

Kijken door een slechte 'lens'



De (hoge) ligging van sterrenwachten als die op La Palma helpt bij het verkrijgen van een goede seeing. Alleen hoge bewolking en de straalstroom kunnen het waarneemgenoegeen nog verstoren. (Foto: Javier Méndez/Isaac Newton Group of Telescopes)

Soms besteedt het weerbericht aandacht aan de omstandigheden waaronder de hemel de komende nacht kan worden waargenomen. Doorgaans gebeurt dat als er iets bijzonders te zien is – een maansverduistering of het noorderlicht bijvoorbeeld. De informatie beperkt zich dan echter tot uitspraken over de bewolking. Voor telescoopwaarnemers en astrofotografen is dit volstrekt onvoldoende. Zij willen meer weten dan de bedekkingsgraad alleen, en niet uitsluitend op die paar dagen dat de weermannen en -vrouwen het nodig vinden daar iets over te melden. Ook bij halfbewolkt weer kan er immers worden waargenomen, zij het dat de kwaliteit van het telescoopbeeld – de *seeing* – van nacht tot nacht nogal kan verschillen. Op het internet zijn naast weersverwachtingen sinds enkele jaren ook *seeing*verwachtingen te vinden.

Seeing is een term die door astronomen wordt gebruikt om de mate van luchtonrust aan te geven. Deze luchtonrust leidt ertoe dat een ster in het kijkerbeeld van een kleine telescoop heen en weer staat te springen. Kijken we door een telescoop met een opening groter dan ongeveer 20 centimeter, dan oogt diezelfde ster weliswaar rustiger, maar ook veel waziger. Hoe heviger de ster heen en weer springt of hoe waziger het sterbeeld, des te slechter noemen we de seeing. (Zie ook het kaderstuk 'Atmosferische beeldverstoringen'.)

De belangrijkste oorzaak van een slechte seeing ligt in de aardatmosfeer. Deze bevat niet alleen gebieden met wolkendruppeltjes of stof die het zicht op de hemel belemmeren of verminderen, de beeldvorming wordt ook op andere manieren vertroebeld. In feite is de atmosfeer een lens van wisselende, doorgaans inferieure kwaliteit (fig. 1), vergelijk-

baar met een ouderwets keukenraam van bobbeltjesglas. Bij de ESA en de NASA weten ze wel hoe ze dit probleem moeten omzeilen: zij brengen hun dure telescopen

gewoon in een baan om de aarde. Voor gewone waarnemers en astrofotografen is een dergelijke aanpak niet weggelegd. Zij bevinden zich op de bodem van een oceaan van lucht en moeten die voor lief nemen.

Dichtheidsfluctuaties

Scherpe beelden van hemellichamen vereisen een ongestoorde voortplanting van het licht door de atmosfeer. De gemiddelde toestand van de atmosfeer staat deze feitelijk ook niet in de weg. De dichtheid van de lucht neemt daarin weliswaar geleidelijk af met toenemende hoogte, maar dat hoeft de beeldscherpte niet aan te tasten. Het enige



1. De atmosfeer is een lens van wisselende, doorgaans inferieure kwaliteit. Dat is bijvoorbeeld goed te zien aan de vorm van de laagstaande zon, waarbij het zonlicht een grote afstand door de dampkring moet afleggen. De zonnescijf is rond, maar aan het beeld dat de atmosfeer ervan vormt, is dat niet meer te zien. (Foto: Kees Floor)

