

# Het collimeren van een Newton telescoop

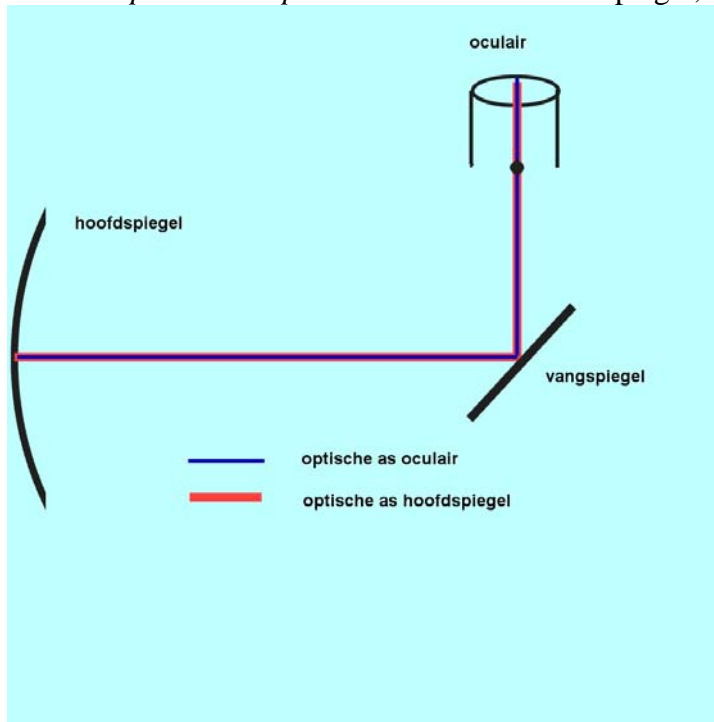
Door: Jan van Gastel

Om scherpe en contrastrijke beelden te krijgen met een telescoop is goede optiek noodzakelijk. Dit is voornamelijk een kwestie van geld of, als je de optiek zelf slijpt, van tijd en vakmanschap. Van even groot belang is het goed ten opzichte van elkaar afstellen van de optische componenten. Dit afstellen wordt collimeren genoemd. Uit de grote aantallen slecht tot zeer slecht gecollimeerde Newton telescopen die men 'in het veld' tegenkomt, blijkt dat heel wat telescoopbezitters hier nogal moeite mee hebben. Toch is het niet moeilijk, als je begrijpt waar je mee bezig bent en dus weet welke fouten je kunt maken en hoe die te voorkomen of corrigeren.

## Twee optische assen, drie optische componenten

Om goed te kunnen collimeren is het belangrijk goed te weten hoe een newtontelescoop eigenlijk werkt. Met name belangrijk je goed te realiseren is, dat een newtontelescoop:

- twee optische assen heeft: die van de hoofdspiegel en die van het oculair;
- drie optische componenten heeft: de hoofdspiegel, de vangspiegel en het oculair.



Figuur 1: twee optische assen, drie optische componenten

In figuur 1 zijn deze (samenvallende) assen schematisch weergegeven. De functie van de vangspiegel is het richten van de beide optische assen:

- die van het oculair op het optisch centrum van de hoofdspiegel;
- die van de hoofdspiegel op het brandpunt van het oculair.

We kunnen collimeren nu definiëren als: *het zodanig ten opzichte van elkaar afstellen van de drie optische componenten, dat de twee optische assen samenvallen en de vangspiegel de gehele lichtkegel symmetrisch omvat.* Beide assen dienen idealiter ook samen te vallen met de mechanische as van de telescoopbuis. Omdat collimeren zeer systematisch dient te gebeuren, werken we aan één as tegelijk en gebruiken daarvoor steeds het meest geschikte hulpmiddel.

Dat is niet het 'fotorolletjesdoosje met gaatje' dat veel wordt gebruikt. Zeker voor een telescoop met lage openingsverhouding<sup>1</sup> is dat veel te onnauwkeurig.

## Collimatiefouten

Om te weten hoe men goed collimeert is het van belang te weten:

- welke fouten kunnen worden gemaakt;
- welke gevolgen deze fouten hebben;
- hoe ernstig deze gevolgen zijn voor de beeldkwaliteit
- hoe ze te voorkomen of corrigeren.

Daar zijn namelijk criteria uit af te leiden voor de nauwkeurigheid van verschillende stappen in het collimatieproces.

Het is de verdienste van de Zweedse amateur-astronoom Nils Olof Carlin een typologie van collimatiefouten te hebben ontworpen, die vrij algemeen ingang heeft gevonden. Voor een goed begrip van het hoe en waarom van de verschillende stappen in het collimatieproces is zijn typologie naar mijn idee onmisbaar. Daarom zal ik deze ook hier gebruiken. In onderstaand schema zijn de soorten fouten en hun gevolg samengevat.

Fouttype Carlin	Omschrijving fout	gevolg
Type 1A	Optische assen komen niet in het brandpunt samen	coma
Type 1B	Optische assen maken een hoek met elkaar	gekanteld beeldveld
Type 2	Geen of verkeerde offset vangspiegel	vignettering
Type 3	Gezamenlijke optische as niet onder 90 graden afgebogen	vignettering
Type 4	Optische as is niet gecentreerd in de buis	vignettering

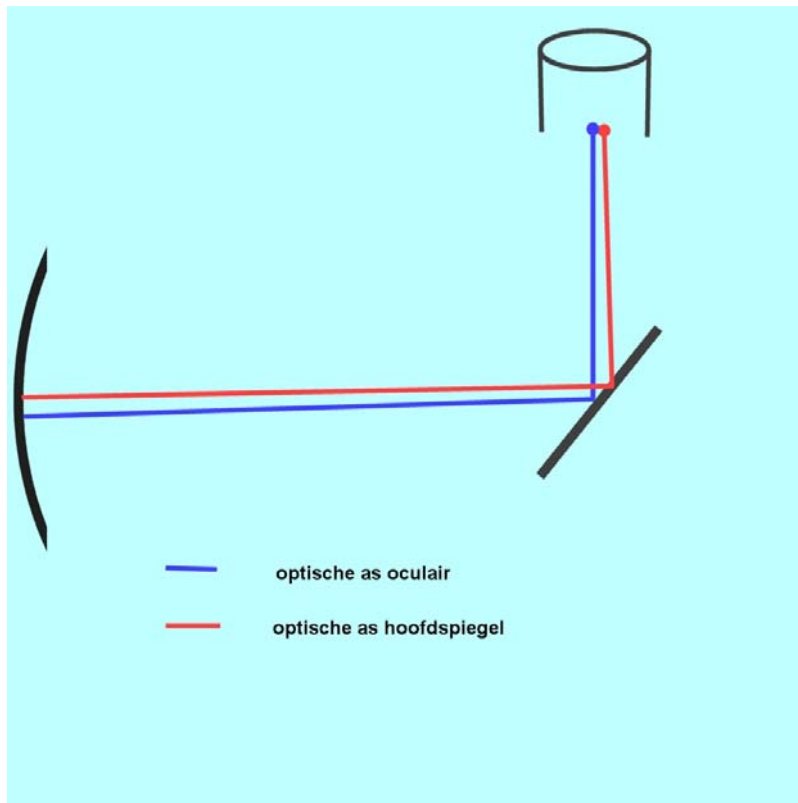
Twee van de vijf collimatiefouten hebben dus coma en drie vignettering tot gevolg. Voor alle fouten gelden toleranties. De absolute, 'ideale' collimatie hoeft dus niet bereikt te worden om goede beelden te krijgen. De mate van tolerantie is niet voor alle fouten hetzelfde. Hieronder zullen we kort de verschillende fouten en hun gevolgen nader beschouwen.

