

Optische en optometrische
instrumenten
3^o jaar SCTOW
schooljaar 1979-80

DE ASTRONOMISCHE
KIJKER

Chris DE PAUW

Inleiding

Het afleveren van optische hulpmiddelen ter verbetering van het gezicht (bril en contactlens) is zeker en vast de belangrijkste bezigheid van de opticien en de opticien-optometrist. Toch worden in een optiekzaak ook nog andere optische hulpmiddelen verkocht. Prismakijkers en sterrekijkers nemen hierbij een belangrijke plaats in.

Prismakijkers en andere binoculairs zijn bijzonder geschikt voor aardse waarnemingen. Grote vergrotingen zijn niet direct noodzakelijk, en een rechtopstaand beeld wordt verkregen. De astronomische kijker is meer geschikt voor het waarnemen van hemellichamen. Grote vergrotingen zijn mogelijk, en er wordt een omgekeerd beeld verkregen.

In deze korte bespreking zal ik enkele BELANGRIJKE ELEMENTEN van de sterrekijker belichten. De bedoeling is een BASISKENNIS te bezitten om de kandidaat -koper van een astronomische kijker voldoende te kunnen inlichten bij aankoop. Natuurlijk behoeft men geen specialist te zijn in astronomische instrumenten. De geïnteresseerden kunnen daarvoor ruimschoots terecht in technische literatuur en hobbyverenigingen. Anderzijds zal een praktische deskundigheid goed overkomen bij het publiek en de verkoop van deze dikwijls zeer fraaie toestellen waarschijnlijk bevorderen.

I. DE KIJKER

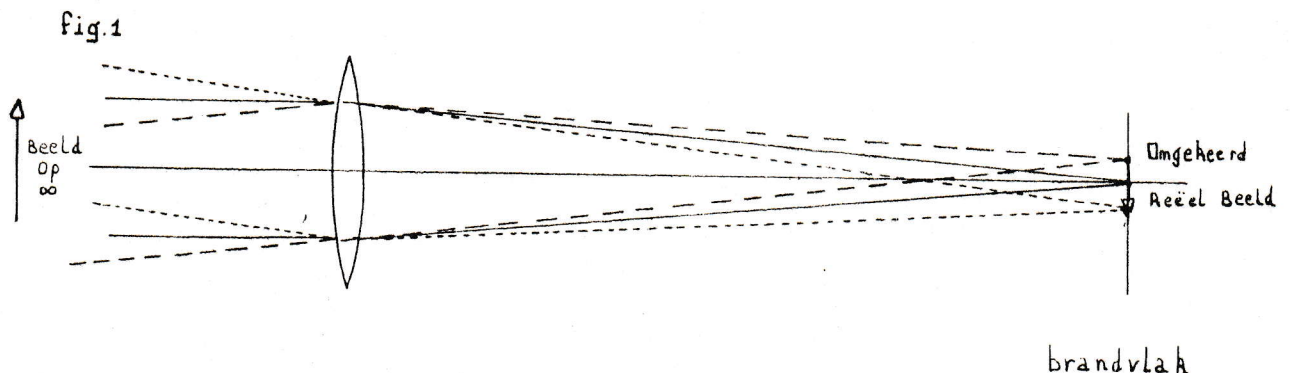
Met behulp van een kijker is het mogelijk verafgelegen voorwerpen te vergroten zodat meer details worden gezien. Bovendien kunnen ook lichtzwakke objecten waargenomen worden. De telescoop is dus een hulpmiddel dat de visuele mogelijkheden van het blote oog aanzienlijk kan uitbreiden.

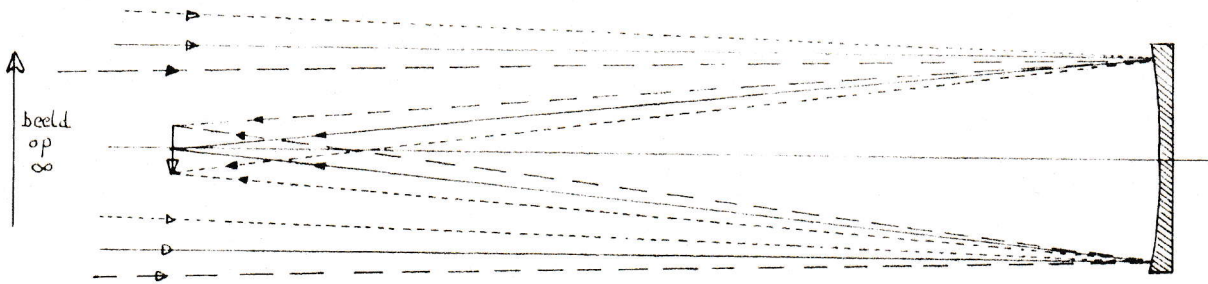
In essentie is er geen verschil tussen astronomische en aardse kijkers. Bij aardse kijkers zal alleen gezorgd worden voor een rechtopstaand beeld, dit met behulp van omkeringsstelsels.

Hoe is het mogelijk om verafgelegen voorwerpen "dichterbij te brengen"? Wat is hier het optisch principe? Het is een vrij eenvoudig optisch stelsel bestaande uit twee belangrijke delen: het objectief en het oculair.

(1) Het Objectief

De functie van het objectief is het bundelen van het invallend licht en het vormen van een beeld in het brandvlak (fig.1). Dit objectief dat evenwijdige stralen doet convergeren naar een brandpunt kan een lens zijn of een concave spiegel. We kunnen de astronomische kijkers dus indelen in lenzen- en spiegelkijkers.



