

De doos van Pandora/La boîte de Pandora

Rubriek gewijd aan archiefvondsten, instrumentbeschrijvingen, e.d./

Rubrique consacrée aux trouvailles d'archives, aux descriptions d'instruments, etc.

Een vroeg telescoopje uit Delft

TIEMEN COCQUYT*

ABSTRACT

An early spyglass from Delft

Recently, a small spyglass was uncovered during archaeological excavations in Delft. Remarkable about the find are its fashioning in sheet iron and the heavily stopped down objective lens. These are the presumed characteristics of Dutch telescopes from the early seventeenth century, none of which appear to have been preserved. This article sets out the results of the subsequent research on the object carried out in Museum Boerhaave, in which this suspicion was confirmed. Finally, a glimpse is offered on the mathematical-optical culture in Golden Age Delft, and a possible maker for the spyglass is put forward.

Keywords: telescopes, optics, Delft

Inleiding

Recent is bij archeologische opgravingen in Delft een vroeg telescoopje uit de Gouden Eeuw opgedoken. Het instrumentje levert een unieke blik op de vroege ontwikkeling

van deze Nederlandse uitvinding. Als archetype van het 'filosofische instrument' zette de telescoop ons wereldbeeld op z'n kop, maar vroege exemplaren van Nederlandse komaf zijn eenvoudigweg niet bewaard gebleven. De huidige vondst vult deze leemte op.

Het instrumentje dook op bij opgravingen in het kader van de aanleg van de Delftse spoortunnel, die het nabije historische centrum dient te ontlasten van het (bovengronds) denderende spoorverkeer. Vaak geeft de diepte en 'context' waarbinnen een archeologische vondst wordt aangetroffen informatie prijs over de ouderdom, maar in dit geval was de vindplaats – een oude verdedigingsgracht – in latere eeuwen herhaaldelijk opgevuld en opnieuw open gegraven, waardoor middel-eeuwse en negentiende-eeuwse voorwerpen ongestructureerd naast elkaar werden aangetroffen. Voor de identificatie en duiding van het object werd Museum Boerhaave ingeschakeld. Hoe bijzonder deze vondst was, was aanvankelijk allerminst duidelijk (*fig. 1*).

* Museum Boerhaave, Leiden. E-mail: tiemencocquyt@museumboerhaave.nl. Dit artikel is geschreven in het kader van de museumbeurs 'Optische meetmethoden voor de museale praktijk', toegekend door NWO Geesteswetenschappen.



Fig. 1: De Delftse bodenvondst. (Bron: Museum Boerhaave)

Hoewel een gelige schijn op het metaal eerst anders deed vermoeden, is het kijkertje vervaardigd van blik dat tot een kokertje is gerold en zorgvuldig is dicht gesoldeerd. De lengte bedraagt niet meer dan tien centimeter, precies passend in de palm van een hand. De diameter is twee centimeter, en voor- en achterzijde van het kokertje zijn afgesloten met een lensje dat met blikken ringetjes is vastgezet. Bij één lensje is een blikken afsluitdopje bewaard gebleven.

De functie als (kleine) telescoop was aanvankelijk erg onduidelijk. Door het lange verblijf onder de grond waren de lenzen zodanig verweerd dat er geen straaltje licht meer doorheen viel. De vondst werd dan ook bestempeld als kogelhuls, totdat een eerste reiniging de kleine glasoppervlakjes aan het licht bracht. Een duiding als optisch instrument lag nu meer voor de hand, waarop Museum Boerhaave werd benaderd voor de precieze invulling daarvan. Maar nog steeds gaf het object – met ondoorzichtige lenzen – erg weinig van zijn identiteit prijs. Het schoonmaken en mogelijk terug ‘gebruiksklaar’ maken van het instrument vergde een grondige ingreep op het artefact. Na zorgvuldig afwegen, besloten Archeologie Delft – de eigenaar van de vondst – en Museum Boerhaave om de ingreep toch uit te voeren, gezien de kansen die dit bood

om de datering en zelfs de functie van het object met enige zekerheid vast te stellen.

Blikken kijkers

Er waren namelijk wel enige aanwijzingen dat het hier een bijzondere vondst betrof. Allereerst valt op dat het kijkertje uit blik is gemaakt. Kijkers uit de achttiende en negentiende eeuw werden meestal uit messing vervaardigd.² Ook hout werd wel toegepast, al dan niet bekleed met leer of roggenhuid, en voor de meer luxueuze exemplaren werd ook ivoor gebruikt. Zuid-Europese, Franse en Engelse instrumenten vallen op door de fraaie afwerking met goud bestempeld leer of perkament. Het gebruik van blik bij deze vondst lijkt daarentegen erg functioneel, hoewel het kijkertje toch met zorg is afgewerkt. Hoe zagen telescopen, met name Nederlandse, er dan uit vóórdat messing breed ingang vond? Het antwoord op deze vraag wordt bemoeilijkt door het nagenoeg ontbreken van vroege, Nederlandse voorbeelden. Uit zeventiende-eeuws Nederland zijn weliswaar enkele dozijnen objectieflenzen bewaard gebleven,³ de telescoopbuizen lijkt het minder gunstig te zijn vergaan. Ze werden geproduceerd vanaf het eerste uur – al in 1608 waren in Middelburg telescoopmakers actief, en andere steden volgden snel.⁴