### *1. De optische assen komen niet in het brandpunt samen (type 1A fout)*

Het niet doen samenkomen van de beide optische assen in het brandpunt (zie figuur 2) is de enige echt cruciale fout die men kan maken.

---

<sup>1</sup> De openingsverhouding is de brandpuntsafstand van de hoofdspiegel gedeeld door de doorsnee van de hoofdspiegel.

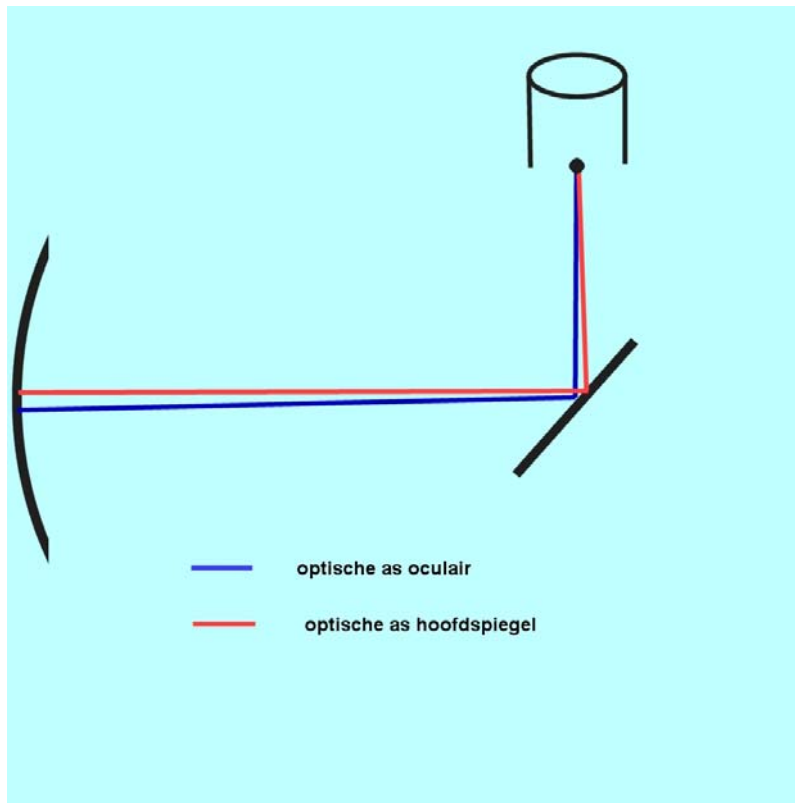


**figuur 2: Type 1A-fout. Optische assen komen niet in brandpunt samen**

Waarom? Omdat er slechts een zeer geringe tolerantie is, vooral voor telescopen met lage openingsverhouding. Er is wel discussie over hoe groot de tolerantie eigenlijk wel is. Sidgwick (1980) geeft voor de afstand waar het sterbeeld nog net niet door coma wordt verstoord als formule  $0,0036 \cdot N^3$  millimeter ( $N$ =openingsverhouding). Voor een  $f/5$  telescoop dus slechts  $0,0036 \cdot 5^3 = 0,45$  millimeter, voor een  $f/8$   $0,0036 \cdot 8^3 = 1,8$  millimeter. Een flink verschil dus. Bij een waarde van  $0,0088 \cdot N^3$  bereikt, aldus Sidgwick, de verstoring de grootte van ongeveer  $\frac{1}{4}$  lambda. Voor een  $f/5$  en een  $f/8$  dus respectievelijk 1.1 en 4.5 millimeter. Nils Olof Carlin geeft nog wat gunstiger waarden voor de radius van het gebied waar het  $\frac{1}{4}$  lambda criterium wordt bereikt: respectievelijk 1,4 en 5,5 millimeter voor een  $f/5$  en een  $f/8$  telescoop. Natuurlijk is het, gegeven de waarschijnlijkheid van andere fouten in het optisch systeem, seeing problemen etc. niet handig om de telescoop niet nauwkeuriger te collimeren dan maar net binnen het  $\frac{1}{4}$  lambda criterium. Carlin adviseert om deze waarden in elk geval te halveren, of, voor een planetaire telescoop, nog wat strenger in de leer te zijn en niet onnauwkeuriger dan gaan dan  $\frac{1}{3}$  van die radius. En dan komen we toch weer aardig in de buurt van het strenge criterium van Sidgwick. Volgens Vic Menard en Tippy D'Auria, de promotors van de zogenaamde autocollimator, is alleen perfecte collimatie goed genoeg. Zij propageren hiertoe het gebruik van de autocollimator, het instrument waarmee dat volgens hen mogelijk is. Hierover zijn de meningen echter verdeeld (zie literatuur 13 en 14).

## 2. De beide optische assen maken een hoek met elkaar (type 1B fout)

De collimatie is optimaal als de beide optische assen over de gehele lengte samenvallen en door het brandpunt gaan. Ze kunnen echter ook samenkomen in het brandpunt *zonder* samen te vallen over de hele lengte. Dat is het geval als de optische as van het oculair de hoofdspiegel niet precies in het optisch centrum treft (zie figuur 3).



**Figuur 3: type 1B-fout. Optische assen komen wel in brandpunt samen, maar vallen niet samen over de gehele lengte**

Dit is de type 1B-fout, met als gevolg een gekanteld beeldveld, die defocus ten gevolge heeft. Niet op de optische as maar daarbuiten. Op de optische as blijft het beeld zonder fout.

Een kleine 1B-fout kan geen kwaad, zolang die niet leidt tot een fout van type 1A, die we hierboven hebben behandeld. De tolerantie voor een type 1B-fout, aldus Carlin, is ongeveer 0.2 graden.

