

Hoe groot moet mijn vangspiegel zijn?

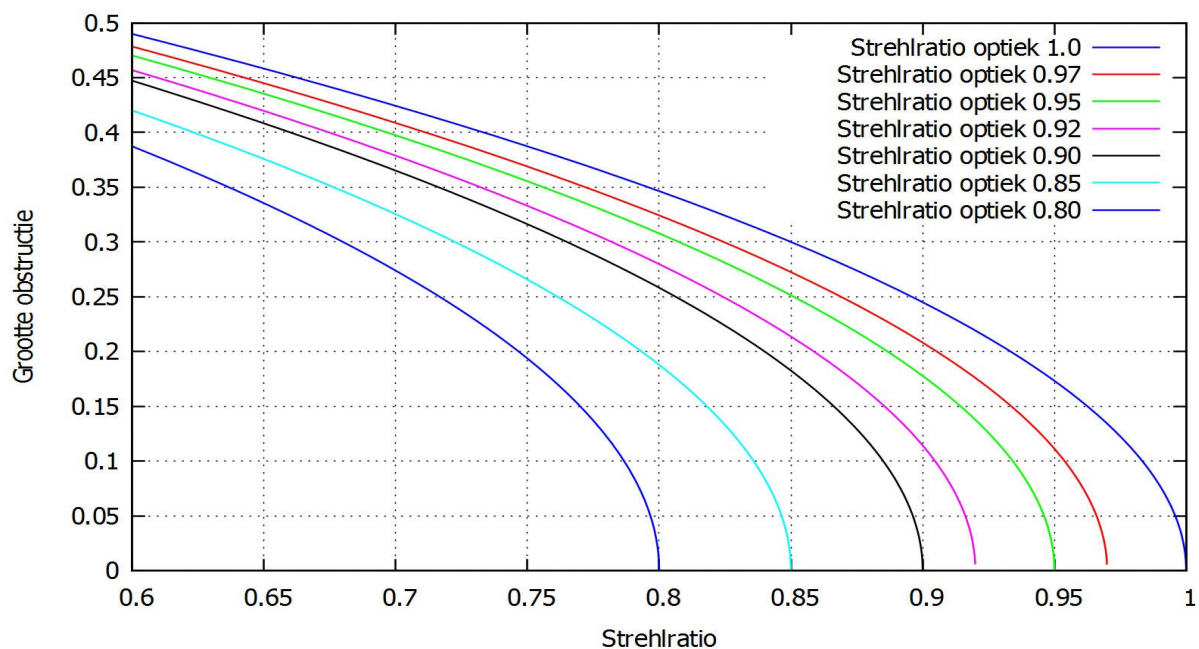
Jan van Gastel

Het door de amateur meest gebouwde type telescoop is de Newton-telescoop. Misschien wel de meest gestelde vraag van zelfbouwers van Newton-telescopen is: hoe groot¹ moet mijn vangspiegel zijn? Hierop is echter niet een, voor alle situaties geldend antwoord te geven. Het hangt er maar vanaf wat je met de telescoop wilt gaan waarnemen: planeten, diepskyobjecten of beide. Belangrijk in dit verband is ook de kwaliteit van de optiek.

De achtergrond van de vraag is vaak dat men de vangspiegel zo klein mogelijk wil houden, omdat een obstructie (obstakel) in de lichtweg ten koste gaat van het contrast, zoals bij albedoformaties op Mars of delicate details in de wolkenbanden van Jupiter. Maar hoe groot is dat verlies aan contrast nou eigenlijk? Moet je de vangspiegel daarom zo klein mogelijk nemen? En wat is groot en wat is klein? En zit er niet meer aan vast?

Contrastverlies

Inderdaad: een obstructie veroorzaakt contrastverlies, vooral in het interessante gebied van de weinig scherpe contrasten en de min of meer vloeiende overgangen. Er zijn tabellen en figuren te over die dat aantonen (zie bijv. Rutten en Van Venrooij, 1999; Suiter, 1994). Of dat verlies in beeldkwaliteit ook altijd (goed) te zien is, hangt mede van een aantal andere factoren af, waarvan een van de belangrijkste de kwaliteit van de spiegels is. Optische fouten (bv. sferische aberratie) en het effect van een obstructie, aldus Rutten en Van Venrooij en Suiter, tellen als het ware op tot een totaal fout². Een spiegel die zonder enige fout geslepen is, kan dus een grotere obstructie verdragen zonder dat verlies aan contrast zichtbaar wordt dan een spiegel met sferische aberratie met dezelfde obstructie. Voorts moeten we er rekening mee houden dat slecht scherpstellen en suboptimale collimatie hun effect hebben op de beeldvorming.



Figuur 1: De relatie tussen de grootte van de obstructie en de Strehlratio

¹ Waar de grootte van een vangspiegel wordt aangegeven, betreft het steeds de lengte van de korte as.

² Waarmee niet gezegd wil zijn dat het een simpel optelsommetje is.

In figuur 1³ wordt duidelijk gemaakt wat het effect van een obstructie op de Strehlratio⁴ is. Strikt genomen is de term '*Strehlratio*' alleen bedoeld om de kwaliteit van de optiek aan te geven, maar omdat het effect van een obstructie op contrastweergave prima te vergelijken is met een optische fout als sferische aberratie kunnen we, zonder de *fysische werkelijkheid* geweld aan te doen, de obstructie behandelen alsof het een optische fout betreft⁵.

Hoe moeten we figuur 1 nu lezen?

Onderaan, op de X-as, staat de Strehlratio die we wensen voor onze telescoop *inclusief* de obstructie. In de rechter bovenhoek staat de Strehlratio van de optiek alleen, dus *exclusief* de obstructie. Op de Y-as staat de grootte van de obstructie in relatie tot de diameter van de hoofdspiegel waarop we uit komen, als we voor een telescoop met een een Strehlratio uit de rechter bovenhoek willen uitkomen op een bepaalde Strehlratio *inclusief* de obstructie.

