelijk en je hebt geen last van het chromatisch verschil in vergroting.

Het is merkwaardig, dat Van Deijl op grond van theoretische overwegingen tot zijn vierlenzige constructie kwam en hoewel hij waarschijnlijk de definitieve constructie experimenteel vervolmaakt heeft, is dit toch een zeer vroeg voorbeeld van doelbewust optisch ontwerpen.

9. Van Deijl, "Kort berigt", 133-134.

10. *Ibid.*, 134.

11. *Idem.*

Tabel 2. *Telescoopocularen van Van Deijl*

| | lens 1 | | lens 2 | | lens 3 | | oog lens | | |
|-----------|--------|------|--------|-------|--------|-------|----------|------|-------|
| | r | d | r | d | r | d | r | d | |
| UM412 | | | | | | | | | |
| I1773 | 37.76 | 1.90 | 1.523 | 8.70 | 1.73 | 1.523 | 70.70 | 2.55 | 1.523 |
| f=9.1 | 110 | | 52.77 | 38.7 | | 14.05 | 70.7 | | 42.25 |
| UM150 | | | | | | | | | |
| I1782 | | | 2.34 | 1.519 | | 2.13 | 1.518 | | 17.22 |
| f=18.7 | 19.6 | | 48 | | | 56.3 | 138 | | 24.8 |
| Louwm. l. | | | | | | | | | |
| I1788 | | | 2.50 | 1.515 | | 2.43 | 1.510 | | 17.37 |
| f=18.8 | 20.79 | | 47.1 | 17.37 | | 56.8 | 138.8 | | 24.7 |

Verklaring

r = de kromtestralen van de optische vlakken van de lenzen in mm

d = de dikte van de lens in mm

n = de brekingsindex van de lenzen

a = de afstand tussen twee opeenvolgende lenzen

“De eerste kijker met vier oogglazen leverden wij den 21 Sept. 1763 aan den Heer Schepen Jacob Hop alhier; en zedert heeft men deze zamenstelling in England en elders algemeen gevolgd.”¹²

Danjon en Couder schrijven over beeldomkerende oculairen:

“De tels oculaires ont commencé d’être en usage vers 1630 [dit was de drielenzige vorm], leurs forme actuelle est due à Dollond et à Fraunhofer.”¹³

Gezien het vroege tijdstip waarop de Van Deijls hun eerste kijker met vierlenzige oculair afleverden is hun prioriteit vóór Dollond wel zeer aannemelijk. Bovendien: Peter Dollond, de zoon en opvolger van John Dollond, was meer zakenman dan uitvinder en weinig scrupuleus wat betreft het industriële eigendom.¹⁴

Ik ben in de gelegenheid geweest om van drie omkeeroculair van Van Deijl de constructie te achterhalen (zie tabel 2). Het oudste is een combinatie van de overblijfsels van de oorspronkelijk identieke oculairen van de kijkers UM 412 uit 1773 en Li 248 uit 1774. Van Um 412 ontbreken de twee tussenlenzen, van Li 248 de ooglens, of eigenlijk de drie ooglenzen. De oculairen waren namelijk ingericht voor drie vergrotingen, die door verwisselen van de ooglenzen gerealiseerd werden. Dit ging als volgt.

Aan de oogkant van de kijkers is een schuifbuis met schroefinstelling voor het scherpestellen. Wanneer deze buis geheel uit de kijker genomen wordt, kan het eigenlijke oculair er naar voren uitgetrokken worden. De ooglens die samen met het gezichtsvelddiafragma gemonteerd is in een kort buisje kan dan worden losgeschroefd en vervangen door een andere. De ooglensbuisjes hebben ingegraveerd de kijkervergroting die ermee wordt bereikt. Nadat de gewenste ooglens is vastgeschroefd wordt het hele oculair weer in de buitenbuis geschoven tot het stuit. Door een kleine draaiing wordt het vervolgens met een soort bajonetsluiting gefixeerd (afb. 2).