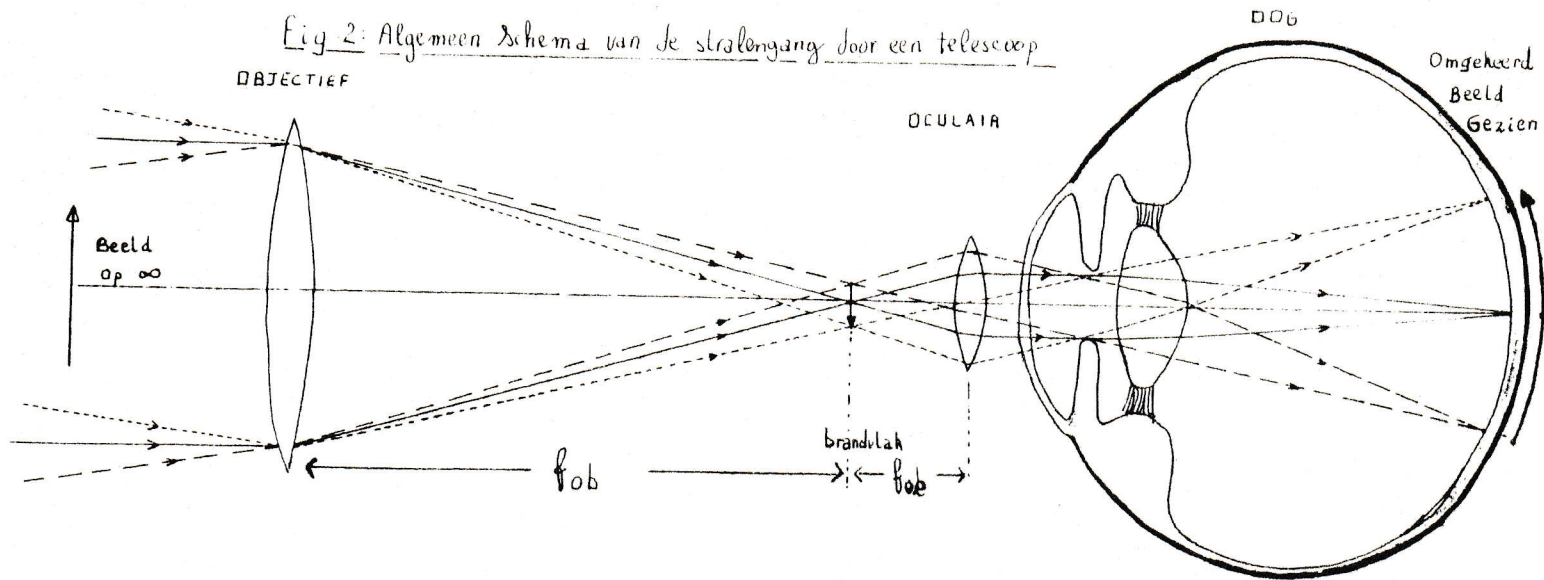


Uit de getekende stralengang is het duidelijk dat van het voorwerp op oneindig een beeld wordt gevormd in het brandvlak van het objectief. De afstand objectief - brandvlak is de brandpuntsafstand van het objectief. Bij voorwerpen dichterbij dan oneindig, bvb 20m, zullen de stralen divergerend invallen en zal het beeld op een iets grotere afstand van het objectief gevormd worden. Het is zonder meer duidelijk dat een objectief met een doormeter van bvb 10cm meer licht zal verzamelen dan het menselijk oog met een pupilopening van slechts 1,5 tot 9 mm. Lichtzwakke voorwerpen, onzichtbaar voor het blote oog zullen dus vaak met telescoop nog kunnen waargenomen worden.

(2) Het Oculair

Het omgekeerde reële beeld dat in het brandvlak van het objectief wordt gevormd zal met behulp van een convergerend lenzenstelsel bekeken worden. Men plaatst dit stelsel zodanig dat zijn brandpunt samenvalt met het brandpunt van het objectief. De divergerende stralen vanuit een beeldpunt worden door een positief lenzenstelsel dus vrijwel evenwijdig gericht. Het oog van de waarnemer kan aldus deze stralen breken en een scherp beeld vormen op de retina. (fig2)