Stel nu, je hebt ideale optiek, met een Strehlratio van 1.0, kijk dan naar de blauwe lijn, die *rechts onderaan* begint en uitkomt *links bovenaan*. De interpretatie gaat dan als volgt: wil je voor deze telescoop, dus met een optiek van Strehlratio 1.0 ook *niet lager* uitkomen dan 1.0, dan mag je helemaal geen obstructie nemen. Wil je bijvoorbeeld niet lager uitkomen dan op een Strehlratio van minimaal 0.95, dan kijk je waar de stippellijn die vanaf 0.95 op de X-as omhoog gaat, de blauwe lijn voor Strehlratio 1.0 snijdt. Dat is bij een obstructie van ongeveer 0.17 (17% van de diameter van de hoofdspiegel), zoals we van de Y-as kunnen aflezen. Nog een voorbeeld. Stel je hebt een telescoop met Strehlratio 0.90 optiek en je wilt niet onder de 'diffraction limited' limiet⁶ van 0.80 uitkomen *inclusief* de obstructie. De Strehlratio van 0.90 voor de optiek wordt volgens de legenda in de rechter bovenhoek aangegeven door de zwarte lijn. We volgen deze zwarte lijn, tot het snijpunt van de stippellijn die van de waarde 0.80 op de X-as omhoog gaat en lezen dan op de Y-as af dat we een obstructie mogen gebruiken van maximaal ongeveer 25%. Als laatste voorbeeld een telescoop met optiek met een Strehlratio van 0.85, dus net boven de diffraction limited limiet. Bij het snijpunt van de lichtblauwe lijn die op de X-as begint bij 0.85, met de stippellijn die vanaf 0.80 omhoog gaat, lezen we op de Y-as af dat de maximale grootte van de obstructie om niet onder de 0.80 uit te komen, ongeveer 18% van de diameter van de hoofdspiegel mag zijn.

Regelmatig gehoorde uitspraken als 'een obstructie kleiner dan 20 of 25% is niet nodig, want het verschil zie je toch niet' kunnen op grond van het bovenstaande dus enigszins genuanceerd worden. Of deze uitspraak waar is, hangt af van de kwaliteit van het hart van de telescoop: de spiegel. Of het onderscheid tussen goede en uitstekende telescopen in de praktijk te maken is door een waarnemer zal ongetwijfeld mede van diens ervaring en deskundigheid afhangen. Er is, zoals Rutten en Van Venrooij melden, geen consensus in de literatuur over het formaat waarbij het effect van de obstructie in de waarneempraktijk zichtbaar wordt. Schattingen lopen uiteen van 10%, 20% tot zelfs 25 à 30% van de diameter van de hoofdspiegel. Ongetwijfeld zal de kwaliteit van de hoofdspiegel bij zulke oordelen een rol spelen: wat bij een zeer goede spiegel niet zichtbaar is, kan bij een matige spiegel de kwaliteit van het beeld al goed verstoren.

³ Gemaakt met behulp van formule 62 uit Sacek, zie literatuur 6.

⁴ Zie voor informatie over wat de Strehlratio precies is:

http://members.ziggo.nl/jhm.vangastel/Astronomy/artikelen.htm#pv_rms_strehl

⁵ Zie hiervoor het artikel '*De Telescoop, de Strehlratio en de Obstructie*', te downloaden vanaf

<http://members.ziggo.nl/jhm.vangastel/Astronomy/artikelen.htm#obstructie>

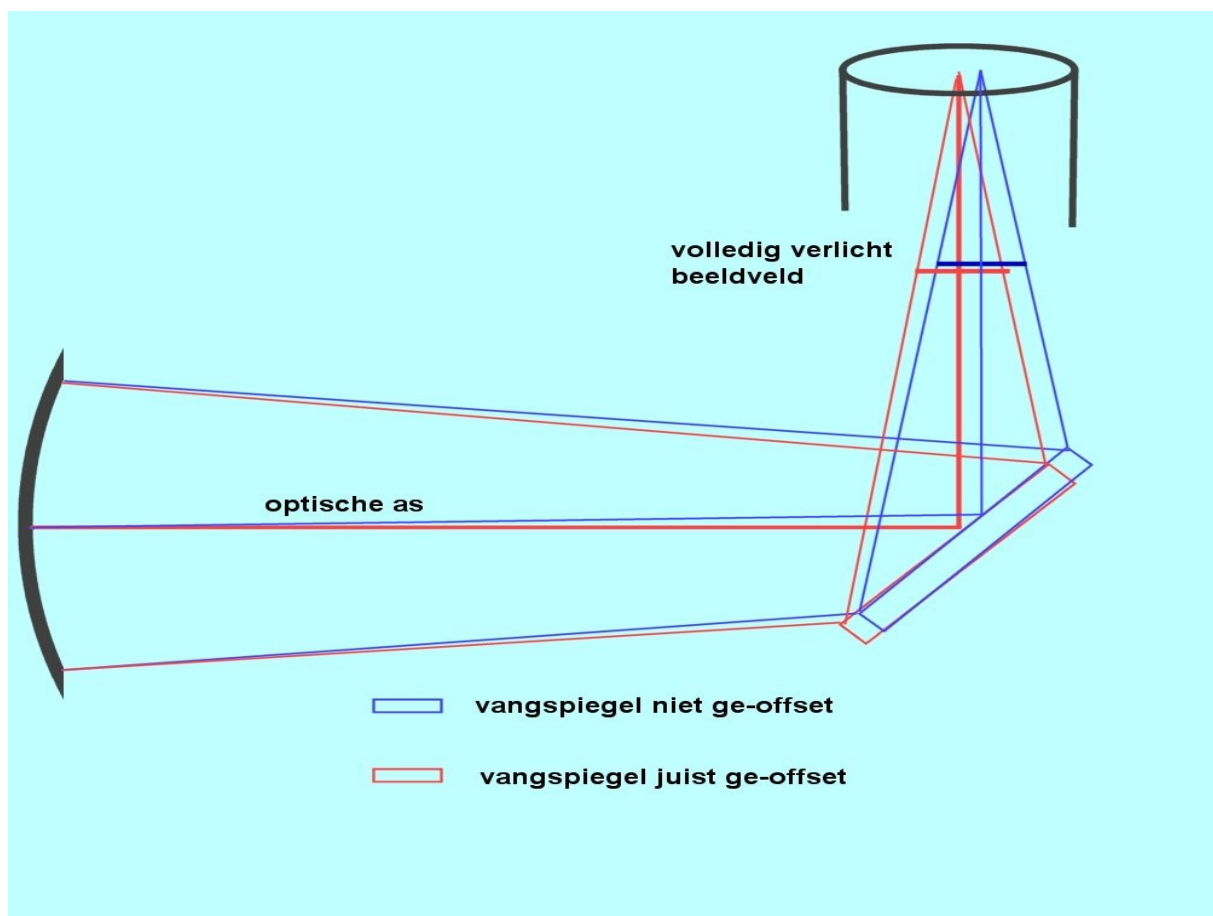
⁶ Ook de diffraction limited limiet zoals die vaak wordt opgegeven in advertenties, slaat alleen op de optiek. Het is echter voor de prestatie van de telescoop wel belangrijk het effect van de obstructie mee te nemen. Zie ook hiervoor het in de voetnoot hierboven vermelde artikel.

