

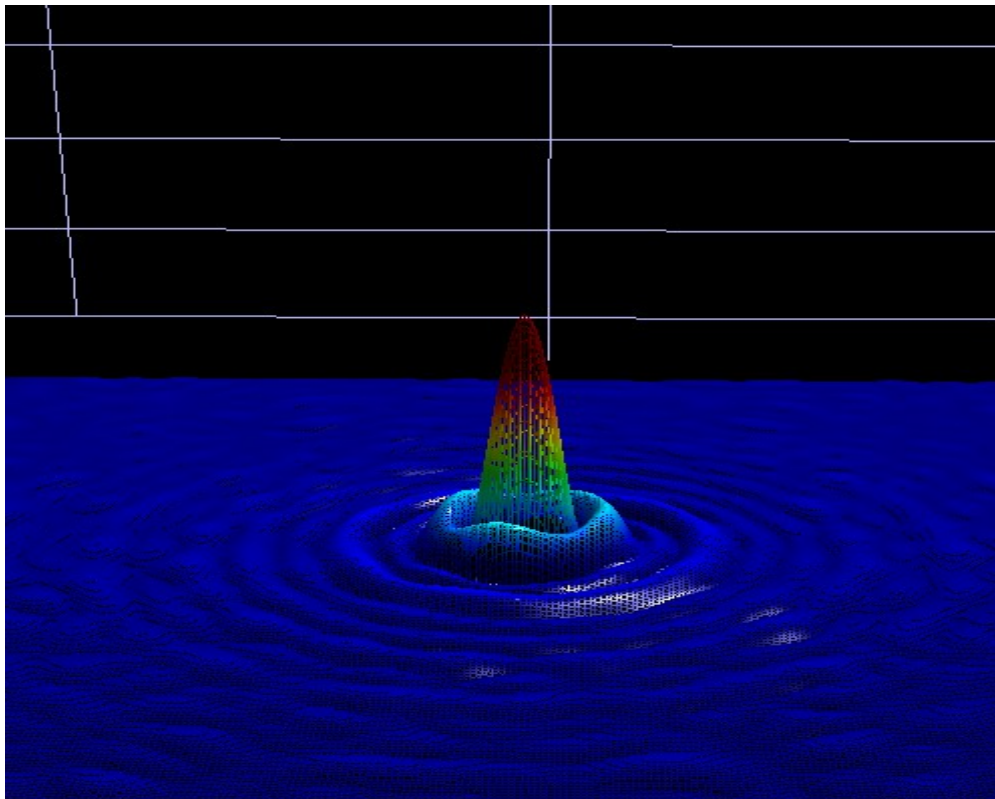
De Telescoop, de Strehlratio en de Obstructie¹

(Jan van Gastel)

Er zijn nogal wat typen telescopen die een spiegel in de lichtweg hebben zitten: *een obstructie*. De bekendste voorbeelden zijn de Newtontelescoop, de Cassegraintelescoop, de Schmidt-Cassegraintelescoop en de Maksutow-Cassegraintelescoop. Een Kuttertelescoop en een refractor zijn bekende voorbeelden van telescopen die geen obstructie in de lichtweg hebben. Een obstructie neemt een klein beetje licht weg. Dat is echter heel weinig en daar gaan we het hier niet over hebben. Een obstructie verlaagt echter ook de contrastweergave van de telescoop en daar gaat dit korte artikel over.

Strehlratio

De kwaliteit van de *optiek* van een telescoop wordt gewoonlijk uitgedrukt met de term 'Strehlratio'. De term 'Strehlratio' is in principe (oorspronkelijk) voorbehouden aan de kwaliteit van de gecombineerde (bij meer dan een optisch element in een telescoop) optiek². Het effect van een obstructie op de beeldkwaliteit bijvoorbeeld, wordt hier niet in meegenomen. De Strehlratio geeft de verhouding aan tussen de theoretisch ideale optiek van een telescoop en de 'optiek met fouten' van eenzelfde telescooptype. Er zijn ook andere maten voor optische kwaliteit, maar de Strehlratio is voor ons doel de meest geëigende maat³. De Strehlratio staat gewoonlijk op rapporten van interferometrische tests van de optiek. Ideale optiek heeft een Strehlratio van 1.0. Je hebt dus een telescoop met een Strehlratio van 1.0 als de optiek van je telescoop helemaal geen fouten bevat, *ongeacht het type telescoop*. Zowel een refractor met ideale optiek als een Schmidt-Cassegrain met ideale optiek, hebben dus een Strehlratio