Fig. 2: Algemeen Schema van de stralengang door een telescoop

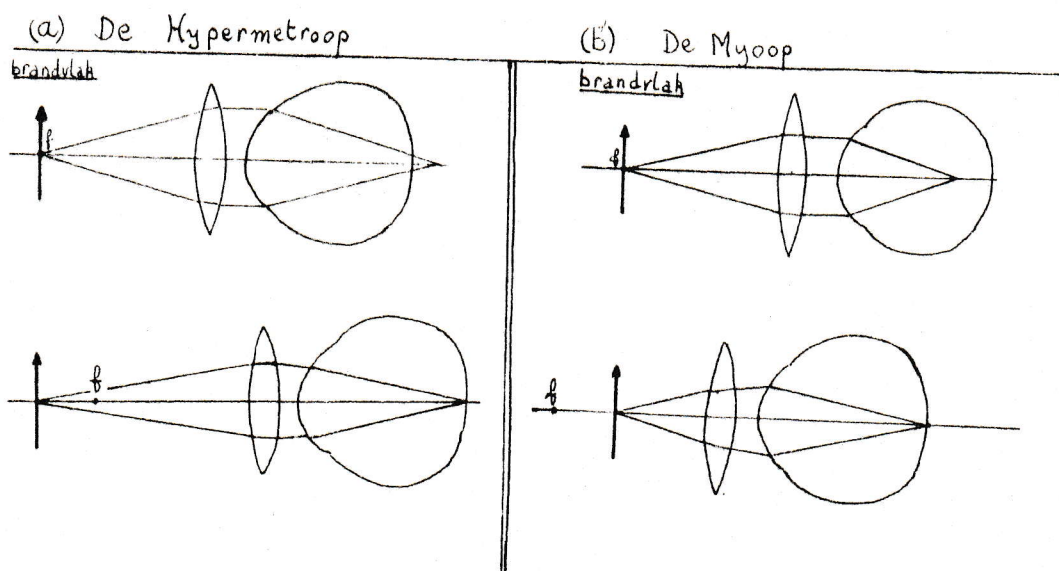


Scherpstellen

1. Naarmate we een voorwerp op oneindig of dichterbij bekijken zullen de invallende stralen vanuit een punt van dit voorwerp evenwijdig of divergerend op het objectief komen. Het gevolg is een verschuiving van het brandpuntsvlak verder van het objectief. We passen dit aan door het oculair naar achter te schuiven.
2. Net zo kan de ametropie van de waarnemer gecorrigeerd worden. Wanneer we het oculair naar achter verplaatsen, zullen de uittredende stralen convergeren. De hypermetroop kan aldus het beeld scherp zien. (a) Wanneer we het oculair naar voor schuiven zullen de uittredende stralen divergeren en dus ook door de myoop kan een scherp beeld worden gezien.

(b)

Fig. 3:



(3) Historiek.

Het boven beschreven optisch systeem is het telescoopsysteem van Kepler. De eerste kijkers waren echter Galileï kijkers. Het objectief was dan eveneens een biconvexe lens, doch het oculair was een concave lens. Het resultaat was een rechtopstaand beeld. Nadelig is echter de slechte beeldkwaliteit en de slechts geringe vergroting. Nu gebruikt men dit systeem in toneel- en speelgoedkijkertjes. (fig4)

(4) De Vergroting.

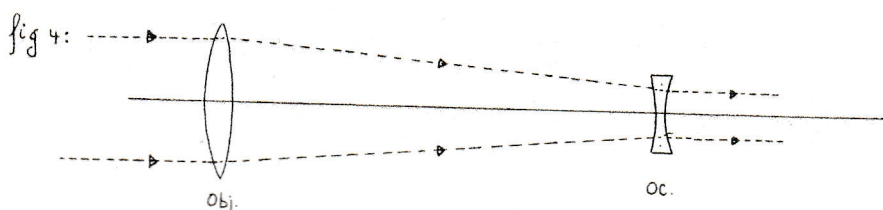
De vergroting kunnen we gelijkstellen aan de verhouding $\delta_{ob} : \delta_{oc}$. Dus hoe groter de brandpuntsafstand van het objectief, en hoe kleiner de brandpuntsafstand van het oculair, hoe groter de vergroting. Vb. van een veel verkochte telescoop:

$$\varnothing 60\text{mm} \quad \delta_{ob} = 900\text{mm} \quad \delta_{oc1} = 22,5\text{mm} \quad (\text{dus vergroting } 40\times)$$

$$\delta_{oc2} = 9\text{mm} \quad (\text{dus vergroting } 100\times)$$

$$\delta_{oc3} = 4\text{mm} \quad (\text{dus vergroting } 225\times)$$

De beginnende amateur-astronoom, kijkerbezitter denkt dikwijls dat een zo groot mogelijke vergroting ideaal is. De ervaring leert echter spoedig dat voor de meeste waarnemingen een sterke vergroting niet wenselijk is. Nadelen zijn: een klein gezichtsveld, een geringe helderheid, trillen van het beeld (statief), de zichtbare atmosferische storingen, en tenslotte het tot uiting komen van de geringste optische fouten van het objectief. Bovendien is het zo dat een grotere vergroting het oplossend vermogen van de telescoop niet verhoogt. Dit oplossend vermogen, of vermogen om details te zien is immers afhankelijk van de objectiefdiameter.



