

De atmosferische dispersie corrector

Bij het waarnemen van objecten buiten de Aardse atmosfeer treedt een verschijnsel op dat atmosferische dispersie of refractie wordt genoemd. Dit effect, dat met name goed zichtbaar is nabij de horizon, manifesteert zich als een rode rand onder en een blauwe boven de waar te nemen objecten. Dit verschijnsel is met name storend voor het waarnemen van de maan en planeten op hoge resolutie omdat het de fijne detaillering verstoort. Een atmosferische dispersie corrector, hieronder beschreven, corrigeert voor deze verstoring.

Theorie

Wanneer het licht van een object door de atmosfeer van de Aarde wordt waargenomen, zal het gebroken worden omdat de brekingsindex van lucht niet gelijk is aan de brekingsindex van het vacuüm van de ruimte. Het verschil in breking is maar klein, maar het zorgt ervoor dat het licht van het object een gebroken pad aflegt, waardoor het schijnbaar op een andere positie staat. De breking is het sterkst nabij de horizon omdat het licht daar de langste weg door de atmosfeer moet afleggen. In het zenit is er geen dispersie omdat het licht onder een hoek van 90° ten opzichte van de atmosfeer invalt.

De brekingsindex van de atmosfeer is voor verschillende golflengten van licht verschillend. Kortere golflengten van licht worden sterker gebroken dan langere. Aangezien rood licht een langere golflengte heeft dan blauw licht, betekent dit dat rood licht niet in dezelfde mate gebroken wordt als blauw en dus in een iets andere positie wordt gebroken dan blauw licht. In het voorbeeld van een ster betekent dit dat rood licht schijnbaar op een iets andere positie wordt waargenomen dan het blauwe licht. Dit zorgt ervoor dat het waargenomen sterbeeldje als het ware uiteen gerekt wordt in de kleuren van het visuele spectrum. Ook dit is het sterkst waar te nemen nabij de horizon.

De figuur illustreert dit met een opname van de ster Sirius die nabij de horizon (links) gemaakt is. Deze opname laat zien dat de brekingsindex voor verschillende kleuren licht verschillend is. Rood wordt minder sterk gebroken dan blauw licht, waardoor een spectrum ontstaat.



De afbeelding van de Sirius illustreert ook die hinder die wordt ondervonden wanneer hoge resolutieopnamen worden gemaakt zonder voor dit effect te compenseren. Doordat de verschillende golflengten als het ware uit elkaar getrokken worden, vallen fijne planetaire en lunaire details niet exact meer over elkaar heen, wat leidt tot resolutie verlies.

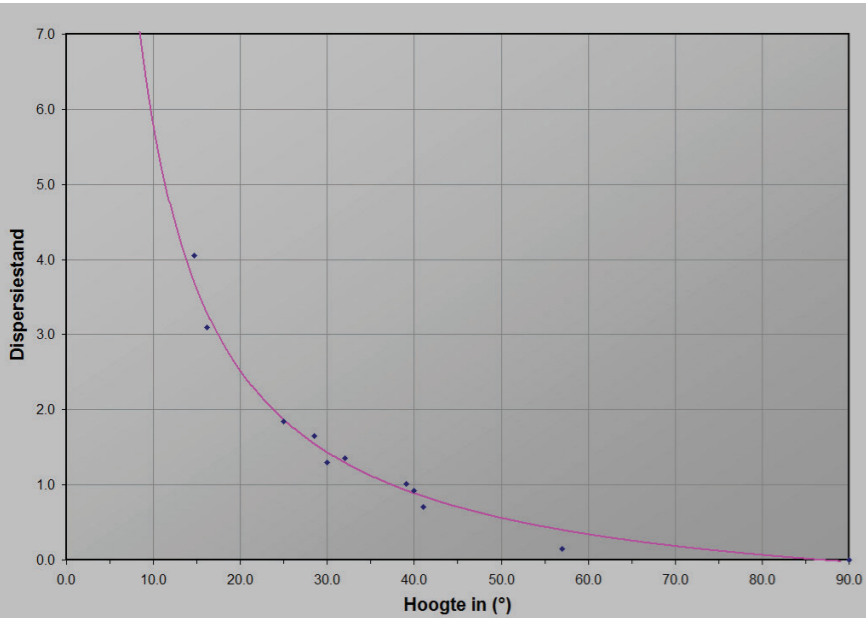
Correctie voor de dispersie

De meeste grote- tot middelgrote telescopen hebben een maximale resolutie van 0.2" tot 0.4" en het effect is dus een reëel probleem wanneer de dispersie verschuiving groter is. Vanaf ongeveer 60° hoogte en lager wordt de dispersie groot genoeg om een resolutieverlies te veroorzaken (ca. 0.5"). Nabij de horizon kan de dispersie wel 1" of zelfs 2" bedragen en het beeld drastisch in resolutie doen afnemen.