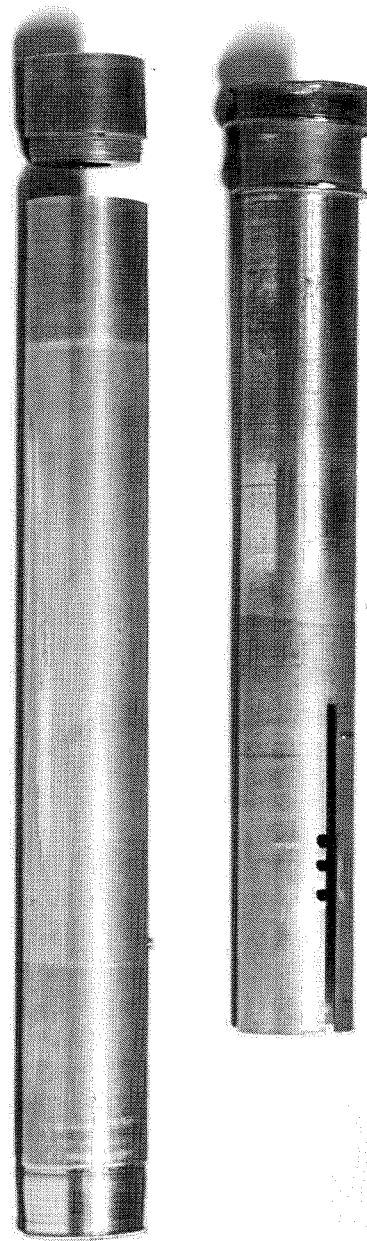
Het bewaard gebleven ooglensje heeft graving 83. Met het complete oculair heeft Li 248 een kijkervergroting van 94x met een vertekening van 7.3% voor een veld van 33.7°. Het chromatisch verschil in vergroting is 0.7% in het midden van het veld en 0.6% aan de rand. Ten opzichte van het oculair van Campani is het veld anderhalf maal zo groot en de kleurfout meer dan de helft kleiner. Dat de vergroting groter is dan de nominale waarde is niet verontrustend, optische meet- en controlemethoden waren in de 18e eeuw nog primitief.

Van Deijl noemt in zijn artikel de eerste kijker “met drie verschillende vergrotingen van 56, 83 en 110 maalen” als “in Junij [1764] afgeleverd aan burgemeester Hasselaar”, die in het begin van dat jaar al een kijker had

12. *Idem.*

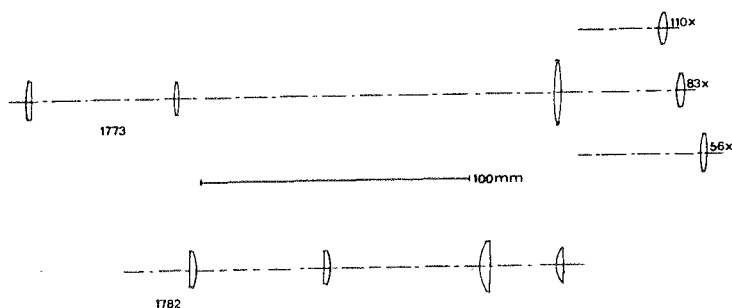
13. Danjon en Couder, *Lunettes et telescopes* (Parijs, 1935) 287.

14. *Ibid.*, 657-660.



Afb. 2.

Omkeeroculair uit 1773 van Van Deijl. Universiteitsmuseum Utrecht, inv.nr. UM 412.



Afb. 3
Omkeeroeilaren van Van Deijl.

gekocht “waarvan de opening of het onbedekte gedeelte van het objectiefglas 2 duimen middellijn had, vergrootende 44 maal.”¹⁵ Hasselaar was toen 66 jaar, hij overleed twee jaar later op zijn hofstede ‘Bosbeek’, na een werkzaam leven als diplomaat en magistraat.

De kijker UM 150 is volgens de graving uit 1782. Het oculair is nog geheel intact (zie afb. 3 voor de constructie). Het heeft een brandpuntsafstand van 18.7 mm, de vergroting van de kijker is ongeveer 24 maal. Bij een gezichtsveld van 33.5° is de vertekening 5%. Het chromatisch verschil in vergroting is 0.64% in het midden van het veld en minder dan 0.1% aan de rand.

Door de welwillendheid van de eigenaar, P.H.K. Louwman, hebben wij ook een kijker uit 1788 kunnen nameten. Het oculair lijkt erg veel op dat van UM 150. Het heeft een brandpuntsafstand van 18.8 mm, de vergroting van de kijker is ongeveer 22 maal. De afstanden tussen de lensjes verschillen nauwelijks van de overeenkomstige afstanden bij het oculair van UM 150. De lensjes zelf zijn wat zwakker, ze hebben wat lagere brekingsindices en de kromtestralen zijn wat langer. Bij een gezichtsveld van 33.9° is de vertekening 5.7%. Het chromatisch verschil in vergroting is 1% voor het midden van het veld en 0.6% aan de rand. De variatie in de eigenschappen van het 18e-eeuwse glas heeft op de eigenschappen van het eindproduct een belangrijke invloed.