Voor een 30 cm f/5 bijvoorbeeld, is dat  $1500 \cdot \tan(0.2) = 5.2$  millimeter. Dat wil dus zeggen dat, zolang bij deze telescoop de optische as van de focuser de hoofdspiegel binnen een straal van 5.2 mm van het optisch centrum van de hoofdspiegel treft, de kanteling van het beeldveld de beeldkwaliteit niet zichtbaar nadelig beïnvloedt. Een grote, gemakkelijk te halen tolerantie.

### 3. Verkeerde 'offset' van de vangspiegel (type 2 fout)

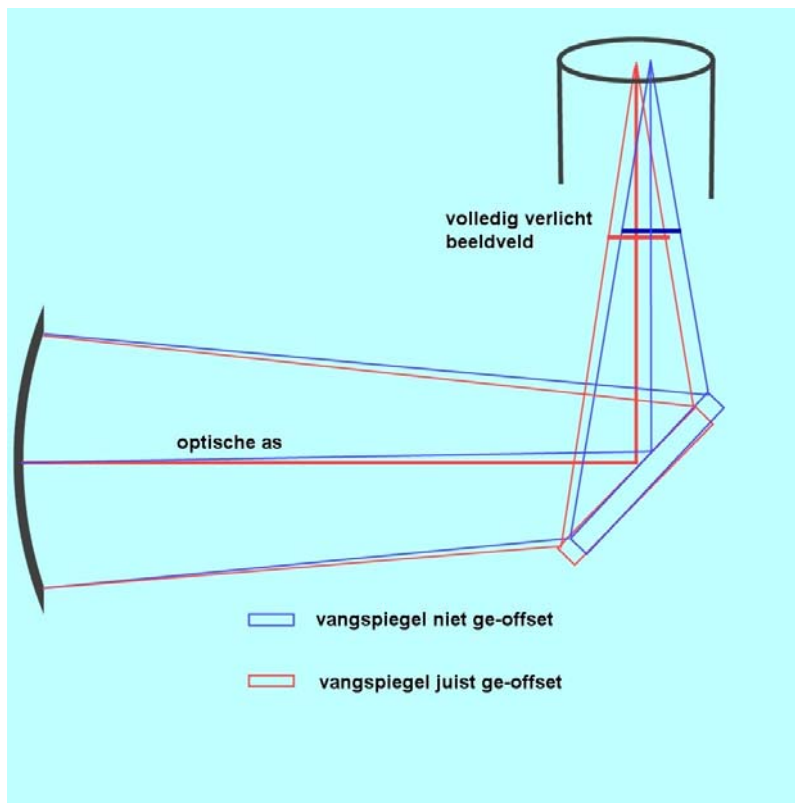
Omdat de lichtkegel van de hoofdspiegel bij de vangspiegelrand die het dichtst bij de hoofdspiegel is, breder is dan bij de rand die er het verst vanaf zit, dient een vangspiegel niet met zijn geometrisch centrum tegenover het centrum van de focuser en in het midden van de telescoopbuis te worden geplaatst. Hij moet 'ge-offset' worden, hetgeen wil zeggen: zodanig verplaatst, dat hij de gehele lichtkegel symmetrisch onderschept. Voor een analyse van mogelijke offsetfouten is het nodig om in deze offset twee componenten te onderscheiden:

- verplaatsing in de richting *van de hoofdspiegel* en
- verplaatsing in de richting *weg van de focuser*.

In beide richtingen is de offset even groot. Het offsetten in de richting van de hoofdspiegel geschiedt automatisch bij het collimeren met de gebruikelijke kijkbuis, door de werking van het perspectief. Het offsetten 'weg van de focuser' moeten we zelf doen. Hoeveel de verplaatsing bedraagt kan met een aantal eenvoudige programmaatjes worden berekend (zie literatuur 15 t/m 18). De volgende fouten kunnen worden gemaakt, elk met hun eigen gevolg:

a. De vangspiegel is in het geheel niet ge-offset

Dat is bijvoorbeeld het geval als deze met behulp van een meetinstrument midden in de telescoopbuis wordt geplaatst, met zijn geometrisch centrum tegenover het geometrisch centrum van de focuseropening. In dit geval wordt, zoals hierboven is uitgelegd, de lichtkegel van de hoofdspiegel niet symmetrisch omvat. Het gevolg hiervan is, dat het volledig verlicht beeldveld (het deel van het beeldveld dat door de gehele hoofdspiegel wordt verlicht), enigszins wordt verplaatst ten opzichte van de optische as en zich dus niet gecentreerd in het beeldveld bevindt (zie figuur 4).



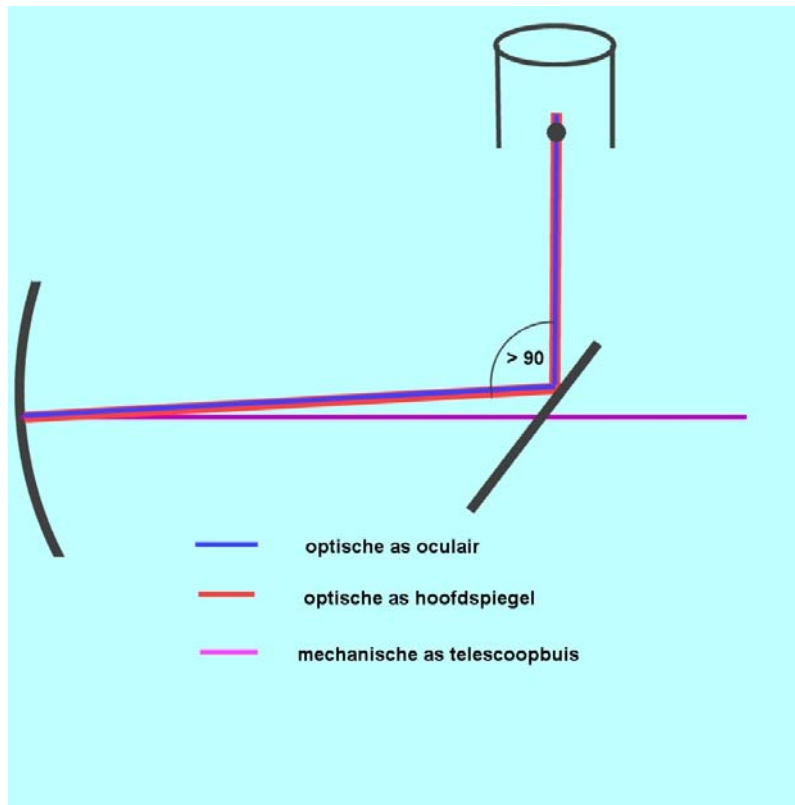
**Figuur 4: verplaatsing van het volledig verlichte beeldveld door niet offsetten van de vangspiegel.**

