studium | Tijdschrift voor Wetenschaps- en Universiteitsgeschiedenis
Revue d'Histoire des Sciences et des Universités

Vol. 11, no. 1 (2018) 104–112 | ISSN: 1876-9055 | e-ISSN: 2212-7283

Huddes *Specilla circularia* (1656), vertaald in het Nederlands

AD DAVIDSE*

ABSTRACT

Hudde's 'Specilla circularia' (1656), translated into the Dutch Language
This small treatise by Hudde discusses "circular lenses, or how one can construct all kinds of optical instruments by circular figures only, both microscopes and telescopes, so that they produce the same effect as elliptical or hyperbolic figures, or at least as close as possible".

Keywords: Spherical aberration; telescopes; microscopes

[p. 1]

Cirkelvormige lenzen, of hoe met enkel cirkelvormige figuren alle soorten lenzen kunnen worden gemaakt, voor zowel microscopen als telescopen enz., die geheel en al hetzelfde effect hebben, of het althans zo dicht mogelijk benaderen, als die welke met elliptische of hyperbolische figuren zouden kunnen worden gemaakt.

Aan iedereen is al voldoende bekend hoe groot het nut van lenzen is: anders zijn bijzienden en ouderen wel een uitstekend bewijs en, na de uitvinding van microscopen en telescopen, nieuwe in grote overvloed ontdekte objecten, zowel aan de hemel als hier bij ons op aarde. Maar ze lijken ons nog veel dingen te beloven, meer bewonderenswaardig dan de tot dusver ontdekte; ja zonder enige twijfel zal met behulp ervan door Sterrenkundigen van de bewegingen aan de hemel, door Natuurfilosofen van samengestelde lichamen, door Geneeskundigen van de aard en de krachten van kruiden en van het menselijk lichaam, een veel volmaaktere kennis kunnen worden verkregen, dan ooit zonder deze lenzen te verwachten zou zijn.

En toen dit algemeen vaststond, zijn er al na korte tijd velen geweest, die met de grootste ijver hebben getracht deze Lenzen tot de hoogste volmaaktheid te brengen. Maar niemand is er mijns inziens beter in geslaagd dan de onvergelijkelijke René Descartes, aan wiens werk in het geheel niets had kunnen worden toegevoegd, indien dat van die machine, die hij had

* Oud-leraar natuurkunde te Breukelen. E-mail: adcs@xs4all.nl. Webmaster 'Van woorden en wetenschap': https://adcs.home.xs4all.nl. Zie voor deze vertaling ook: https://adcs.home.xs4all.nl/Huygens/varia/hudde-v.html.

DOI 10.18352/studium.10170 | Publisher: Gewina, in cooperation with Huygens ING and Descartes Centre (Utrecht University) www.gewina-studium.nl |

bedacht om glazen volgens een bepaalde figuur te slijpen, in de praktijk even nauwkeurig had kunnen worden nagekomen, als het door hem zo scherpzinnig is bedacht. Maar aangezien de handigheid van de vaklieden zo ver nog niet gekomen is, voorzover ik weet, en het ook onzeker is of ze in onze tijd wel zo ver zal kunnen komen, heb ik geoordeeld dat we hiermee geenszins moeten ophouden, maar ons uit alle macht erop toeleggen te ondernemen, dat wat niet goed ten uitvoer kan worden gebracht door kundige handen, op andere manieren te bewerkstelligen.

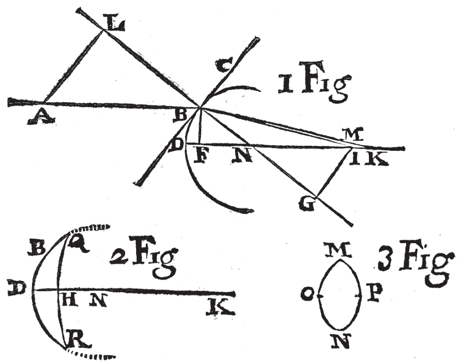
En toen ik onderzocht welke eenvoudigere en makkelijkere manier er gevonden kan worden, waarop ik het werk van vaklieden te hulp kon komen, heb ik geen geschiktere gevonden dan te laten zien, hoe met de eenvoudigste figuren die het makkelijkst te maken zijn vervaardigd kan worden wat met meer samengestelde is gemaakt, zodat er geen merkbaar verschil gevonden wordt tussen de effecten ervan.