Figuur 1: airypatroon met centrale piek en ringen (gemaakt met OpenFringe)

1 Met dank aan Ralf Ottow voor zijn commentaar op een eerdere versie.

2 Hoewel hier vaak van afgeweken wordt in publicaties.

3 Zie voor meer informatie het artikel "Peak-to Valley, RMS of Strehlratio ter bepaling van de kwaliteit van een telescoopspiegel? Te vinden op: http://members.ziggo.nl/jhm.vangastel/Astronomy/pv_rms_strehl.pdf

van 1.0. Bij een telescoop zonder fouten in de optiek en zonder obstructie, komt maximaal 84% van de energie in de centrale piek van het airypatroon (figuur 1), de airydisk genaamd, terecht. Meer dan 84% kan niet, want door diffractie gaat de rest naar de diffracteringen buiten de centrale piek. Daar is niets aan te doen, zo werkt het nu eenmaal. In de praktijk is van zo goed als geen enkele telescoop de optiek perfect. Daarom is de Strehlratio zo goed als nooit 1.0, maar bijvoorbeeld 0.95 of 0.80, enzovoort.

Diffraction limited

Als de Strehlratio 0.80 of hoger is, zegt men dat een telescoop '*diffraction limited*'⁴ is. De waarde van 0.80 is dus *het minimum*. Zowel een Schmidt-Cassegraintelescoop als een refractor met een Strehlratio van 0.80 zijn dus diffraction limited, ook al vindt door de obstructie in de SCT *meer diffractie plaats* dan in de obstructieloze refractor. Hoe meer licht uit de airydisk gaat en in de ringen daaromheen terechtkomt, hoe lager het contrast van het beeld dat je ziet. En hoe lager het contrast hoe lastiger het is om subtiele details waar te nemen, vooral op planeten. Het percentage dat de Strehlratio lager is dan 1.0 kun je zien als het percentage contrastverlaging. Een Strehlratio van 0.90 betekent dus een contrastverlaging van 10% ten opzichte van een Strehlratio van 1.0. Bekende foutsoorten in de optiek zijn sferisch aberratie, astigmatisme en coma. Coma ontstaat ook als je je hoofdspiegel niet goed collimeert en astigmatisme kun je ook krijgen door een slechte spiegelophanging, maar het zit dan uiteraard niet in de optiek zelf.