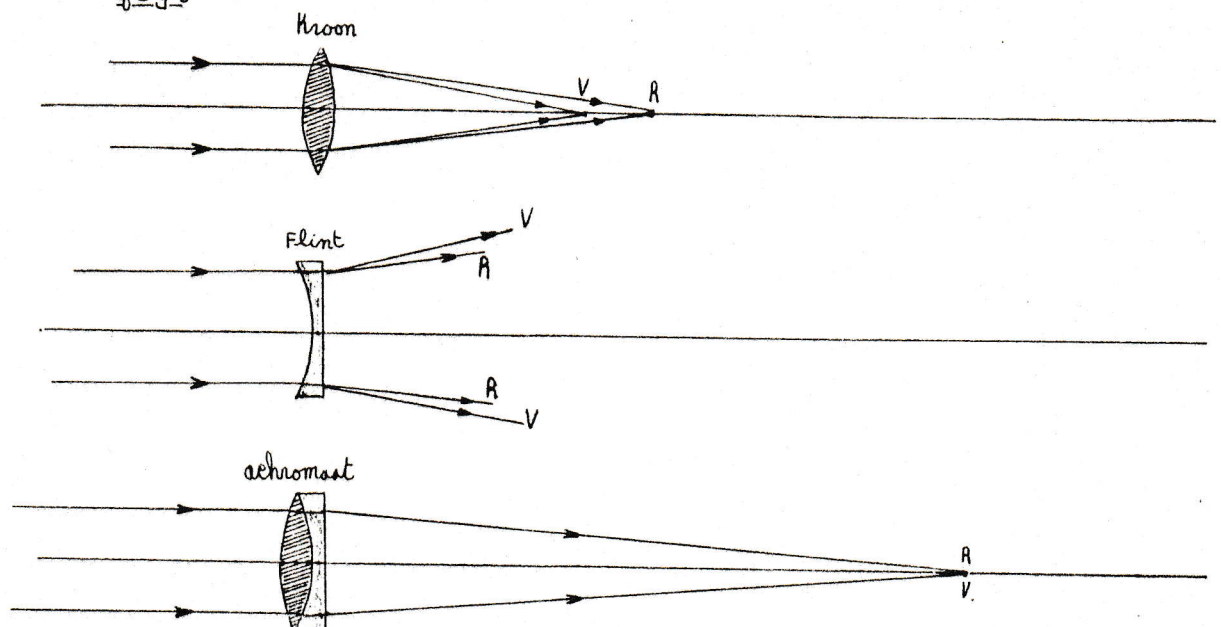
(5) Technologie

Het achromatisch objectief

Bij een gewone biconvexe lens gemaakt uit kroonglas heeft rood, groen, en violet licht een verschillend brandpunt. Het gevolg van dit verschijnsel (chrom. aberratie) is kleurenschifting in het bekomen beeld. Een telescoopobjectief zal vrijwel steeds achromatisch gemaakt zijn. Rood, groen, en violet krijgen aldus eenzelfde brandpunt.

Het principe van het achromatisch objectief is vrij eenvoudig. (fig5) Een biconvexe lens uit kroonglas van bvb. +4 Dioptrie wordt gecombineerd met een planconcave lens uit flintglas, van bvb. -2 D. Het resultaat is een achromatische lens van +2 D. Immers: beide glassoorten hebben een verschillend dispersievermogen. De brandpunten van rood en groen liggen verder uit elkaar bij gebruik van flintglas dan bij het aanwenden van kroonglas. Het planconcave flintglas brengt beide brandpunten van het convexe kroonglas terug op elkaar.

fig5



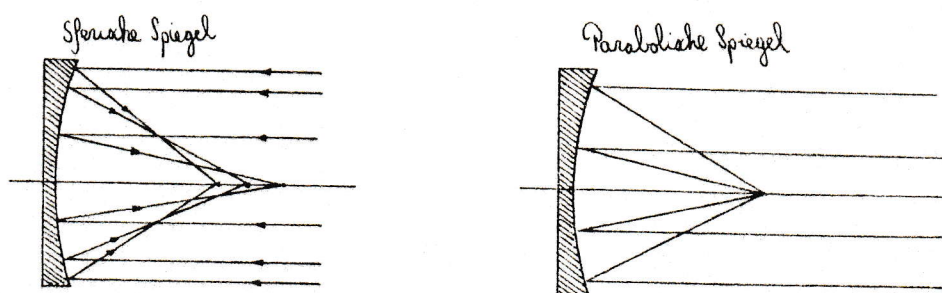
De parabolische spiegel

Bij de concave spiegels is de chromatische aberratie afwezig. De spiegeltelescoop is dus van zichzelf achromatisch. De reflecterende aluminium-of zilverlaag zal de spiegel bedekken zonder een glaslaagje bovenop. Dubbele reflectie en kleurenschifting zoals bij gewone spiegels is hier dus uitgesloten. Het reflectielaagje wordt wel vlug beschadigd. Deze laag moet dus soms wel eens vernieuwd worden. Sommige spiegels hebben bovenop nog een beschermend kwartslaagje.

Met spiegels kunnen de diameters van de telescoopobjectieven veel groter gemaakt worden. De grootste telescoop ter wereld is een spiegeltelescoop. ($\varnothing$ 6m in Kaukassus USSR) Het glas moet immers niet volledig optisch zuiver zijn. Een spiegel kan ook over een veel groter oppervlak ondersteund worden dan een lens. (Grootste lens-telescoop $\varnothing$ 102cm Yerkes, USA)

Een typisch probleem van de spiegelkijker is de sferische aberratie. Bij een sferische concave spiegel hebben de randstralen een brandpunt dicht bij de spiegel gelegen dan het brandpunt van de centrale stralen. De oplossing is de spiegel niet sferisch doch parabolisch van vorm maken. De sferische aberratie blijft aldus binnen zekere toleranties. (fig 6) Vooral bij grote diameters en relatief korte brandpuntsafstanden is dit belangrijk. Enkel bij de technologisch vergevorderde Schmidt-telescoop wordt de sferische aberratie door een correctieplaat verbeterd.