Het probleem is goed op te lossen door het golflengtegebied waarin wordt waargenomen, te beperken. Dat wordt over het algemeen gedaan met RGB-kleurenfilters. Deze filters verdelen het visuele gebied ruwweg in 3 kleurkanalen en reduceren op deze manier de effecten van de dispersie.

Ook kunnen met nabij IR filters golflengten worden geïmaged die nauwelijks worden beïnvloed door dispersie-effecten. Al met al bieden filters dus goede mogelijkheden om de dispersie te onderdrukken. Aangezien ze toch al vaak worden gebruikt om RGB kleurenopnamen te maken is het een mooie bijkomstigheid. Zolang er niet veel lager wordt waargenomen dan 30°, zijn de gevolgen van de dispersie goed in de hand te houden.

Een dispersie curve, berekend uit verschillende waarnemingen van sterren bij verschillende hoogtes boven de horizon. Op deze wijze kan voor elke toekomstige waarneming worden bepaald welke stand van de dispersie corrector nodig is om een object dispersie gecorrigeerd te imageren of waar te nemen. De onderstaande opname van Saturnus is op deze wijze gemaakt. De luminance (links) is een combinatie, gemaakt door met een gekalibreerde dispersie corrector zonder filters, en met een zeer breedbandig geelfilter opnamen te maken. De rechter opname is met een lage resolutie RGB ingekleurd.



Toch kleven er ook nadelen aan deze methode. Filters beperken de hoeveelheid licht die kan worden waargenomen. Bij het imageren van Saturnus of Jupiter is dit een belangrijke factor, omdat de oppervlakte helderheid van deze planeten vrij laag is ten opzichte van de Maan of Mars. Een lagere oppervlaktehelderheid betekent dat er langer belicht moet worden om een goed signaal te verkrijgen, wat het vermogen om de seeing te onderdrukken vermindert. Door filters te gebruiken wordt de lichtopbrengst nog verder beperkt, en worden er dus nog langere belichtingstijden vereist.

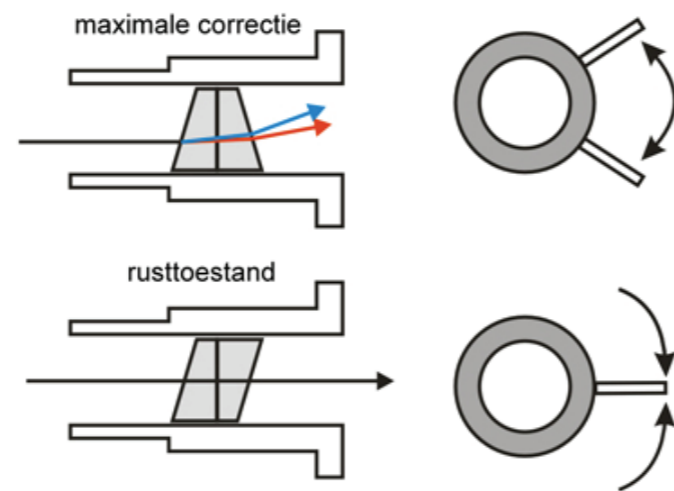
Een tweede nadeel is dat filters de dispersie alleen onderdrukken, maar niet opheffen. Met name in het blauwviolette gedeelte kunnen de dispersie effecten ondanks bandpass filters toch nog hinderlijk zijn. Blauw en violet licht worden sterker gebroken dan licht van rode en nabij infrarode golflengten, waardoor er zelfs tussen golflengten in een blauwfilter dispersie effecten kunnen optreden.

de Dispersie Corrector

Professionele astronomen compenseren het effect van de dispersie met zogenaamde dispersie correctors. Inmiddels zijn ook voor de amateur eenvoudige versies van deze correctors beschikbaar.

De dispersie corrector is een eenvoudig instrument dat ontworpen is om voor de effecten van de atmosferische dispersie te corrigeren. De optiek in de corrector veroorzaakt een regelbare refractie, die precies in de omgekeerde richting werkt en daardoor de dispersie kan opheffen, in plaats van maskeren zoals met filters.

De corrector bestaat uit 2 ronde prisma's die met de vlakke kanten naar elkaar toestaan. Staat de corrector in 'rust' stand, dan staan beide schuine vlakken parallel aan elkaar en gedragen de twee prisma's zich als een window in de lichtweg, zonder merkbare effecten. Staan de twee vlakken 180° ten opzichte van elkaar gedraaid, dan gedragen ze zich als een prisma, die het licht in de verschillende kleuren breekt. Door de twee vlakken ten opzichte van elkaar te draaien, kan de mate van refractie heel reproduceerbaar worden bijgesteld, om precies die mate van correctie te geven die noodzakelijk is voor het object dat op dat moment wordt bekeken of geimaged.