Nu zijn er geen eenvoudigere lijnen dan de hyperbool (die de zeergeleerde René Descartes samen met de rechte lijn gebruikt om zijn glazen te vormen) behalve de rechte en de cirkel. Doch de rechte alleen kan ons hierbij niet van nut zijn; maar ik heb bevonden dat de cirkel voor dit nut kan zorgen. Ik heb besloten nu algemeen bekend te maken hoe dit kan worden gedaan, opdat we weldra met volmaaktere telescopen en microscopen dan de tot dusver verkregene kunnen vorderen in de kennis van de natuur, en de vruchten ervan zo spoedig mogelijk leren kennen.

[p. 2]

Het draait in deze zaak hierom, dat we een grote menigte evenwijdige stralen door het glas waarop ze invallen zo laten breken, dat ze daarna naar één en hetzelfde punt gaan. Maar dit punt kan wiskundig of mechanisch worden beschouwd. En hoe zeker het ook is, dat cirkelvormige figuren niet dat vermogen of die eigenschap hebben (zoals wel elliptische of hyperbolische, en oneindig veel andere meer samengestelde) evenwijdige stralen zo te breken, dat ze daarna naar één wiskundig punt gaan, niettemin kan toch een grote menigte ervan zo naar dezelfde plaats worden afgebogen, dat die ruimte waarin ze alle samenkomen te houden is voor een punt in slechts mechanische zin. En een mechanisch punt noem ik, wat in de mechanica niet deelbaar is, of waarvan de delen hier niet het beschouwen waard zijn.

Om dit aan te tonen kan deze volgende tekening worden gemaakt, waarin N het middelpunt is van de cirkel NDB, ND de halve middellijn, BF loodlijn op DN, BC de raaklijn aan de cirkel in B, LBNG een rechte waarop IG en AL loodlijnen zijn, AB evenwijdig aan de rechte DNI.



Als nu AB wordt genomen voor een van de stralen die door de lucht gaan, en in B invallen op een glas van deze cirkelvorm, moet door berekening worden gevonden, ten eerste dat punt op de verlengde middellijn waar naartoe deze straal na te zijn gebroken; en als dat I wordt gesteld, moet de lengte van lijn NI worden gevonden.

Laat om deze te vinden DN = 1 zijn, BF = x, NI = z, AL = y, AB = BI. Verder is nu duidelijk dat de driehoeken ALB, BFN en IGN gelijkvormig zijn, en dat daarom BF, x, dezelfde verhouding heeft tot BN, 1, als AL, y, tot AB of BI, y/x; dus het kwadraat van BI is yy/xx, en als hiervan wordt afgetrokken het kwadraat van

[3]

BF, blijft over het kwadraat van IF als yy/xx − xx, dus IF = √(yy/xx − xx) waarvan afgetrokken FN = √(1 − xx), blijft over NI, z gelijk aan √(yy/xx − xx) − √(1 − xx).

Verder is BN, 1, tot BF, x, zoals NI, z, tot IG, xz. Aangezien dus de verhouding van AL tot IG de gemeenschappelijke brekingsmaat is van alle stralen, zoals blijkt uit het tweede hoofdstuk van de Dioptrique van de bovengenoemde heer Descartes, als bekend is de mate van breking van het glas, kan verder door berekening worden gevonden, naar welk punt van de rechte DNI elke straal die door het glas gaat gericht moet zijn, na te zijn gebroken.

Gesteld dus dat de mate van breking van het glas bekend is, zodat als AL gelijk aan 20 wordt gesteld, GI gelijk is aan 13 van dezelfde delen (zo ongeveer heb ik de mate van breking van glas waargenomen), zoals zich dan 20 tot 13 verhoudt, zo is AL, y, tot GI, xz, dus 20 xz = 13 y, en 20 xz/13 = y, en 400/169 xxzz = yy. Maar gevonden is z = √(yy/xx − xx) − √(1 − xx), dus zal ook gelden z = √(400/169 zz − xx) − √(1 − xx). Om dus te vinden de verlangde lengte NI, die z is genoemd, moet bekend worden genomen BF, die x is genoemd.