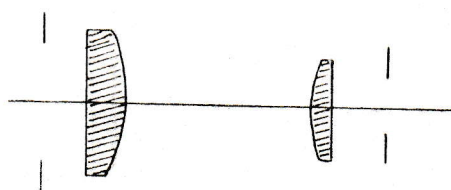
fig 6



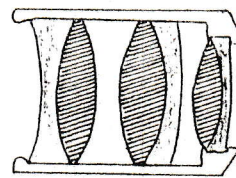
Het oculair

Van dit positief lenzenstelsel zijn veel verschillende types in de handel. Het meest gebruikte oculair voor de astronomische kijker is het Ramsden-oculair. Het zijn 2 planconvexe lensjes, de bolle zijde naar elkaar toe gekeerd. Ingewikkelder zijn de achromatische en de groothoek-oculairen. Dikwijls zijn het dure combinaties met 5 tot 6 lenzen. (fig 7)

fig 7



RAMSDEN-OCULAIR



GROOTHOEKOOCULAIR

De Coating

De meeste moderne kijkers hebben een ontspiegelingslaag op alle optische oppervlakken. Een vermindering van het lichtverlies is het gevolg. Het lichtverlies bij een niet gecoate prismakijker is 35%. Bij een gecoat exemplaar is het slechts 10%. Belangrijker echter is het feit dat door ontspiegeling ook valse reflecties worden vermeden. Met gecoate optiek bekommt men aldus contrastrijker beelden.

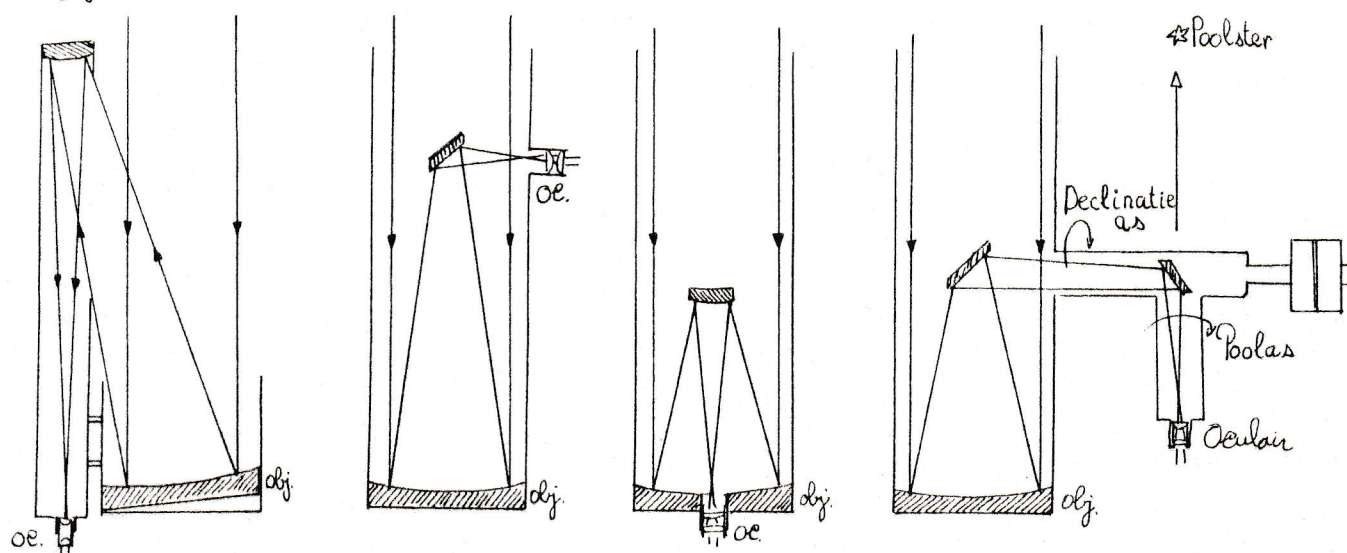
Telescooptypes

Bij de spiegelkijkers vinden we een grote verscheidenheid van systemen. Het principe is steeds hetzelfde, alleen de plaats van het primair brandvlak en van het oculair is bij elk type verschillend.

Secundaire spiegels zorgen steeds voor de richtingsverandering van de stralengang. Van al deze types is de newton-telescoop het meest verspreid onder amateurs. De tekeningen in fig 8 zullen wellicht voldoende duidelijk de meest voorkomende systemen weergeven.

Bij de zeer grote kijkers zijn meestal meerdere brandpunten voorzien.