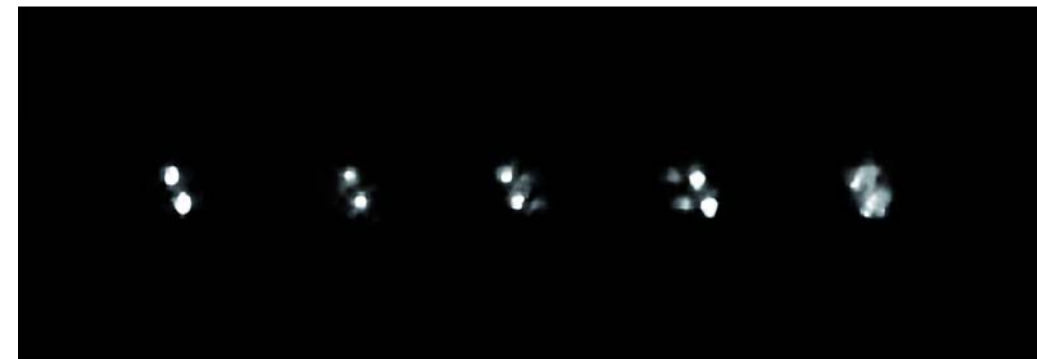
gevolg is een schijnbare optilling van het object, dat daardoor iets hoger aan de hemel lijkt te staan dan in werkelijkheid het geval is. Dit effect – de zogeheten atmosferische straalbreking – is het sterkst nabij de horizon en onder meer verantwoordelijk voor de afplatting van de zonnescijf bij lage zonnestanden (fig. 1).

Maar in werkelijkheid is de afname van de dichtheid van de lucht met de hoogte meestal niet overal in de atmosfeer zo geleidelijk. De snelle dichtheidsfluctuaties die optreden, leiden tot fluctuaties in de lichtsterkte, de schijnbare positie en soms ook de kleur van sterren zoals die met de telescoop wordt waargenomen. De sterren dansen, deinen, trillen, beven, flikkeren en/of flonkeren, ongeacht de optische kwaliteit van de apparatuur. Het beeld dat van de ster of het hemellichaam kan worden vastgelegd, is daardoor onscherp (fig. 2). Scherpstellen op de planeten lukt niet, de maan lijkt in de ban van hittegolven en dubbelsterren schijnen gefuseerd (fig. 3).

De atmosferische dichtheidsfluctuaties doen zich vooral voor in gebieden met windschering of waar grote temperatuurverschillen optreden. De daaruit resulterende turbulentie veroorzaakt de snelle wisselingen in de dichtheid van de lucht. Daarnaast kunnen ook in de kijkerbuis turbulenties optreden die het telescoopbeeld nadelig beïnvloeden.



2. Tekening van Jupiter zoals gezien door een 25 cm spiegeltelescoop onder verschillende mstandigheden, met van links naar rechts uitstekende, gemiddelde en slechte seeing. (Illustratie: Damian Peach)



3. Dubbelster Zèta Aquarii (separatie 2 boogseconden) onder sterk wisselende omstandigheden, met van links naar rechts uitstekende, goede, gemiddelde, matige en slechte seeing. De opnamen werden binnen 2 minuten gemaakt met een 20 cm spiegeltelescoop door Alan Adler.

Drie zones

De chaotische dichtheidswisselingen in de atmosfeer ontstaan op een drietal niveaus: in de onderste laag bij het aardoppervlak, in een middenlaag op een hoogte van 100 tot 2000 meter en in de zone van de straalstroom bovenin de troposfeer (hoogte 6 tot 12 km).

De telescoop staat gewoonlijk in de onderste laag. Temperatuurverschillen tussen de telescoop en de lucht erin of rondom kunnen al verstorend werken. Daarom zetten waarnemers hun telescoop altijd minstens een uur van tevoren gereed op de plek waar ze willen gaan waarnemen en ademen ze niet in de lichtweg van

Atmosferische beeldverstoringen

De atmosfeer beïnvloedt het binnenkomende licht van hemelobjecten op verschillende manieren. De meest voorkomende effecten zijn:

- *Slechte seeing*: afhankelijk van de grootte van het waarneeminstrument oogt het object wazig of danst het heen en weer.
- *Scintillatie*: de helderheid van het object vertoont grillige veranderingen (flonkerende sterren).
- *Refractie* of *straalbreking*: het licht van een object wijkt af van de rechte lijn, waardoor het object hoger aan de hemel komt te staan en/of vervormd wordt (ondergaande zon of maan).
- *Extinctie*: de absorptie van licht van het object vóórdat dit de waarnemer kan bereiken (hierdoor 'verdwijnen' zwakke objecten als ze de horizon naderen).