Dit heeft als gevolg, dat de lichtafname van de optische as naar de rand van het beeldveld, aan een kant wat sneller gaat dan naar de tegenover liggende kant.

b. De vangspiegel is partieel ge-offset

Hiermee wordt bedoeld, dat de vangspiegel bij het collimeren met een kijkbuis wel (automatisch) is ge-offset in de richting van de hoofdspiegel, maar dat deze niet is geoffset in de richting 'weg van de focuser'. Omdat de vangspiegel niet 'weg van de focuser' is geoffset, raakt de optische as van het oculair de vangspiegel niet bij de geometrische as van de telescoopbuis, maar enkele millimeters (het aantal millimeters van de gewenste offset) daarvoor. In stap 4 van het collimatatieproces (zie onder), waar de optische as van het oculair op het optisch centrum van de hoofdspiegel wordt gericht, zal de vangspiegel, om de optische as van het oculair toch precies op de centrum van de hoofdspiegel te richten, onder een hoek van iets minder dan 45 moeten staan en de optische as als gevolg daarvan onder een iets grotere hoek dan 90 graden 'afbuigen'. Een partieel ge-offsette vangspiegel levert daarom tegelijkertijd een type 3 en een type 4 fout (worden hieronder besproken) op. U ziet dit in figuur 5. Ook ziet u, dat als de vangspiegel ge-offset zou worden in de richting 'weg van de

focuser', zodat een volledig ge-offsette vangspiegel zou ontstaan, beide fouten gecorrigeerd worden.

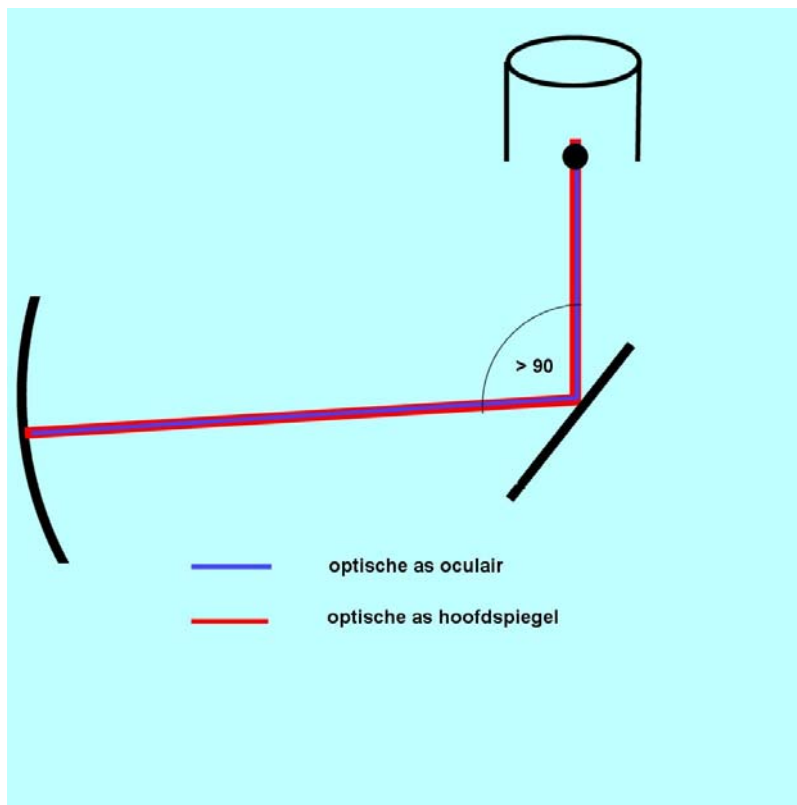


**Figuur 5: type 3 en type 4 fout.**

Er is discussies over het al dan niet noodzakelijk zijn van offsetten voor de beeldkwaliteit, i.c. de zichtbaarheid van de vignettering die niet offsetten oplevert. De conclusie is, dat het voor visueel waarnemen zeker niet noodzakelijk is. Voor astrofotografie wellicht, als een vangspiegel wordt gebruikt, die voor de betreffende telescoop ongeveer de minimaal vereiste grootte heeft en dan bij telescopen met een kleine openingsverhouding.

#### *4. Gezamenlijke optische as niet onder 90 graden afgebogen (type 3 fout)*

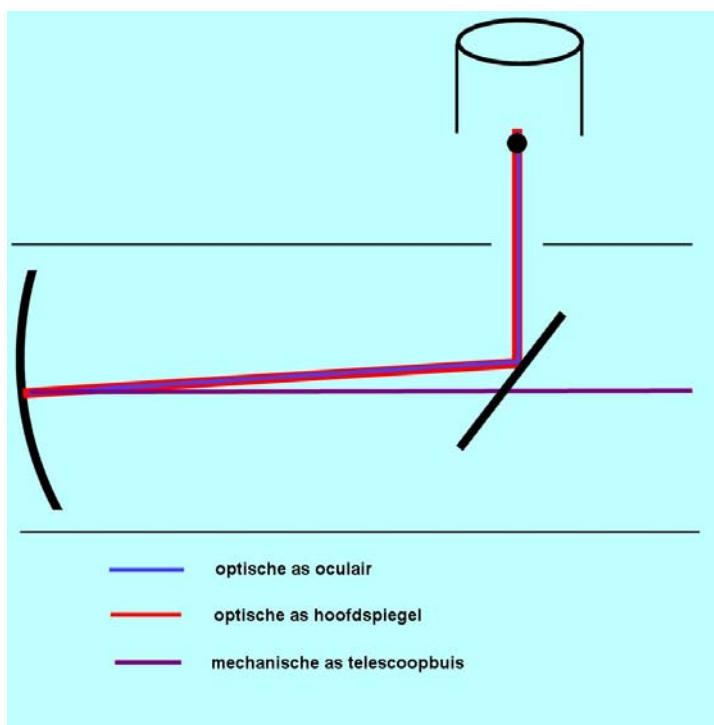
Dit verschijnsel kan optreden als de vangspiegel niet onder een hoek van 45 graden staat, bijvoorbeeld omdat de hoofdspiegel en/of de vangspiegel niet goed in de buis zijn gecentreerd (figuur 6). Ook treedt het op bij een 'partieel ge-offsette' vangspiegel zoals hierboven beschreven. Er kan vignettering optreden door de rand van de vangspiegel, als de afwijking van de 45 graden hoek te groot wordt. Men kijkt dan als het ware tegen de rand van de vangspiegel. Echter: de afwijking van de hoek van 45 graden in een gewone newtontelescoop zal in de praktijk zelden of nooit zo groot zijn dat deze vorm van vignettering optreedt. Het precies instellen van een hoek van 45 graden is danook niet nodig.