Enige jaren geleden wist wetenschapshistoricus Huib Zuidervaart het curieuze

gemis aan vroege Nederlandse exemplaren op te helderen. Spuurwerk in zeventiende-eeuwse veilingcatalogi leverde op dat telescopen in Nederland bijna zonder uitzondering van blik waren vervaardigd.⁵ Tot in de negentiende eeuw waren daar een aantal van overgeleverd. Nog in 1838 maakte Leids astronoom Frederik Kaiser gewag van 'kijkers van veertig en vijftig voeten lengte, wier ontzielde lichamen nog in menigte op de zolders van het Academie-gebouw voorhanden zijn'.⁶ Veel langer werden deze uit gebruik geraakte instrumenten niet bewaard. Enkele lange blikken buizen, in de negentiende eeuw nog (foutief) toegeschreven aan de vermeende uitvinder Zacharias Jansen – doch hoogstwaarschijnlijk wel uit de zeventiende eeuw daterend – waren nog aanwezig in Middelburg, maar overleefden het oorlogsgeweld niet.⁷ Wat daarvan tegenwoordig nog resteert is de (vermoedelijke) oculairbuis van één van deze kijkers. Samen met de enige complete (uit blik vervaardigde) telescoop van Christiaan Huygens uit 1683, en een messing kijker die in 1669 op Snellius' Blauw-kwadrant werd geplaatst, zijn dit de enige bewaard gebleven telescopen uit de zeventiende eeuw die een onweerlegbaar Nederlandse herkomst hebben.⁸ De lage overlevingsgraad van de Nederlandse kijkers heeft waarschijnlijk met hun voornamelijk functionele vormgeving te maken – sierobjecten zijn het nooit geweest – maar mogelijk heeft ook de corrosiegevoeligheid ertoe geleid dat van deze telescopen nagenoeg alle exemplaren gedeeltelijk of volledig zijn 'weggeroest'.

Primitieve lensjes

Er is nog een tweede aspect dat de vondst intrigerend maakt. De objectlens – het lensje dat bij gebruik naar een voorwerp of de hemel wijst – heeft maar een heel kleine opening. Dat is vreemd, want normaal gesproken wil je juist zoveel mogelijk licht opvangen om een helder beeld te krijgen.

Het blikken buisje zou gemakkelijk een lensje van zo'n vijftien millimeter diameter kunnen hebben, maar hier is de lensopening met een blikken schijfje teruggebracht naar slechts zes millimeter.

Deze merkwaardige eigenschap valt in verband te brengen met een recent inzicht in de vroege geschiedenis van de telescoop. Een nog steeds prangende vraag is waarom dit instrument zo plotseling op het toneel kon verschijnen in 1608, het jaar van de octrooiaanvraag voor de Staten-Generaal. Deze ontwikkeling verklaren vanuit een technologisch keerpunt in lenslijptechniek, strookt niet met de snelle opmars die het instrument onmiddellijk na haar ontstaan maakte.⁹ Binnen enkele weken na de presentatie in Den Haag was de telescoop al te koop op een markt in Parijs – het product vermenigvuldigde zich razend snel.¹⁰ In 2007 poneerde optiekhistoricus Rolf Willach dat de 'uitvinding' van de telescoop in werkelijkheid draaide om het inzicht dat een lens van matige kwaliteit kan worden verbeterd door (aan de rand) alle slecht geslepen delen af te scherpen door een diafragma: een ringetje dat enkel het midden van het lensoppervlak open laat.¹¹ Dat een dergelijke ingreep niet noodzakelijk een *kleiner* beeld, maar vooral een *scherper* – zij het donkerder – beeld opleverde, is erg contra-intuïtief. Binnen de zeventiende-eeuwse optische theorievorming was dit niet anders. Over de motivatie waarom iemand een ringetje op een lens zou plakken tasten we nog in het duister, en vooralsnog wordt – enigszins onbevredigend – aangenomen dat dit proefondervindelijk moet zijn gebeurd.¹² Wel verklaart Willachs stelling over een cruciaal maar eenvoudig ringetje waarom men in 1608 dacht dat het instrument gemakkelijk na te maken was, met name wanneer men 'de forme van de buyse' zou zien – dit was ook mede de reden waarom het octrooi nooit is toegekend (*fig. 2*).¹³



Fig. 2: Detail uit een Nederlandse spotprent door A. Van de Venne, ca. 1635. Voorin de telescoop is duidelijk de afgestopte objectlens te zien. (Bron: Rijksmuseum Amsterdam)

Deze twee intrigerende eigenschappen van de Delftse vondst – de blikken uitvoering en de kleine lensopening – wekken de suggestie dat het artefact wel eens één van de vroegste Nederlandse telescopen kan zijn. De conservering van het kijkertje liet toe deze zaken wat aandachtiger te bekijken. Vooreerst kwam daarbij de lensconfiguratie aan het licht. Hierdoor kon alvast worden vastgesteld dat het werkelijk om een klein kijkertje ging, en niet om bijvoorbeeld een onderdeel van een incompleet, meer omvangrijk apparaat.