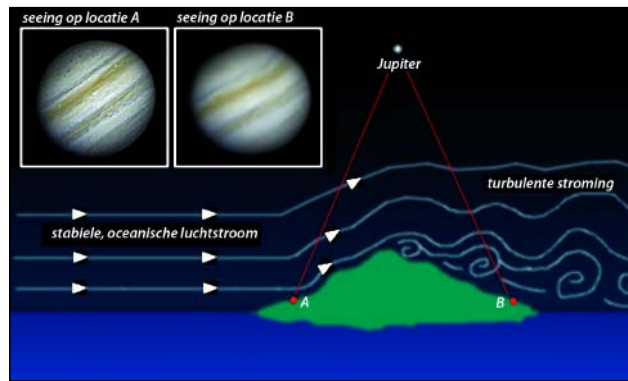
Een slechte seeing gaat soms samen met sterke scintillatie, maar dat is lang niet altijd het geval. In feite gaat het om twee aan elkaar verwante verschijnselen, die beide door atmosferische turbulenties worden veroorzaakt. Bij seeing zijn echter de turbulenties tot op hoogten van enkele tientallen meters bepalend, terwijl de oorzaak van het flonkeren van de sterren juist hoog in de troposfeer gezocht moet worden. Voor beide beeldverstoringen geldt dat hun uitwerking afhankelijk is van de grootte van het instrument waarmee we waarnemen.

De turbulente atmosfeer laat zich voorstellen als een verzameling grotere en kleinere cellen of bellen, die niet alleen door de wind worden meegevoerd, maar ook stijgende en dalende bewegingen vertonen. Als we met het blote oog of een klein waarneeminstrument waarnemen, bevindt zich doorgaans slechts één van die cellen in de gezichtslijn naar het hemelobject – een ster bijvoorbeeld. Hierdoor gaat het licht van de ster steeds maar door één cel, wat alleen een kleine schijnbare verplaatsing geeft. Doordat er voortdurend andere cellen voor de ster langs trekken, zien we hem heen en weer springen en duidelijk flonkeren.

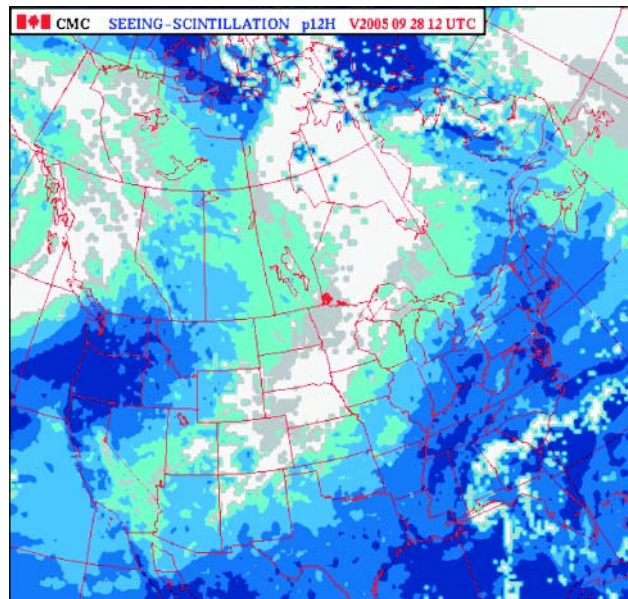
Voor een telescoop met een opening groter dan (ruwweg) 20 centimeter ligt dat anders: daarmee kijken we door vele turbulencellen tegelijk. Hierdoor versmeren de seeingbewegingen tot een wazig schijfje en middelen de helderheidsvariaties van de scintillatie uit. (Om een vergelijkbare reden zien we planeten aan de hemel nooit echt flonkeren!)