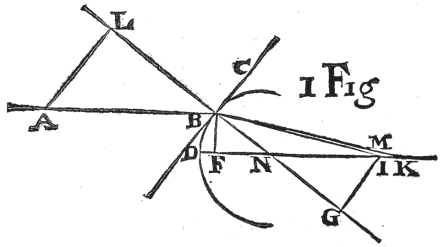
BF		NI				
Als nu gesteld wordt						
x =	0	, dan is z =	$^{429}/_{231}$	en het langst van alle.		[1,857]
x =	$^{3}/_{5}$	, dan is z =	iets	groter dan	$^{1}/_{5}.^{1873}/_{231}$	[1,62]
x =	$^{5}/_{13}$	, dan is z =	iets	groter dan	$^{1}/_{13}.^{5300}/_{231}$	[1,76]
x =	$^{7}/_{25}$	, dan is z =	iets	groter dan	$^{1}/_{25}.^{10447}/_{231}$	[1,81]
x =	$^{9}/_{41}$	, dan is z =	iets	groter dan	$^{1}/_{25}.^{17310}/_{231}$	[1,83]
x =	$^{31}/_{481}$	, dan is z =	iets	groter dan	$^{1}/_{481}.^{206070}/_{231}$	[1,855]
x =	$^{49}/_{1201}$	, dan is z =	iets	groter dan	$^{1}/_{1201}.^{514950}/_{231}$	[1,856]

Zodat alle evenwijdige stralen binnen de hoogte van de loodlijn,

$$
\begin{array}{c}\text{BF}\\ x\text{ gesteld}\end{array}
\left\{\begin{array}{c}
=\dfrac{3}{5}\\[4pt]
=\dfrac{5}{13}\\[4pt]
=\dfrac{7}{25}\\[4pt]
=\dfrac{9}{41}\\[4pt]
=\dfrac{31}{481}\\[4pt]
=\dfrac{49}{1201}
\end{array}\right\}
\begin{array}{l}\text{gaan naar de}\\ \text{middellijn}\\ \text{binnen de}\\ \text{lengte}\end{array}
\left\{\begin{array}{c}
\dfrac{429}{231}-\dfrac{1873}{5/231}=\dfrac{272}{5/231}\\[4pt]
\dfrac{429}{231}-\dfrac{5300}{13/231}=\dfrac{277}{13/231}\\[4pt]
\dfrac{429}{231}-\dfrac{10447}{25/231}=\dfrac{278}{25/231}\\[4pt]
\dfrac{429}{231}-\dfrac{17310}{41/231}=\dfrac{279}{41/231}\\[4pt]
\dfrac{429}{231}-\dfrac{206070}{481/231}=\dfrac{279}{481/231}\\[4pt]
\dfrac{429}{231}-\dfrac{514950}{1201/231}=\dfrac{279}{1201/231}
\end{array}\right\}
\begin{array}{l}\text{welke}\\ \text{lengte}\\ \text{kleiner}\\ \text{is dan}\end{array}
\left\{\begin{array}{c}
\dfrac{1}{4}\\[4pt]
\dfrac{1}{10}\\[4pt]
\dfrac{1}{20}\\[4pt]
\dfrac{1}{33}\\[4pt]
\dfrac{1}{398}\\[4pt]
\dfrac{1}{994}
\end{array}\right\}
$$

Waaruit blijkt dat hoe kleiner x of BF is, des te verder ook punt I van N verwijderd is, dat wil zeggen dat hoe minder een straal is verwijderd van de as, of van de top D, des te verder van de top hij de as snijdt.

Vervolgens, als begrepen wordt dat IDB, om de as DI gewenteld, de vorm van het glas beschrijft, kan ook makkelijk gevonden worden de grootte van het kleinste vlak loodrecht op DK, waarop alle stralen terechtkomen die evenwijdig zijn met DI en ook bevat binnen de cilinder, beschreven door ABF bij wenteling om de as DFN (welk



[4]

vlak hierna genoemd zal worden Focus). Maar aangezien we het niet voor nodig houden de grootte van dit kleinste vlak te weten, om het voorgestelde te bereiken, zal het voldoende zijn als slechts van een ander vlak, dat veel groter is dan dit, en waarop die stralen ook moeten bijeenkomen, de grootte wordt gevonden. Om dit te doen wordt verondersteld dat K dat punt is, dat het verst van N of D is verwijderd, waar een straal naartoe gaat na te zijn gebroken; en laat I het punt zijn waar de buitenste straal van de cilinder, hier met AB aangeduid, naartoe gaat.

