Zonnefotografie met een hoge(re) resolutie

ing. Philippe Vercoutter, philippe.vercoutter@ap2.be
AstroLAB *IRIS*[1], ACG vzw, Verbrandemolenstraat 5, B-8902 Zillebeke-Ieper, België
© 2004 by Philippe Vercoutter, Belgium

ABSTRACT

Een anderhalf jaar geleden startten we met zonnefotografie met een hoge(re) resolutie op de Project- en Volkssterrenwachten AstroLAB *IRIS* te Zillebeke (Ieper, België). Dit artikel is een neerslag van onze ervaringen gedurende deze periode en geeft een overzicht van hoe onze dagster kan worden gefotografeerd door amateurastronomen. Bijzondere aandacht gaat ook uit naar wat er vereist is om tot hogeresolutieopnames in wit licht te komen. De meeste aangereikte methoden kunnen ook zonder probleem toegepast worden bij hogeresolutiemaanfotografie. Alles wordt geïllustreerd aan de hand van praktische voorbeelden en schema's.

INHOUDSTAFEL

1 De basis van zonnefotografie 3
1.1 Filters 4
1.1.1 Breedbandige objectiefzonnefilters: folie- en glasfilters 4
1.1.2 Polarisatiefilters 7
1.1.3 Smalbandige zonnefilters 7
1.2 Reflectieverminderende technieken 9
1.2.1 Niet-verspiegelde glasoppervlakken 9
1.2.2 Herschel-prisma 10
2 Hogeresolutiezonnefotografie 13
2.1 Basisprincipes 13
2.2 Zonne-volgsnelheid 13
2.3 Kijkerdiameter 14
2.4 Seeing 20
2.4.1 Het effect van de kijkerdiameter op het beeld 20
2.4.2 Het effect van de lokatie op de seeing 21
2.4.3 Het dynamische effect van de seeing 22
2.4.4 Het vastleggen van goeie seeing-momenten 24
2.5 Wanneer en wat waar fotograferen op de zon ? 26
2.5.1 De diameter van de zon gedurende het jaar 26
2.5.2 De hoogte van de zon 26
2.5.3 Het moment van de dag 27
2.5.4 De plaats van het object op de zon 28
2.6 Het maken van de foto 29
2.6.1 De spiegel van een reflexcamera 29
2.6.2 Over het scherpstellen 29
2.6.3 Over het belichten 30
2.6.4 Over het kiezen van een korte belichtingsduur 30
2.6.5 Vergroting en pixelgrootte 31
2.6.6 Over het combineren van foto's 33
2.6.7 Extra filters gebruiken 33
3 Samenvatting 35
4 Zelf hoge(re) resolutie zonnefotografie uitproberen ? 36

1 De basis van zonnefotografie

Iedere ster geeft, door de thermonucleaire fusiereacties die zich in de kern afspelen, héél veel licht af. Dit licht bereikt de aarde als een vlak golffront. Als we het beeld van de zon willen vastleggen, dan zullen we er eerst en vooral moeten in slagen om de lichtintensiteit ervan onder controle te krijgen. Dit is op zich eigenlijk niet zo evident aangezien we meestal zullen gebruik maken van een sterrenkijker die de lichtintensiteit laat toenemen in plaats van afnemen, wat we uiteindelijk toch wensen. Wat staat ons dan te doen ?

In de wereld van de sterrenkunde worden volgende methoden gebruikt om de lichtintensiteit en/of de polarisatiegraad en/of de lichtsoort (golflengte) in te stellen:

1) Filters
    a. breedbandige filters (bijvoorbeeld Mylar, AstroSolar folie, grijsfilters, enz.)
    b. polarisatiefilters
    c. smalbandige filters (bijvoorbeeld Hα-filters)
2) Reflectieverminderende technieken
    a. Niet-verspiegelde glasoppervlakken
    b. Herschel-prisma's

Je kan er uiteraard ook voor opteren om de lichtintensiteit van de telescoop te verminderen door het **diafragmeren** van de kijkeropening: dit is het doelbewust verkleinen van de effectieve diameter van het objectief door het buitenste gedeelte ervan door middel van een ondoorzichtige ring te bedekken. Dit is de simpelste techniek om de lichtintensiteit te verminderen. Hét grote nadeel van deze methode is dat het de resolutie (het scheidend vermogen) niet ten goede komt: hoe kleiner de kijkeropening, hoe minder detail het beeld zal bevatten. Willen we dus én het scheidend vermogen van onze kijker behouden én tegelijkertijd de intensiteit van het zonlicht reduceren, dan moeten we wel een beroep doen op één van de aangehaalde methodes. Doen we dit niet, dan kunnen we hogeresolutiezonnefotografie wel vergeten.

1.1 Filters

1.1.1 Breedbandige objectiefzonnefilters: folie- en glasfilters

Een objectieffilter is een filter dat vóór het objectief van een sterrenkijker wordt geplaatst. Doordat het zonlicht eerst door zo'n filter gaat wordt de intensiteit ervan verminderd. Er bestaan twee soorten van objectieffilters: foliefilters en glazen objectieffilters.

Het gebruik van **foliefilters** is zeer verspreid onder de zonnefotografen. Er bestaan immers een aantal kwaliteitsvolle en goedkope foliefilters die gemakkelijk via de gespecialiseerde handel te bekomen zijn. In dit type filter passeert het zonlicht door enkele speciale filterlagen die op een substraat zijn aangebracht. Het nettoresultaat is dat het zonlicht wordt verminderd in intensiteit. Een goede zonnefilter zal echter niet alleen het zichtbare licht een stukje afzwakken, het zal eveneens de schadelijke zonnestraling (bijvoorbeeld infrarood- en ultravioletstraling) quasi volledig wegfilteren. Dit is bijzonder belangrijk om ervoor te zorgen dat het menselijk oog of de detector door die straling niet wordt beschadigd tijdens het verrichten van de zonnewaarneming. Indien je er dus voor kiest om met behulp van een folie te gaan werken, dan mag je zeker niet om het even welk soort folie gebruiken: de kans is immers reëel dat deze de schadelijke zonnestralen niet tegenhoudt. Ga dus steeds bij de gespecialiseerde handel te rade!

Wanneer je een foliefilter aankoopt, dien je te specificeren of hij zal worden gebruikt voor visuele dan wel voor fotografische waarnemingen. Filters voor visuele waarnemingen zijn namelijk beduidend donkerder dan hun fotografische tegenhangers: ze laten typisch slechts 1/100.000ste door van het zonlicht (we spreken derhalve van een optische densiteit 5 omdat 10^5 = 100.000). Zonnefotografen dienen de fotografische versie te kiezen. Deze versie heeft typisch een optische densiteit gelijk aan 4 of 3,8.

Ook nog even dit meegeven: als je een zonnefilterfolie installeert, zorg er dan voor dat je deze niet al te zeer opspant. Een voorbeeld van een populair zonnefilterfolie is het *AstroSolar*™ filter[2] van *Baader Planetarium* (Duitsland).



Bart Taillieu (Sterrenwacht Halley, Ledegem, België) neemt de zon waar met zijn 15 cm Helios refractor. Hij diafragmeert niet alleen zijn kijker met behulp van een speciaal telescoopbuisdekseltje, maar maakt tegelijkertijd ook gebruik van een foliezonnefilter. (© 2003, Philippe Vercoutter)

De filterende lagen kunnen in plaats van op een folie ook op een *optische* glasplaat worden opgedampt. We spreken dan van **glasfilters**. Deze zijn duurder dan foliefilters. Hét grote voordeel van glasfilters is het feit dat deze niet kunnen scheuren. Alhoewel scheuren nagenoeg niet (meer) voorkomen bij foliefilters, blijft het niettemin een reëel gevaar. Het is daarom goed om, vooraleer je de eigenlijke zonnewaarnemingen start, de foliefilter even te controleren op gaatjes of eventueel beginnende scheurtjes. Doe dit door hem voor de zon te houden. Glasfilters zijn ook minder aan slijtage onderhevig. Foliefilters kunnen na enkele jaren hun werking wat verminderd zien.
Leveranciers van glazen zonnefilters zijn bijvoorbeeld *Thousand Oaks Optical*[3] en *Orion USA*[4].



Voorbeeld van het gebruik van een speciaal ERF (Energy Rejection Filter) glas-zonnefilter (tijdens de Venus Transit expeditie van AstroLAB IRIS in Grand Champ in juni 2004). (© 2004, Philippe Vercoutter)

Ook nog een woordje over de kwaliteit van folie- en glasfilters, precies omdat dit zo belangrijk is wanneer je aan hogeresolutiezonnefotografie doet. Het is zeker *niet* zo dat glasfilters qua kwaliteit altijd beter zouden zijn dan foliefilters. Er bestaan heel duidelijk ook minderwaardige glasfilters, net zoals er hoogwaardige foliefilters bestaan. Op de website van Astro-Physics[5] zag ik onlangs nog enkele kwaliteitsmetingen van zo'n filters. Zonder hier al te zeer over in detail te treden, waren de resultaten als volgt: sommige goedkope(re) glasfilters hadden een Strehl-waarde[6] van slechts 24%, Mylar-zonnefolie behaalde een zeer matige 45% en de AstroSolar toch al zo'n 94% (voor alle duidelijkheid: een Strehl-waarde van 100% is het beste wat je kunt behalen in optiek maar deze is in de praktijk voor geen enkele optiek haalbaar).
Nu we er toch over bezig zijn: ik denk dat er een systeem bestaat dat een nog net iets hogere beeldkwaliteit oplevert, namelijk het Herschel-prisma. Zo'n Herschel-prisma kan enkel en alleen maar worden ingezet op een refractor. Ik ken er nog geen Strehl-waarde van, maar het Herschel-prisma van Baader bijvoorbeeld, dat optiek van Carl Zeiss bevat, zal ongetwijfeld nog net iets beter presteren dan het Baader AstroSolar foliefilter. Het Herschel-prisma wordt hieronder verder besproken.