Van Deijl bericht over nog een andere oculairconstructie. Deze is ontstaan toen besloten werd om een kleine kijker te gaan maken. Voor de objectieflens van de grote kijkers was het bijna onmogelijk goed flintglas te krijgen. Er was dus alle reden om geavanceerde kleine kijkers te maken “met veel grootere opening in reden tot hunne lengte.”¹⁶

15. Van Deijl, “Kort berigt”, 135.

16. *Idem.*

Een beschrijving van een dergelijke kijker, evenals een afbeelding van het oculair, is te vinden bij Thomas Dick in zijn boek *The practical astronomer* uit 1846. Hij schrijft:

“About twenty or thirty years ago, I purchased in an optician’s shop in Edinburgh a small achromatic telescope, made in Amsterdam, which was supposed by the optician to have been constructed prior to the invention of achromatic telescopes by Mr. Dollond. It is mounted wholly of brass and in all its parts is a piece of beautiful and exquisite workmanship, and the utmost care seems to have been taken to have all the glasses and diaphragms accurately adjusted...”¹⁷

Er volgt dan een uitgebreide beschrijving van het kijkertje met vrij veel maten, helaas niet voldoende nauwkeurig gemeten om het stelsel te kunnen doorrekenen. Het kijkertje was gesigneerd ‘Jan van Deijl en Zoon, Invenit. et Fecit, Amsterdam, A° 1769’. In gebruiksklare toestand was het ongeveer 24 cm (9 1/2”) lang en het had een “perfectly achromatic object glass” met een vrije opening van 22 mm en een brandpuntsafstand van 165 mm. Ik heb de maten omgerekend en afgerond. De vergroting was “twenty six times with great distinctness, though there is a little deficiency of light when viewing land objects which are not well illuminated.”¹⁸ Dit laatste is niet verwonderlijk met een uittreepupil van nog geen millimeter middellijn!

Het oculair bestaat uit twee combinaties van twee lenzen die ieder een “astronomical eyepiece similar to the Huygenian” vormen. Aan het eind van het hoofdstuk komt hij hier nog op terug:

“The two Huygenian eyepieces of which it [i.e. het complete omkeeroeil] consists, when applied to large achromatic telescopes, perform with great accuracy, and are excellently adapted for celestial observations. [Ook het complete oculair] is even superior in distinctness and accuracy, and in the flatness of field which it produces, to the eyepiece in common use.”¹⁹

De maten van Van Deijls beschrijving komen vrijwel overeen met die van Dick. Hij schrijft:

“[Wij maakten] volgens onze berekening een Achromaticq objectiefglas van 6 duim brandpuntsafstand, waaraan wij een opening van 1 duim middellijn gaven, en 4 oogglazen, doch anders geschikt dan de vorigen: deze kijker was in het geheel 10 1/4 duim lang en vergrootte 25 malen in middellijn ... bovendien kon men de twee oogglazen, bij het oog, van denzelfden afschroeven, en dan kon men den kijker, door denzelfden weder scherp te schroeven, als katoog gebruiken om bij schemerlicht te zien. Men beschouwt dan het eerste beeld van het voorwerp in omgekeerde stand, alsdan 9 1/2 malen in middellijn vergroot.”²⁰

De hier door Van Deijl genoemde dubbele toepassing blijkt ook uit de

17. T. Dick, *The practical astronomer* (New York, 1846) 274-277.

18. *Idem.*

19. *Idem.*

20. Van Deijl, “Kort berigt”, 135-136.

figuur in het boek van Dick waarin elk van de beide tweelenzige stelsels is voorzien van het bij oculairen gebruikelijke oogkapje.

Volgens de meting van Dick heeft het voorste deel van het oculair een brandpuntsafstand tussen 16 en 19 mm, wat een vergroting van het 'katoog' zou geven tussen 10.3 en 8.7x. Op zee was het gebruik van een lichtsterk astronomisch kijkertje niet ongewoon,²¹ maar Van Deijls oplossing was uniek, misschien wel omdat de concurrentie nog niet in staat was een objectief met een relatieve opening 1:6 van bevredigende kwaliteit te maken. Het eerste exemplaar werd in juli 1766 geleverd aan J.W. Valkenier, waaruit blijkt dat het toen al een probleem was om aan goed flintglas te komen.²²

Het kijkerobjectief

Het maken van een goed kijkerobjectief vraagt heel wat zorg. Vergelijken we het objectief van Campani, waarvan de sferische afwijking geheel onschadelijk is, met het ongeveer even grote objectief, het katoog, van Van Deijl. De brandpuntsafstand van dit laatste is veel kleiner en dientengevolge is de brandpuntsafstand van de kroonlens nog veel kleiner met een evenredige toename van de relatieve opening. Het resultaat is dat de kroonlens van het Van Deijlobjectief een meer dan 200 maal zo grote sferische afwijking heeft als de lens van Campani en dat de tolerantie voor deze fout ruim 500 maal kleiner is. Daarom moeten bij een achromatisch objectief kroonlens en flintlens nauwkeurig ten opzichte van elkaar gecentreerd worden om elkaars fouten te compenseren.

De Van Deijls waren in staat goede objectieven te maken. Hasselaar kocht na elkaar twee kijkers, Martinus van Marum prefereerde ondanks de hogere prijs een binoculaire kijker van Van Deijl boven een van Dollond²³ en het oordeel van Thomas Dick was zeer positief.