In de praktijk moeten we er van uitgaan dat perfecte spiegels zo goed als niet voorkomen. Zeker niet waar het gaat om spiegels voor amateur-telescopen. In zeer veel gevallen, zeker gezien het beperkte budget van veel doe-het-zelvers, zullen de spiegels vallen in de categorie waarin een obstructie van maximaal zo'n 20% noodzakelijk is om de telescoop de kwalificatie 'goed' te kunnen geven. Willen we ons streven naar een uitstekende telescoop niet opgeven, dan is het in veel gevallen belangrijk om de obstructie indien mogelijk nóg kleiner te maken. Spiegels met een nauwkeurigheid van 0.95 Strehlratio of beter waarbij een 20% obstructie nog een zeer goede telescoop oplevert, zijn niet dik gezaaid en vrij duur. Alvorens concreet over de grootte van vangspiegels te gaan praten, zullen we eerst laten zien dat de grootte van een vangspiegel niet op zichzelf staat, maar afhankelijk is van een aantal andere kenmerken van een telescoop. Daarvoor gebruiken we ter illustratie figuur 2.

Belangrijke variabelen

In figuur 2 zijn de variabelen die van invloed zijn op de grootte van de vangspiegel samengevat. Het betreft de volgende variabelen:

1. De grootte van het gewenste volledig verlichte beeldveld.
2. De brandpuntsafstand van de hoofdspiegel.
3. De plaats waar de stralen die worden teruggekaatst door de hoofdspiegel worden onderschept door de vangspiegel. Deze afstand kan men met name beïnvloeden door de keuze van de (lengte van de) focusseerinrichting.
4. De diameter van de hoofdspiegel



Figuur 2: Enkele kenmerken van een Newtontelescoop

Het volledig verlichte beeldveld

De grootte van de vangspiegel is afhankelijk van keuzen die we ten aanzien van de andere variabelen maken. Een uitspraak als: 'bij een grote brandpuntsafstand van de hoofdspiegel kan de vangspiegel kleiner worden gekozen' gaat daarom ook alleen maar op indien alle andere variabelen hetzelfde blijven. Het volledig verlichte beeldveld is dat gedeelte van het beeldveld (brandvlak) dat licht *van de gehele hoofdspiegel* ontvangt. Dat kan op de volgende manier zichtbaar worden gemaakt. Kijk met één oog door de focusseerinrichting zonder dat er een oculair in zit. Houd je oog daarbij op de plaats waar normaal het beeldveld zich bevindt, dus niet verder van of dichterbij de vangspiegel. Begin precies in het midden van het beeldveld, op de optische as. In elk geval hoor je dan de gehele hoofdspiegel net te kunnen zien. Ga dan iets verder naar de rand van het beeldveld en kijk of je nog steeds de gehele hoofdspiegel kunt zien. Zo kun je als het ware met je oog een cirkel in het beeldveld beschrijven, waarbinnen je nog net de gehele hoofdspiegel kunt zien. Dat is het volledig verlichte beeldveld.

Als je alleen precies vanaf de optische as (on-axis) de gehele spiegel kunt zien, is het volledig verlichte beeldveld niet meer dan een punt. Kun je vanaf de rand van het beeldveld nog steeds de gehele hoofdspiegel zien, dan is het gehele beeldveld volledig, ofwel 100% verlicht. Een minimumeis voor alle telescopen is, dat het beeldveld precies op de optische as volledig verlicht moet zijn. Alleen dan gebruik je de gehele spiegel en kun je gebruik maken van het oplossend vermogen van de totale spiegel.

Hoe groot moet het 100% verlichte beeldveld zijn? In Rutten en Van Venrooij wordt gesproken over 10 millimeter voor visueel waarnemen. Volgens Peters en Pike (1977) kan voor algemeen gebruik worden volstaan met een zeer minimaal volledig verlicht veld, zolang aan de rand van het beeldveld de verlichting maar niet meer dan 0,5 magnitude lager uitkomt dan op de optische as. In kijkerbouwkringen wordt vaak uitgegaan van de 70% grens als minimum verlichting voor de rand van het beeldveld, hetgeen een magnitudeverlies van 0,38 oplevert. Dit zijn echter vrij algemene uitspraken die niet voor elke telescoop in dezelfde mate op hoeven te gaan. Waar men de grens legt, hangt af van het doel waarvoor men de telescoop wenst te gebruiken. Het volledig (100%) verlichte beeldveld wordt berekend met formule 2. De mate van verlichting op een bepaalde afstand van de optische as (off-axis verlichting) wordt berekend met formule 6 en de daarmee gepaard gaande afname in magnitude met formule 7.

Het volledig verlichte beeldveld is een deel, variërend van 0-100%, van het totale beeldveld. Het totale beeldveld in millimeters wordt berekend met formule 4. Aan de afmeting van het totale beeldveld, uitgedrukt in millimeters, is echter een grens, ook al kan de formule een grotere uitkomst geven dan die grenswaarde. Die grens wordt bepaald door de (inwendige) diameter van het gebruikte oculair. Voor een oculair met een diameter van 1,25 inch ligt die grens ongeveer bij een straal van 14 millimeter. Voor een 2 inch oculair ligt het maximum bij een straal van ongeveer 23,5 millimeter. Dit zijn dan tegelijk ook de grenzen van het volledig verlichte beeldveld. Het beeldveld kan behalve in millimeters ook in graden worden berekend (formule 5). Bij eenzelfde grootte van het beeldveld in millimeters kan een telescoop een groter of kleiner beeldveld in graden hebben. Dit is afhankelijk van de brandpuntsafstand van de telescoop.