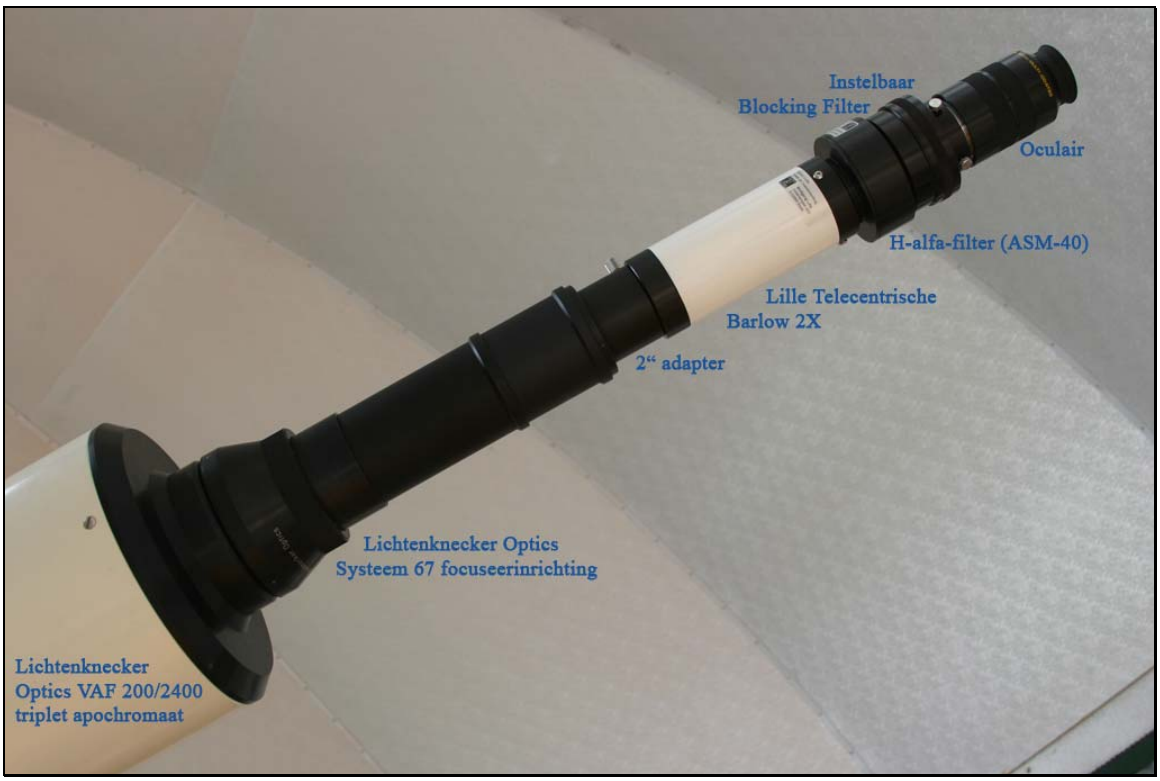
1.1.2 Polarisatiefilters

Natuurlijk licht is in principe niet gepolariseerd. Dit betekent dat het licht in alle mogelijke richtingen ten opzichte van de voortplantingsrichting kan trillen. Bij een polarisatiefilter worden enkel die lichtstralen doorgelaten die in één bepaalde richting trillen. Alle andere lichtstralen worden afgezwakt of tegengehouden naargelang hun hoek afwijkt van die voorkeursrichting van de filter. Het nettoresultaat van deze filter is dus niet alleen het feit dat het beschikbare zonlicht zal gepolariseerd zijn, maar ook - en dat is in eerste instantie wat ons in deze context interesseert - dat de hoeveelheid zonlicht zal gereduceerd zijn. In principe zul je een polarisatiefilter in een welbepaalde richting moeten draaien om de mate van polarisatie in te stellen. Door het draaien van een polarisatiefilter kun je dus traploos de lichtintensiteit instellen.

1.1.3 Smalbandige zonnefilters

Met een smalbandige filter wordt iedere filter bedoeld die slechts één stukje uit het spectrum doorlaat. Eén van de meest populaire smalbandige doorlaatfilters is de H-alfa filter (Hα-filter). Hiermee is het mogelijk om de chromosfeer van de zon, dit is de zone vlak boven het visuele zonsoppervlak of fotosfeer, te bekijken en ook te fotograferen. In die chromosfeer kunnen we grote gasslierten zien. Wanneer we deze slierten van bovenaf zien, worden ze filamenten genoemd. Zien we ze in profiel (aan de zonnerand dus), dan noemen we ze protuberansen. Meer informatie over de zon vindt de lezer in de gratis AstroLAB's Educatieve Brochure N° 1 *De Zon, Onze Dagster*[7].

Een H-alfa filter is een interferentiefilter: op twee heel dicht bij elkaar liggende glasoppervlakken brengt men (semi-)reflecterende materialen aan. Door interferentie slaagt men erin slechts bepaalde piekjes (smalle bandjes) uit het zonnespectrum door te laten. Doordat je uiteraard maar één piek wil zien, namelijk de H-alfa piek, dien je precies op deze piek af te stemmen. Je doet dat aan de hand van een zogenaamde blocking filter (BF-filter). Een "Hα-filter" bestaat dus eigenlijk uit twee filters. Bovendien is er nog een derde filter in het spel, namelijk de *Energy Rejection Filter* (ERF). Deze helpt mee het totale lichtniveau onder controle te krijgen (en neemt eventueel zelfs alle schadelijke zonnestraling weg).



Een hele constructie is nodig om op de Lichtenknecker VAF 200/2400 refractor van AstroLAB IRIS de zon in H-alfa licht te kunnen waarnemen. Op de focuseerinrichting ziet u achtereenvolgens geplaatst: 2 verlengstukken (om het brandpunt van de telescoop te kunnen bereiken), een 2” adapter, een 2X telecentrische Barlow (om zo goed mogelijk een parallelle stralengang te bekomen), vervolgens de H-alfa filter, de instelbare Blocking Filter (die het laatste overtollige licht weglaat en waarmee men precies op de H-alfalijn afstemt) en uiteindelijk het oculair. (© 2003, Philippe Vercoutter, België)

Doordat een H-alfa filter een zeer dun gebied van het zonnespectrum selecteert, is de lichtintensiteit meestal al meer dan beperkt genoeg om fotografie toe te laten. Precies doordat de lichtintensiteit zó beperkt is, moeten bepaalde types van camera’s langere belichtingstijden aanhouden. Dit bevordert de resolutie van zonnefoto’s zeker niet.

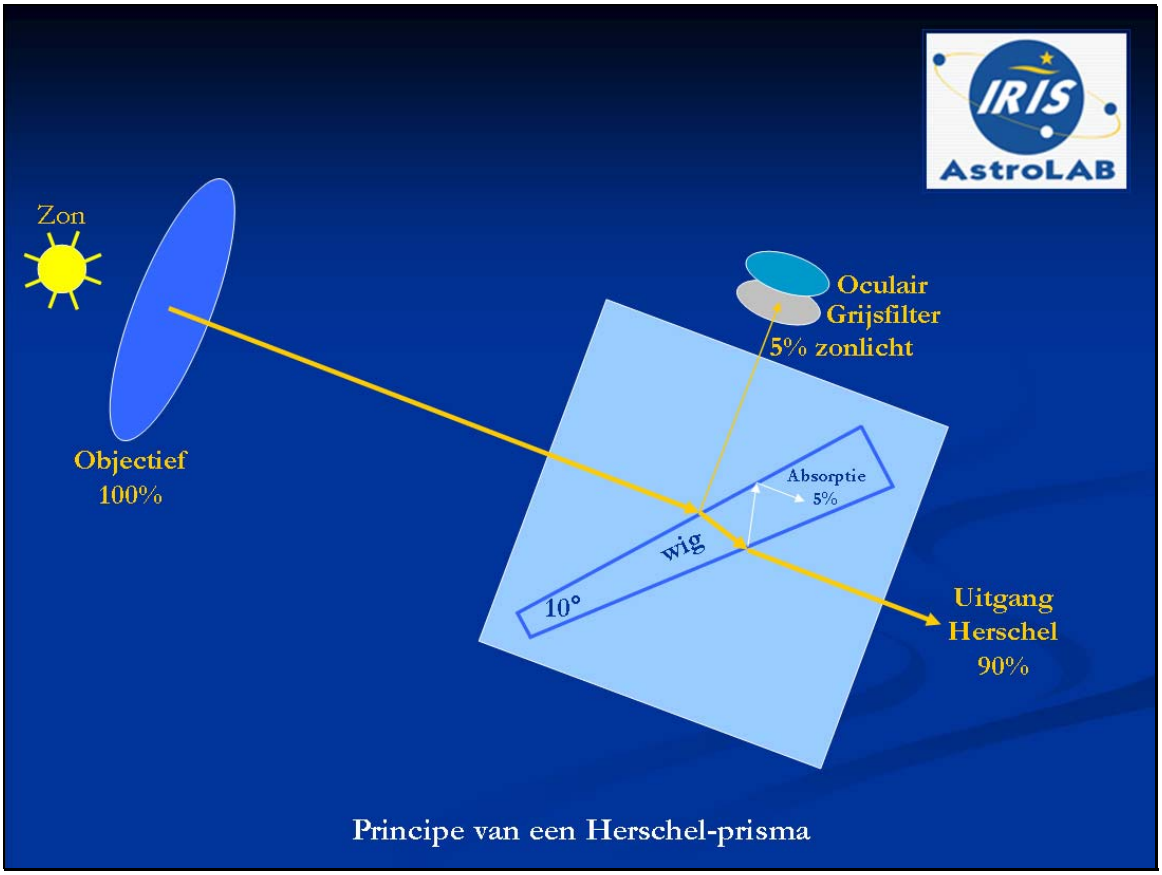
1.2 Reflectieverminderende technieken

1.2.1 Niet-verspiegelde glasoppervlakken

Indien je een Newton-telesoop, een spiegelkijker dus, gebruikt om aan zonnefotografie te doen en je wil die telescoop uitsluitend als zonnekijker benutten, dan kun je ervoor opteren om de hoofdspiegel niet te veraluminiseren. Dit zal zorgen voor een lagere reflectiegraad (orde van grootte slechts 5%) en dus een beperktere lichtintensiteit. Meestal is die intensiteit nog altijd te sterk, maar je kunt deze dan nog altijd verder naar beneden halen door bijvoorbeeld een smalbandige groenfilter te gebruiken. Deze techniek wordt met succes gebruikt door onder andere de Amerikaan Arthur L. Whipple[8] .

1.2.2 Herschel-prisma

Een Herschel-prisma is een speciale uitvoering van een gewoon prisma: in plaats van de gebruikelijke 90° hoek (zoals we die bijvoorbeeld terugvinden in zenitprisma's), heeft dit prisma een zeer scherpe hoek. We kunnen dus eigenlijk ook spreken over een wig. Van al het licht dat op een dergelijk, niet-verzilverd glasoppervlak valt, wordt slechts een klein gedeelte gereflecteerd. Het is dit gedeelte van het licht dat wel kan passeren dat nog verder wordt verzwakt.



In een Herschel-prisma valt het zonlicht op een niet verspiegelde wig. Slechts 5% van het zonlicht wordt gereflecteerd, verzwakt via een grijsfilter en met een oculair bekeken. Van de overige 95% wordt zo'n 5% geabsorbeerd door het glas zelf en 90% afgevoerd.