**Figuur 6: Optische assen niet onder hoek van 90 graden afgebogen**

*5. Optische as niet gecentreerd in de buis (type 4 fout)*

Als de optische as niet gecentreerd is in de buis (figuur 7) kan dat leiden tot:



**Figuur 7: type 4 fout: optische assen vallen niet samen met mechanische as van de telescoopbuis**

- a. Vignettering aan de bovenkant van de telescoopbuis. Dit zal in de praktijk echter alleen optreden als de doorsnee van de buis slechts weinig groter is dan de doorsnee van de hoofdspiegel.
- b. Problemen bij het richten van de telescoop met behulp van een 'go-to' systeem of 'setting circles'. Deze hulpmiddelen richten namelijk de mechanische as van de telescoop, waardoor de optische as indien niet gecentreerd in de buis, ergens anders heen wijst dan de mechanische<sup>2</sup>. Bij een grote afwijking zal het gekozen object zelfs niet eens in het beeldveld terechtkomen.

### **Hulpmiddelen bij het collimeren**

Voor verschillende fasen in het collimatatieproces zijn verschillende hulpmiddelen nodig. We behandelen hier alleen de meest gebruikte.

#### *Een stip op de hoofdspiegel.*

Om goed te collimeren is het nodig om een stip in het optisch centrum van de hoofdspiegel te plaatsen. Als je bij het collimeren een laser wil gebruiken, dient in het centrum van de stip een gat te zitten. Het is handig om een verwijderbare stip te maken, bijvoorbeeld van isolatieband, of met een "permanente" viltstift (te verwijderen met een watje alcohol). Mocht dan later blijken dat de stip niet exact in het optisch centrum staat, dan kan de stip eenvoudig worden verwijderd en herplaatst. Maak de stip niet te klein (zie ook onder 'cheshire'). Er zijn verschillende manieren om een stip goed in het midden te plaatsen. We gaan er hier niet verder op in.

#### *Een kijkbuis*

Een kijkbuis (figuur 8) kan worden gemaakt van metaal of kunststof, bijvoorbeeld PVC. De optimale lengte van de kijkbuis bedraagt ongeveer de openingsverhouding maal de inwendige diameter van de kijkbuis. De buitendiameter is zodanig, dat de buis precies in de focusser past. Stel de binnendiameter van de kijkbuis is 28 mm en de openingsverhouding van de telescoop is  $f/5$ , dan moet de lengte ongeveer  $5 \times 28 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$  zijn. Maak de buis aan een kant dicht en maak precies middenin het afdekplaatje een gaatje van 1 - 2 millimeter. Een kijkbuis is zeer eenvoudig van een 32 mm diameter PVC-buis te maken, door van de wand aan de buitenkant 0.25 mm af te schuren.

---

<sup>2</sup> Bij een Alt/Az montering gaat het om afwijking van de optische as in azimut en/of hoogte, bij een equatoriale montering om afwijking ten opzichte van de rechte klimming. Een afwijking in declinatie -richting, loodrecht op de as, maakt immers niet uit.





**Figuur 8: zelfbouw kijkbuis en cheshire**

#### *Een cheshire.*

Een cheshire (figuur 8), ook wel 'Cheshire oculair' genoemd, is een kijkbuis met in de zijwand een opening, waarin een onder een hoek van 45 graden geplaatst 'venstertje'. Zoals in figuur 8 te zien is, zit in dat venstertje een elliptisch gat, wat het mogelijk maakt door de buis heen te kijken. Een cheshire is eveneens gemakkelijk van PVC te maken. Het venstertje, met het ellipsvormig gat, kan bijvoorbeeld van stevig karton worden gemaakt. Om nauwkeurig te collimeren is het handig om in de cheshire een baffle te maken, die de inwendige diameter verkleint tot slechts een of enkele millimeters meer dan de diameter van de stip die op de hoofdspiegel wordt geplaatst. Collimeren met een cheshire zal dan heel nauwkeurig kunnen geschieden. Bij relatief groot verschil in diameter stip-cheshirebuis, is het moeilijk een telescoop met lage openingsverhouding goed te collimeren.

#### *Een lasercollimator*

Ook deze kan redelijk eenvoudig zelf worden gemaakt. Maar hij kan natuurlijk, evenals de kijkbuis en de cheshire, ook worden gekocht. Een lasercollimator, hoewel veel gebruikt, is overigens absoluut niet noodzakelijk om een telescoop goed te collimeren.

### **Het collimatieproces.**

Zoals gezegd, is collimeren *het zodanig ten opzichte van elkaar afstellen van de drie optische componenten, dat de twee optische assen samenvallen en de vangspiegel de gehele lichtkegel symmetrisch omvat*. Tevens willen we deze assen graag laten samenvallen met het mechanisch centrum van de telescoopbuis. Het collimatieproces omvat vijf stappen, die hieronder worden beschreven. Niet al deze stappen hoeven elke keer als u collimeert doorlopen te worden. Bij een eenmaal goed gecollimeerde en goed geconstrueerde telescoop,

waarvan de collimatiemechanieken niet gemakkelijk kunnen verlopen, is het meestal voldoende te controleren of de optische as van de hoofdspiegel niet bijgesteld moet worden (stap 5) om een eventuele type 1A-fout te corrigeren.

We onderscheiden drie subcategorieën in het collimatieproces, die in onderstaande volgorde moeten worden uitgevoerd:

- het centreren van de optische componenten;
- het richten van de optische as van het oculair;
- het richten van de optische as van de hoofdspiegel.

### ***A. Het centreren van de optische componenten***

#### *Stap 1: centreer de hoofdspiegel in de telescoopbuis*

Dat zal bij het ene telescooptype gemakkelijker zijn dan bij het andere. Bij telescopen die gebruik maken van een draagband ('sling') of een andere afstelbare randondersteuning van de hoofdspiegel, hoeft alleen deze te worden bijgesteld. Het is daarbij overigens wel van belang na te gaan of het gewicht van de spiegel dan nog wel goed door de spiegelcel onder de spiegel wordt ondersteund. Als de spiegelcel zelf (niet verplaatsbaar) uit het midden ligt en je legt de spiegel wel midden in de buis, dan kan deze 'floating cel' zijn functie niet goed vervullen. De spiegel wordt dan namelijk niet op die punten ondersteund waar het zou moeten, hetgeen tot vermindering van de beeldkwaliteit kan leiden. In dat geval is het beter, om de plaatsing van de cel aan te houden en plaatsing van de spiegel iets uit het midden voor lief te nemen. Het centreren van de spiegel in de buis steekt overigens niet op een millimeter. Een kleine afwijking kan, indien die niet door verplaatsing van de spiegelcel kan worden gecorrigeerd, later door de plaatsing van de vangspiegel gecompenseerd worden. De vangspiegel kan in dat geval (en indien technisch mogelijk) in precies dezelfde mate uit het centrum van de buis worden geplaatst. De diameter van de buis ten opzichte van die van de hoofdspiegel moet hier uiteraard wel ruimte voor bieden, anders zal er vignettering optreden aan de bovenrand van de buis. Meestal gaat het echter om slechts een of enkele millimeters. De optische as zal dan niet door het midden van de buis lopen, maar wel parallel daar aan en daardoor geen problemen opleveren met de nauwkeurigheid van setting circles of een go-to systeem.