fig 8

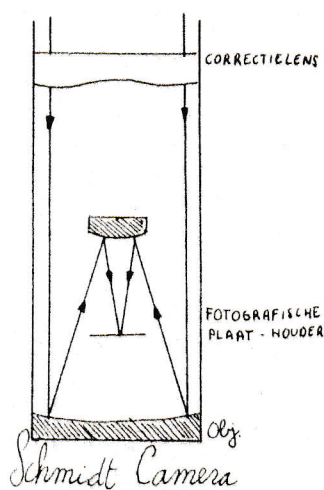


Kutter telescoop

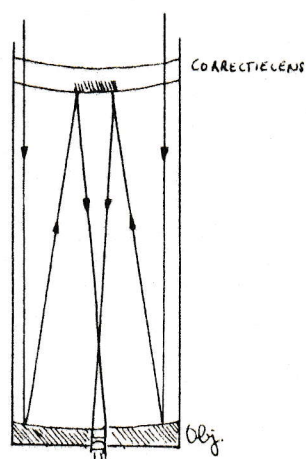
Newton telescoop

Cassegrain telescoop

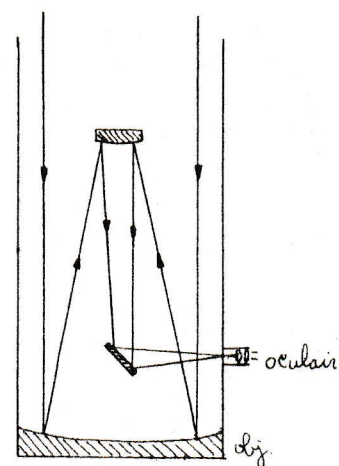
Coude telescoop



Schmidt Camera



Maksutov telescoop



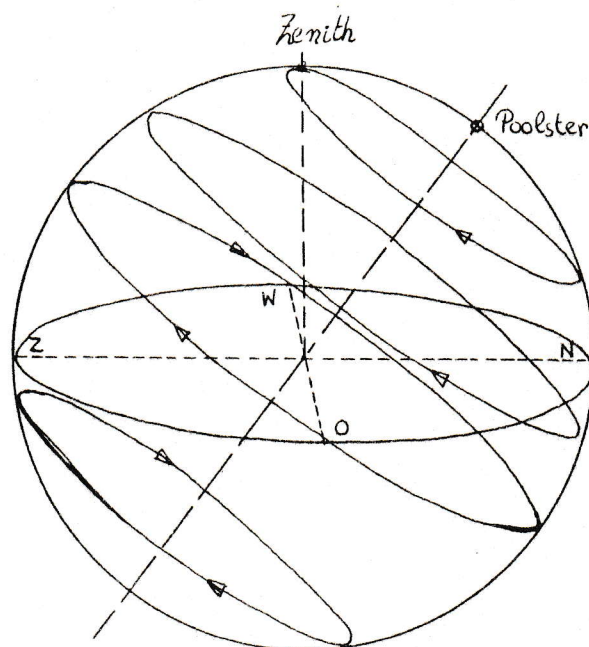
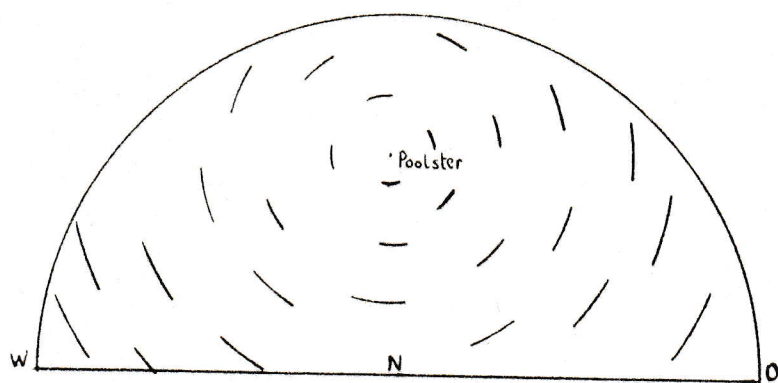
Newton-Cassegrain Telescoop

II. TELESCOOPOPSTELLINGEN

1. Kleine telescopen staan dikwijls gewoon op een statief, draaiend om een vertikale en een horizontale as. Dit is de Altazimutale opstelling. De telescoop is dan instelbaar in de hoogte (=altitude) en in de compasrichting (azimut).

2. Als gevolg van de aardrotatie maken de hemellichamen (zon, maan, sterren...) een dagelijkse beweging over de hemel. Bvb. de zon komt 'smorgens op in het oosten, stijgt en draait over het zuiden, om 'savonds in het westen onder te gaan. Alleen de poolster die toevallig in het verlengde staat van de (denkbeeldige) aardas zal zich aan de hemel niet bewegen. Wanneer we de beweging van de hele sterrenhemel tekenen zoals gezien door een fototoestel dat met een belichtingstijd van 10min naar de poolster is gericht zien we volgend beeld:

fig 9

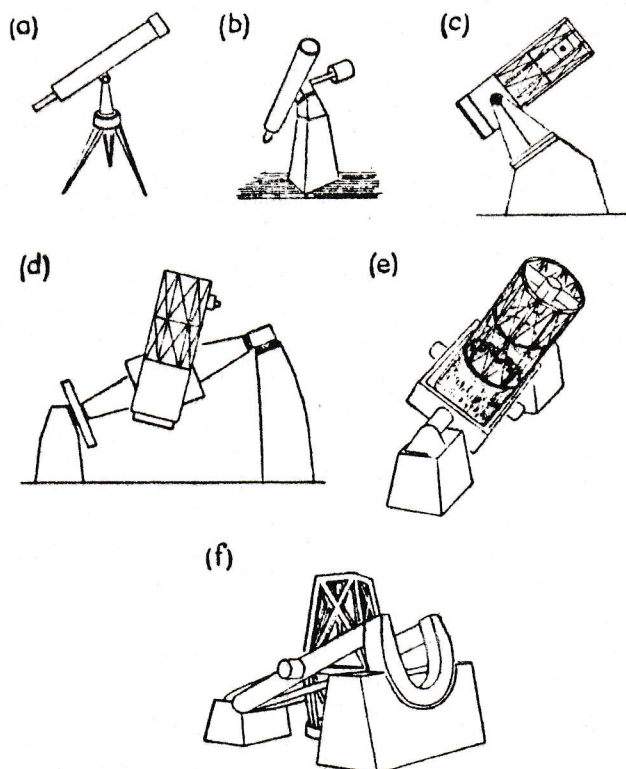


Om op een gemakkelijke wijze deze sterren te volgen kan men één van beide telescoopassen naar de poolster richten. We noemen deze as de poolas. Eenmaal dat het waar te nemen hemellichaam gecentreerd is in het oculair, hoeft de waarnemer enkel de poolas nog te verdraaien om het in het beeld te houden. Deze opstelling wordt paralactische opstelling genoemd.