Op deze manier kan heel nauwkeurig voor de dispersie worden gecorrigeerd. Voor kleurencamera's betekent dit dat de blauwe en rode randen in de opnamen van planeten en de maan zullen verdwijnen. Voor monochrome camera's is er geen noodzaak meer om filters te gebruiken en kan zonder filters een heldere Luminance worden geimaged, die een veel kortere sluitertijd vereist. Hierdoor wordt de seeing beter onderdrukt dan wanneer langere sluitertijden worden gebruikt.

Met name voor Saturnus geeft dit een enorme winst in lichtsterkte, waardoor scherpere opnamen gemaakt kunnen worden.

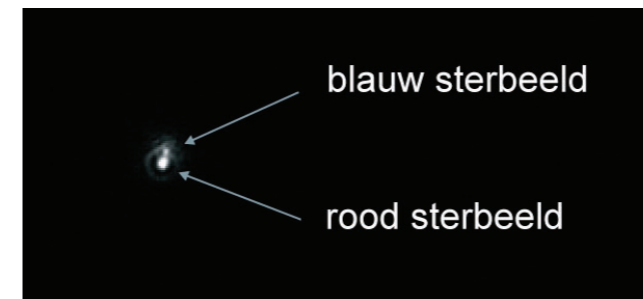
Werking en calibratie van de Dispersie Corrector

De dispersie corrector wordt achter een Barlow geplaatst. Een Barlow is aan te bevelen omdat de dispersie corrector het beste werkt bij grote brandpuntsafstanden. Zet de dispersie corrector altijd tussen de Barlow en het oculair of CCD-camera.

De dispersie kan worden gecorrigeerd door de hendels zo te draaien dat de dispersie is opgeheven. De twee hendels moeten horizontaal staan dus evenwijdig aan de horizon. Bij het corrigeren van de dispersie moeten de hendels in dezelfde stand worden geplaatst, dus als de bovenste hendel een hoek van 30° heeft met de horizon, moet de andere hendel een hoek van -30° hebben.

De dispersie corrector kan ook worden gekalibreerd. De vassing van de hendels is voorzien van een schaalverdeling, waardoor de correctie standen kunnen worden vastgesteld en worden genoteerd.

Om de dispersie corrector te kalibreren, moet voor elke hoogte boven de horizon worden vastgesteld bij welke stand van de hendels de dispersie optimaal wordt gecorrigeerd. Dit kan het meest nauwkeurig worden gedaan door gebruik te maken van een Wratten 47 filter. Dit filter laat twee 'kleuren' licht door: violet en diep rood. Deze twee kleuren worden door dispersie effecten maximaal uit elkaar getrokken. Wanneer een ster wordt geimaged bij een bepaalde stand boven de horizon, geeft dit de mogelijkheid om de dispersie effecten zichtbaar te maken. Omdat het filter alle tussenliggende golflengten blokkeert, vormt het licht van de ster twee sterbeelden, een blauwviolette en een dieprode. Vanwege de dispersie worden die twee ten opzichte van elkaar verplaatst. Hoe dichter de ster bij de horizon staat, hoe verder de blauwe en rode beeldjes uit elkaar komen te staan.



In de afbeelding hierboven is de dispersie van een bepaalde ster zichtbaar gemaakt. Het blauwbeeldje, dat zwakker is dan het roodbeeldje (de doorlaat van het rode licht is wat groter en sommige sterren stralen meer rood dan blauw licht uit) is merkbaar verschoven als gevolg van de dispersie.

Met de dispersie corrector kunnen de posities van de twee beeldjes bij elke stand worden geimaged. Hierdoor wordt zichtbaar bij welke stand de dispersie corrector een ster op die specifieke hoogte boven de horizon het beste compenseert.



Op een bepaalde stand compenseert de dispersie corrector te sterk en worden het blauwe en rode sterbeeldje juist weer uit elkaar getrokken, wat met name een sterke vervorming van het blauwbeeldje zal veroorzaken (blauw licht wordt ook door de dispersie corrector sterker beïnvloedt). In het geval hierboven is stand 1 de juiste stand.

Dit kan dan vervolgens voor meerdere sterren op verschillende hoogtes boven de horizon worden gedaan, totdat voor elke hoogte bekend is welke stand van de dispersie corrector het beste corrigeert. De curve hierna is na vele waarnemingen berekend.

Op deze wijze kan de dispersie worden gecorrigeerd zonder zelfs maar door de telescoop te kijken. Wanneer een object wordt geimaged, hoeft alleen maar de hoogte boven de horizon bekend te zijn en kan de bijbehorende dispersie stand worden afgelezen.

De curve is afhankelijk van het type telescoop en Barlow dat gebruikt wordt, en dient altijd op dezelfde positie ten opzichte van de Barlow gebruikt te worden als er op deze wijze met een calibratie wordt gewerkt.