De brandpuntsafstand van de hoofdspiegel

Stel je hebt twee spiegels van 305 mm doorsnee, een met een brandpuntsafstand van 1220 mm (een F/4) en een met een brandpuntsafstand van 2440 mm (een F/8). Die worden, om er een telescoop van te maken, allebei in een even brede buis geplaatst. Als ook nog dezelfde focusseerinrichting wordt gebruikt, zal de afstand tussen vangspiegel en brandpunt voor beide telescopen gelijk zijn. De afstand van de hoofdspiegel tot de vangspiegel echter, is bij de F/8

telescoop twee maal zo groot. De lichtbundel zal daarom op de plaats waar die door de vangspiegel wordt onderschept, voor de F/8 een stuk smaller zijn dan de bundel van de F/4 op de plaats waar die wordt onderschept. Bij gelijk blijven van alle andere variabelen zal de vangspiegel van de F/8 daarom kleiner kunnen zijn dan die van de F/4.

De afstand van de vangspiegel tot het beeldveld

Bij een grotere afstand vangspiegel-brandvlak (en verder gelijk blijvende waarden) zal de lichtbundel die van de hoofdspiegel komt op een plek dichterbij de hoofdspiegel onderschept moeten worden, waardoor de vangspiegel groter moet zijn. In alle voorbeelden in dit artikel wordt een afstand van 285 mm aangehouden.

De hoofdspiegel

De grootte van de hoofdspiegel is vaak de eerste keuze die men maakt. Het formaat hiervan hangt vaak af van de hoeveelheid geld die men aan de telescoop wil besteden. De optiek is immers het duurst en hoe groter de spiegel en hoe beter de kwaliteit, hoe duurder. Maar ook datgene wat men wil waarnemen speelt een rol bij de keuze. Met name voor het waarnemen van deepsky objecten is een grote spiegel belangrijk. Hoe meer licht, hoe meer lichtzwakke objecten binnen ons bereik komen. In dit artikel gaan we steeds uit van een hoofdspiegel met een middellijn van 12 inch ofwel 305 millimeter.

Wat wil men waarnemen

Het doel waarvoor men de telescoop wil gebruiken is de belangrijkste variabele in het bepalen van de grootte van het volledig verlichte beeldveld en daarmee van de uiteindelijke grootte van de vangspiegel. Aan een telescoop die exclusief voor planeten zal worden gebruikt, zal men andere eisen stellen dan aan een telescoop die exclusief voor het waarnemen van deepsky objecten gebruikt zal worden of aan een telescoop die beide doelen in zich verenigt. Een deepskywaarnemer die vooral geïnteresseerd is in uitgebreide zwakke levels of uitgebreide open sterrenhopen of helderheidsschattingen wil verrichten, zal andere eisen stellen dan iemand die voornamelijk kleine planetaire levels wil opsporen. Het belangrijkste verschil zit hem in de noodzakelijke grootte van het volledig verlicht beeldveld.

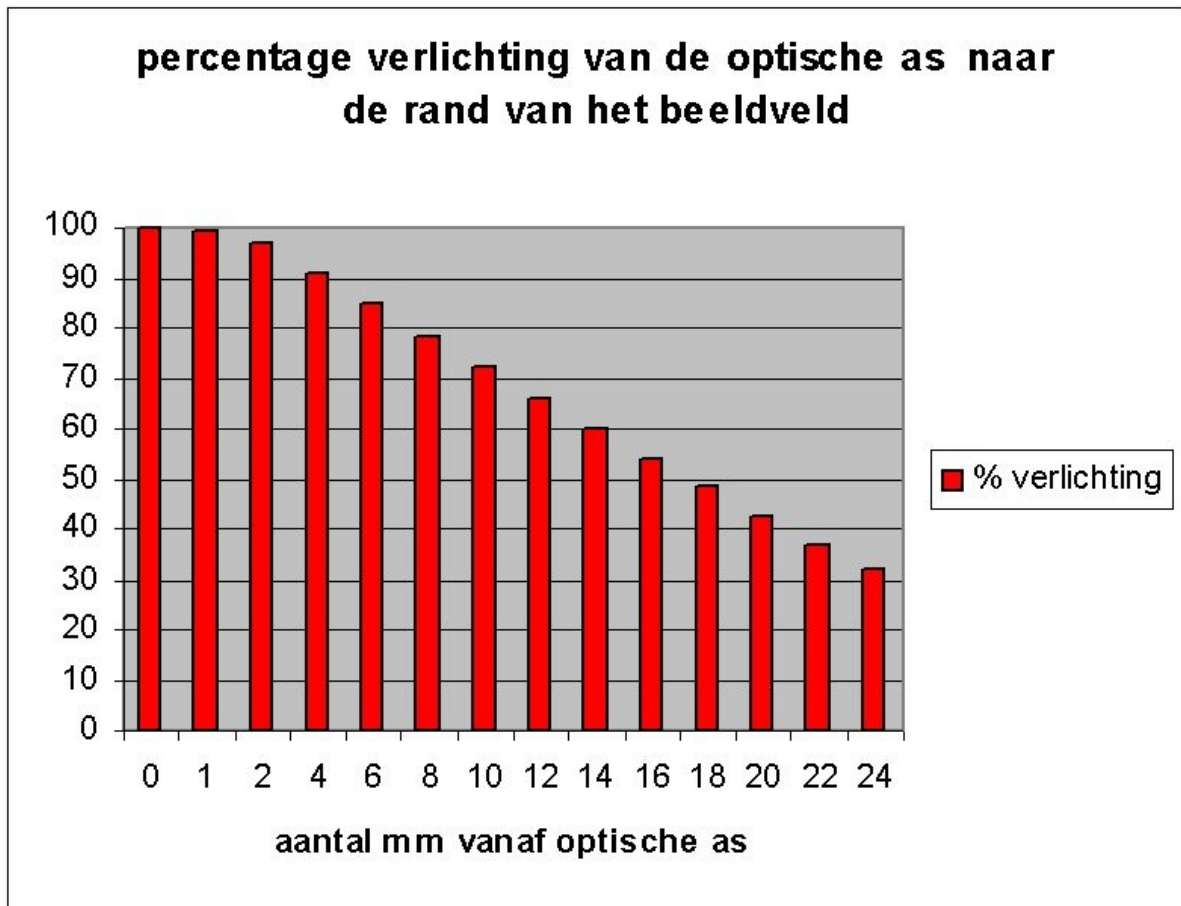
Het gaat hierbij uiteraard om *ideaaltypen*. In de praktijk kunnen we hier, afhankelijk van welk doel we nastreven, van afwijken. Ideaaltypen zijn echter erg handig om duidelijk te maken welke keuzen we kunnen maken en welke consequenties die hebben.