De andere as van de telescoopopstelling is dan de declinatieas. Mechanisch kan deze opstelling op vele verschillende manieren geconstrueerd worden.

De gekozen constructie is meestal in overeenstemming met het gewicht van de telescoop, en met de doelstelling ervan.

fig 10.



III ALGEMENE RICHTLIJNEN IN VERBAND MET TELESCOPEN

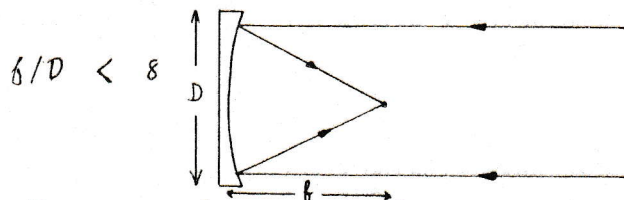
(1) Wat zijn de kwaliteiten van mijn telescoop?

"Hoeveel vergroot hij?" Dit is de vraag die veel gesteld wordt als men het over telescopen heeft. Deze vraag mag natuurlijk gesteld worden, maar... het antwoord zegt niets over de kwaliteit van de telescoop. Er zijn goedkope telescopen die 60 x vergroten, en er zijn er die slechts 8 x vergroten en tien maal zo duur zijn. Dit gewoon omdat deze kijkers aan andere goede kwaliteiten beantwoorden.

Bij het beoefenen van de visuele (amateur)astronomie is een grote vergroting dikwijls niet gewenst. Een ster wordt steeds als een punt gezien hoe groot de vergroting ook is, zelfs met de grootste telescopen ter wereld. Bovendien worden sterrennevels, waarvan het licht in een klein lichtzwak vlekje aan de hemel is "uitgesmeerd", slechts met een kleine vergroting opgemerkt. Grote vergrotingen veroorzaken immers teveel lichtverlies. Een glasheldere kijk op de sterrenhemel waarbij bijzondere objecten zoals sterrenhopen, sterrennevels en extragalactische stelsels direct in het oog springen krijgen we dus alleen met kijkers die weinig vergroten. Veel vergroten is hier slechts verantwoord indien het lichtverlies gecompenseerd wordt door grotere objectiefdiameters. Voor andere waarnemingen is het lichtverlies niet zo belangrijk, en zijn aanzienlijke vergrotingen wel wenselijk. Het betreft hier voornamelijk planeet- en maanobservaties.

We kunnen dus nogmaals de telescopen in twee hoofdgroepen indelen:

(a) De kijkers met een kleine openingsverhouding f/D



Men spreekt van lichtsterke kijkers, komeetzoekers.
Het zijn meestal reflectors

(b) De kijkers met een grote openingsverhouding f/D



Men spreekt van maankijkers, telescopen voor planeetobservatie. Het zijn meestal refractors.

[2] Grote kijkers

Beschouwen we twee telescopen: T_1 $D=300\text{mm}$ $f=2400\text{mm}$

T_2 $D=80\text{mm}$ $f=400\text{mm}$

De openingsverhouding f/D is in beide gevallen 5

Waarom is de grote kijker T_1 dan zoveel hoogwaardiger dan de kleinere kijker T_2 ? Twee belangrijke verschillen veroorzaken dit:

- Het voornaamste verschil is te vinden in het vermogen om "licht te vergaren". Hoe groter D is hoe meer licht wordt verzameld voor de uittree-pupil van de telescoop.

Laten we even berekenen hoeveel licht T_1 ontvangt in vgl. met T_2 :

$$T_1 \text{ Opp intreepupil} = 2\pi (150)^2 = 22500 \cdot 2\pi$$

$$T_2 \text{ Opp intreepupil} = 2\pi (80)^2 = 1600 \cdot 2\pi$$

$$22500 / 1600 = 14,06...$$

We stellen vast dat T_1 14 maal meer licht ontvangt dan de kleinere T_2 . Met T_1 ziet men dus sterren die 14 maal zwakker zijn dan de zwakste sterren die met T_2 nog kunnen worden gezien.

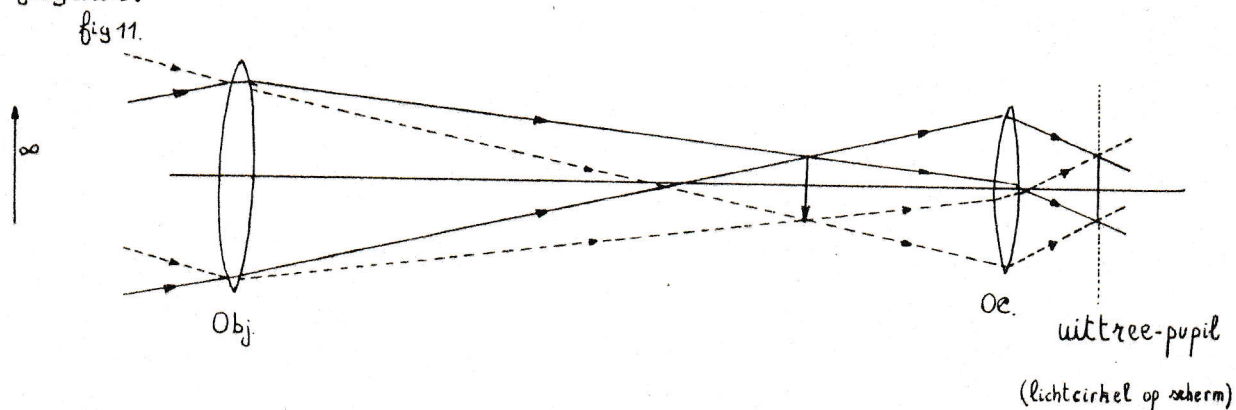
- Een tweede zeer belangrijk verschil is het scheidend vermogen. Het is de kleinste hoek waaronder men 2 sterren nog gescheiden ziet. Voor het blote oog bedraagt het scheidend vermogen ongeveer $4'$. (twee niet naast elkaar gelegen receptoren van de Retina geprikkeld). Voor telescopen vinden we het scheidend vermogen uit de formule: $120''/D$ in mm