Het principe van zo'n prisma werd voor het eerst in 1847 door John Herschel besproken in zijn *'Results of Astronomical Observations...at the Cape of Good Hope...1834-8'* [9]. Ignazio Porro kwam met het briljante idee om de glasplaat onder de zogeheten Brewster-hoek te plaatsen. Wanneer licht onder een hoek van 55° (de bewuste Brewster-hoek) een glasoppervlak raakt, dan is het gereflecteerde licht gepolariseerd. Dit idee werd verder uitgewerkt door John Herschel in zijn boek '*The Telescope*' (1861).

Een Herschel-prisma reflecteert dus slechts een klein percentage van het zonlicht (typisch zo'n 4,6%), omdat men het glas niet voorziet van een reflecterende laag. Het zonlicht dat wel wordt doorgelaten, wordt dan nog eens verder afgezwakt door gebruik te maken van een gewoon grijsfilter met een optische densiteit van typisch 3, 2, 0,9 of 0,6 . Soms wordt dit overblijvende licht qua intensiteit ook nog eens verder traploos geregeld door gebruik te maken van een extra polarisatiefilter. De werking van zo'n polarisatiefilter werd hierboven al beschreven. Het overgrote gedeelte van het licht, zo'n 95%, neemt niet deel aan de beeldvorming en wordt gewoon naar buiten afgeleid.
Een Herschel-prisma is een heel nauwkeurig optisch apparaat: het reflecterende oppervlak wordt tot op 1/10 van een golflengte gepolijst waardoor het gevormde beeld optisch nagenoeg perfect is. Het Herschel-prisma van Baader bevat Zeiss-optiek. Het glasoppervlak waarlangs het meeste zonlicht wordt afgevoerd, is uitgevoerd met een antireflecterende laag waardoor ghostbeelden worden vermeden.



Franky Dubois, leider van de VVS werkgroep Zon, illustreert hier hoe hij met een Baader Herschel-prisma naar de Zon kijkt. We merken het zonnebeeldje op dat naar buiten wordt geprojecteerd. (© 2004, Philippe Vercoutter)

Een hoogwaardig Herschel-prisma is volgens mij één van dé hulpstukken die je nodig hebt als je aan zonnefotografie met zeer hoge resolutie wil doen. Waarmee ik zeker niet heb gezegd dat je ook geen goede resultaten kan behalen met een hoogwaardig foliefilter (zoals bijvoorbeeld de AstroSolar). Maar als ik kan kiezen tussen deze twee, dan is mijn keuze snel gemaakt.

Een Herschel-prisma wordt normaal gezien enkel en alleen gebruikt in optische systemen die over geen secundaire spiegels of lenzen beschikken. In de realiteit betekent dit dat Herschel-prisma's bijna uitsluitend op refractoren worden ingezet. Dit komt doordat bij systemen met een vangspiegel het volledige geconcentreerde licht eerst op die vangspiegel valt, met overmatige opwarming tot gevolg. Pas wanneer deze geconcentreerde lichtbundel door de vangspiegel wordt teruggekaatst, kan het Herschel-prisma zijn werk doen, wat dus eigenlijk te laat is. Bij een refractor komt dit probleem niet voor: daar gaat het zonlicht door het objectief, wordt pas nadien door de lenswerking geconcentreerd, en valt dan onmiddellijk reeds op het Herschel-prisma.

Een Herschel-prisma is relatief veilig: zeker de recentste modellen waarbij het licht (dat vroeger *zomaar* naar buiten werd afgeleid met als gevaar natuurlijk dat iemand in die felle afgevoerde lichtstraal ging kijken) in een lichtval wordt gevangen en er dus geen enkel gevaar meer is op blindheid of andere oogbeschadigingen. Sowieso kan een Herschel-prisma ook niet scheuren, wat uiteraard altijd een mogelijkheid is bij het werken met een foliefilter (met alle gevolgen van dien natuurlijk).



Het Herschel-prisma wordt steevast gebruikt in combinatie met een adapterstuk (waarin het oculair kan worden aangebracht; rechts op de foto) en een of ander grijsfilter (onderaan op de foto). Een goede keuze van het type grijsfilter laat een zodanige regeling van het geheel toe dat de zon steeds op bijvoorbeeld 1/4.000 s gefotografeerd wordt. Door deze snelle sluitertijd kan men de negatieve effecten op het beeld van eventuele trillingen in de montering reduceren alsmede de effecten van atmosferische turbulentie bevriezen. (© 2003, Philippe Vercoutter, België)

2 Hogeresolutiezonnefotografie

2.1 Basisprincipes

Waar moet je nu op letten als je hogeresolutiezonnefoto's wil maken? Het principe is heel eenvoudig:

a) zo weinig mogelijk optische elementen gebruiken; en
b) de optische elementen die je gebruikt moeten van een zeer hoge kwaliteit zijn.

Naast het optische aspect mag je natuurlijk ook het mechanische aspect niet vergeten. De montering is dan ook best:

a) van een hoge kwaliteit,
b) goed polair uitgelijnd,
c) en op zonnevolgsnelheid ingesteld (zie §2.2).

Verder is er nog het aspect van de seeing. De seeing heeft zowel een spatiaal als een temporaal karakter. De effecten van de seeing kun je te lijf gaan door:

a) zoveel mogelijk opnames te maken,
b) van zo groot mogelijke beeldvelden.

Verwacht dus niet om dé hogeresolutiefoto te maken door éénmaal op de knop van een fototoestel te drukken die hangt aan een klein, goedkoop telescoopje op een gammele montering met een goedkoop zonnefiltertje. Dit alles heeft natuurlijk negatieve gevolgen voor het budget: het betere materiaal kost in principe meer. Ook daar echter oppassen, want het is zeker niet omdat iets duurder is dat het een *garantie* is dat het ook écht beter is. Maar langs de andere kant wijst mijn persoonlijke ervaring erop dat er wel degelijk *meestal* een verband is tussen kwaliteit en budget. Dat is jammer, maar wel een feit. Wat ook een feit is dat er geen *rechtlijnig* verband bestaat tussen kwaliteit en budget: een kleine winst in optische kwaliteit, zeker het laatste stukje, wordt aanzienlijk duurder.

2.2 Zonne-volgsnelheid

Een montering kan worden ingesteld op diverse volgsnelheden. In principe zijn er 3 basissnelheden voorhanden: sterren, maan en zon. Op eenvoudige monteringen is de zonne-volgsnelheid soms niet voorhanden. In dergelijk geval kies je dan voor de siderische volgsnelheid. Tussen de siderische en zonnevolgsnelheid is er een héél klein verschil doordat de aarde in één jaar tijd rond de zon draait. Wanneer je dus de keuze hebt kies je uiteraard voor de zonne-volgsnelheid. Hierdoor verzeker je je van het feit dat de zon bijzonder nauwkeurig wordt gevolgd.

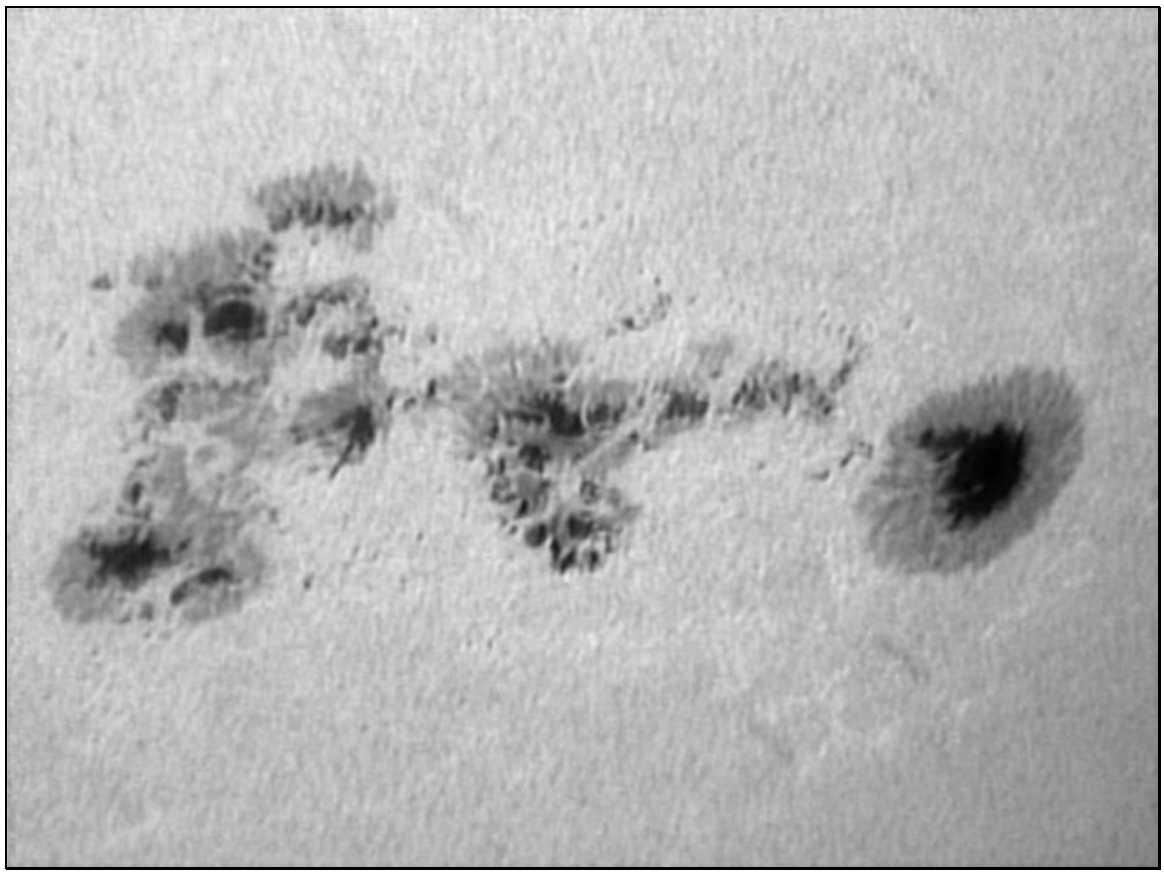
2.3 Kijkerdiameter

Er zijn tal van factoren die een rol spelen bij hogeresolutiezonnefotografie. In eerste instantie denk ik hier aan de diameter van de kijker. Hoe groter de opening van een kijker, des te groter het theoretisch scheidend vermogen van de kijker is[10]. Hieronder ziet U een tabel dat het theoretisch scheidend vermogen aangeeft van kijkers met diameters tussen de 50 en de 400 millimeter.

Kijkerdiameter (in mm)	Scheidend Vermogen (in boogseconden)
50	2,31
100	1,16
150	0,77
200	0,58
250	0,46
300	0,39
350	0,33
400	0,29

Resolutie (Full-Width Half Maximum in groen licht) voor diverse telescoopdiameters.