Het is niet bekend hoe de 18e-eeuwse lenzenmakers hun objectieven maakten. Ze moesten het glas gebruiken dat ook voor drinkglazen en vensterruiten werd gebruikt en dat uit onzuivere grondstoffen volgens niet streng constante verhoudingen werd samengesmolten. In de glasfabriek werd er nauwelijks rekening mee gehouden dat het glaswerk ook voor het maken van lenzen zou worden gebruikt; de lenzenmaker moest de voor zijn doel bruikbare stukken glas maar op de een of andere manier uitzoeken. Hij mocht al blij zijn als zijn materiaal tenminste redelijk homogeen was. De

21. T. Court en M. von Rohr, "A history of the development of the telescope from about 1675 to 1830, based on documents in the Court collection", *Transactions of the optical society* 30 (1928-1929) 207-260, m.n. 217.

22. Van Deijl, "Kort Berigt", 136.

23. G.L'E. Turner en T.H. Levere eds., *Martinus van Marum. Life and work*, dl. IV (Haarlem, 1973) 295.

Tabel 3. Telescoopobjectieven van Van Deijl

| | UM412, 1773 | LI248, 1774 | UM150, 1782 | Louwman, 1788 | | | | | | | | |
|--------|-------------|-------------|-------------|---------------|------|---|-------|------|---|-------|------|-------|
| f | 874mm | 857mm | 450mm | 455mm | | | | | | | | |
| ϕ | 63mm | 75mm | 43mm | 42.5mm | | | | | | | | |
| r | d | n | r | d | n | r | d | n | | | | |
| 1 | 208.2 | 6.2 | 1.527 | 232.4 | 6.5? | ? | 131.3 | 5.5? | ? | 138 | 4.97 | 1.529 |
| | 287.2 | | ? | | | | ? | | | 127.9 | | 0.01 |
| | 0.33 | | | 0.01 | | | | 0.01 | | | | 0.01 |
| 2 | 245.2 | 1.3 | 1.600 | ? | 1.65 | ? | ? | 1.14 | ? | 127.9 | 1.08 | 1.580 |
| | 781 | | 783 | | | | 480 | | | 463 | | |

Verklaring

f = brandpuntsafstand

ϕ = vrije opening

1 = kroonlens, dubbelbol

2 = flintlens, dubbelbol

r = kromtestraal

d = dikte of luchtafstand (met ? : geschatte waarde)

n = brekingsindex

optische eigenschappen van het glas waren alleen bij zeer ruwe benadering bekend. Dit is geen gunstige uitgangssconditie om vooraf door berekening een tweelenzigt stelsel, bestaande uit een kroonglas- en een flintglaslens die precies tegengestelde fouten moeten hebben, te ontwerpen. Toch werd er wel gerekend — zie bijvoorbeeld het hiervóór geciteerde gedeelte van Harmanus' verhaal over het katoog. Verderop schrijft hij over zijn microscoop-lensjes: "Om hiervan een proef te nemen berekenden wij zeer nauwkeurig de bolronde gedaante voor zoodanig achromatisch microscoopglas van 3/4 duim brandpunt."²⁴

Van een viertal objectieven konden enige maten worden nagemeten; ze zijn samengevat in tabel 3. De gegevens zijn niet volledig omdat Li 248 en UM 150 niet uit hun montuur genomen konden worden.

Kwantitatief zijn metingen aan het uit 1774 stammende objectief van Li 248 verricht door D.H. Jaecks.²⁵ Hierbij werd met de mes-methode van Foucault en met geavanceerde apparatuur de plaats van het brandpunt voor licht van verschillende golflengten gemeten, en wel voor stralen dicht bij de as en voor 70% van de volle opening. Volgens deze metingen heeft het objectief een brandpuntsafstand van 857 mm, een chromatische overcorrectie van 0.7 mm en een sferische overcorrectie van 0.3 mm. De uit de golftheorie van het licht afgeleide strenge tolerantie voor de sferische afwijking is ruim 1 mm. Het flintglas bevat een aantal evenwijdige striae, desondans is het beeld van een gevoelig testobject als een kunstmatige ster zeer goed. Al met al is het dus een uitstekend objectief.

Van het één jaar oudere objectief van UM 412 uit 1773 is de flintlens doormidden gebroken. Er waren geen metingen aan het complete objectief mogelijk. Uit de lengte van de kijkerbuis volgt voor de brandpuntsafstand circa 87 cm. Goniometrische doorrekening geeft een enorme sferische overcorrectie, 13.7 mm, terwijl de tolerantie slechts 1.3 mm bedraagt. De chromatische afwijking, erg onzeker doordat de dispersie berekend is met de formule van Turrière, bedraagt ongeveer 2 mm overcorrectie. De berekende sferische overcorrectie is wel reëel. Volgens H. Boegehold hebben alle tweelenzige Engelse objectieven uit de tijd vóór Fraunhofer grote sferische overcorrectie.²⁶ Het lijkt er op of de Van Deijls in de Engelse lijn zijn begonnen. Het objectief van 1774 is echter al veel beter. Het ontwerp is duidelijk anders. De kromtestralen van de naar elkaar gekeerde vlakken van