Laat vervolgens BK getrokken worden, en IM loodrecht op de as. Dan is duidelijk, dat alle stralen van de genoemde cilinder die cirkel moeten tegenkomen, beschreven door IM bij wenteling om de as DNK, en dat deze cirkel veel groter is, dan dat kleinste vlak, waarop deze stralen bijeenkomen. Zoals nu KF tot FB is, zo is KI tot IM. En daar IM groter uitvalt in het geval dat KI groter wordt gesteld, terwijl BF evenwel dezelfde blijft, volgt hieruit:

KF of KN + NF is tot FB, zoals KI + een andere lijn, tot IM + een andere lijn.

$\frac{429}{231}+\frac{4}{5}$	———	$\frac{3}{5}$	———	$\frac{272}{5/231}$	$\frac{816}{15345}$		$\frac{1}{18}$
$\frac{429}{231}+\frac{12}{13}$	———	$\frac{5}{13}$	———	$\frac{277}{13/231}$	$\frac{1385}{108537}$		$\frac{1}{78}$
$\frac{429}{231}+\frac{24}{25}$	———	$\frac{7}{25}$	———	$\frac{279}{25/231}$	$\frac{1946}{456725}$	die kleiner is dan	$\frac{1}{209}$
$\frac{429}{231}+\frac{40}{41}$	———	$\frac{9}{41}$	———	$\frac{279}{41/231}$	$\frac{2511}{1099989}$		$\frac{1}{438}$
$\frac{429}{231}+\frac{480}{481}$	———	$\frac{31}{481}$	———	$\frac{279}{481/231}$	$\frac{8649}{152587149}$		$\frac{1}{17642}$
$\frac{429}{231}+\frac{1200}{1201}$	———	$\frac{49}{1201}$	———	$\frac{279}{1201/231}$	$\frac{13671}{951707229}$		$\frac{1}{69615}$

Uit het voorgaande is dus duidelijk dat, als gesteld wordt dat het glas die figuur heeft die KDB beschrijft bij rondwentelen om de as DI, en als de halve middellijn ND van de cirkel gelijk is aan de eenheid, dat dan (zeg ik) alle stralen bevat in de cilinder die ontstaat door ronddraaien van lijn AB om as DK, met de halve middellijn van de basis gelijk aan FB, bijeen zullen komen op de verlengde as DK, namelijk:

$$\begin{array}{l}\text{wanneer}\\ \text{FB gelijk}\\ \text{wordt}\\ \text{genomen}\\ \text{aan}\end{array} \left\{\begin{array}{c} \frac{3}{5} \\ \frac{5}{13} \\ \frac{7}{25} \\ \frac{9}{41} \\ \frac{31}{481} \\ \frac{49}{1201} \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{binnen}\\ \text{een}\\ \text{lengte}\\ \text{kleiner}\\ \text{dan}\end{array} \left\{\begin{array}{c} \frac{1}{4} \\ \frac{1}{10} \\ \frac{1}{20} \\ \frac{1}{33} \\ \frac{1}{398} \\ \frac{1}{994} \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{en de}\\ \text{halve mid-}\\ \text{dellijn}\\ \text{van het}\\ \text{focus zal}\\ \text{kleiner}\\ \text{zijn dan}\end{array} \left\{\begin{array}{c} \frac{1}{18} \\ \frac{1}{78} \\ \frac{1}{209} \\ \frac{1}{438} \\ \frac{1}{17642} \\ \frac{1}{69615} \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{van de}\\ \text{halve}\\ \text{middel-}\\ \text{lijn ND.}\end{array}$$

Ook blijkt dat, als bij glazen waarvan de halve middellijn gelijk is aan 1/4 duim, een opening wordt genomen gelijk aan 7/25 van een vierde duim, dat is 14/25 van de middellijn van de basis van de genoemde stralencilinder (welke lengte groter is dan de helft van de halve middellijn van cirkel NDB, waarvan het glas zijn vorm heeft gekregen), dat dan de halve middellijn van het focus kleiner zal zijn dan 1/209 van een vierde duim. Waardoor vaststaat dat het focus zelf te houden is voor een slechts mechanisch punt.