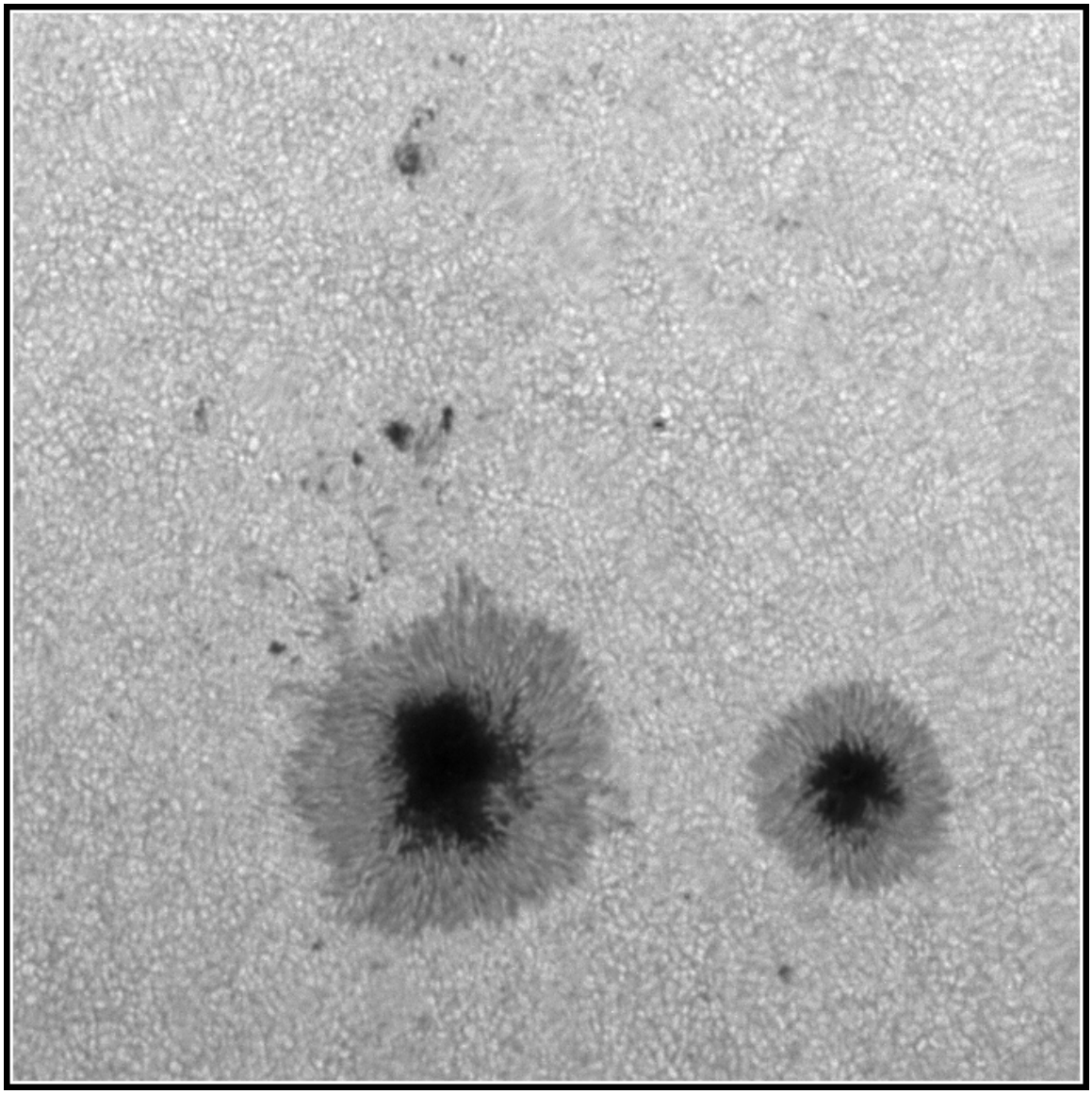
Wat precies hoge(re) resoluties zijn heb ik tot nu toe nog niet gedefinieerd. Het is in ieder geval een onderwerp dat aanleiding kan geven tot heftige discussies. Immers, alles is relatief. Grofweg kan gesteld worden dat voor amateursterrenkundigen een scheidend vermogen beneden de één boogseconde reeds tot de hogeresolutiesfeer gerekend kan worden. Indien we hiervan uitgaan, dan zien we dat een 150 mm telescoop zowat de ondergrens (minimumvereiste) is. Gebruiken we kijkers met een beduidend kleinere doormeter (bijvoorbeeld minder dan 10 cm), dan is het gewoon onmogelijk om dit scheidend vermogen te halen.



Deze opname van zonnevlekkengroep AR10649 werd op 15 augustus 2004 omstreeks 8h 42m UT door Jan Simons (Booischot, België) gemaakt met een 150 mm Skywatcher (gediafragmeerd tot 125 mm), een Baader AstroSolar foliefilter en een Philips ToUCam Pro webcam. Alhoewel deze zonneopname verdienstelijk is, toont ze anderzijds wel aan dat de diameter van het instrument één van dé beperkende factoren was: we kunnen de granulatie en de striae wel" opmerken"*, maar fijn kunnen we beide fenomenen toch nog niet echt*"zien"*. Wellicht is ook het feit dat hier werd waargenomen met een achromaat, in plaats van een apochromaat die beduidend beter scoort qua scherpte en contrast, een bijkomende oorzaak van de minder scherpe indruk die van de opname uitgaat. (© 2004, Jan Simons, België)*



Op 20 juli 2004 omstreeks 16h 45m UT maakte Leo Aerts deze mooie opname van zonnevlekkengroep AR10652 met een 175 mm Fraunhofer gediafragmeerd tot 150 mm. Als detector werd een Nikon D70 gebruikt (1/800 s @ 200 ASA). Er werd gebruik gemaakt van een 150 mm Lichtenknecker zonne-glasfilter. (© 2004, Leo Aerts, België)



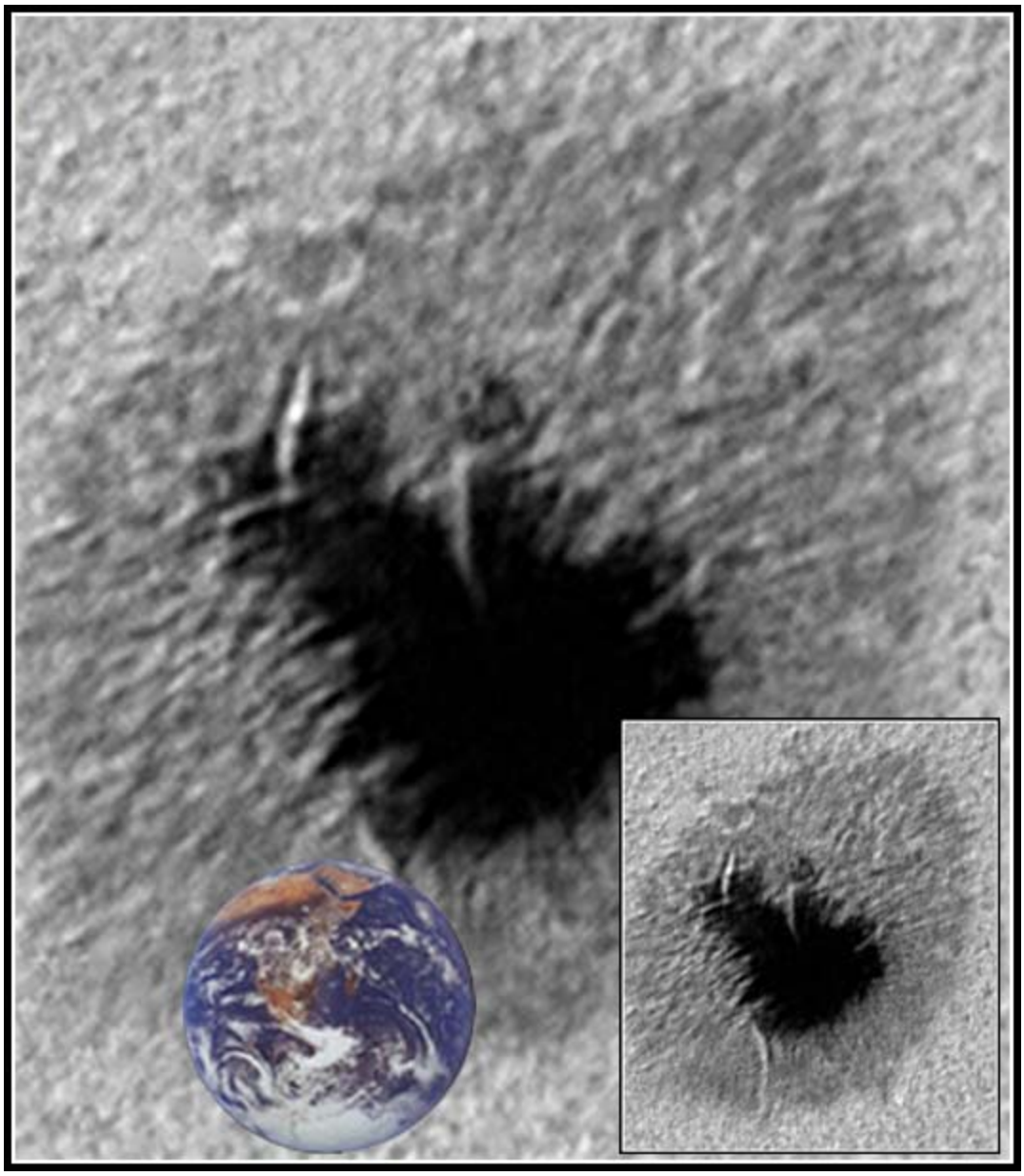
Tot wat een zeer goede 15 cm telescoop in staat is wordt duidelijk geïllustreerd aan de hand van deze opmerkelijke foto van Maarten Vanleenhove. Ze werd opgenomen op 18 augustus 2004 omstreeks 12h 12m UT tijdens een astrofoto-expeditie in Morvan, Frankrijk. De opname werd gemaakt met een Starlight-Express SXV-H9 CCD en een INTES Herschel-prisma op een 152 mm TMB apochromaat. Als filters werden een ND 3 en een groenfilter ingezet. De resolutie van de opname kan zeker op minimaal 0,7 boogseconde worden geschat. Slechts bovenaan en rechts kun je in de opname nog wat seeing-vegen opmerken. (© 2004, Maarten Vanleenhove, België)