24. Van Deijl, "Kort berigt", 140.

25. Prof. dr. D.H. Jaecks, Behlen Laboratory of Physics, University of Nebraska, Lincoln, NE 68588 011, USA.

26. H. Boegehold, "Zur Vor- und Frühgeschichte der achromatischen Fernrohr-objective", *Zeitschrift für Instrumentenkunde* 63 (1943) 81-114, m.n. 102. Dezelfde, "Some remarks on old English objectives", *Transactions of the optical society* 30 (1928-1929) 41-43, m.n. 42.



Afb. 4

Kijker van Van Deijl op houten voet, 1773. Universiteitsmuseum Utrecht, inv.nr. UM 412.

kroon- en flintlens, die overigens niet voor meting bereikbaar zijn, zijn hier praktisch gelijk, terwijl ze bij UM 412 zeer verschillend zijn (afb. 4).

Ook bij het objectief van de kijker uit 1782 en bij de kijker van Louwman uit 1788 zijn de kromtestralen van de binnenvlakken gelijk. Van het objectief uit 1782 is de flintlens zondanig defect dat er niet verder aan gemeten kan worden. Het objectief van de kijker van Louwman uit 1788 heeft een sferische ondercorrectie van 0.9 mm en de chromatische ondercorrectie bedraagt 2 mm. Het objectief is door Jaecks nagemeten, die het van goede kwaliteit vond, maar de meetresultaten zijn niet beschikbaar. Verder valt nog op te merken dat de brekingsindex van de flintglaslens van dit objectief een ongunstig lage waarde heeft; de kwaliteit is desondanks goed.

Uit het voorgaande blijkt dat de Van Deijls in staat waren goede, voor

sferische afwijking gecorrigeerde, lichtsterke objectieven te maken. Hierdoor hadden zij een goede kans van slagen toen ze begonnen achromatische microscoopobjectieven te maken.

Het achromatisch microscoop

De Van Deijls kwamen op het idee een microscoop met achromatisch objectief te maken nadat hun kleine kijker, waarvan het objectief een relatieve opening 1:6 had, zo goed was gelukt. Door hetzelfde objectief acht maal te verkleinen zou een lensje ontstaan waarvan ze berekenden dat het als objectief van een 16x vergrotend microscoop een beeld zou geven dat even lichtsterk was als het object zelf, gezien met het blote oog. Zij gingen uit van een diameter van de oogpupil van 1/12 duim, ruim 2 mm, en een afstand van duidelijk zien van 8 duim, ruim 20 cm.²⁷ Ze redeneerden dan verder dat, om het voorwerp goed duidelijk te kunnen zien, een kleinere lichtsterkte voldoende zou zijn mits ervoor gezorgd zou worden dat geen ongewenst licht in het oog kon komen. Dit bereikten zij door een goede oogdop te gebruiken, door de tubus van het microscoop van binnen te zwarten, en door "met blindingen of ringen in de buis het nutteloze licht af te snijden."²⁸ De Van Deijls besluiten dan

"dat men zoodanig microscoop wel 2 1/2 maal 16 of 40 malen in middellijn kan doen vergrooten om, bij goed daglicht de onderschijnende voorwerpen nog helder genoeg, zonder hulp van eenige spiegels [Lieberkühn?] te beschouwen."²⁹

Op grond van deze overwegingen werd een proefmodel gemaakt van een "achromaticq microscoopglas van 3/4 duim brandpunt" (circa 19 mm). Het lensje werd met "granatieljhout" gemonteerd in een "spaan buisje" waarin "een ander buisje met twee oogglazen opgeschoven wierd, waarvan de schikking mede door ons berekend was." Door in- of uitschuiven van het buisje kon de vergroting worden veranderd. Volgens Harmanus hadden ze "destijds reeds het genoeg dat alles aan hun verwachtingen beantwoordde."³⁰

Volgens P.H. Van Cittert was dit omstreeks 1770.³¹ In ieder geval was het ruimschoots vóór 1779, toen ze door de derde druk van het door Martinus Houttuin vertaalde boek van Henry Baker, *Het microscoop gemakkelijk gemaakt*, kennis namen van "het veel vermogend microscoop van den heer

27. Van Deijl, "Kort bericht", 137.

28. *Ibid.*, 139.

29. *Ibid.*, 139-140.

30. *Ibid.*, 140.

31. P.H. van Cittert, *Descriptive catalogue of the collection of microscopes in charge of the Utrecht University Museum with an introductory historical survey of the resolving power of the microscope* (Groningen, 1934) 64.