De eerste telescopen waren van het ‘Hollandse’ of ‘Galileïaanse’ type. Deze had twee lenzen: een bolle objectlens en een holle ooglenzen. Het geheel leverde een rechtopstaand beeld op. Bij geringe vergrotingen voldeed dit prima, maar het opvoeren van de vergroting liep spaak op het steeds kleiner wordende blikveld dat hieruit resulteert. Het lijkt dan net alsof je door een rietje tuurt. Vanaf circa 1630–1645 deed de ‘astronomische’ of ‘Kepleriaanse’ configuratie haar intrede, waarbij de ooglenzen bol was.¹⁴ Niettegenstaande het omgekeerde beeld dat bij deze lensstelling ontstaat, is het blikveld een stuk ruimer. Er is meer te zien, maar relevanter is dat de vergroting nu verder kon worden opgevoerd. Ontwikkelingen vanaf het midden van de zeventiende eeuw richtten zich met name op het terug rechtop zetten van dit omgekeerde beeld. Hier kwamen samengestelde oculairs met meerdere lenzen aan te pas. Enkele

oculairontwerpen bleken een gunstige invloed te hebben op het blikveld, of op het reduceren van lensfouten. Zodoende tekenden zich in de tweede helft van de zeventiende eeuw enkele standaard-lensconfiguraties af.¹⁵

Het aantreffen van zo’n samengestelde lensconfiguratie in het Delftse kijkertje zou de mogelijke datering meteen een stuk inperken, richting de late zeventiende eeuw. Het kokertje bleek echter alleen een bolle en holle lens te bevatten, in overeenstemming met de allervroegste telescopen. Toch hoeft dit niet koste wat het kost te betekenen dat het kijkertje van vóór 1630 stamt. Met name bij kleine handkijkertjes was een omvangrijke vergroting nooit een echte vereiste. Het blikveld voldeed, en de combinatie van een rechtopstaand beeld met een eenvoudige lensamenstelling maakte dat de Hollandse kijker ook in latere eeuwen populair bleef – bijvoorbeeld als operakijker.¹⁶

Opvallend was veeleer de ‘primitiviteit’ van de lensjes in dit Delftse exemplaar. Na het zorgvuldig verwijderen van de blikken diafragmaringetjes leken er aanvankelijk zelfs niet eens lenzen in te zitten, maar hoeke metalen plaatjes. Secuur verwijderen van de (roest)aanslag op het glasoppervlak gaf uiteindelijk toch doorzichtige lensjes prijs (fig. 3). Maar ook na het schoonmaken, leken deze in de verste verte niet op de volledig gepolijste en *ronde* lenzen die ook in de allervroegst bewaard gebleven telescopen worden aangetroffen. Verdere rondvraag

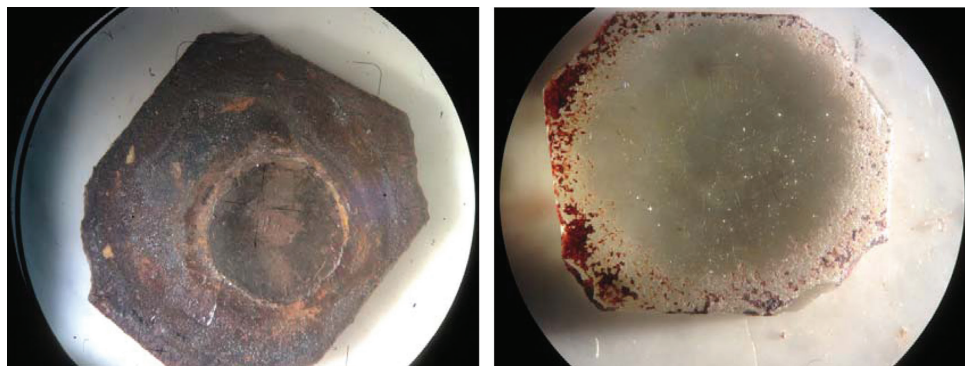


Fig. 3: De objectlens vóór en na conservering. (Bron: Museum Boerhaave)

bij experts Marvin Bolt en Michael Korey leverde op dat rechthoekige lenzen werkelijk nergens eerder zijn gesignaleerd.¹⁷