Onderstaande tabel toont aan dat om de striae (dit zijn de lijntjes in de penumbra rond de kern) als buisvormige structuren te kunnen zien, je een scheidend vermogen moet halen van ongeveer 0,4". Hiervoor zou je volgens de bovenstaande tabel een 35 cm kijker nodig hebben, en toch werden ze waargenomen en gefotografeerd met de 20 cm apochromaat van AstroLAB *IRIS* (zie foto hieronder). Waaruit nogmaals blijkt dat met heel goede

optiek én goede contrastwerking soms zaken kunnen gezien worden die kleiner zijn dan de waarden hierboven aangegeven. Eventjes nog opmerken dat wanneer je in blauw licht waarneemt, het scheidend vermogen gevoelig hoger ligt. Voor een 20 cm kijker is het oplossend vermogen in groen licht 0,58 boogseconden (een boogseconde wordt meestal aangeduid met ”), maar voor blauw licht is dit al opgelopen tot 0,5”. Kijkers presteren het slechtst in rood licht: voor een 20 cm is de FWHM (Full-Width Half Maximum) 0,66”. Het verschil in resolutie tussen blauw en rood licht voor een 20 cm bedraagt dus maar liefst 0,16” wat dus toch niet onaanzienlijk is.
Nu we er toch over bezig zijn, en kwestie van compleet te zijn, de zogeheten *Optimistic Sparrow's Resolution* voor een 20 cm bedraagt 0,35”. Het kan dus perfect verklaard worden hoe het komt dat we met de 20 cm VAF van AstroLAB IRIS features konden fotograferen in de orde van grootte van 0,4”. Maar vraag ons nu niet om nog kleinere details vast te leggen. Dat is gewoon onmogelijk, tenzij we een grotere kijker gebruiken (bijvoorbeeld een 25 of 30 cm apochromaat).

Eigenschap	**Grootte (in kilometer)**	**Grootte (in boogseconden)**
Doormeter zonneschijf	1.392.000	1.952 (zomer) 1.988 (winter)
Typische granulatiecel	500 à 1.250	0,7 à 1,7
Dikte van de striae	300	0,42
Intergranulaire lanen *(Wanden van een granulatiecel)*	150 à 300	0,24 à 0,42
Kleinste waargenomen zonnedetail vanaf de aarde[11]	90	0,12
Ter referentie:	*1 km*	*0,0014”*

De grootte-ordes van enkele belangrijke zonne-eigenschappen.



Deze sterke uitvergroting van zonnevlek AR10570 kan ook doorgaan als een hogeresolutiezonnefoto: we zien (vooral linksonder) de striae niet meer als fijne lijntjes, maar wel als buisvormige structuren die over en door elkaar heen lopen. Deze structuren zijn slechts om en bij de 0,4 boogseconde breed. Waar deze lijntjes nóg fijner worden, bijvoorbeeld in het rechter onderste gedeelte van de opname, zien we dat we ze niet meer echt goed kunnen onderscheiden: we kunnen hier en daar nog wel lijntjes zien, maar zeker geen buisvormige structuren. We zitten dus duidelijk te werken op de limiet van deze apochromaat. De aarde werd op dezelfde schaal afgebeeld. Datum en tijd: 20040308 9h 41m UT - AstroLAB IRIS II - VAF 200/2400 - Opname gemaakt met Baader Herschel-prisma, Tele Vue Powermate 4X en CANON EOS-10D (1/3.000s @ 200 ASA).
(© 2004, Philippe Vercoutter, België)

2.4 Seeing

2.4.1 Het effect van de kijkerdiameter op het beeld

Je zou nu denken: laat ik dan maar direct gaan voor een zo groot mogelijke kijker. In principe is dit dus een juiste redenering. In de praktijk echter wordt het bij toenemende kijkerdiameter alsmaar moeilijker om een goed beeld te krijgen van de zon. Dit komt door het probleem van de seeing. Door opstijgende warme lucht is de aardatmosfeer quasi voortdurend in beweging. Deze hete luchtbellen hebben een andere brekingsindex dan de koelere delen rondom hen. Doordat de zonnestralen door deze luchtbellen passeren, ontstaat er dus lokaal een afwijking in het beeld. Hoe groter de kijkerdoormeter, hoe meer last je hebt van die bellen. Er moet bijgevolg een balans worden gevonden tussen het scheidend vermogen van de kijker en de meest voorkomende seeingtoestand van de observatieplaats waar de kijker wordt opgesteld. Natuurlijk is deze seeing niet alle dagen gelijk en zou je in principe je kijker telkens zodanig moeten diafragmeren tot je weer een goed beeld krijgt. Je zou dus moeten starten bij de maximale kijkerdiameter en stelselmatig afzakken tot wanneer je vindt dat het beeld behoorlijk wordt.
In de praktijk wordt aangenomen dat voor waarnemingsgebieden zoals in België kijkerdoormeters van zo'n 15 tot 25 centimeter wellicht de meest aangewezen telescopen zijn om tot hogeresolutieopnames te komen. Als je ontzettend veel geluk en/of geduld hebt, zal ook een 30 à 40 centimeter mogelijk nog tot goede resultaten leiden. Maar nogmaals, de kansen verkleinen zienderogen met de toename van de kijkerdoormeter. Er bestaan zelfs formules om te berekenen hoeveel foto's je bij een bepaalde seeingtoestand moet maken om één buigingsbegrensde opname te bekomen. Voor een typische (slechte) seeingtoestand van bij ons (voor de ingewijden: bij een Fried parameter r0 = 25 mm [12]), bedraagt de kans 1 op 70 om een buigingsbegrensd beeld te maken met een 155 mm refractor. Voor een 20 cm telescoop loopt deze kans al terug naar 1 op 4.000 en voor een 30 cm telescoop is dit al 1 op 975 miljoen! Is de seeing iets beter, bijvoorbeeld r0 = 30 mm, dan lopen de cijfers al beduidend terug: respectievelijk 1 op 11, 1 op 181 en 1 op 1 miljoen. Deze voorbeelden tonen aan dat met slechts een kleine verbetering van de seeing de kans op het bekomen van een buigingsbegrensd beeldje enorm toeneemt. Terwijl we nu toch bezig zijn: op de Canarische Eilanden ligt de r0 waarde geregeld tussen de 200 en de 300 mm. De kans op het maken van goede zonnefoto's is daar vele malen groter dan bij ons.
Deze, en nog veel meer cijfertjes, kun je voor je eigen waarnemingsapparatuur zelf berekenen. Je kunt hiervoor op de website van AstroLAB *IRIS* een MS Excel-rekenblad ophalen[13].

2.4.2 Het effect van de lokatie op de seeing

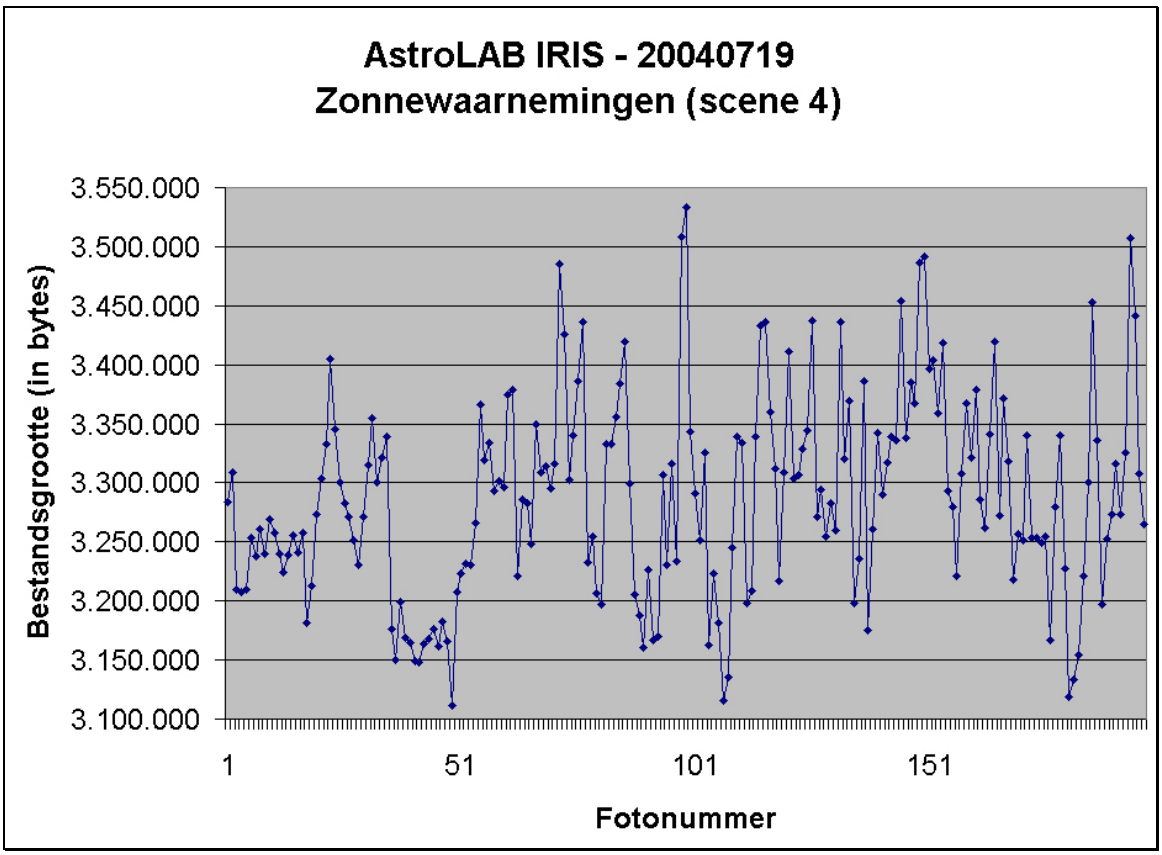
Seeing bestaat uit diverse componenten: je hebt de zogeheten lokale seeingomstandigheden, zeg maar deze direct rond de waarnemingsplaats, en de seeingomstandigheden die zich op grotere hoogte afspelen. Aan dit laatste kun je uiteraard zelf heel weinig doen, tenzij je je over honderden, of zeg maar eerder duizenden, kilometers zou verplaatsen. In de literatuur en op het internet kun je over dit onderwerp heel wat terugvinden[14].
Ik zal mij hier echter beperken tot het strikte minimum: de lokale seeingomstandigheden. Ik denk dat een heel stuk van de lokale seeingproblematiek al kan opgelost worden door volgende zaken in het oog te houden:

1) Zorg ervoor dat de telescoop waarmee je de zon wil fotograferen, dezelfde temperatuur heeft als de omgeving. Indien dit niet zo is, zullen door dit temperatuursverschil luchtwervelingen ontstaan die de beeldkwaliteit negatief beïnvloeden. In AstroLAB *IRIS* II staat de zonnerefractor opgesteld in een ruimte die door een behoorlijke luchtspleet tussen de koepel en de draagmuur tamelijk goed de buitentemperatuur volgt. Ik las onder andere ook dat men in bepaalde professionele zonneobservatoria, telkens men een aantal foto's heeft genomen, de koepel terug sluit om de zonnetelescoop gedurende een aantal minuten opnieuw te laten afkoelen tot alles opnieuw de omgevingstemperatuur heeft bereikt. Zelf heb ik deze techniek nog niet echt systematisch toegepast.
2) Probeer ervoor te zorgen dat de telescoop waarmee je waarneemt, uitzicht heeft op een stuk *homogene* natuur: bijvoorbeeld weilanden, waterplassen, bos, ... Zonnewaarnemingen doen tussen bijvoorbeeld appartementsgebouwen door of over geasfalteerde parkings is zeker niet aan te bevelen.