#### *Stap 2: centreer de vangspiegel in de buis en offset deze in de richting 'weg van de focusser'*

Met een goed ge-offsette vangspiegel zal de optische as mooi in het midden van de telescoopbuis lopen. Bij sommige telescooptypen is het niet mogelijk de vangspiegel te offsetten zonder er (drastisch) aan te gaan verbouwen. Als de vangspiegel groot genoeg is (zie 3b hierboven) kan men deze ongeoffset (of partieel geoffset) laten zonder merkbare vignettering. Als de vangspiegel zo klein is, dat niet offsetten tot zichtbare vignettering leidt en als u niet aan de telescoop kunt of wilt verbouwen, is een wat grotere vangspiegel wellicht een optie. Eventuele onnauwkeurigheden bij het richten van de telescoop met behulp van een 'go-to' systeem of setting circles wegens de type 4 fout die een partieel geoffsette vangspiegel oplevert, worden echter met een grotere vangspiegel niet opgelost.

#### *Stap 3: centreer de vangspiegel in de focusser en offset de vangspiegel in de richting van de hoofdspiegel*

Als hulpmiddel gebruiken we hier een kijkbuis. In feite wordt de vangspiegel dus niet in de focusser, maar in de kijkbuis gecentreerd. Als de vangspiegel slecht in de kijkbuis is gecentreerd, zal er vignettering optreden aan de rand van de focusser. Ideaal gesproken, moet

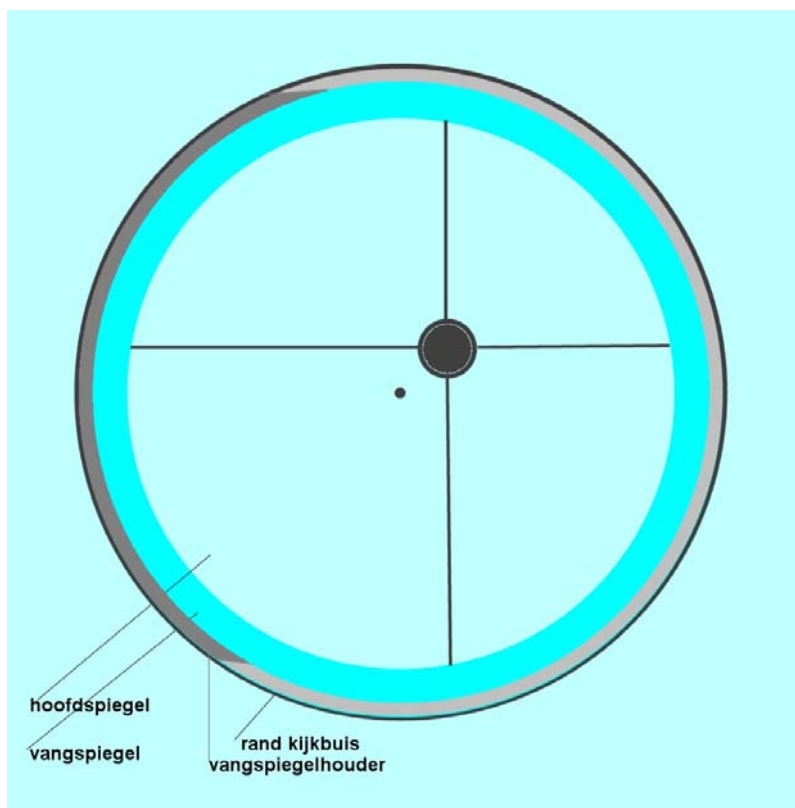
de vangspiegel er in de kijkbuis als een met de rand van de kijkbuis concentrische cirkel uitzien. Een handige methode is de volgende:

- Zet de focusser op het oog (meer precisie is niet nodig) haaks op de telescoopbuis.
- Houdt een wit of egaal gekleurd vel papier tussen vangspiegel en hoofdspiegel, zodat je in de vangspiegel niet allerlei storende reflecties ziet.
- Centreer de vangspiegel door de verschillende componenten van het afstelmechanisme ervan te manipuleren.

Indien het door technische beperkingen van het afstelmechanisme van de vangspiegel niet mogelijk is deze goed genoeg te centreren (hij blijft bijvoorbeeld iets te hoog of iets te laag staan), stel dan de stand van de focusser ietsje bij, als dat wel mogelijk is. Het is namelijk niet erg als die niet precies haaks op de buis staat. Het offsetten in de richting van de hoofdspiegel is, zoals eerder opgemerkt, een automatisch gevolg van het centreren van de vangspiegel in de kijkbuis.

### ***B. Het richten van de optische as van het oculair.***

De optische as van het oculair moet precies het optisch centrum van de hoofdspiegel raken. We gaan er hierbij van uit dat optisch centrum en geometrisch centrum samenvallen en richten de optische as van het oculair dus op het geometrisch centrum van de hoofdspiegel. Indien het optisch centrum gemist wordt, zullen aan het eind van het collimatieproces (als verder geen fouten meer worden gemaakt) de beide optische assen een hoek met elkaar vormen: de type 1B-fout. Zoals gezegd, is dit *op zich* niet echt kritisch: er is een redelijke en goed haalbare tolerantie. Het ‘addertje onder het gras’ wat die tolerantie betreft, zit hem in de wijze waarop de volgende collimatiestap (stap 5) wordt uitgevoerd. Ik kom er op terug.



**Figuur 9: beeld in de kijkbuis na stap 4**

*Stap 4* kan met behulp van een van de twee volgende hulpmiddelen worden uitgevoerd: met de *kijkbuis* of met de *lasercollimator*. Hier respectievelijk behandeld als stap 4a en stap 4b.