Hebben we dan echt te maken met één van de alleroudste telescopen die bestaan? Of is het product simpelweg ‘rommel’ uit een latere periode? Deze vraag is waarschijnlijk het moeilijkst om te beantwoorden. Immers, qua Nederlandse producten bestaan er überhaupt geen referentie-telescopen van vergelijkbare ouderdom. Maar ook internationaal is van het handvol bewaarde vroege telescopen het voornaamste kenmerk dat ze onderling allemaal verschillend zijn – de stijlen, conventies en constructiemethoden die later gangbaar werden bij telescoopproductie, waren nog niet uitgekristalliseerd. Anderzijds zijn er ook grenzen aan de periode waarbinnen verouderde technologie – ‘rommel’ – nog zinvol in het onderste segment van de markt kon worden aangeboden. Uit de late zeventiende eeuw zijn voorbeelden bekend van kijkertjes die, niettegenstaande hun bescheiden prijs, veel beter, fraaier en begeerlijker zijn dan deze Delftse vondst.¹⁸ Op zo’n tijdstip is het niet erg waarschijnlijk meer dat een kijkertje met zulke primitieve lenzen op de markt kon concurreren. Dergelijke ‘economische stratificatie’ kan een addertje onder het gras zijn bij het beoordelen van primitieve

technologie, maar er kunnen redelijkerwijs ook grenzen aan worden gesteld.

Eenmaal geconserveerd, gaven de lensjes nog meer informatie prijs. Zo bleek het glas minuscule luchtbelletjes te bevatten (een eigenschap die bij alle vroege lenzen voorkomt), en ook andere (smelt)verontreinigingen bleken hier en daar aanwezig. Verder bleken de lensjes respectievelijk platbol en plat-hol van vorm. Deze lensvormen werden in de vroegste periode van de telescoop het vaakst gebruikt. Blijkens enkele geschreven bronnen werden soms scherven van spiegelglas (her)gebruikt – deze waren vlak gepolijst, waardoor slechts één oppervlak nog (bol- of holvormig) moest worden geslepen. Toen de lenslijptechniek eenmaal verder was gevorderd, werden dubbelbolle lenzen gebruikelijk.¹⁹ Deze suggestie van hergebruikte spiegelscherven is overigens opvallend, aangezien de grillige, rechthoekige lensjes in de Delftse vondst daar uitstekend voor kunnen doorgaan.

Tot slot is ook de slijpkwaliteit van de objectlens over het volledige oppervlak beoordeeld. Aanleiding daarvoor was de aanwezigheid van het blikken diafragma, dat de lensopening aanzienlijk kleiner maakt. Presteert de lens werkelijk zo slecht zonder dit diafragma? De optische evaluatie vond plaats met twee verschillende

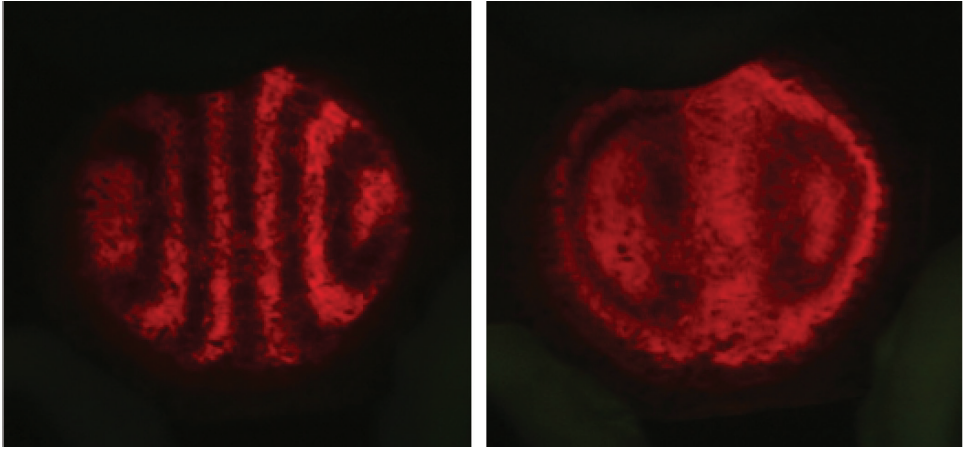


Fig. 4: Ronchi-testpatronen van de objectlens. De evenwijdigheid van de lijnen wijst erop dat de kwaliteit in het midden van de lens aanvaardbaar is, maar aan de randen sterk vermindert. Voor gebruik als telescoplens is een diafragma noodzakelijk. (Bron: Museum Boerhaave)

methodes: een Ronchi-test, en kwantitatieve interferometrische evaluatie. Door deze complementaire tests toe te passen kon goed worden aangesloten bij bestaande referentiemetingen uit recenter telescooponderzoek, waarbij niet altijd dezelfde methodes werden gehanteerd.²⁰ De eerste methode, de Ronchi-test, biedt in één oogopslag een impressie van de algehele lenskwaliteit, waarbij evenwijdige lijnen wijzen op (lokaal) goed uitgevoerd slijpwerk. Waar een 'goede' lens volledig rechte, evenwijdige lijnen vertoont, geeft het patroon van de Delftse kijker aan dat alleen het midden van de lens goed is, maar de randen niet, en de lenzen dus inferieur zijn (fig. 4). Dit gegeven bevestigt dat een diafragma de prestaties van de telescoop significant kan verbeteren. Globaal kan worden gesteld dat de lens niet bedroevend slecht is – dan was telescopische werking helemaal niet meer mogelijk – maar dat de eigenschappen in overeenstemming zijn met het handvol metingen dat op telescopen van vóór 1650 is verricht.²¹