En nu de obstructie

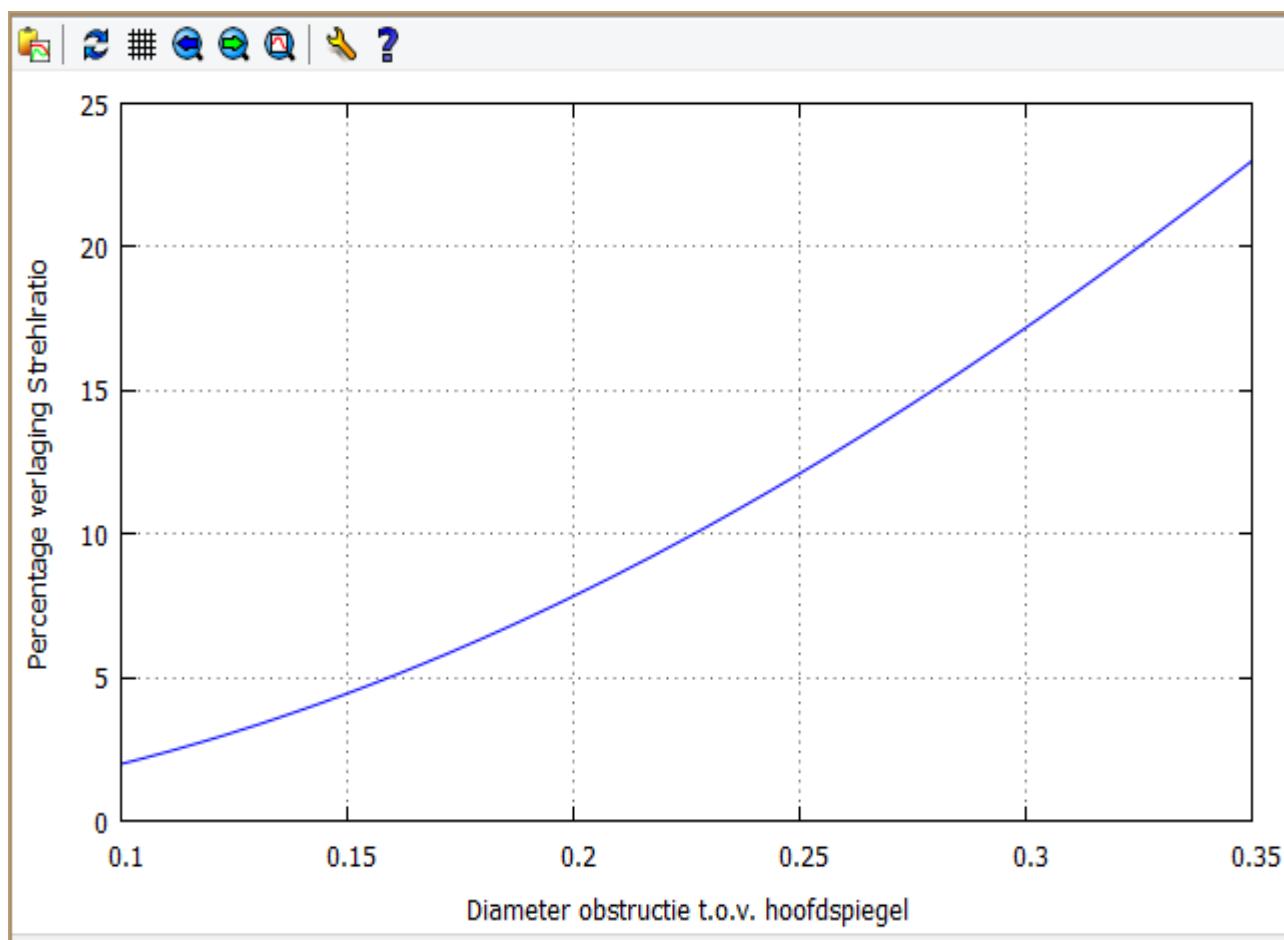
Stel je koopt een *Newtontelescoop* en de optiek (hoofd- en vangspiegel samen) heeft een Strehlratio van 0.80. Is dat dan het hele verhaal? Presteert die Newton dan hetzelfde als een op andere relevante punten vergelijkbare diffraction limited *refractor* met een Strehlratio van 0.80? Nee. Zoals in de eerste alinea van dit artikel al even opgemerkt, *verlaagt ook een obstructie het contrast*. Dat wordt echter, zoals we gezien hebben, niet in de Strehlratio meegenomen. Dat valt buiten de definitie. Het effect van een obstructie op de contrastweergave echter, lijkt heel veel op dat van een optiekfout als sferische aberratie. Een obstructie neemt ook energie weg uit de centrale piek en brengt dat naar de ringen. Vooral naar de eerste, hoogste ring, net als sferische aberratie dat doet. Voor een belangrijk deel is de contrastverlaging door een centrale obstructie dan ook heel goed vergelijkbaar met die van sferische aberratie. Zonder de *fysische werkelijkheid* geweld aan te doen, kun je het effect van een obstructie dus wel behandelen *alsof* het een fout in de optiek is en zeggen dat een obstructie de Strehlratio verlaagt en wel meer naar gelang de obstructie in verhouding tot de hoofdspiegel groter is⁵. Je wijkt dan wel af van de definitie van Strehlratio zoals die oorspronkelijk is bedoeld, maar je krijgt wel een beter beeld van de (potentiële) prestatie van je telescoop. In figuur 2⁶ is dit aanschouwelijk gemaakt.