2.4.3 Het dynamische effect van de seeing

Helaas is het allemaal niet zo simpel als zojuist werd beschreven. De seeing kan nu eenmaal héél snel veranderen. Ik spreek hier zelfs over tienden of honderdsten van een seconde. Stel dat je je 15 cm kijker hebt gediafragmeerd tot bijvoorbeeld 10 cm om een bepaalde slechtere seeingtoestand de baas te kunnen. Tijdens de rest van die waarnemingssessie heb je dan gewoon geen enkele mogelijkheid meer om te profiteren van de, weliswaar zeer sporadische, momenten van goede seeing. Die zouden immers bij een grotere diameter zeker een hogere resolutie hebben opgeleverd. Of eenvoudig gezegd: eenmaal gediafragmeerd tot 10 cm blijft de kijker een 10 cm met de daaraan verbonden beperktere resolutie. Het zonnebeeld zal dan wel rustiger zijn, zeg maar aangenamer om waar te nemen, maar je kunt gewoon *nooit* meer gedurende die waarnemingssessie de maximale resolutie van een 15 cm telescoop halen.
Daarom werk ik zelf steeds bij maximale opening als ik de 20 cm triplet apochromaat van AstroLAB *IRIS* II gebruik. En ja, dan is het zo dat in veel gevallen het beeld niet zo optimaal is. Maar, en dat is het natuurlijk, als de atmosfeer dan eens één moment, zelfs al is dat moment bijzonder kort, lokaal in rust komt, dan heb ik op zijn minst de *kans* om de zon op dat ogenblik in hoge(re) resolutie te fotograferen. Het gaat dan ook in eerste instantie allemaal over het hebben of zelfs het scheppen van een *kans* op het maken van een goede zonnefoto. Die kans moet je dus in eerste instantie nog altijd zelf creëren!

Kijk even naar onderstaande grafiek. Tijdens een waarnemingssessie op 19 juli 2004 in AstroLAB *IRIS* II werden vele honderden zonnefoto's opgenomen van één bepaalde scène. Aangezien we steeds dezelfde scène aanhouden en verder niks veranderen aan onze opstelling (scherpstelling blijft dezelfde, belichtingsparameters blijven dezelfde, enz.), dan zou je bij perfecte seeing mogen verwachten dat iedere JPEG-gecomprimeerde zonnefoto eenzelfde bestandsgrootte zou hebben.



Het dynamische karakter van de seeing komt duidelijk naar voren wanneer men de bestandsgroottes van JPEG-gecomprimeerde digitale zonnefoto's in functie van de tijd bekijkt. (© 2004, Philippe Vercoutter)

Wat blijkt nu echter ? Doordat de seeing voortdurend verandert, verandert deze bestandsgrootte ook. Bij slechte seeing vervaagt het beeld heel sterk. Wie zegt "vervaging" zegt ook "minder detail", en wie zegt "minder detail" zegt eigenlijk ook "een kleinere bestandsgrootte na compressie". Wat leert de grafiek nu ? Heel eenvoudig dat de seeing in dit voorbeeld heel sterk varieerde: de 200 foto's kwamen gedurende slechts enkele minuten tot stand. Het verschil tussen het grootste en het kleinste JPEG-bestand bedraagt gemakkelijk 13 % (grofweg gerekend 3451 – 3039 KB = 412 KB op 3039 KB). De grafiek toont ook duidelijk een golfkarakter aan: de seeing verbetert en verslechtert in vlagen.

Eenmaal je tot het inzicht gekomen bent dat er een verband bestaat tussen de detailrijkheid (zeg maar de kwaliteit) van de opname en de grootte van het JPEG-fotobestand, zie je onmiddellijk al een heel interessante toepassing. Wanneer je alle zonnefoto's van één welbepaalde scène in één folder op je PC plaatst, kun je heel gemakkelijk de betere foto's terugvinden: sorteer gewoon alle fotobestanden in dalende bestandsgrootte en de betere foto's staan bovenaan. In plaats van nog honderden foto's te doorlopen, kun je je beperken tot bijvoorbeeld de eerste 10. En dat bespaart je héél veel werk.

Deze manier van werken noem ik de ***File Size Quality Method*** (afgekort als **FSQM**). FSQM zal ook worden geïntegreerd in de volgende versie van Registax (Versie 3). Voor alle duidelijkheid: FSQM kan in principe ook worden toegepast op bestanden die niet volgens de JPEG standaard werden gecomprimeerd.

2.4.4 Het vastleggen van goeie seeing-momenten

De volgende vraag is dan natuurlijk hoe je dat ene goede moment fotografisch kunt vastleggen. Het principe is heel eenvoudig (de uitvoering is jammer genoeg wat minder gemakkelijk): zoveel mogelijk beelden maken. Je hebt hier eigenlijk twee mogelijkheden om je kans op één goede opname te vergroten:

a) zolang mogelijk waarnemen en/of
b) zoveel mogelijk beeldjes per seconde maken

(en best alle twee tegelijkertijd natuurlijk!).

Een goedkope manier om zoveel mogelijk beeldjes te bekomen, is het werken met een **webcam**. Hierbij gebruik je best een webcam waarbij de kleurenchip is vervangen geworden door een monochrome chip. Monochrome chips hebben een hogere resolutie dan hun kleurentegenhangers. Dit komt doordat op kleurenchips een masker wordt aangebracht. Dit zogeheten Bayer-masker levert wel kleuren op (spectrale resolutie), maar ten koste van de ruimtelijke resolutie (spatiale resolutie). In het geval van zonnefotografie zijn we, in eerste instantie, op zoek naar spatiale resolutie. Indien je besluit om met een webcam te werken, probeer dan te werken in het zogeheten RAW-formaat: in dit geval wordt een AVI-bestand opgenomen zonder dat de software in de webcam al zelf het “debayer” proces uitvoert. Dit “debayer” proces wordt dan later gedaan door gespecialiseerde software waardoor beduidend scherpere resultaten worden bekomen. De volgende versie van Registax, Versie 3, zal ook het werken met RAW AVI’s ondersteunen.
Een tweede mogelijkheid, maar - voorlopig nog - wel een behoorlijk duurdere, is het werken met (semi-)professionele **digitale camera**’s. Zelf gebruik ik de CANON EOS-1D Mark II. Deze camera laat toe om, gedurende enkele seconden, maar liefst 8 beelden per seconde aan 8 Megapixels per beeld op te nemen. Per seconde kan deze camera dus zo’n 64 MB aan beeldmateriaal verzamelen. Zo’n camera is beduidend trager dan een webcam (die gemakkelijk tot zo’n 30 beelden per seconde kan gaan), maar het beeldveld is wel ontzettend véél groter dan dat van een webcam. Bovendien kan zo’n digitale camera in 12-bit grijswaarden werken in plaats van de gebruikelijke 8-bit grijswaarden in webcams. Volledigheidshalve dien ik hier ook te vermelden dat een webcam, indien we maar genoeg beeldjes stapelen (met een programma als Registax bijvoorbeeld), ook een bitdiepte kan bereiken die beduidend hoger is dan 8.



De CANON EOS-1D Mark II laat toe om 8 hogekwaliteitsbeeldjes (van 8 Megapixels) per seconde te maken. Hier zien we zo'n digitale camera gemonteerd op een 152 mm TMB aprochromaat tijdens zonnewaarnemingen met een Herschel-prisma. (© 2004, Philippe Vercoutter)

Vandaar dat ik zelf meestal (dus niet altijd) zo'n digitale camera prefereer boven een webcam. Laten we het hier misschien heel eenvoudig stellen: met een webcam kun je wellicht nog altijd in hoogste resolutie vastleggen, maar dan wel van een bijzonder beperkt beeldveld. De digitale camera laat eveneens toe om tot hoge(re) resoluties te komen, maar dan wel van zeer uitgestrekte gebieden op de zon. Daar opnieuw moet je aan het volgende denken: doordat een digitale camera grote beeldvelden aankan, heb je meer kans dat een bepaalde zone van die opname scherp (buigingsbegrensd) is. Je knipt daarna gewoon al de rest van je opname weg en zo bekom je dan toch een beter beeldje.

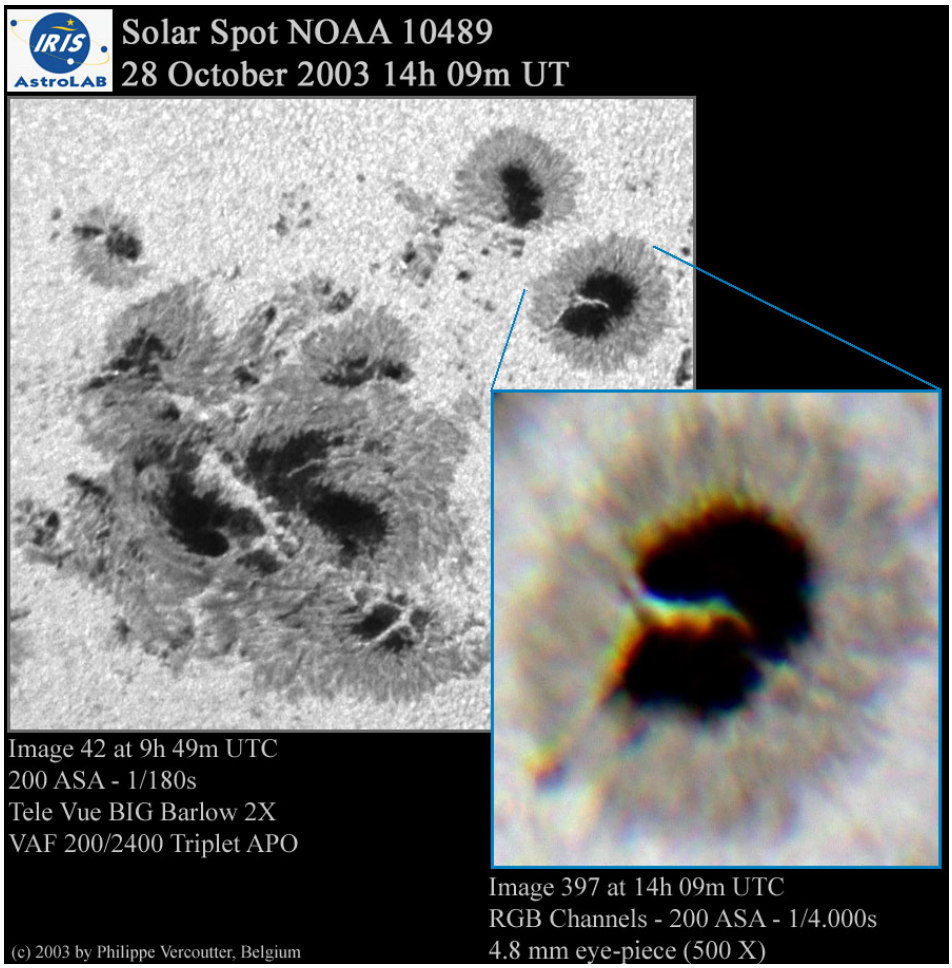
2.5 Wanneer en wat waar fotograferen op de zon ?