De tweede methode, interferometrie, stelt ons in staat de aard van dergelijke

lensfouten nauwkeurig in kaart te brengen. Ook is het met een interferometer mogelijk naar individuele oppervlakken – en dus naar slijpkwaliteit – te kijken. Een opvallende uitkomst is dat de vlakke kant van de lens zeker niet slecht is (fig. 5). De afwijking over het volledige oppervlak ligt in de orde van een halve golflengte, wat niet veel slechter is dan de maatstaven die zelfs tegenwoordig voor commerciële optiek worden gehanteerd.²² Het beeld wordt echter ernstig verstoord door de lichtbreking binnen het glas en aan de bolgeslepen kant van de lens. Dit blijkt uit het transmissie-interferogram, dat een veel slechtere prestatie verraadt. Opnieuw is dit een aanwijzing dat bestaand, vlak (spiegel)glas is gebruikt om de lenzen te vervaardigen.

De inferieure randen van de objectlens hebben een 'zadelvorm' – de bolling in één dimensie wijkt af van de bolling haaks op deze as. Dit verschijnsel heet astigmatisme. Het heeft tot gevolg dat evenwijdig invalende lichtstralen niet als punt worden afgebeeld, maar als kruisjes. Een getuigenis over dit verschijnsel vinden we al terug in de geschriften van de Zeeuwse natuurfilosoof

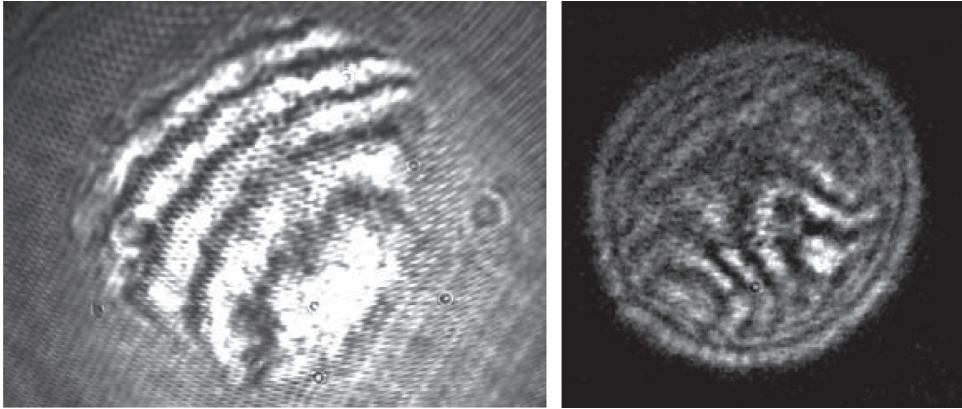


Fig. 5: Reflectie-interferogram van de vlakke zijde van de plat-bolle objectlens (links), en transmissie-interferogram van licht dat door de volledige objectlens wordt gebundeld (rechts). Het slijpwerk aan de vlakke kant vertoont een veel grotere regelmaat dan wat het totaalbeeld in het transmissie-interferogram doet vermoeden. (Bron: Museum Boerhaave)

Isaac Beeckman (1588–1637).²³ Waar andere geleerden zich vooral inlieten met theoretisch voorspelbare afwijkingen van (perfect geachte) bolvormige lenzen, bracht Beeckmans fenomenologische blik hem tot het beoordelen van lenzen die daadwerkelijk *beschikbaar* waren bij de Nederlandse brillen- en telescopenmakers. Speurend naar optiek geschikt voor een telescoop, beoordeelde Beeckman vele brillenglazen, waarbij hij aan de hand van het brandpunt observeerde hoe erg het met de vervorming was gesteld. Maar een lens van de kwaliteit die Beeckman zocht, met een brandpunt niet groter dan ‘een spellenhoofden’, kon niemand in de wereld vervaardigen, aldus een Haagse lenzenlijper.²⁴ Op dit ogenblik uitgevoerd onderzoek in buitenlandse collecties bevestigt dat dergelijk astigmatisme een algemeen kenmerk is van de allervroegste telescopenlenzen, en de voornaamste drempel vormde in het opvoeren van vergroting en oplossend vermogen van het instrument.²⁵

Feitelijk kunnen we daarmee stellen dat het in Delft gevonden telescoopje volledig getuigt van de technologische beperkingen die golden in de eerste helft van de

zeventiende eeuw. Dergelijke kenmerken werden, ondanks het schaarse referentiemateriaal, eerder opgetekend in internationaal verband.²⁶ Nederlandse geschreven bronnen, zoals het dagboek van Beeckman, bevestigen dat deze beperkingen ook in de Nederlanden golden.