Kees Floor en Eddy Echternach

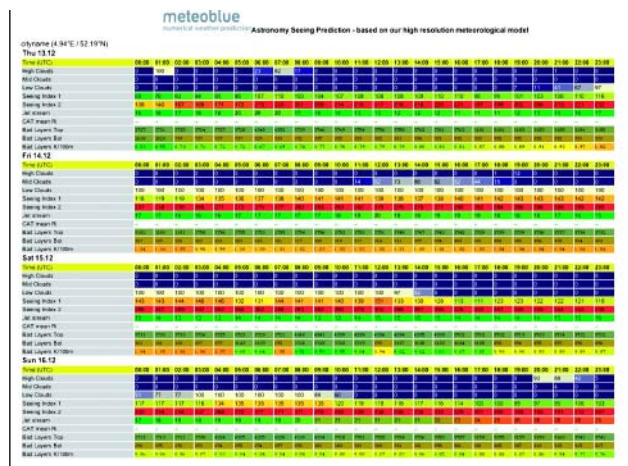
Kees Floor verzorgt cursussen, workshops, lezingen en geschreven teksten over het weer en aanverwante onderwerpen. Veel van zijn bijdragen aan *Zenit* (en andere tijdschriften) zijn te vinden op keesfloor.nl. Eddy Echternach is nog tot 1 februari hoofdredacteur van dit tijdschrift.



4. Achter de bergen is de atmosfeer turbulentier dan ervoor. (Illustratie: Damian Peach)



5. Presentatie van de experimentele verwachting van de seeing van de Canadese weerdienst.



6. De uitgebreide seeingverwachting van Meteoblue.

het instrument. Verder geldt: hoe turbulentier de luchtstroming, des te slechter de seeing.

De mate van door de wind veroorzaakte turbulentie hangt af van de ruwheid van het aardoppervlak. Hoe meer obstakels, begroeiing of bebouwing, des te ruwer is het oppervlak en des te sterker de turbulentie. Hierdoor varieert de seeing niet alleen van dag tot dag, maar ook nog

van plaats tot plaats. Een opstelling aan de windzijde op enige afstand van bossen of steden achter een open landschap verdient daardoor de voorkeur boven een opstelling net achter het bos of in en direct achter stad of dorp. Turbulentie kan ook worden veroorzaakt door verschillen in uitstraling tussen bijvoorbeeld gebouwen en onbebouwde plekken in de buurt van de opstelling. Deze zetten eveneens turbulente bewegingen in gang. Ook dit pleit voor een opstelling achter een groot grasland of een uitgestrekte watervlakte.

In de middelste zone (tussen 100 en 2000 m) bevindt zich, met name in bergachtige streken met een droog klimaat, vaak een inversie. De temperatuur van de luchtlaag boven de inversie is gelijk aan of hoger dan die van de onderliggende laag. Langs het grensvlak van de beide luchtlagen ontstaan doorgaans golven (net als op de overgang van water naar lucht!). Ook deze golven veroorzaken dichtheidsfluctuaties van de lucht, die de beeldvorming verstoren. De smalle banden aan de onderzijde van de vervormde zonneschijf in figuur 1 zijn door dergelijke golven veroorzaakt. Golven in deze middenzone kunnen ook ontstaan door 'obstakels' in de topografie, bijvoorbeeld achter gebergten. Het gebied met dergelijke golven kan honderden kilometers lang zijn.

De effecten van de middelste zone kunnen worden omzeild door een locatie in de bergen te kiezen, boven de inversie dus, en dan ook nog aan de kant waar de wind vandaan komt (vergelijk fig. 4). Bij de keuze voor de locatie van de sterrenwacht op het Canarische eiland La Palma heeft dat een rol gespeeld. Bijkomend voordeel is dat daar ook geen hinder is van de 'zee van wolken' die zich meestal net onder de inversie ophoudt. Tegelijkertijd is er aan de voorwaarde van een 'stabiel voorland' voldaan door de aanwezigheid stroomopwaarts van een omvangrijk oceaanooppervlak.