2.5.1 De diameter van de zon gedurende het jaar

Hierover kan toch ook het een en het ander worden gezegd. In tegenstelling tot wat vele mensen denken, staat de aarde niet het dichtst bij de zon in de zomer, maar wel in de winter. Dit betekent dus dat de schijnbare doormeter van de zon een beetje groter is in de winter. Begin juli is de zon 31' 28" groot, en begin januari is dit al opgelopen tot 32' 32". Dit is dus een verschil van 1952 – 1888 = 64" (meer dan 3% dus). Wie zegt grotere schijnbare doormeter, zegt ook dat de gelijkaardige details nét dat beetje groter zijn in de winter. Niet dat het veel verschil uitmaakt, maar toch!

2.5.2 De hoogte van de zon

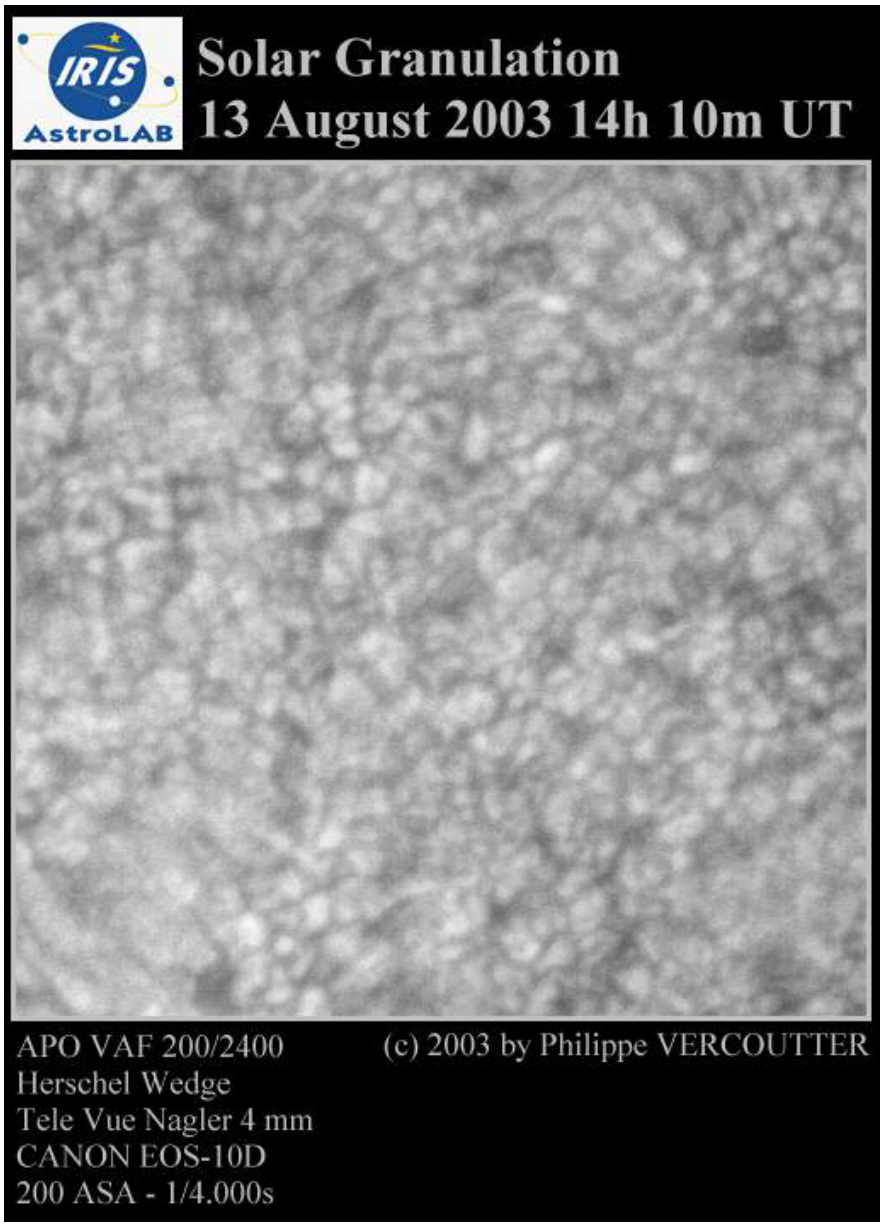
Natuurlijk staat de zon in de zomer gemiddeld hoger aan de hemel dan in de winter. Dit betekent dat we tijdens de zomermaanden minder last hebben van bijvoorbeeld atmosferische refractie: wanneer de zon te laag staat, zullen de verschillende componenten van het zonlicht anders worden afgebogen door de aardatmosfeer. Dit betekent dat het witte zonlicht wordt opgesplitst in de basiscomponenten net zoals dat in een prisma gebeurt. Dit fenomeen kan duidelijk met topinstrumenten worden waargenomen.



Deze uitvergroting toont duidelijk aan wat het effect is van een té lage zonnestand op een hogeresolutiezonnefoto. (© 2003, Philippe Vercoutter)

2.5.3 Het moment van de dag

Een andere vraag die je je kunt stellen is: op welk moment van de dag kan ik het best fotograferen om kleinere details vast te leggen? Amateurs die hier nog meer ervaring hebben dan ikzelf, rapporteren dat dit het best in de voormiddag gebeurt omdat de zon de lucht nog niet al te zeer heeft opgewarmd en de luchtturbulentie dus beperkter kan zijn. Neem ook niet te vroeg in de ochtend waar, aangezien de zon dan nog té laag staat en atmosferische refractie weer parten zal spelen. Laten we dus zeggen dat zowat tussen 10 en 12h een beter moment zou kunnen zijn om aan zonnefotografie te doen. Neem dit alles natuurlijk ook met een korreltje zout: op 13 augustus 2003 omstreeks 14h 10m UT (dus rond 16h in de namiddag) nam ik (bij 34°C tijdens een hittegolf nota bene) één van mijn beste zonnegranulatieopnames! Dit om maar een tegenvoorbeeld te geven: het zal ongetwijfeld juist zijn te stellen dat de seeing gemiddeld gezien ’s morgens beter is, maar dat betekent geenszins dat er op de andere momenten van de dag geen hogeresolutiezonnefoto’s meer kunnen genomen worden.



2.5.4 De plaats van het object op de zon

Dé ideale plek om een zonnevlek te fotograferen, is wanneer deze zich midden op de zonneschijf bevindt. Op de rest van haar traject, wanneer deze juist aan de zonnerand is verschenen of langs de andere kant weer verdwijnt, is het beeld van de zonnevlek vertekend. Dit komt eenvoudigweg omdat je als waarnemer niet meer loodrecht inkijkt op de zonnevlek. Dit bemoeilijkt het vastleggen van details ervan. Als je dus de keuze hebt, probeer dan een zonnevlek te kiezen die zo dicht mogelijk bij het centrum staat. Wil je de zonnegranulatie vastleggen, kies dan ook een gebied op de zon uit dat tamelijk centraal is gelegen.

2.6 Het maken van de foto

2.6.1 De spiegel van een reflexcamera

Indien er gebruik wordt gemaakt van analoge of digitale reflexcamera's, waarbij de spiegel wordt opgeklapt net vooraleer de eigenlijke opname tot stand komt, dan is het best om eerst rustig scherp te stellen. Eenmaal de scherpstelling tot stand is gekomen, kun je je camera zo instellen dat deze een paar seconden naar boven klapt *zonder dat de foto al wordt gemaakt*! Wanneer de spiegel naar boven is geklapt wacht je minstens een paar seconden zodanig dat het gehele systeem (fototoestel, telescoop en montering) volledig is uitgetrild. Pas nadien druk je met een draadontspanner af. Een hogeresolutiezonnefoto maken zonder gebruik van een draadontspanner en/of een afdrukmechanisme op afstand (een infraroodafstandsbediening of pc bijvoorbeeld) is quasi onmogelijk: telkens je zelf op de ontspanknop van het fototoestel drukt, veroorzaak je trillingen die de beeldscherpte beduidend doet verminderen. Iedere bewegingsonscherpte vermindert het aantal details in de opname!

2.6.2 Over het scherpstellen

Het maken van een goed zonnefoto staat of valt natuurlijk ook met het al dan niet goed scherpstellen. Niks is immers zo erg dan hét juiste seeingmoment te hebben en dan, door onnauwkeurige scherpstelling, toch nog tot een onscherpe foto te komen. Zelf stel ik eerst visueel, via de zoeker, zo goed mogelijk af. De zonnerand kan hierbij behulpzaam zijn. Meestal zijn er wel seeingrimpels aan de zonnerand op te merken en deze kunnen worden gebruikt om op scherp te stellen. Naast de zonnerand kunnen de zebra-achtige structuren (lijntjes, *striae* geheten) in de kernen (*umbrae*) van zonnevlekken ook helpen. Mijn ervaring is dat de seeing dé moeilijke factor is bij het scherpstellen: het beeld is immers meestal voortdurend in beweging. Daarom is het ook aangeraden om de scherpstelling niet voortdurend te wijzigen. Het is immers best mogelijk dat je kijker wel goed scherpgesteld is, maar dat het gewoon de seeing is die je parten speelt. Eenmaal ik visueel zo goed mogelijk heb scherpgesteld, maak ik onmiddellijk een paar tientallen testfoto's. Hierbij regel ik uiteraard ook al de belichting. De beelden bekijk ik steevast op pc (mijn digitale camera wordt quasi uitsluitend op afstand via de pc bestuurd): op een groot LCD-scherm kan ik onmiddellijk beter het beeld beoordelen dan door de zoeker of het kleine LCD-schermpje dat op de camera zelf voorhanden is. Op mijn pc heb ik ook altijd een Adobe Photoshop CS open staan. De betere foto's lees ik daar in en pas er onmiddellijk een onscherp masker op toe om het beeld nog beter te kunnen beoordelen. Alleen als ik zie dat daar alles in orde is, start ik de eigenlijke opnamesessie. Normaal gezien zal ik tijdens de gehele sessie van die bepaalde scène niet meer opnieuw scherpstellen. Wanneer er wordt overgegaan van de ene scène naar de andere wordt uiteraard soms wel opnieuw scherpgesteld (aangezien door temperatuursschommelingen van de optiek en de behuizing het focus kan veranderen).