Een mogelijke maker?

Hoewel de telescoop na 1608 een razendsnelle verspreiding kende, bleef de vervaardiging ervan in de eerste decennia een vrij specialistische occupatie. Pas gedurende het tweede kwart van de zeventiende eeuw zien we dat in vrijwel elke grotere stad makers actief werden, en dat hun producten een bredere laag van de bevolking bereikten.²⁷ Fascinerend is dat Delft al in de vroegste jaren een telescoopmaker had. Ook dit blijkt onder meer uit de aantekeningen van Beeckman.²⁸ Voorts is bekend dat deze ‘lunetier de Delft’ reeds in 1609 (!) een kijkertje had gemaakt dat, waarschijnlijk als nieuwigheid, in colleges van Rudolph Snellius in Leiden werd gedemonstreerd.²⁹ Het getoonde kijkertje bestond uit een enkele buis, waarbij de lensjes flink afgestopt waren met een ringetje.

Huib Zuidervaart en Marlise Rijks zijn erin geslaagd deze ‘lunetier’ te identificeren. Speurwerk naar de wortels van de opmerkelijke artistiek-wetenschappelijke opbloei van Delft in het midden van de zeventiende eeuw, bracht een klein netwerk van optisch-mathematische enthousiastelingen aan het licht.³⁰ Hieronder ook de brillenmaker Evert Harmansz Steenwijck, telescoopmaker van het eerste uur. Harmansz had familiebanden met de pedel van de Leidse Universiteit, wat mogelijk de bovengenoemde link met Snellius verklaart.³¹ Tot het midden van de zeventiende eeuw lijkt Harmansz de enige telescoopmaker in Delft te zijn geweest. Waarschijnlijk hield hij ook vast aan de productiemethoden uit de beginfase van de telescoop. Midden zeventiende eeuw, toen elders de optische doorontwikkeling van de telescoop in een stroomversnelling kwam, zijn er klachten te vinden dat Harmansz niet de gehoopte kwaliteit leverde.³² Harmansz overleed in 1654. Een opvolger stond toen al klaar: de militaire ingenieur Johan van der Wyck nam de Delftse telescoopproductie over, direct van wal stekend met enkele flinke (optische) innovaties.³³

Tot slot kunnen we nog vermoedens uiten over het gebruik van het kijkertje. Het object werd gevonden op de plek van een oude verdedigingsgracht – om precies te zijn de vesting op de noordwestelijke hoek van de oude binnenstad. Voor een groot gedeelte van Delfts Gouden Eeuw was deze plek louter militair gebied. Een dam ietwat zuidelijker voorkwam dat commerciële scheepvaart het gebied ging bevaren. Bovendien werd het kijkertje gevonden aan de *stadszijde* van de vesting, met andere woorden óp het bolwerk zelf. Het idee dat het gevonden kijkertje primair een aardse, militaire functie had is nog niet zo gek, gezien het formaat van het kleinood. De vergroting bedraagt zo’n vijf maal, wat voor sterrenkundige toepassingen niet voldoet. Bergen op de maan zouden amper zichtbaar zijn, en

planeten of hun maantjes al helemaal niet. Toch is de vondst wel degelijk interessant vanuit wetenschapshistorisch oogpunt. Al bij de beoordeling van de eerste, ter octrooi aangeboden kijker, in 1608 op de Mauritstoren in Den Haag, werd geoordeeld dat het instrument erg nuttig was bij veldslagen, maar dat het ook sterren kon laten zien die anders niet zichtbaar waren.³⁴ Deze woorden bleken profetisch. De aardverschuivende ontdekkingen in de sterrenkunde en hun implicaties zijn bekend. Minder bekend is de niet- en pre-astronomische gebruikscontext van de telescoop. Tenslotte ontsproten beide toepassingen uit dezelfde basis: de uitvinding waarvoor in 1608 geen octrooi kon worden verkregen. Tastbare nalatenschap van deze prille Nederlandse ontwikkelingen was tot voor kort volledig onbestaand. Maar dankzij deze Delftse bodemvondst – een kijkertje dat uit de eerste decennia van de Nederlandse telescoopproductie blijkt te dateren – is ons beeld van deze vroege geschiedenis weer een stukje vollediger.

Noten

- 1 Albert Van Helden, ‘The Birth of the Modern Scientific Instrument, 1550–1700’, in: J.G. Burke (ed.), *The Uses of Science in the Age of Newton* (Berkeley 1983) 49–84, m.n. 50–53.
- 2 Huib J. Zuidervaart, ‘The ‘Invisible Technician’ Made Visible: Telescope Making in the Seventeenth and Early Eighteenth-Century Dutch Republic’, in: A.D. Morrison-Low, S. Dupré, S. Johnston (eds.), *From Earth-Bound to Satellite. Telescopes, Skills and Networks* (Leiden 2011) 41–102; Peter K. Louwman & Huib J. Zuidervaart, *A Certain Instrument for Seeing Far: Four Centuries of Styling the Telescope Illustrated by a Selection of Treasures from the Louwman Collection of Historic Telescopes* (Wassenaar 2013).
- 3 Anne C. van Helden & Rob H. van Gent, ‘The Lens Production by Christiaan and Constantijn Huygens’, *Annals of Science* 56 (1999) 69–79; Huib J. Zuidervaart, *Telescopes from Leiden Observatory and Other Collections 1656–1859* (Leiden 2007) 27–54.
- 4 Zuidervaart, ‘Invisible Technician’ (n. 2). Een intrigerende verwijzing naar het uiterlijk van vroege Nederlandse kijker(tje)s vinden we ook