Martin." Naar aanleiding hiervan schrijft Van Deijl: "Deze beschrijving echter, deed ons toen denken nu zal men in Engeland dit alles wel in korten tijd verbeteren."³³

Maar in 1807 was dit nog niet gebeurd en Harmanus besloot, nu hij er nog toe in staat was, een aantal achromatische microscopen te maken "te meer daar verscheiden reeds over jaren mij daartoe hadden aangespoord."³⁴ Mogelijk hadden deze bezoekers van de werkplaats van de Van Deijls het proefmodel gezien, helaas is dit nu verdwenen.

Zo lang Amsterdam nog een bloeiende haven was, ontbrak de tijd om nog meer achromatische microscooplenzen te maken. Ze waren minstens even bewerkelijk als kijkerobjectieven en zouden waarschijnlijk minder opbrengen. Het is dus niet verwonderlijk dat het enig bekende Van-Deijlmicroscoop van vóór 1800 enkelvoudige lensjes als objectieven heeft. Rooseboom vermeldt dat het oculair sterk vertekent.³⁵ Het zal dus wel niet meer origineel zijn, de Van Deijls besteedden aan hun oculairen erg veel zorg. De vergroting van de objectieven vertoont geen regelmatige reeks: het lensje in no. 4 is veel te sterk en no. 3 is zo zwak dat dat lensje waarschijnlijk in het met '4' gemerkte montuur hoort. Het zou dan een numerieke apertuur van 0.1 hebben en een aanmerkelijk beter scheidend vermogen dan de nu gemeten 12.5 μm .

Het Universiteitsmuseum Utrecht bezit twee Van Deijl microscopen. UM 25 en UM 26, ieder met twee achromatische objectieven (afb. 5). Deze bestaan uit een dubbelbolle kroonlens en een dubbelholle flintlens. De flintlens is naar het object gekeerd. De lenzen zijn samen in een messing montuur ingeforceerd. Het is daardoor niet mogelijk de kromtestralen van de binnenvlakken en de dikten van de afzonderlijke lenzen te meten. Gemeten werden:

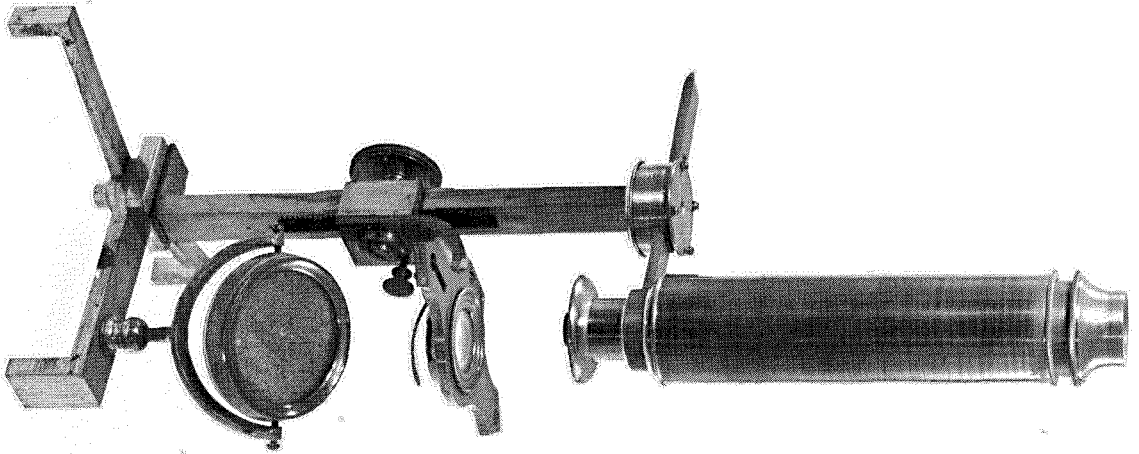
- de brandpuntsafstand f
- dikte van het stelsel Σd
- kromtestralen van de buitenvlakken r
- schijnbare kromtestralen door de lenzen gemeten r' en r''
- schijnbare dikten uit de instelverschillen van een microscoop dat achtereenvolgens op de achter elkaar liggende vlakken wordt ingesteld, d' en d'' .

De metingen van d' en d'' zijn minder nauwkeurig doordat de dikte van het glas waardoorheen moet worden ingesteld een extra sferische afwijking veroorzaakt. Hierdoor verandert het beeldvlak van de beste instelling en is er een systematisch en onbekend, met de lensdikte toenemend, verschil

32. Van Deijl, "Kort bericht", 141.

33. *Ibid.*, 142.

34. Rooseboom, "Die holländischen Optiker", 188.



Afb. 5
 Microscop van Jan en Hartmann van Deijl, 1807. Universiteitsmuseum Utrecht, inv.nr.
 UM 25.