De planetaire telescoop

De schijnbare afmeting van een planeet is klein. Daarbij zijn de planeten (op Pluto na) helder in vergelijking tot de meeste sterren en zeker in verhouding tot de meeste uitgebreide deepskyobjecten. Laten we eens uitgaan van de grootste planeet, Jupiter, op het moment dat die een hoekgrootte heeft van 47 boogseconden. In een 305 mm F/8 telescoop is dat een cirkeltje met een diameter van 0,55 millimeter. Een planeet zetten we om de kwaliteit van het beeld optimaal te doen zijn, precies in het midden, dus als we alleen op de optische as een volledig verlicht beeldveld hebben teneinde de gehele spiegel met het daarbij behorende oplossend vermogen te gebruiken, is het voldoende. De afname in verlichting over de diameter van de planeet is verwaarloosbaar: minder dan 0,01 magnitude⁷.

⁷ Alle berekeningen van de off-axis verlichting bij een bepaald formaat vangspiegel en de figuren 3 t/m 5 zijn gemaakt op basis van formule 6 en 7, met behulp van dit door de auteur vervaardigde Excel [spreadsheet](#).

Als we even bij de F/8 telescoop blijven, zien we (fig. 3) dat een vangspiegel van 36 millimeter diameter voldoende is om aan het hierboven gestelde te voldoen. Gezien de schijnbare afmetingen van planeten is dit daarom het enige criterium waaraan we met een planetaire telescoop hoeven te voldoen. In figuur 3, is op 2 mm afstand van de optische het beeldveld voor 94,7% verlicht. Dit betekent, omgerekend, een verlies van 0,06 magnitude.



Figuur 3: een 305 mm f/8 Newtontelescoop.

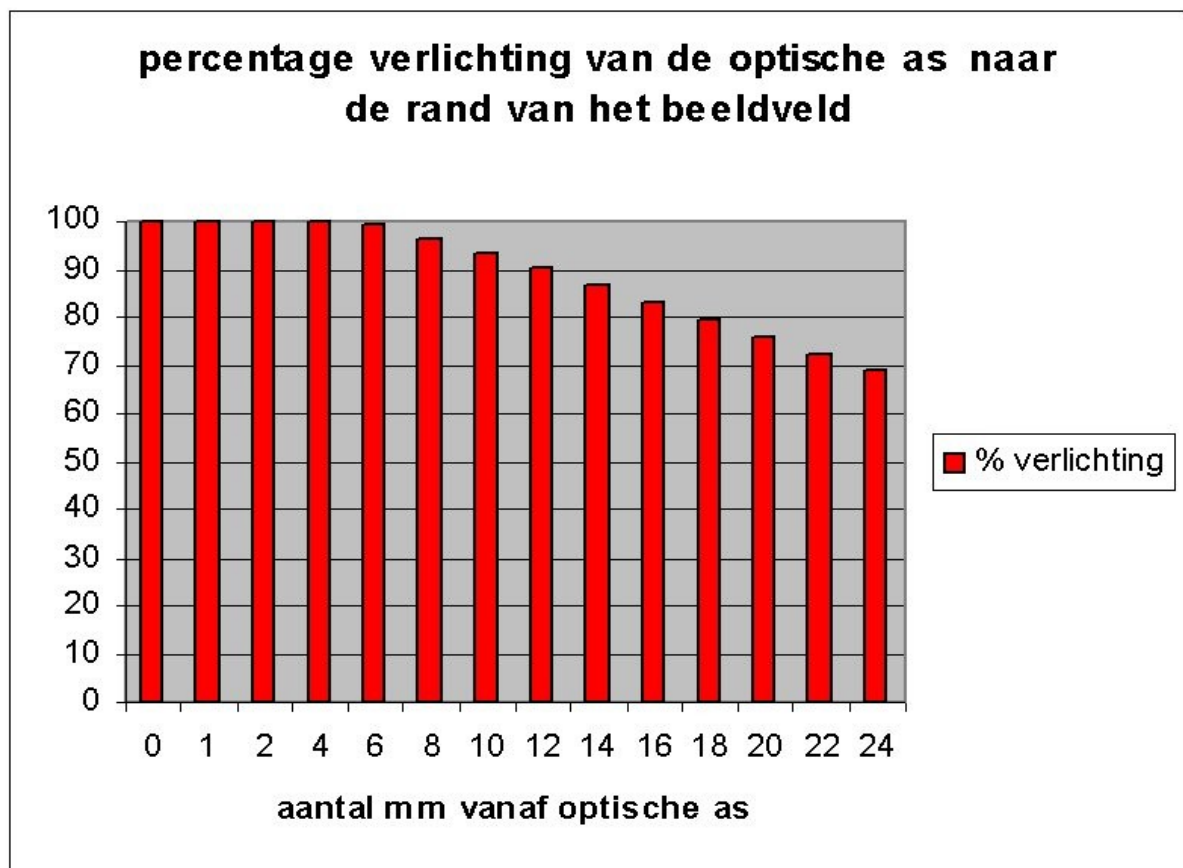
Zelfs met de meest gevoelige ogen is dat niet te zien. In dat deel van het beeldveld (4 mm diameter) passen ruim zeven Jupiters. Zelfs als we er niet in slagen om Jupiter precies in het midden van het beeldveld te houden, zal dat aan de mate van verlichting niet te zien zijn. Voor de maan geldt eigenlijk hetzelfde. Ook al is de maan uitgebreider dan Jupiter: zelden kijken we naar de gehele (volle) maan, meestal wordt slechts een klein gebiedje op de maan midden in het beeldveld gezet om dat met gemiddelde tot hoge vergroting aan een nauwkeurig onderzoek te onderwerpen. En zelfs als we een groter gebied van de maan willen bekijken is deze dermate fel verlicht dat een klein verlies aan licht geen enkele negatief effect op het waarnemen zal hebben.