In de bovenste zone die van belang is voor de seeing, loopt op ongeveer tien kilometer hoogte van west naar oost de zogeheten straalstroom. Deze is duizenden kilometers lang, honderden kilometers breed en een paar kilometer hoog. Er staat onafgebroken windkracht 11. In de straalstroom treden niet alleen de hoogste windsnelheden op, maar ook de windschering is er het sterkst. De beelden van sterren en planeten die een waarnemer onder de straalstroom te zien krijgt, lijken stabiel,

maar zijn vaak wazig en ontberen detail. Astronomen spreken in dit verband wel van *snelle seeing*, die met het blote oog niet meer te volgen is.

Verwachtingen

Sommige factoren die de seeing beïnvloeden, zijn gebonden aan de opstelling en de locatie van de telescoop, andere zijn echter afhankelijk van het weer. Op basis van deze laatste factoren kunnen seeingsverwachtingen voor een bepaalde nacht worden gegeven. En dat gebeurt ook steeds meer. De Canadese weerdienst publiceert zulke verwachtingen dagelijks tot 48 uur vooruit (fig. 5). Gewerkt wordt met een vijfpuntschaal: van grijs (slecht) naar donkerblauw (uitstekend)*. Daarnaast wordt bewolking in wit aangeduid. Op de site van Damian Peach is een enigszins vergelijkbaar product voor onze omgeving te vinden. Deze eenvoudige Europese verwachting berust op de verwachte windsnelheden op straalstroomniveau.

Een meer gedetailleerde seeingsverwachting, toegespit op uw eigen woonplaats, is sinds kort te verkrijgen via de (experimentele) website Meteoblue. Na (gratis) registratie heeft men daar toegang tot een uitgebreid aanbod aan weerkundige informatie en kaartmateriaal. Daar is recent het onderdeel 'Astronomical Seeing' bijgekomen. Met een klik op de kaart van Europa of het invoeren van een plaatsnaam wordt een uitgebreid overzicht verkregen van de omstandigheden in de hoge, middelbare en lage atmosfeer, de toestand van de straalstroom en de seeingkwaliteit. Als alle wolkencijfertjes (bijna) op 0 staan, en de vakjes van beide seeingindices en de straalstroom groen kleuren, kan de telescoop alvast koud worden gezet.

Internet

Seeing Forecast For Astronomical Purposes http://www.weatheroffice.gc.ca/astro/seeing_e.html

UK and Europe Astronomical Seeing forecast <http://www.damianpeach.com/forecast.htm>

Meteoblue <http://my.meteoblue.com>

Astronomy Weather Forecasts <http://astroforecast.org:8080>

* Let erop dat de opgegeven seeingkwaliteit uitgaat van waarnemingen met een 25-35 cm telescoop. Waarnemers met kleinere instrumenten zullen dit soort verwachtingen als nogal pessimistisch ervaren. De hoogste categorie is doorgaans goed (genoeg) voor iedereen.

CCD-Guide, méér dan een verzameling astrofoto's

De AAS (Astronomischer Arbeitskreis Salzkammergut) van de sterrenwacht Gahberg in Oostenrijk (<http://www.astronomie.at/>) heeft een aantal actieve astrofotografen in haar gelederen. Een jaar of zeven geleden begonnen zij met een project waarbij van zo veel mogelijk objecten amateur-opnamen op cd werden gezet, met het doel hiermee andere amateurs van dienst te zijn. Deze konden dan op ideeën voor nieuwe opnamen worden gebracht of hun eigen resultaten vergelijken met opnamen die met dezelfde of vergelijkbare apparatuur zijn gemaakt.

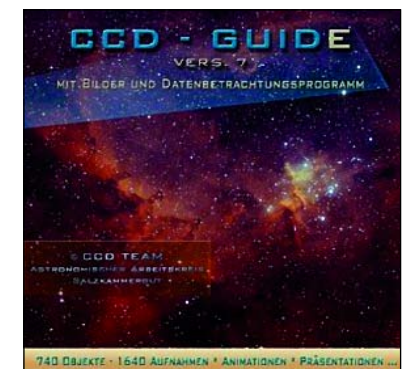
Dat het project is aangeslagen, blijkt wel uit het feit dat nu al de zevende jaargang uitgegeven is en dat een cd te klein is geworden voor het grote aantal opnamen: het is nu een dvd. Bij elke editie worden oude opnamen vervangen door betere als die aanwezig zijn en opnamen van nieuwe objecten toegevoegd.