in vb: T_1 : $120''/300\text{mm} = 0,4''$ scheidend vermogen.

T_2 : $120''/80\text{mm} = 1,5''$ scheidend vermogen.

(3) Nuttige vergrotingen (zinvol werken met oculairs)

Alle telescopen hebben een minimale-, maximale-, en optimale vergroting. Hierbij gebruikt men het begrip uittree-pupil. Waar het lichtcirkeltje dat we zo noemen gelegen is ziet u duidelijk op de volgende figuur:



Bij nachtelijke waarnemingen is de middellijn van onze oogpupil ca 8mm. De uit tredende lichtbundel van een telescoop mag dus geen uit tree-pupil vormen met een grotere doormeter.

In de Optica geldt:

$$\text{Vergroting} = \frac{\varnothing \text{ intreepupil}}{\varnothing \text{ uit tree pupil}} = \frac{D}{d}$$

*We stellen dus meteen een minimale vergroting vast:

$$V_{\min} = \frac{D}{8}$$

bvb: telescoop met 5cm objectief:

$$V_{\min} = D/8 = 50/8 = 6,25 \times$$

*Ook een optimale vergroting is ongeveer gekend. Het is zo dat bij een bepaalde vergroting juist alle details zichtbaar worden. Verder vergroten geeft dan weinig meer details. Ze komen alleen verder uit elkaar te liggen. Afhankelijk van de gezichtsscherpte van de waarnemer ligt de optimale vergroting tussen $D/2$ en D

$$\frac{D}{2} < V_{\text{opt}} < D$$

bvb: telescoop met 5cm obj.

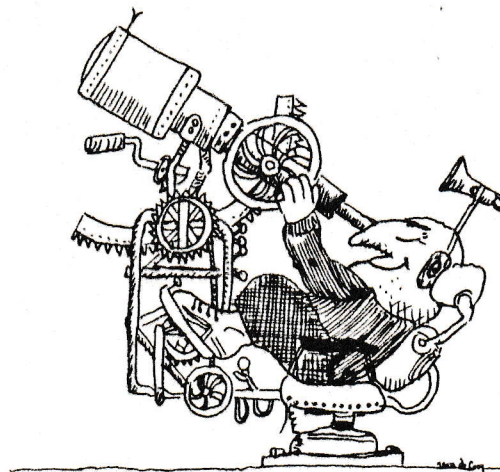
V_{opt} ligt tussen $25 \times$
en $30 \times$

*Tenslotte is er de maximale vergroting. Men kan ze gebruiken voor het waarnemen van dubbelsterren en het uittesten van objectieven. Bij de maximale vergroting wordt het scheidend vermogen van de telescoop volledig benut. Het kleinste met de telescoop zichtbare detail wordt zodanig vergroot dat het binnen het scheidend vermogen van het blote oog valt. ($4'$ of $240''$)

vb: Telescoop met $D=50\text{mm}$ sch.verm. = $120''/50 = 2,4''$
 Het kleinste zichtbare detail met hoek $2,4''$
 moet dus vergroot worden tot een detail met
 hoek $240''$. De vergroting die het scheidend
 vermogen dus volledig benut is $240''/2,4'' = 100\times$

We noemen dit de maximale vergroting. Iedere grotere
 vergroting is zinloos. Zoals u ziet uit het voorbeeld
 komt ze overeen met $2D$

$$V_{\max} = 2D$$



BIBLIOGRAFIE

=====

ERNST, Bruno : "Thieme's sterrenboek, een handboek voor de amateurastronoom." N.V. W.J. Thieme & Cie, Zutphen, s.d.

ERNST, Bruno : "Thieme's sterrenfotoboek" N.V. W.J. Thieme & cie, Zutphen, s.d.

EVANS, David S. : "Teach Yourself Astronomy.", The English Universities Press Ltd, London, 1958.

ISRAEL, F.P. : "Informatie in woord en beeld over sterrenkunde", Moussault's Uitgeverij nv, A'dam, 1970.

RONAN, Colin A. : " Astronomy, illustrated sources in history.", Harper & Row Publishers Inc., New York, 1973.

SATTERTHWAITE, Gilbert E. : " Encyclopedia of Astronomy." The Hamlyn Publishing Group Ltd, Toronto, 1970.

TITULAER, Chriet : "Sterrenkunde.", Stichting Televisie Academie TELEAC, Utrecht, 1971.

oooooooooooooooooooooooooooooooo