*4a. Met de kijkbuis: centreer de hoofdspiegel in de focusser*

Stop de kijkbuis in de focusser en centreer de reflectie van de hoofdspiegel in de vangspiegel, door de vangspiegel te kantelen als dat nodig is. Door de focusser verder naar binnen te draaien is het soms ook mogelijk de rand van de hoofdspiegel samen te laten vallen met de rand van de kijkbuis. Draai in deze stap **niet** aan de collimatiebouten van de hoofdspiegel. Zeer waarschijnlijk ziet het beeld er na centrering uit als in figuur 9. Wat u ziet is dat de rand van de hoofdspiegel concentrisch is met de rand van de vangspiegel. Omdat de vangspiegel gecentreerd is in de kijkbuis, zal de hoofdspiegel ook in de kijkbuis gecentreerd zijn, indien die in de vangspiegel is gecentreerd. Dit is precies de bedoeling van deze collimatiestap. U ziet ook, dat de reflexie van de vangspiegel niet gecentreerd is in de hoofdspiegel. Dat is ook niet de bedoeling van deze stap, maar komt in stap 5 aan de orde.

*4b. Met de lasercollimator: richt de laserstraal op het optisch centrum van de hoofdspiegel*

Stop in plaats van de kijkbuis de lasercollimator in de focusser en kantel de vangspiegel totdat de laser precies het optisch centrum van de hoofdspiegel raakt. Voor kleine bijstellingen, kunt u ook de positie van de focusser iets wijzigen. Soms is dat gemakkelijker. Raak ook nu dus de collimatiebouten van de hoofdspiegel niet aan.

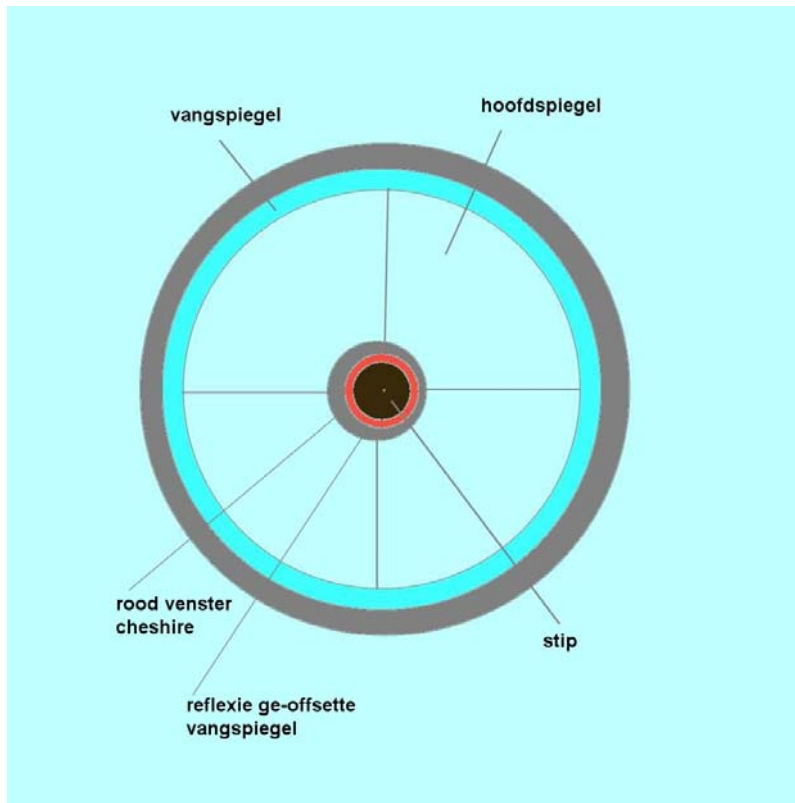
**C. Het richten van de optische as van de hoofdspiegel.**

*Stap 5:* pas in deze stap mag, moet zelfs, aan de collimatiebouten van de hoofdspiegel worden gedraaid. De fout die in deze stap kan worden gemaakt, is de cruciale type 1A-fout.

Ook in deze stap kunt u weer twee hulpmiddelen gebruiken: de cheshire of de lasercollimator. Deze stap wordt daarom voor beide hulpmiddelen apart behandeld: 5a voor de cheshire en 5b voor de laser.

*5 a. Met de cheshire: centreer de stip op de hoofdspiegel in de cheshire*

Stop de cheshire in de focusser en verlicht het venstertje dat onder 45 graden is aangebracht et een rood lampje. Als u nu in de cheshire kijkt, ziet u een rode, cirkelvormige vlek in het centrum. Ook ziet u de stip die op de hoofdspiegel is geplaatst. Mogelijk bevindt de stip zich al deels in de rode cirkel, maar mogelijk ook niet. Draai aan de collimatiebouten van de hoofdspiegel totdat de stip is gecentreerd in de rode cirkel. Handiger: laat iemand anders de collimatiebouten bedienen terwijl u door de cheshire blijft kijken en aanwijzingen geeft. U merkt gauw genoeg welke manipulatie welk gevolg heeft, zodat u al snel goede aanwijzingen kunt geven. Het te bereiken eindresultaat ziet u in figuur 10. Er is sprake van een type 1A-fout, als de stip niet goed in de cheshire is gecentreerd. Zoals hierboven al uiteengezet is er weinig tolerantie, vooral voor een telescoop met lage openingsverhouding. Als u de diameter van de stip slechts weinig kleiner hebt gekozen dan de binnendiameter van de cheshire, zult u in staat zijn heel nauwkeurig en binnen de tolerantiegrenzen te collimeren. Als de cheshire bijvoorbeeld 2 millimeter wijder is dan de diameter van de stip, zal er bij goede collimatie een rood ringetje van 1 millimeter breedte om de stip te zien zijn als u door de cheshire kijkt.



**Figuur 10: beeld in cheshire na collimatie hoofdspiegel**

5b. Met de lasercollimator: laat de laserstraal op zichzelf terugreflecteren bij de focusser  
 Stop in plaats van de cheshire de lasercollimator in de focusser en draai aan de collimatiebouten van de hoofdspiegel, tot de laserstraal bij de focusser precies op zichzelf reflecteert. De optische as van de hoofdspiegel zal nu in het brandpunt bij het oculair terechtkomen, doch alleen (en hier is het ‘addertje’ waar ik hierboven over sprak) *als in stap 4 de laser precies het optisch centrum van de hoofdspiegel raakte*. Als dit niet het geval is en de laserstraal de hoofdspiegel op bijvoorbeeld slechts 1 millimeter afstand van diens optisch centrum treft, dan zal de type 1A-fout, indien de laser precies op zichzelf terugkaatst,  $\frac{1}{2}$  millimeter bedragen. Voor een telescoop met een openingsverhouding van minder dan  $f/5$  al teveel. Het is dus **niet** zo, dat als de laser op zichzelf reflecteert bij de focusser, de telescoop altijd goed is gecollimeerd zoals veel mensen denken. Dat komt omdat de laser in wezen alleen informatie geeft over de optische as van het oculair en niet over die van de hoofdspiegel, behalve als hij daarmee samenvalt. En dat is alleen het geval als de laser in stap 4 exact het optisch centrum van de hoofdspiegel treft. Dit is niet altijd voldoende nauwkeurig te zien als u van bovenaf in de telescoopbuis moet kijken. Ook is het niet altijd nauwkeurig genoeg waar te nemen of de laser inderdaad exact op zichzelf terugreflecteert bij de focusser. Indien dit laatste niet het geval is, is er eveneens sprake van een type 1A-fout. Een lasercollimator is daarom niet het meest geschikte instrument voor het richten van de optische as van de hoofdspiegel.