In een F/5 telescoop zouden we om alleen het centrum van het beeldveld 100% te verlichten een vangspiegel van 57 mm moeten monteren. Voor een F/10 systeem daarentegen, zou een vangspiegel van ongeveer 30 mm voldoende zijn. Maar zo'n telescoop zou drie meter lang worden en daardoor vrij onhandelbaar. Het verschil in grootte van de vangspiegel tussen een F/8 en een F/5 systeem: 36 versus 57 millimeter, anders uitgedrukt: 11,8% versus 18,7% van de diameter van de hoofdspiegel, is vrij groot. Voor een planetaire telescoop loont het dus, als men naar een *excellente* telescoop streeft, zeker de moeite om het bouwen van een telescoop met relatief grote brandpuntsafstand te overwegen.

De deepsky-telescoop

Ook voor deepskywaarnemingen hoeft het volledig verlicht beeldveld niet erg groot te zijn. Ook hier hebben we voldoende aan het voor een planetaire telescoop geldende criterium: minstens op de optische as een verlichting van 100%. Maar omdat deepskyobjecten vaak veel uitgebreider zijn en veel minder helder, moet de verlichting buiten de optische as ook binnen bepaalde grenzen blijven. Een vrij algemeen gehanteerd uitgangspunt onder deepskywaarnemers is, dat de verlichting bij het waarnemen van deepskyobjecten naar de rand van het beeldveld toe mag dalen dan 70% van het totaal, zonder negatieve effecten op het waarnemen van de objecten. Daar het te bekijken beeld steeds zo goed mogelijk in het centrum van het beeldveld zal worden geplaatst, speelt de rand van het beeldveld bij het waarnemen in veruit de meeste gevallen geen rol. In situaties waarin dit wel zo is, misschien bij het doen van helderheidsschattingen en het bestuderen van zeer uitgebreide, zwakke nevels bij lage vergrotingen, moet uiteraard een andere uitgangspunt gehanteerd worden en kan het volledig verlichte beeldveld naar believen groter worden gekozen.

Met deze 70%-eis hebben we voor het waarnemen van deepskyobjecten dus naast de eis dat er altijd *enig 100% verlicht beeldveld* moet zijn, hoe klein ook, *een extra criterium* vastgesteld. Laten we hier eens met de F/8 telescoop aan proberen te voldoen. Het maximale beeldveld dat we met deze telescoop met een groothoek (68 graden schijnbaar beeldveld) 2 inch diameter oculair en een uittrepupil van 7 mm hebben, is 23,5 millimeter. Daar moet dus de 70%-grens liggen. Dat halen we met een vangspiegel van 58 mm. Dat is 19% van de diameter van de



Figuur 4: een 305 mm f/5 Newtontelescoop.

hoofdspiegel. Het 100% verlichte beeldveld heeft dan een straal van ongeveer 12 mm. Dat is, aldus het eerste criterium, niet nodig, maar kan natuurlijk ook geen kwaad. Zo'n F/8 zou dus een prima deepsky-telescoop zijn. We kunnen ook een telescoop nemen met een kortere brandpuntsafstand, bijvoorbeeld een F/5 (fig. 4). Het maximale beeldveld voor een uittreepupil van 7 mm is dan iets minder dan 21 millimeter. Om aan de beide criteria te kunnen voldoen, komen we dan uit op een vangspiegel van ongeveer 63 millimeter. Dat is 20,6% van de diameter van de hoofdspiegel. Ook hier is overigens, doordat we het maximale beeldveld als uitgangspunt nemen, meer dan alleen het centrum van het beeldveld 100% verlicht. Zouden we genoeg nemen met een 1,25 mm oculair met een beeldveld van maximaal 14 mm, dan zou een vangspiegel van 57 mm (18,7% van de diameter van de hoofdspiegel) groot genoeg zijn. In tegenstelling tot hetgeen bij de planetaire telescoop het geval was, is het verschil in formaat vangspiegel tussen de F/8 en de F/5 gering: 19% versus 20,6% van de diameter van de hoofdspiegel. Zouden we beide telescopen naast elkaar zetten, zou het verschil niet te zien zijn. Zonder concessies te doen aan de beeldkwaliteit, kunnen we hier dus gemakkelijk kiezen voor een goed handelbare f/5 telescoop met een lengte van slechts ruim anderhalve meter.