Stel nu, je Newtontelescoop heeft een obstructie van 25% van de diameter van de hoofdspiegel, dan daalt – als we deze redenering volgen – de Strehlratio daarmee volgens figuur 2 ongeveer 13%. In een telescoop met perfecte optiek zouden we dus in dat geval een Strehlratio van $1 - 0.13 = 0.87$ hebben. Echter: de optiek was niet perfect, maar had een Strehlratio van 0.80. Je houdt in dat geval voor deze Newton een Strehlratio van $0.80 \cdot 0.87 = 0.696$ over. Die 13% vermindering door de obstructie geeft dus een belangrijk verschil in prestatie aan tussen deze Newton en tussen een refractor met een Strehlratio van 0.80. Wil je dat een telescoop met een 25% obstructie vergelijkbaar presteert met een op andere relevante punten vergelijkbare refractor, dan moet de *optiek van die Newton* een Strehlratio hebben van $0.80 / 0.87 = 0.92$. Dit impliceert ook, dat de term '*diffraction limited*' qua prestatie bij een telescoop met obstructie anders uitpakt dan bij een zonder obstructie.

4 In het Nederlands 'buigingsbegrensd'. Ik gebruik de Engelse term, omdat die onder amateurastronomen beter bekend is.

5 Zie ook het internetartikel van Sacek http://www.telescope-optics.net/telescope_central_obstruction.htm

6 Afhankelijk van welke formule gebruikt wordt, kunnen de cijfers in de grafiek enkele procenten anders uitpakken.



Figuur 2: grootte van de obstructie en verlaging Strehlratio

Andere factoren die van invloed zijn

Behalve de kwaliteit van de optiek en de obstructie zijn er natuurlijk andere factoren die de kwaliteit van het beeld kunnen aantasten. We noemden al slechte collimatie. Andere voorbeelden zijn een onjuiste ophanging van de optiek, slecht scherpstellen, slechte seeing, lichaamswarmte die in de lichtweg komt van een open telescoop. Voor zover het effect daarvan vergelijkbaar is met fouten in de optiek, of anders gezegd: *'afwijkingen van het ideale wavefront veroorzaakt'* en je ze op een zinvolle manier kunt meten, kun je die behandelen zoals hierboven met de obstructie is gedaan.

Zijn er ook andere kwaliteitsmaten?

Jazeker. Weliswaar kun je zeggen dat je het percentage dat de Strehlratio lager is dan 1.0 kunt zien als het percentage contrastverlaging, maar je weet niet hoe het contrast en detail precies wordt verlaagd door de verschillende mogelijke invloeden daarop. Dat kun je duidelijk maken met de MTF (Modulatie Transfer Functie). Het behandelen hiervan valt echter buiten het onderwerp van dit artikel.

Kun je met de Strehlratio verschillende telescooptypen met elkaar vergelijken?

Nee, dat kan niet. Er zijn namelijk te veel andere factoren die het verschil tussen telescooptypen, zelfs tussen twee telescopen van hetzelfde type bepalen. Neem bijvoorbeeld een Newton met een hoofdspiegel van 20 en een Newton met een spiegel van 30 cm. Dat is al een verschil wat je met de Strehlratio niet fatsoenlijk meer kunt vatten, ook al rek je de theorie nog zover op.

Meer weten?

Weet je de Stehleratio van je optiek en wil je weten hoe groot je vangspiegel mag zijn om niet onder een bepaalde, gecombineerde Strehleratio te komen? Kijk dan in figuur 1 van het artikel: ['hoe groot moet mijn vangspiegel zijn?'](#) Onder de figuur staat uitgelegd hoe die te interpreteren.

Voor wie meer wil weten over telescoopoptiek, inclusief uitgebreide informatie over obstructies en andere zaken die verlaging van de beeldkwaliteit veroorzaken, kan ik het uitgebreide internetartikel van Vladimir Sacek *'Telescope Optics'* aanbevelen. Het is te vinden op: <http://www.telescope-optics.net/>