En als bij een cirkel waarvan de halve middellijn 12 voet is, de genoemde FB gelijk wordt genomen aan 49/1201 van de halve middellijn, dat is ten opzichte van de middellijn

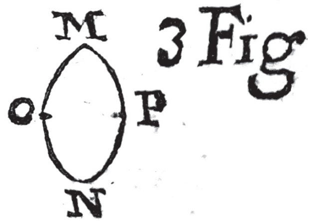
[5]

van de opening van het glas, of de basis van de cilinder, groter dan 11 1/4 duim, dat dan deze stralencilinder een focus zal vormen, waarvan de halve middellijn kleiner is dan 1/69615 van twaalf voet, dat is kleiner dan 1/483 duim. Waaruit ook volgt, dat dit focus voor een mechanisch punt is te houden.

Verder vindt dit niet alleen plaats bij het focus zelf, maar ook bij die lengte op de as waarbinnen deze stralen terechtkomen. Evenals het focus kan namelijk die lengte zo klein gemaakt worden, terwijl toch een voldoend grote opening voor stralendoorgang behouden blijft, dat ze ook voor een mechanisch punt is te houden.

Want als we b.v. een van de kleinste glazen nemen, met de vorm van een cirkel, waarvan de halve middellijn gelijk is aan 1/8 duim, en met FB gelijk aan 5/13 van een achtste duim, zal de middellijn van de opening zijn 10/13 van die ND, halve middellijn van de cirkel van het glas, en zullen de stralen op die as bijeenkomen binnen een lengte van 1/10 van een achtste duim. Maar als we deze lengte niet willen toelaten voor een mechanisch punt, kan FB kleiner worden genomen, b.v. gelijk aan 9/41, dan zal de middellijn van de opening groter zijn dan 3/7 van de genoemde ND, en dan zullen de stralen op de as bijeenkomen binnen een lengte van 1/33 van een achtste duim.

Op dezelfde manier, als een glas wordt genomen waarvan het buitenoppervlak de vorm van een cirkel heeft, met de halve middellijn als tevoren, 12 voet, zal daarmee een telescoop kunnen worden gemaakt van een zodanige grootte, dat tot nu toe misschien niemand een grotere heeft gemaakt, en die voortaan met vrucht gemaakt zal kunnen worden (want zoals later gezegd zal worden, het focus hiervan zal meer dan 34 [24] voet verwijderd zijn van het buitenoppervlak van het glas). En laat de middellijn van de opening gelijk zijn aan 11 1/4 duim, dan zullen alle stralen op de as terechtkomen binnen de lengte van een lijntje, dat kleiner is dan 1/994 van 12 voet, dat is 144/994 duim; welke lengte ten opzichte van een zo grote cirkel misschien niet het beschouwen waard geacht zal worden, vooral als onder andere ook wordt overwogen dat de middellijn van het focus ervan dan kleiner zal zijn dan 1/241 duim.

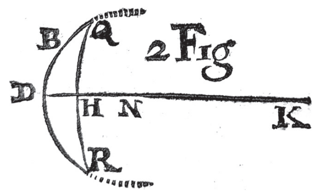


Maar vermeld moet worden dat deze cirkelsegmenten, die we voor de stralendoorgang onbedekt laten, veel groter zijn dan die, welke tot dusver in gebruik zijn geweest, en dat ze vaak veel kleiner genomen kunnen en moeten worden; als dit gedaan wordt volgt, dat de stralen dan binnen een veel kleinere lengte van de as, en in een kleiner focus, zullen bijeenkomen; want hoe kleiner BF is, binnen een des te kleinere lengte ook zullen de op de as vallende stralen bijeenkomen, en des te kleiner is het focus.

Op dezelfde manier als ik dit heb laten zien voor glazen van de grootste en van de kleinste soort, kan het ook gemakkelijk worden getoond voor alle tussenliggende andere. Zodat ik meen dat voldoende bewezen is, dat een deel van een cirkel de aan de as evenwijdige stralen die daarop invallen vanuit de lucht, door breking zo kan verzamelen, dat het focus, en dat lijntje op de as waar ze terechtkomen, voor een mechanisch punt te houden zijn; en dat dit cirkeldeel voldoende groot is om er brillenglazen ten dienste van ouderen en van jongeren, Telescopen en Microscopen van te kunnen vormen.