Als u in deze fase toch een lasercollimator wilt gebruiken, gebruik dan een zogenaamde ‘barlowed laser’: een lasercollimator in een barlowlens (zie literatuur 2). Een ‘barlowed laser’ functioneert op dezelfde manier als een cheshire en geeft net als deze alleen informatie over de positionering van de optische as van de hoofdspiegel en niet over de optische as van het oculair. Bij gebruik van een ‘barlowed laser’ dient de stip op de hoofdspiegel gecentreerd te worden in de ronde lichtvlek die dit collimatie instrument produceert.

#### ***D. Controle met een stertest.***

Met behulp van een stertest kan de collimatie gecontroleerd worden, hoewel dit, als alle fasen nauwkeurig en met inachtnaam van toleranties zijn uitgevoerd, eigenlijk niet nodig is. De enige zinvolle controle, die slechts eenmalig hoeft te worden uitgevoerd, is nagaan of de stip op de hoofdspiegel inderdaad in het optisch centrum staat. Als dat het geval is, ziet u bij een sterke vergroting een diffractiepatroon met mooi concentrische ringen. Voor een nauwkeurige controle moet de ster zo weinig mogelijk uit focus worden gedraaid (zie literatuur 9). Bij een ver uit focus gedraaide ster zijn de ringen wel duidelijk te zien, maar kleine collimatiefoutjes worden onzichtbaar. Staat de stip niet in het optisch centrum (omdat dit bijvoorbeeld niet samenvalt met het geometrisch centrum), haal hem er dan af en plak hem met behulp van een cheshire, die na fine-tuning met de stertest in de focusser wordt gestopt, op de juiste plaats.

#### **Collimeren met een stertest?**

Kan een newtontelecoop uitsluitend met behulp van een stertest gecollimeerd worden? Nee, dat kan niet. De enige stap waarvoor een stertest kan worden gebruikt in plaats van andere hulpmiddelen, is stap 5: het richten van de optische as van de hoofdspiegel. Het centreren van de optische componenten en het richten van de optische as van het oculair tot binnen de toleranties is niet mogelijk met een stertest. Ook voor stap 5 zijn andere hulpmiddelen (cheshire, barlowed laser), geschikter dan een stertest, althans in de meeste situaties. Waarom? Zoals hierboven al opgemerkt, dient een ster slechts weinig, bij voorkeur zelfs in het geheel niet, uit focus te worden geplaatst om nauwkeurig te kunnen zien of de collimatie goed is. Of anders gezegd: een kleine, maar niettemin relevante type 1A-fout kan alleen worden waargenomen bij een ster in of vlakbij focus. De seeing laat dit, vooral bij grotere Newtons, meestal niet toe. De mate van concentriciteit van de diffractieringen wordt gewoonlijk pas goed zichtbaar nadat de ster vrij ver, te ver voor de vereiste nauwkeurigheid, uit focus is geplaatst.

## **Literatuur**

1. Nils Olof Carlin: How to Collimate your Newtonian Reflector?  
*Sky and Telescope*, juni 2002.
2. Nils Olof Carlin: Collimation with a Barlowed Laser.  
*Sky and Telescope*, January, 2003.  
(te vinden op: <http://users.gmpexpress.net/~tomhole/blaser.pdf>)
3. Yves Verbrugge: Collimatatie van refractors en reflectors.  
*Uitgave Werkgroep Deepsky, VVS, België.*
4. H.R. Suiter: Star Testing Astronomical Telescopes: a manual for optical evaluation and adjustment. Willmann-Bell inc., Richmond, Virginia, 1995 (2nd edition).
5. J.B. Sidgwick: Amateur Astronomer's Handbook.  
Dover Publications Inc., 1980 (3<sup>rd</sup> ed.).

## **Internetartikelen.**

6. Nils Olof Carlin: Faq about Collimating a Newtonian Telescope.  
<http://w1.411.telia.com/~u41105032/kolli/kolli.html>  
Nederlandse vertaling op website Jan van Gastel:  
<http://home.wanadoo.nl/jhm.vangastel/Astronomy/collimatatie/collimatatie.htm>
7. Nils Olof Carlin: The YACHT or Yet Another Collimating Home-made Tool.  
<http://w1.411.telia.com/~u41105032/yacht/yacht.htm>
8. Nils Olof Carlin: Some Collimation Myths and Misunderstandings  
<http://w1.411.telia.com/~u41105032/myths/myths.htm>
9. Thierry Legault: The Collimation  
<http://perso.club-internet.fr/legault/collim.html>
10. Mel Bartels: Collimating Newtonian Optics.  
<http://www.efn.org/~mbartels/tm/collimat.html>
11. Alan Perkins: Making a Sight Tube for Collimation.  
<http://www.starastronomy.org/TelescopeMaking/perkins.html>
12. Brian Greer: Adventures in Collimation.  
<http://www.fpi-protostar.com/collim.htm>
13. Vic Menard and Tippy D'Auria: New Perspectives on collimation (4th edition).  
Gaat onder meer over de 'autocollimator'. Te koop via:  
<http://homepage.mac.com/vicmenard/telescopes/>
14. Nils Olof Carlin: The Autocollimator: An analysis of principles and operation  
<http://w1.411.telia.com/~u41105032/autocoll/autocoll.htm>

***Voor het berekenen van de offset van een vangspiegel:***

15. Mel Bartel's online vangspiegel calculator:

<http://members.efn.org/~mbartels/tm/diagonal.htm>

16. Dale Keller's Newton design programma 'Newt':

<http://home.att.net/~dale.keller/atm/newtonians/newtsoft/newtsoft.htm>

17. Arie Nagel's Dimensions of a Newtonian Telescope:

<http://home.hetnet.nl/~astronet/newton.htm>

18. Spreadsheet voor het berekenen van de grootte van de vangspiegel, de offset van de vangspiegel en de verlichting van het beeldveld, op te vragen bij de auteur, te bereiken via email: [jhm.vangastel@wanadoo.nl](mailto:jhm.vangastel@wanadoo.nl) of op adres: Estrikweg 23, 1272 AM Huizen