- in de correspondentie van Galilei: '[...] avendo io fatti vedere di questi miei pochi Occhiali a diversi Signori Oltramontani, li quali ne hanno veduti assai in Alemagna, Fiandra, e Francia, sono restati stupiti, e affermano li altri veduti da loro esser bagattelle in proporzione di questi'. ([...] na enkele van mijn kijkers aan heren uit het noorden getoond te hebben – die er talrijke in Duitsland, de Nederlanden en Frankrijk hadden gezien – stonden dezen versted, en bevestigden ze dat de kijkers die ze zagen slechts speelgoed waren in vergelijking met die van mij'). Galilei aan Belisario Vinta, 19 maart 1610, in: *Le Opere di Galileo Galilei*, 6 (Florence 1847) 91. Met dank aan Roger Ceragioli voor deze passage.
- 5 Zuidervaart, 'Invisible Technician' (n. 2) 49–50. Een vroege Nederlandse vermelding hiervan vinden we voorts in de geschriften van Isaac Beekman in 1633: 'tubus et conus ex ferro, quod stanno obductum est, aut alia politiore materia'. ('een buis en trechter uit ijzer, bedekt met tin, of een ander glad materiaal'). Cornelis de Waard (ed.), *Journal tenu par Isaac Beekman de 1604 à 1634*, 3 (1945) 319.
 - 6 Frederik Kaiser, *Het Observatorium te Leiden* (Leiden 1838) 7; Zuidervaart, 'Invisible Technician' (n. 2) 55. De uitvoering in blik van de Leidse kijkers blijkt uit de inventarissen, zie: Zuidervaart, *Telescopes from Leiden Observatory* (n. 3) 162–179, m.n. 164.
 - 7 Pieter Harting, 'Oude optische werktuigen, toegeschreven aan Zacharias Janssen en eene beroemde lens van Christiaan Huygens teruggevonden', *Album der Natuur* (1867) 257–281; Huib J. Zuidervaart, "Uit vaderlandsliefde": Pierre Borels *De Vero Telescopii Inventore* (1656) en het negentiende-eeuwse streven naar een gedenkteken voor de 'Ware uitvinder van de verrekijker", in: H.J. Zuidervaart & L. Nellissen (eds.), *De echte uitvinder van de verrekijker* (Middelburg 2008) 5–58.
 - 8 Zuidervaart, *Telescopes from the Leiden Observatory* (n. 3) 24 en 30–31. Beide instrumenten zijn te vinden in Museum Boerhaave.
 - 9 Rolf Willach, 'The Long Road to the Invention of the Telescope', in: A. Van Helden, S. Dupré, R.H. van Gent & H.J. Zuidervaart (eds.), *The Origins of the Telescope* (Amsterdam 2010) 93–114, m.n. 110–111.
 - 10 Albert Van Helden, 'The Invention of the Telescope', *Transactions of the American Philosophical Society* 67 (1977) 1–67.
 - 11 Willach, 'The Long Route' (n. 9).
 - 12 Willach, 'The Long Route' (n. 9) 111–114. Zie echter ook: Sven Dupré, 'Galileo's Telescope and Celestial Light', *Journal for the History of Astronomy* 34 (2003) 369–399.
 - 13 Van Helden, 'Invention' (n. 10) 21 en 38. Zie ook p. 43: 'aussi n'y a-il pas grande difficulté à imiter cette premiere invention'. ('bovendien is het niet erg moeilijk deze uitvinding na te bootsen').
 - 14 Albert Van Helden, 'The 'astronomical telescope', 1611–1650', *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze* 1 (1976) 13–35.
 - 15 Albert Van Helden, 'The Telescope in the Seventeenth Century', *Isis* 65 (1974) 38–58, m.n. 48–49; Rolf Willach, 'The Development of Telescope Optics in the Middle of the Seventeenth Century', *Annals of Science* 58 (2001) 381–398; M. Eugene Rudd, 'Chromatic Aberration of Eyepieces in Early Telescopes', *Annals of Science* 64 (2007) 1–18.
 - 16 Zie ook Louwman en Zuidervaart, *A Certain Instrument* (n. 2).
 - 17 Persoonlijke mededeling, 2015. Zie ook Marvin Bolt en Michael Corey, 'The World's Oldest Surviving Telescopes', in: Van Helden et al. (eds.), *Origins* (n. 9) 231–255.
 - 18 Voorbeelden van Nederlandse massa-productie omstreeks 1700 worden vermeld in: Marloes J. Rijkelijkhuisen, 'Bone Telescopes from Amsterdam', *Journal of Archaeology in the Low Countries* 3 (2011) 107–114. Zie ook: Louwman & Zuidervaart, *A Certain Instrument* (n. 2) 148–150.
 - 19 Rolf Willach, 'The Development of Lens Grinding and Polishing Techniques in the First Half of the 17th Century', *Bulletin of the Scientific Instrument Society* 68 (2001) 10–15, m.n. 14. Zie ook Beekman in 1634: 'Johannes Sacharias seght, dat een glas maer op één syde geslepen synde ende effen, so verde schilderende als een ander, dat op beyde syden geslepen [is], het eerste beter te syn. Puto dat te geschieden omdat de platte syde van een spiegel is, die int slypen groot was, ende so is de platte syde naer advenant beter dan dander'. De Waard (ed.), *Journal Beekman* (n. 5) 403–404.
 - 20 Vergelijk Willach, 'The Development of Lens Grinding and Polishing Techniques' (n. 19); Vincenzo Greco, Giuseppe Molesini & Franco Quercioli, 'Optical tests of Galileo's lenses', *Nature* 358 (1992) 101; Giuseppe Molesini, 'The Telescopes of Seventeenth-Century Italy', *Optics & Photonics News* 14 (June 2003) 34–39.
 - 21 Vergelijk met name met de Ronchigrammen afgebeeld in Willach, 'The Development of Lens Grinding and Polishing Techniques' (n. 19) en in Willach, 'The long road' (n. 9).
 - 22 Vergelijkbare waarden werden door Willach gevonden aan de vlakke kanten van vroeg zeventiende-eeuwse kijkers. Willach, 'The Development of Lens Grinding and Polishing Techniques' (n. 19) 13.
 - 23 'Hetwelcke sovel scheelde dat men het pampier naby houdende, de erecta alleen sach, alsoffer geen transversa en waren; ende verder afhoudende, sach men de transversa alleen'. De Waard (ed.),