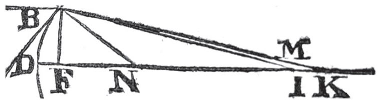
Tot dusver is dus getoond dat de genoemde evenwijdige stralen die uit de lucht op het glasoppervlak vallen en er doorheen gaan, zo moeten worden gebroken dat ze daarna alle naar één mechanisch punt gaan, of ook, als het glas voldoende

[6]



dikte zou hebben, daarin bijeenkomen. Maar aangezien een glas van een zo grote dikte of nauwelijks verkregen kan worden, of ons niet van nut kan zijn, zal uit het genoemde punt als middelpunt een cirkel getrokken moeten worden, die de eerste cirkel snijdt; zoals te zien is in de tweede figuur, waarin vanuit K, zogezegd vanuit het focus, de cirkel KHQR is getrokken. En deze [halve] middellijn KH kan willekeurig groter of kleiner worden genomen, naargelang het glas dikker of dunner wordt gewenst, alleen met deze inachtneming, dat hij niet groter wordt genomen dan DK is.

Wiskundig gesproken is het wel waar dat deze stralen door deze cirkel iets meer moeten worden verspreid, daar ze tevoren niet naar één Wiskundig punt gericht waren; maar deze verspreiding is niet van zo groot belang dat het focus of kleinste vlak waarnaar ze, uit het glas gekomen en door de lucht gaande, daarna gericht zijn en waar ze bijeenkomen, niet voor een mechanisch punt is te houden, zoals met een dergelijke berekening, of ook mechanisch, gemakkelijk kan vaststaan.



Maar aangezien het hierboven gevonden vlak, waarvan de halve middellijn is IM, onbepaald is, en dichter bij N komt of meer ervan verwijderd is, naargelang de opening, of BF, groter of kleiner wordt genomen, zullen we in plaats ervan een bepaald vlak zoeken. Laten we ons voorstellen dat vanuit K een loodlijn is opgericht, die door de verlengde BI wordt ontmoet in O, dan zal IF tot FB zijn zoals IK tot KO, en KO wordt gevonden:

als FB = $^{3}/_{5}$,	kleiner dan $^{1}/_{17}$
als FB = $^{5}/_{13}$,	kleiner dan $^{1}/_{75}$
als FB = $^{7}/_{25}$,	kleiner dan $^{1}/_{205}$
als FB = $^{9}/_{41}$,	kleiner dan $^{1}/_{433}$
als FB = $^{31}/_{481}$,	kleiner dan $^{1}/_{17625}$
als FB = $^{49}/_{1201}$,	kleiner dan $^{1}/_{69590}$

Dus het verschil dat er is tussen deze KO en de halve middellijn IM van het vorige vlak, is zo klein dat het niet het beschouwen waard is, en de conclusie die daaruit is getrokken verandert niet. En aangezien NK hierboven gelijk aan $^{429}/_{231}$ gevonden is, wat 1 $^{6}/_{7}$ is, zal KD gelijk zijn aan 2 $^{6}/_{7}$. Als nu dit vlak in de praktijk wordt beschouwd als het focus, is duidelijk welke verhouding deze cirkels tot elkaar hebben; namelijk wanneer ND = 1, dat dan KH kleiner moet zijn dan 2 $^{6}/_{7}$.

De vorm van het glas moet dus worden opgevat als dezelfde, die HQBD zou beschrijven bij wenteling om de as DH. En vermeldenswaard is dat het niet nodig is, nadat het ene oppervlak van het glas is geslepen, b.v. het bolle RDB, dat om het andere te slijpen het middelpunt K op de as DNK blijft, zoals er nauwkeurig op moet worden gelet als RDB een ellips zou zijn, of een hyperbool, opdat een vlak dit zou snijden onder rechte hoeken met de as. Maar er moet slechts voor gezorgd worden dat de grootste dikte van het glas, gemeten langs een loodlijn die valt op het bolle en holle oppervlak, gelijk is aan DH.

Verder kan de grootte van alle cirkelsegmenten, voor zover ze de evenwijdige stralen in één mechanisch punt verzamelen, gemakkelijk worden gevonden, hetzij met de bovenstaande berekening, hetzij proefondervindelijk.