Tabel 4. *Microscopobjectieven Van Deijl*

| Zwak objectief | | | | | | Sterk objectief | | | | | | | | |
|----------------|------|-------|-------|------|-------|-----------------|------|-------|----------|------|--------|-----------|------|--------|
| UM25 | | | UM26 | | | UM25 | | | UM26 (I) | | | UM26 (II) | | |
| r | d | n | r | d | n | r | d | n | r | d | n | r | d | n |
| 8.26 | 2.01 | 1.530 | 8.40 | 2.29 | 1.523 | 5.79 | 2.02 | 1.535 | 6.25 | 1.85 | 1.535 | 6.25 | 1.85 | 1.5415 |
| 8.40 | | | 8.40 | | | 5.79 | | | 5.79 | | | 5.84 | | |
| | 0.01 | | | 0.05 | | | 0.15 | | | 0 | | | 0 | |
| 8.40 | 0.25 | 1.595 | 8.35 | 0.69 | 1.596 | 5.79 | 0.48 | 1.591 | 5.79 | 0.61 | 1.5792 | 5.84 | 0.61 | 1.590 |
| 28.70 | | | 28.50 | | | 19.70 | | | 19.80 | | | 19.80 | | |

Verklaring

- r = de kromtestralen van de optische vlakken van de lenzen in mm
 d = de dikte van de lens en de afstand tussen de lenzen in mm
 n = de brekingsindex van de lenzen

Tabel 5. Optische eigenschappen van de microscoopobjectieven van Van Deijl

| | Zwak objectief | | Sterk objectief | | |
|---|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|
| | UM25 | UM26 | UM25 | UM26 (I) | UM26 (II) |
| brandpuntsafstand | 26.04 | 27.71 | 17.05 | 18.73 | 18.73 |
| $S=\infty$: | | | | | |
| sferische afwijking/ Rayleigh tolerantie | 1.4 | 1.4 | 1.6 | 0.9 | 0.8 |
| chromatische afw. | | | | | |
| -paraxiaal | 0.15 | 0.085 | 0.16 | 0.19 | 0.19 |
| -marginaal | 0.11 | 0.045 | 0.14 | 0.17 | 0.17 |
| $S=-142$ | | | | | |
| vergroting | 4.41 | 4.07 | 7.27 | 6.53 | 6.53 |
| sferische afwijking/ Rayleigh tolerantie | 3.9 | 2.6 | 2.8 | 1.4 | 1.2 |
| chromatische afw. | | | | | |
| -paraxiaal | 0.22 | 0.12 | 0.21 | 0.26 | 0.26 |
| -marginaal | 0.16 | 0.06 | 0.18 | 0.22 | 0.22 |
| numerieke apertuur | 0.08 | 0.074 | 0.093 | 0.081 | 0.082 |
| scheidend vermogen | | | | | |
| (μ m) | | | | | |
| -berekend | 4.6 | 5.1 | 4 | 4.6 | 4.6 |
| -gemeten | 6.5 | 8 | 4 | 6.5 | 6.5 |

De zwakke objectieven hebben nominaal een brandpuntsafstand van 11/10 Amsterdamse duim=28.3mm, de sterke van 3/4 Amsterdamse duim=19.3mm

tussen de gemeten instelverschillen en de gezochte waarden van d' en d'' . Aangezien de som Σd van de werkelijke lensdikten wel goed bekend is, lukt het tenslotte ook om de dikten van de afzonderlijke lenzen redelijk nauwkeurig vast te stellen.

Behalve enige onzekerheid in de brekingsindices is het stelsel door de gemeten grootheden f , Σd , r , r' en d' goed bepaald. De waarden van d'' en r'' dienen als controle achteraf. De berekende constructies blijken wel betrouwbaar (zie tabel 4). Door de onzekerheid in de brekingsindices zijn ze waarschijnlijk niet identiek met de gemeten objectieven maar toch in hoge mate representatief voor de door Harmanus bereikte kwaliteit. Ik geef voor het sterke objectief van UM 26 twee verschillende oplossingen met sterk verschillend glas die bijna gelijke beeldfouten vertonen (zie tabel 5).

De objectiefjes zijn doorgerekend vanaf de oculairzijde, dus tegen de normale lichtrichting in, en wel voor twee gevallen: A voor 'oneindig lange' tubus ($s=\infty$) en B voor de kortste tubuslengte van het microscoop ($s=-142$). Deze manier van doorrekenen heeft het voordeel dat de beeldfouten gevonden worden als betrekkelijk kleine afstanden, die gemakkelijk

vergeleken kunnen worden. Ook de uit de golftheorie van het licht berekende 'Rayleigh-tolerantie' voor de sferische afwijking is onder deze omstandigheden een hanteerbare grootheid. Het blijkt dat de lensjes ontstaan zijn door het verkleinen van een kijkerobjectief, de sferische afwijking is voor $s=\infty$ (wat voor een kijkerobjectief ook wenselijk is) duidelijk kleiner dan voor $s=-142$ en voor de zwakke objectieven is het verschil het grootst. Ook de chromatische afwijking verschuift iets in de richting van ondercorrectie. De waarden hiervan zijn onzeker doordat de dispersie van het glas niet bekend is. De gebruikte formule geeft gemiddelde waarden die vooral bij kroonglas vrij grote afwijkingen van de werkelijke waarde kunnen vertonen.