De schijf zelf is geen 'professionele' productie. Als je hem in de dvd-speler van je pc stopt, probeert Windows tevergeefs om hem op te starten. Je moet vervolgens zelf op zoek naar een installatieprogramma dat in de map 'Image en Data Viewer' staat. Nadat je het installatieprogramma hebt uitgevoerd en het programma *CCD-Guide* hebt opgestart, kun je het beste eerst op de Help-knop klikken en de handleiding lezen. Anders kan het even duren voordat je je eerste plaatje hebt gevonden: je moet het programma namelijk nog 'vertellen' in welke map de opnamen staan. Dit kan ook de eigen harde schijf zijn als je alles daarheen

kopieert. Het programma zelf draait in een venster van 780 bij 600 pixels en kan helaas niet beeldvullend gemaakt worden.

Maar dit is ook het laatste negatieve wat ik over deze uitgave kan zeggen. Uit alles blijkt het enthousiasme van de makers. Gezorgd is dat er zo veel mogelijk informatie voorhanden is over de geplaatste opnamen – informatie over het object, maar (zeker zo belangrijk) ook over de gebruikte apparatuur. Deze kun je in het programma oproepen, maar hier is helaas niet op te sorteren. Gelukkig staan alle gegevens ook in een apart Excel-bestand op de dvd, zodat je daar alle gewenste sorteringen kunt uitvoeren (op fotograaf, telescoop, camera enz.).

Het programma is eigenlijk een uitgebreide imageviewer, gekoppeld aan een database met objectinformatie. Er zijn een paar beeldbewerkingfuncties beschikbaar en er is een mogelijkheid om een database van je eigen opnamen te maken. Die kun je vervolgens ook in het programma bekijken.



De fotomap bevat ruim 1600 opnamen van zowel leden van het zonnestelsel als deepsky-objecten. Van sommige objecten zijn meerdere opnamen aanwezig, in dat geval wel met verschillende camera-telescoopcombinaties gemaakt of met verschillende belichtingstijden. Uiteraard zijn dit de populaire objecten zoals bijvoorbeeld NGC 6888, de Sikkelnevel, die tienmaal op de schijf staat. De grootte van de opnamen varieert van slechts 20 kB (veelal verafgelegen melkwegstelsels) tot 5MB (uitgebreide kleurenopnamen). Alleen al het programma plus de vele plaatjes, vaak van een verrassend hoge kwaliteit, maken de *CCD-Guide* al de moeite van het aanschaffen waard. Maar er is nog veel meer te vinden: als je met Verkenner door de diverse mappen bladert, kom je onder meer het volgende tegen:

- artikelen over diverse aspecten van de astrofotografie (zoals een vergelijking van diverse digitale camera's);
- Powerpoint-presentaties van lezingen die de diverse deelnemers hebben gegeven;
- bewegende opnamen van leden van het zonnestelsel – vooral de animaties van kometen (waaronder Ikeya-Zhang) springen er uit;
- tips en trucs van enkele van de deelnemers.

Kortom: een schat aan ideeën en informatie voor zowel de serieuze astrofotograaf als de amateur die een verzameling mooie astro-opnamen zoekt voor een te houden lezing, als desktopachtergrond op de pc of gewoon om naar te kijken. En dat alles voor slechts 16,50 (14,00 afgehaald) bij Stichting De Koepel (bestelnr. B 161).

Guus Gilein

Guus Gilein is amateur-astronoom en lid van de werkgroepen 'Veranderlijke Sterren' en 'Kometen'. Hij is de meest productieve auteur van deze rubriek.