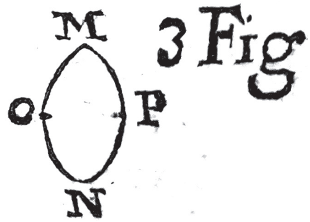
En aangezien deze cirkelsegmenten zozeer overeenkomen met de Ellips, die ook de aan de as evenwijdige stralen door breking naar één punt samenknijpt, heb ik het geenszins noodzakelijk geacht hier bij te voegen, hoe we met slechts een enkel glas, en met een samenstelling van twee of meer, stralen die uit één punt komen, of die evenwijdig zijn, kunnen afbuigen met alle soorten Lenzen die ons ten dienste staan; daar dit in de *Dioptrique*

[7]

van de genoemde heer Descartes bij elliptische figuren of al is getoond, of heel makkelijk afgeleid kan worden uit wat daar staat.

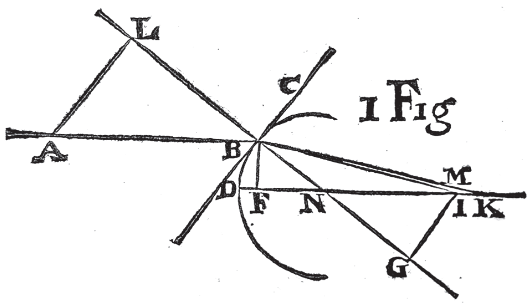
Bovendien zou het overbodig zijn te beschrijven welke vormen nodig zijn voor brillenglazen zowel ten dienste van ouderen als van bijzienden, voor Microscopen bestaande uit slechts één glas of uit meer glazen, en voor Telescopen; aangezien het voldoende bekend moet zijn aan degenen die weten, hoe de genoemde heer Descartes de hyperbool gebruikt om ze te maken. Naar zijn *Dioptrique* verwijs ik dus, waarin van dit alles heel stevige fundamenten gelegd zijn.

Weliswaar zijn Telescopen en Microscopen in genoemde *Dioptrique* niet uit meer dan twee glazen lenzen samengesteld, terwijl we voor hetzelfde effect soms drie cirkelvormige lenzen nodig hebben, en we sommige ook kunnen samenstellen met meer. Maar aangezien ook hier geen moeilijkheid kan overblijven voor wie goed begrijpt, hoe ze met twee zijn samen te stellen, hebben we het overbodig geacht iets hierover toe te voegen, en dit des te meer, omdat altijd het kleinste aantal glazen gekozen moet worden, wanneer hetzelfde effect ermee kan worden verkregen.



Slechts een enkel woord zal ik hieraan nog toevoegen over die cirkelvormige glazen, die aan beide kanten bol zijn, een voorbeeld waarvan in de derde figuur wordt gegeven met MONP, waarbij O het middelpunt is van waaruit MPN is getrokken, en P dat van NOM, terwijl de halve middellijnen gelijk zijn. Namelijk dat in dergelijke glazen namelijk het focus van cirkelsegmenten die voldoende groot zijn, zeer klein is, en minder ver verwijderd van het glas zelf, dan bij het glas HRDBQ van de tweede figuur, als we stellen dat de middellijn OP gelijk is aan de middellijn ND. Zodat dit glas, met de grootte van deze figuur, een focus zal hebben dat ongeveer de breedte van een kafje verwijderd is van het dichtstbijzijnde oppervlak. En het is ook niet moeilijk te vinden, in dit glas en dergelijke andere, met een dergelijke berekening als ik hierboven heb gebruikt. Waaruit volgt dat, hetzij alleen met deze glazen op zichzelf, hetzij samengesteld met de vorige, Microscopen kunnen worden gemaakt, met behulp waarvan objecten in verhouding tot hun lengte ongelooflijk groot moeten verschijnen; ze zullen zelfs ook met één zo'n glas zeer groot en duidelijk verschijnen.