Al met al kunnen we concluderen dat volgens tegenwoordige maatstaven de lensjes zeker niet optimaal zijn, maar dat het met de toenmalige hulpmiddelen nauwelijks mogelijk was ze beter te maken. De flintlensjes van de beide zwakke objectieven zijn bijna gelijk; ze zijn dus zeer waarschijnlijk uit eenzelfde stuk glas gemaakt. Bij de kroonglaslensjes is dit niet het geval; deze zijn ongelijk van vorm, waaruit volgt dat Van Deijl hiervoor twee verschillende stukken glas heeft moeten gebruiken. De flintlenzen van de sterke objectieven zijn misschien gelijk van vorm, maar dan van verschillend glas, of (vrijwel) gelijk van glas maar dan met een iets afwijkende vorm. Tussen de lensjes van kroonglas zijn weer grote verschillen. Het lijkt niet onredelijk te veronderstellen dat voor de flintlensjes een vast voorschrift werd gevolgd, dat het binnenvlak van de kroonlens dezelfde straal kreeg als het binnenvlak van de flintlens en dat door aanpassen van de buitenkromming van de kroonlens de brandpuntsafstand op de juiste waarde (binnen ruime toleranties) werd gebracht.

Hoe dan ook, Harmanus slaagde erin heel goede lensjes te maken en die tot zeer bevredigende stelseltjes te combineren, waarbij het opvalt hoe goed het gelukt is ze onderling te centreren. Dat de brandpuntsafstand tot ruim 10%

Tabel 6. Microscopoculair van Van Deijl

| veldlens | | | afstand tot veldlens | ooglens zwak | | | afstand tot veldlens | ooglens sterk | | |
|----------|-----|--------|----------------------|--------------|------|-------|----------------------|---------------|------|-------|
| r | d | n | veldlens | r | d | n | veldlens | r | d | n |
| 30.6 | 3.0 | 1.5265 | | 16.7 | 2.06 | 1.540 | | 10.75 | 2.38 | 1.525 |
| 176.2 | | | 32.7 | 66.8 | | | 24.8 | 18.8 | | |

Verklaring

r = de kromtestralen van de optische vlakken van de lenzen in mm

d = de dikte van de lens in mm

n = de brekingsindex van de lenzen

van de verlangde waarde kon afwijken, is daartegenover zonder belang. Van de oculairen zijn alleen die van UM 26 nog origineel, van UM 25 ontbreekt de veldlens en zijn de ooglenzen waarschijnlijk niet authentiek. Evenals bij het omkeeroeil met verschillende vergrotingen verandert Van Deijl ook bij zijn microscoop de oculairvergroting door alleen de ooglenzen te verwisselen. Bij beide zo ontstane oculairen is de brandpuntsafstand tot op 0.1% onafhankelijk van de kleur van het licht. Voor een eindige afstand van het objectief is de correctie wat minder goed en dat heeft hij blijkbaar niet kunnen narekenen. In de praktijk is de fout nog in het geheel niet hinderlijk: 0.25% voor de rand van het veld voor het zwakke oculair en 0.33% voor het sterke (zie tabel 6).

Conclusie

Het onderzoek van een aantal bewaard gebleven door de Van Deijls vervaardigde verrekijkers en microscopen, bevestigt de claim van Harmanus van Deijl in zijn artikel uit 1807, dat zijn vader Jan en hijzelf erin zijn geslaagd een aantal optische verbeteringen aan deze instrumenten aan te brengen. Het blijkt dat zij in staat waren binnen nauwe mechanische toleranties te werken en ook dat zij in staat waren variaties in eigenschappen van het 18e-eeuwse optische glas op doeltreffende wijze te corrigeren. Uit het onderzoek blijkt verder dat uit het doormeten van optische instrumenten gevolgtrekkingen zijn te maken ten aanzien van het al dan niet origineel zijn van de verschillende componenten waaruit de stelsels zijn opgebouwd.

SUMMARY

Jan and Harmanus van Deijl. An optical workshop in the 18th century

The optical workshop of Jan van Deijl (1715-1801) and his son Harmanus (1738-1809) was well known in 18th-century Amsterdam. The Van Deijls made telescopes of very good optical quality and Harmanus claimed they had invented some real improvements which also enabled them to construct achromatic microscopes. Measurement on some extant instruments in the collection of the Utrecht University Museum and on one telescope in a private collection show that these claims were well justified and that the Van Deijls could work within rather narrow mechanical tolerances and make adequate corrections for the variations in optical properties of 18th-century glass.