- Journal Beekman* (n. 5) 422; Fokko Jan Dijksterhuis, 'Labour on Lenses: Isaac Beekman's Notes on Lens Making', in: Van Helden et al. (eds.), *Origins* (n. 9) 257–270.
- 24 Cornelis de Waard (ed.), *Journal tenu par Isaac Beekman 2* (1941) 295; Dijksterhuis, 'Labour on Lenses' (n. 23) 262.
- 25 Onderzoek uitgevoerd door de huidige auteur in het kader van museumbeurs 'Optische meetmethoden voor de museale praktijk', toegekend door NWO Geesteswetenschappen.
- 26 Willach somt deze kenmerken beknopt op in: 'The Development of Lens Grinding and Polishing Techniques' (n. 19) 13. De bronnen waaraan wordt gerelateerd zijn voornamelijk Italiaans.
- 27 Zuidervaart, 'Invisible Technician' (n. 2) 59–87.
- 28 Beekman kocht vóór 1634 een telescoop bij deze Delftse maker, maar ging vervolgens zelf met het lenzenlijpen in de weer. Zie: De Waard (ed.), *Journal Beekman* (n. 5) 232 (noot 2) en 396.
- 29 De Franse arts Théodore Deschamps schreef in 1642 over zijn Leidse studietijd aan Mersenne: 'Or j'estoy à Leyden en l'an 1609, où Rodolphus Snellius, professeur en mathematiques (qui nous lisoit l'Optique de Ramus) a la sortie de sa leçon me monstra les lunettes communes qui n'avoient qu'un tuyau' en 'je recognois que ce lunetier de Delft n'avoit fait autre chose que mettre les verres en deüie distance et couvrir les parties du verre convexe sur lesquelles les rayons venants de l'object s'entrecouppent trop près les uns les autres'. ('Toen ik in 1609 in Leiden was, waar Rudolph Snellius, hoogleraar wiskunde (die ons de Optica van Ramus doceerde), me op het einde van de les een gewone kijker met maar één buis liet zien.' en 'ik geef toe dat deze Delftse brillenmaker niets anders had gedaan dan de glazen op een geschikte afstand plaatsen, en de delen van de bolle lens bedekken waar de van het voorwerp afkomstige stralen elkaar onderling te vroeg snijden'). Zie Cornelis de Waard (ed.), *Journal tenu par Isaac Beekman 1* (1939) 12 en 209.
- 30 Huib J. Zuidervaart & Marlise Rijks, "Most rare workmen": optical practitioners in early seventeenth-century Delft, *British Journal for the History of Science* 48 (2015) 53–85.
- 31 Ibidem 59.
- 32 Ibidem 70.
- 33 Ibidem 70–75.
- 34 Huib J. Zuidervaart, 'The 'True Inventor' of the Telescope. A Survey of 400 Years of Debate', in: Van Helden et al. (eds.), *Origins* (n. 9) 9–44, m.n. 14.