Ook moet hier niet worden voorbijgegaan aan de berekening van het bijeenkomen van stralen evenwijdig aan de as KD (zie *fig. 1*), gesteld dat ze op die manier door het glas gaan, totdat ze de omtrek DB hebben bereikt waar ze worden gebroken als ze door het oppervlak aan de lucht gaan, en dat ze dan komen op de as KD, doorgetrokken in de richting van A. Want hoewel deze stralencilinder niet wordt verenigd op een zo klein lijntje van de as en niet een zo klein focus maakt als



[Stippellijnen toegevoegd]

[8]

hierboven, niettemin zullen deze lijntjes toch althans in veel gevallen zo klein kunnen worden gemaakt (en tegelijk bruikbaar worden), dat ze voor een mechanisch punt zijn te houden. Want:

$$\begin{array}{l}\text{met FB}\\ \text{gelijk}\\ \text{gesteld}\\ \text{aan}\end{array} \left\{ \begin{array}{c} \frac{7}{25} \\[4pt] \frac{9}{41} \\[4pt] \frac{31}{481} \\[4pt] \frac{49}{1201} \\[4pt] \frac{81}{3281} \end{array} \right\} \begin{array}{l}\text{zal het}\\ \text{lijntje}\\ \text{op de as}\\ \text{kleiner}\\ \text{zijn dan}\end{array} \left\{ \begin{array}{c} \frac{2}{11} \\[4pt] \frac{1}{9} \\[4pt] \frac{1}{109} \\[4pt] \frac{1}{273} \\[4pt] \frac{1}{745} \end{array} \right\} \begin{array}{l}\text{en de}\\ \text{halve}\\ \text{middellijn}\\ \text{van het}\\ \text{focus klei-}\\ \text{ner dan}\end{array} \left\{ \begin{array}{c} \frac{1}{37} \\[4pt] \frac{1}{79} \\[4pt] \frac{1}{3151} \\[4pt] \frac{1}{12435} \\[4pt] \frac{1}{56125} \end{array} \right\} \begin{array}{l}\text{van de}\\ \text{halve}\\ \text{middellijn}\\ \text{ND.}\end{array}$$

Dit kan op dezelfde manier als boven door berekening worden gevonden.

Opnieuw blijkt ook uit deze berekening dat de straal die het verst verwijderd is van de top D, op een gelijke afstand van D valt, als K van N is, dat wil zeggen (als ND gelijkgesteld is aan 1) op de afstand 1 6/7[1]); en dat hoe kleiner BF wordt genomen, des te kleiner ook het lijntje van de as moet zijn waarop de stralen worden verzameld, en des te kleiner het focus dat gemaakt wordt; als dus BF zo klein wordt genomen, dat die voor mechanisch punt te houden zijn, en als gesteld wordt dat het glas die figuur heeft die FDB beschrijft bij wenteling om as DF, is duidelijk dat zo'n glas kan worden beschouwd even goed te zijn, als wanneer het een hyperbolische figuur gesneden met een vlak zou hebben, en dat met behulp ervan Lenzen van allerlei soort kunnen worden gemaakt op die manier, waarop het door de heer Descartes met behulp van hyperbolische glazen is gedaan.

Tenslotte moet ook worden opgemerkt, dat er geen figuren zijn die makkelijker zijn te slijpen dan deze, daar ze bestaan uit een cirkelvormige en een vlakke figuur die geen verband met elkaar hebben, want het is niet nodig dat het vlak loodrecht staat op de as DN, en er behoeft niet te worden gelet op de dikte van het glas.

Gemakkelijk zou ik bovendien hiermee de figuren en manieren van samenstelling van de glazen kunnen verklaren, zowel van telescopen als van microscopen, waarvan ik tot dusver heb waargenomen dat ze een uitstekend effect hebben gehad; en ook, hoe deze glazen, aan beide kanten bol, kunnen worden samengesteld, hetzij met elkaar, hetzij met andere die hier zijn beschreven; maar ik heb dit liever willen overlaten aan mensen die dit vak beoefenen, opdat ze in het praktiseren ervan door het genoegen dat ze van hun eigen vondsten zullen ondervinden, des te meer worden aangezet dit zo nuttige en voldoening gevende vak uit te breiden.

Afgegeven 25 april van het jaar 1656.

1 Het gaat om de straal met FB = ND (hoek van inval 90°). Met Huddes brekingsindex van 20/13 (zie p. 3) vinden we dat deze straal valt op afstand 1,855 van D af (1 $^{6}/_{7}$ = 1,857).