Uitersten

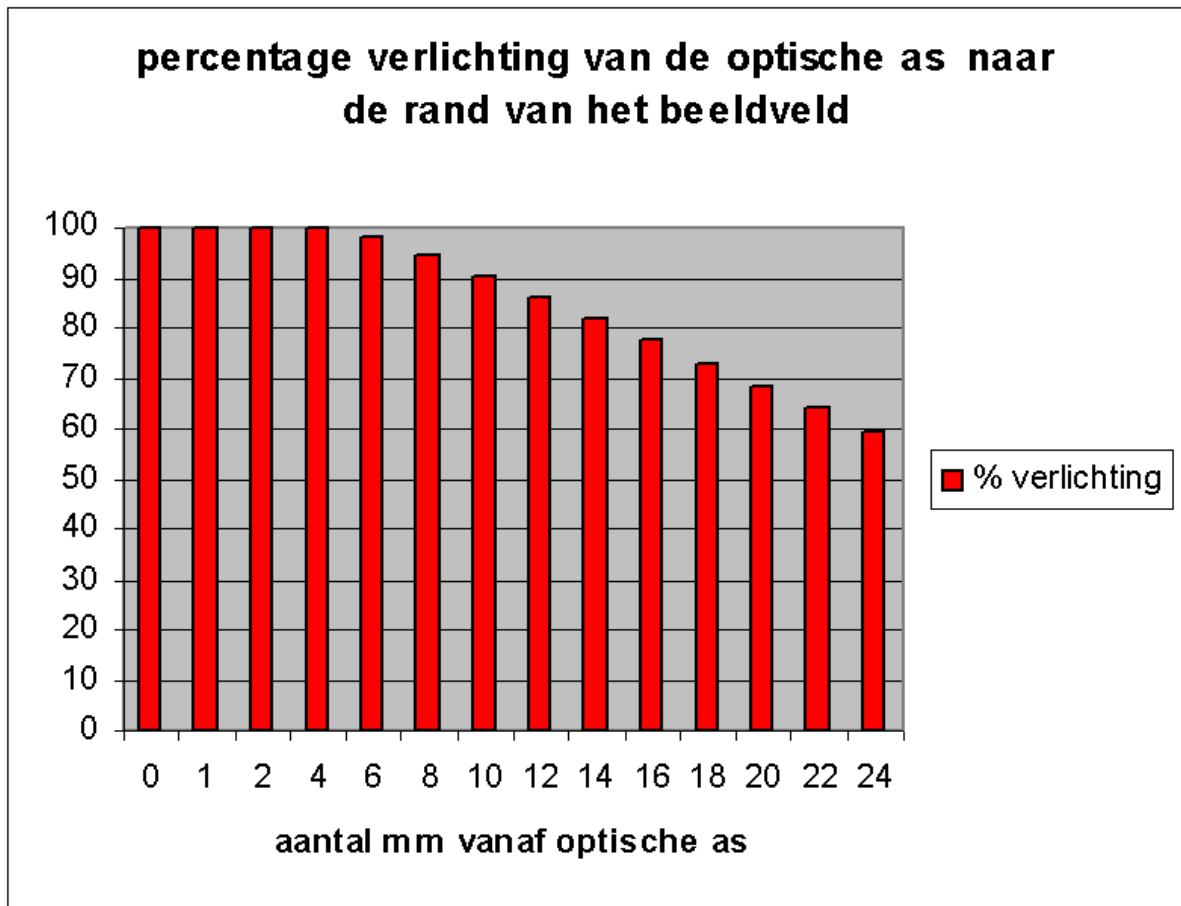
Net zoals we bij een planetaire telescoop zouden kunnen kiezen voor een F/10, kunnen we voor deepsky besluiten een F/4 telescoop te bouwen. De vangspiegel zal, indien we aan prestaties hetzelfde eisen als van de F/5, ongeveer 72 mm moeten zijn. Aan de rand van het beeldveld hebben we dan nog bijna 80% verlichting, dus dat zou nog omlaag kunnen. Doch als we de vangspiegel kleiner maken, komt de andere eis in het gedrang en is er geen volledig verlicht beeldveld meer. Een vangspiegel van 72 mm heeft een diameter van 23,6% van de hoofdspiegel. Het verschil is dus een stuk groter dan het verschil in het minimum formaat vangspiegel tussen de F/8 en de F/5 telescoop.

Die 23,6% gaat aardig in de richting van de 25% waarbij de achteruitgang in beeldkwaliteit echt zichtbaar wordt, zeker bij een spiegel van wat mindere kwaliteit. Bovendien neemt de off-axis vertekening door off-axis coma bij een F/4 al grotere vormen aan dan bij een F/5 het geval is. Wie dat storend vindt – en nogal wat mensen vinden dat – zal een comacorrector moeten gebruiken, wat een extra investering vergt. De handelbaarheid van de F/4 telescoop door de geringere lengte (1,25 meter versus 1,55 meter ongeveer) is ook niet veel groter. De keuze voor een F/4 ligt dan ook niet voor de hand. Dit kan overigens bij grotere spiegels (50 cm of meer) wel het geval zijn, omdat daarbij handelbaarheid, waarneemgemak en vervoerbaarheid belangrijke overwegingen worden. Grote spiegels (45 cm en groter) met een openingsverhouding van minder dan 4, zijn tegenwoordig dan ook geen uitzondering meer en er zijn zelfs spiegelmakers (Steve Kennedy, Mike Lockwood) die zich in het maken van deze 'snelle' spiegels specialiseren.

Compromissen

Als men met dezelfde telescoop deepsky en planeten wil kijken zijn goede compromissen mogelijk. Neem bijvoorbeeld een F/6 telescoop (figuur 5). Met een vangspiegel van 49 mm (16% van de diameter van de hoofdspiegel) wordt dan aan de eerste eis (minimaal 100% verlicht beeldveld) voldaan. Gebruikt men uitsluitend 1,25 inch oculairs, dan is aan de rand van het beeldveld (straal 14 mm) de verlichting 70%, waarmee ook aan de extra eis voor het waarnemen van deepskyobjecten voldaan is. Wil men echter 2 inch oculairs gebruiken, waardoor het beeldveld met een oculair met 68 graden schijnbaar beeldveld en met een uittreepupil van 7 mm maximaal is (straal 23,5 mm.), dan zou de verlichting met deze vangspiegel aan de rand van het beeldveld zijn gedaald tot 50% en dat is te weinig. We hebben, om ook aan de 70% eis te voldoen, dan een vangspiegel van 61 mm, ofwel 20% van

de diameter van de hoofdspiegel nodig. Aan u de keuze. Bent vooral geïnteresseerd in het waarnemen van zeer uitgebreide nevels en sterrenhopen bij de laagst mogelijke vergroting en kiest u daarom voor het maximale beeldveld van een 2 inch oculair, dan kiest u daarmee voor een grotere vangspiegel dan wanneer u genoeg neemt met het kleinere beeldveld van een 1,25 inch oculair.



Figuur 5: 305 mm f/6 Newtontelescoop

Contrastweergave

We zijn steeds uitgegaan van de stelling dat voor het doel waarvoor we de telescoop willen gebruiken een zo klein mogelijke obstructie wenselijk is. Maak daarbij niet de vergissing dat goede contrastweergave alleen voor planeten noodzakelijk is: ook veel diepskyobjecten kennen contrastverschillen, vaak zelfs nog subtieler dan planeten en ook daarvoor is een telescoop nodig die dit contrast zo goed mogelijk reproduceert. Anders dan bij planeten hebben we hier echter vaak te maken met uitgebreide objecten, waardoor aan de off-axis verlichting een extra eis wordt gesteld: 70% verlichting aan de rand van het beeldveld. En zelfs voor minder uitgebreide objecten zoals sterrenstelsels en planetaire nevels is dit criterium zinvol. Bij het zoeken van kleine zwakke objecten zullen namelijk deze zelden meteen centraal in het beeldveld verschijnen, zeker als deze objecten al ‘starhoppend’ worden opgespoord. En het zou zonde zijn ze over het hoofd te zien door de teveel concessies te doen aan de off-axis verlichting. Er zijn zelfs mensen die daarom pleiten voor volledig verlicht totaal beeldveld, maar naar mijn gevoel is dit onnodig en ook onwenselijk, daar men dan al snel op vangspiegels uitkomt van meer dan 25% van de diameter van de hoofdspiegel, waarbij

verlies aan contrast steeds beter merkbaar wordt⁸. Wel kan een 100% verlichting van het gehele beeldveld voor bepaalde specialismen, zoals het doen van helderheidsschattingen noodzakelijk zijn, daar de vergelijkingsster niet altijd vlak naast het te schatten object nabij het midden van het beeldveld zal staan. Het maximale beeldveld waarbij de schattingen worden gedaan zal dan ook 100% verlicht moeten zijn. Dit onderstreept het feit dat het doel waarvoor de telescoop zal worden gebruikt uiteindelijk bepalend moet zijn voor de keuze van het formaat van de vangspiegel.

⁸ Voor diepskyobjecten is deze contrastverlaging echter veel minder goed waar te nemen, omdat de resolutie en de contrastgevoeligheid van onze ogen voor hele lichtzwakke objecten in een donkere omgeving heel laag zijn. We kunnen hier dus wat voor een 'diepskytelescoop' beduidend relaxter mee omgaan.

Formules

Formule 1: berekening van korte as vangspiegel in mm, bij bekende grootte volledig verlicht beeldveld

$MA=b+(D-b)/F$, waarin:

MA=korte as vangspiegel, b=volledig verlicht beeldveld in mm, D=diameter hoofdspiegel, F=brandpuntsafstand hoofdspiegel en L=afstand vangspiegel-brandpunt.

Er zijn ingewikkelder formules die nog nauwkeuriger zijn, maar deze is nauwkeurig genoeg. De ingewikkelder (volledige) formules en afleidingen daarvan worden behandeld door Suiter en Nagel (zie literatuur). Hier wordt ook de zgn. "offset" van de vangspiegel behandeld. 'Offset' wil zeggen, dat de vangspiegel niet precies in het midden van de breedte van de telescoopbuis wordt geplaatst, maar enkele millimeters uit het midden, in de richting 'weg van de focusser'. Men doet dat, om het volledig verlichte deel van het beeldveld goed in het beeldveld te centreren.

Formule 2: berekening van het volledig verlichte beeldveld in mm, bij bekende grootte van korte as vangspiegel

Het volledig verlichte beeldveld (b) in millimeters kan als volgt worden berekend:

$$b=((MA * F)-(L * D))/(F-L)$$

Formule 3: berekening van het volledig verlichte beeldveld in graden (bg)

$bg=(b/F) * (180/\pi)$, waarin:

b=uitkomst formule 2.

Formule 4: berekening van de grootte van het totale beeldveld in millimeters (B):

$B=(Fo * Bo)/(180/\pi)$, waarin:

Fo=brandpuntsafstand oculair (in mm.)

Bo=schijnbaar beeldveld oculair (in graden)

Formule 5: berekening van het totale beeldveld in graden (Bg):

in graden:

$$Bg=Bo/(F/Fo).$$

Formule 6: berekening verlichting off-axis beeldveld (Peters and Pike, 1977)

$$Illum=(\cos(A)-X*\sqrt{1-A^2})+R^2*\cos(C))/\pi,$$

Waarin:

$$R=(MA * F)/(L * D)$$

$$X=(2 * OR) * (F-L)/(L * D)$$

$$A=(X^2+1-R^2)/(2 * X)$$

$$C=(X^2+R^2-1)/(2 * X * R)$$

Waarin:

OR=afstand vanaf centrum beeldveld

Formule 7: vermindering in magnitudebereik op bepaalde afstand vanaf centrum beeldveld

$$\text{Magdrop} = 2.5 * \log(1/Illum)$$

Literatuur

1. Rutten en Van Venrooij: Telescope Optics: a comprehensive manual for amateur astronomers. Willmann-Bell, inc.; Richmond, Virginia, 1999 (vierde druk).
2. Harold Richard Suiter: Star Testing Astronomical Telescopes: a manual for optical evaluation and adjustment. Willmann-Bell, inc., Richmond, Virginia, 1994.
3. William Peters and Robert Pike: The Size of the Newtonian Diagonal; Sky and Telescope, March, 1977, page 220-222.
4. Gary Seronik: Sizing up the Newtonian secondary; Sky and Telescope, August 2000, page 120-122.
5. Jean Texereau: How to make a telescope. Willmann-Bell, inc., Richmond, Virginia, 1984, 2nd edition.
6. Vladimir Sacek: Telescope Optics, op <http://www.telescope-optics.net/>
7. Arie Nagel: Dimensions of a Newton Telescope, op: <http://home.hetnet.nl/~astronet/newton.htm>

Programma's

1. Mel Bartels: <http://www.bbastrodesigns.com/diagonal.htm>
2. Jim Fly: Newtonian design planner: <http://home.earthlink.net/~flyj/designie5.html>
3. Alan Adler: SEC; programma voor het berekenen van de grootte van de vangspiegel. Te downloaden vanaf de Sky and Telescope site: http://skyandtelescope.com/resources/software/article_328_1.asp