2.6.3 Over het belichten

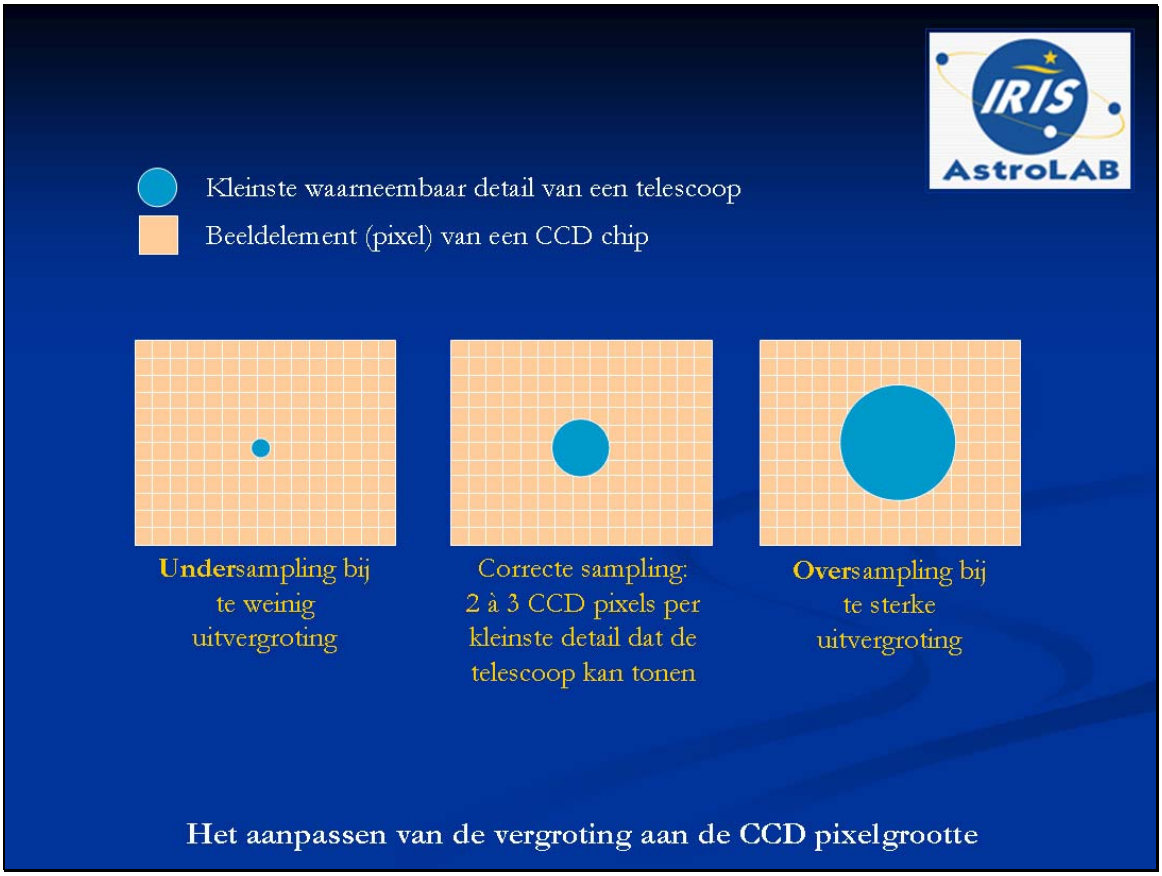
De meeste zonnefoto's worden té donker belicht. Je moet je beeld misschien ietsje helderder maken dan dat je in *normale* fotografie zou doen. De reden hiervoor is simpel: wanneer je de foto gewoon belicht, dan bekom je in de umbra (het donkere gedeelte van de zonnevlek) geen enkel detail meer. Een goede zonnefoto herken je dan ook meestal door het al dan niet aanwezig zijn van details in de umbra. Ook moet het de bedoeling zijn om eventuele lichtbogen die zich net boven de umbra bevinden, nauwkeurig vast te leggen. Een juiste belichting kiezen is dus net zo belangrijk als een nauwkeurige scherpstelling.
Waar je best ook rekening mee houdt tijdens het instellen van de belichtingsparameters, is het gevormde histogram. Daarin zie je hoeveel pixels een bepaalde waarde hebben gekregen. Bij een 8-bit camera bestaat zo'n histogram uit 256 elementen, bij een 16-bit CCD zijn er 65.536 mogelijke belichtingswaarden. Waar je moet op letten, is dat alle belichtingswaarden zoveel mogelijk aan bod komen. Of nog anders gezegd: dat het dynamische bereik van je camera zo goed mogelijk wordt benut. Indien je met een webcam werkt, dan laten sommige beeldcaptatiesoftwarepakketten, zoals bijvoorbeeld VirtualDub[15] (die bovendien gratis is), toe om dit histogram in real time te bekijken. Stel in dit geval de *versterking* en *sluitersnelheid* zodanig in dat het histogram er zo breed mogelijk uitziet.

2.6.4 Over het kiezen van een korte belichtingsduur

Sommige mensen maken wel eens de volgende denkfout: ze denken dat wanneer men maar snel genoeg fotografeert (bijvoorbeeld door een sluitertijd te kiezen van 1/1.000 of 1/2.000 seconde), men dan sowieso een goed beeld krijgt. Dat is natuurlijk fout: wat je doet als je een kleine sluitertijd kiest, is de seeing bevriezen, niets meer en ook niets minder. Het is dus nog altijd perfect mogelijk dat het beeld dat je bevriest niet van goede kwaliteit is. Door lagere sluitersnelheden te kiezen, sluit je dus enkel bewegingsonscherpte uit (afkomstig van mechanische trillingen, seeingvegen, enz.). Het is dus een goede zaak om bijvoorbeeld op een sluitertijd van maximaal 1/1.000 te werken, maar verwacht niet omdat je bijvoorbeeld op 1/8.000 s werkt, dat de foto nog scherper zal zijn dan een foto genomen met bijvoorbeeld 1/2.000 s: daar is de seeing dus nog altijd dé beperkende factor.
Of ik nu op 1/2.000, 1/4.000 of 1/8.000 seconde werk, laat ik volledig afhangen van de belichting. Ik kies die sluitersnelheid zodanig dat ik, samen met een goede ISO-waarde, een goede belichting bekom. Als ik kan kiezen tussen 1/8.000 s en 400 ASA of 1/4.000 s en 200 ASA, dan kies ik voor dit laatste: bij lagere ISO-waarden is de ruis nog altijd ietsjes lager (alhoewel bij deze snelheden de ruis wellicht al héél beperkt is, zelfs bij 400 ASA). Wanneer er wordt gewerkt met webcam, probeer dan steeds een zo snel mogelijke sluitertijd in te stellen (een ISO-waarde kun je in het geval van een webcam niet instellen) en er voor te zorgen dat het beeld hierbij niet te donker wordt.

2.6.5 Vergroting en pixelgrootte

Vele mensen gaan ervan uit dat ze enkel en alleen maar een digitale camera moeten kopen met een zo groot mogelijk aantal beeldelementen (*pixels* geheten). Vandaag zijn digitale camera's of CCD's met 6 tot zelfs 12 megapixels geen uitzondering meer (de nieuwe CANON EOS-1Ds Mark II heeft er zelfs 16,7 miljoen!). Wat echter nog van groter belang is om tot hogeresolutieopnames te komen, is dat de pixelgrootte aangepast is aan het optisch systeem waarop de detector gebruikt wordt. De pixels moeten klein genoeg zijn opdat ze de kleinste details die de telescoop kan vormen ook effectief kunnen opnemen. De zaak kan natuurlijk ook anders bekeken worden: voor een detector met een bepaalde pixelgrootte zul je het beeld voldoende moeten uitvergroten, via hoogwaardige Barlows bijvoorbeeld, opdat de detector het zonnebeeld in voldoende detail kan opnemen.



Bij het werken met een CCD of digitale camera is het van groot belang om het beeld voldoende uit te vergroten zodanig dat alle details die een telescoop toont ook goed worden geregistreerd. Wordt er onvoldoende uitvergroot dan treedt er ***undersampling*** *op: alle details komen dan niet ten volle tot uiting in het opgenomen beeld. Langs de andere kant moet men ook niet té veel uitvergroten want dan wordt het beeld mogelijks té donker. Bij zo'n* ***oversampling*** *zijn er eigenlijk veel te veel pixels beschikbaar om het kleinste waarneembare detail vast te leggen. In dergelijk geval kun je bepaalde CCD camera's vragen een aantal pixels, bijvoorbeeld 2x2 of 3x3, samen te nemen tot één nieuwe pixel. Dit proces noemen we* ***binning****.*

Indien je de pixelgrootte en/of de vergroting van het beeld niet op elkaar afstemt, zal je waarschijnlijk niet in staat zijn om hogeresolutiezonnefoto's te maken. Het is beter om het zonnebeeldje sowieso een beetje te veel te vergroten dan te weinig. Immers, als de vergroting iets té groot is, ben je er op zijn minst toch zeker van dat de kleinste details er goed opstaan. In zo'n geval spreken we van *oversampling* (dit in tegenstelling tot het te vermijden *undersampling*). Referentie 7 geeft je toegang tot een Microsoft™ Excel rekenblad dat toelaat de minimale vergroting te berekenen om een bepaalde detector toe te laten de kleinste details goed te detecteren op een welbepaald type van telescoop.

Detector	**Pixelgrootte (in μm)**
SBIG TC237 Tracking CCD	7,4 x 7,4
SBIG ST-8E/XE	9,0 x 9,0
SBIG ST-9E/XE	20,0 x 20,0
SBIG ST-10E/XE/XME	6,8 x 6,8
SBIG ST-2000XM	7,4 x 7,4
CANON EOS-10D	7,4 x 7,4
CANON EOS-1D Mark II	8,2 x 8,2
Philips Vesta Pro webcam	5,9 x 5,9

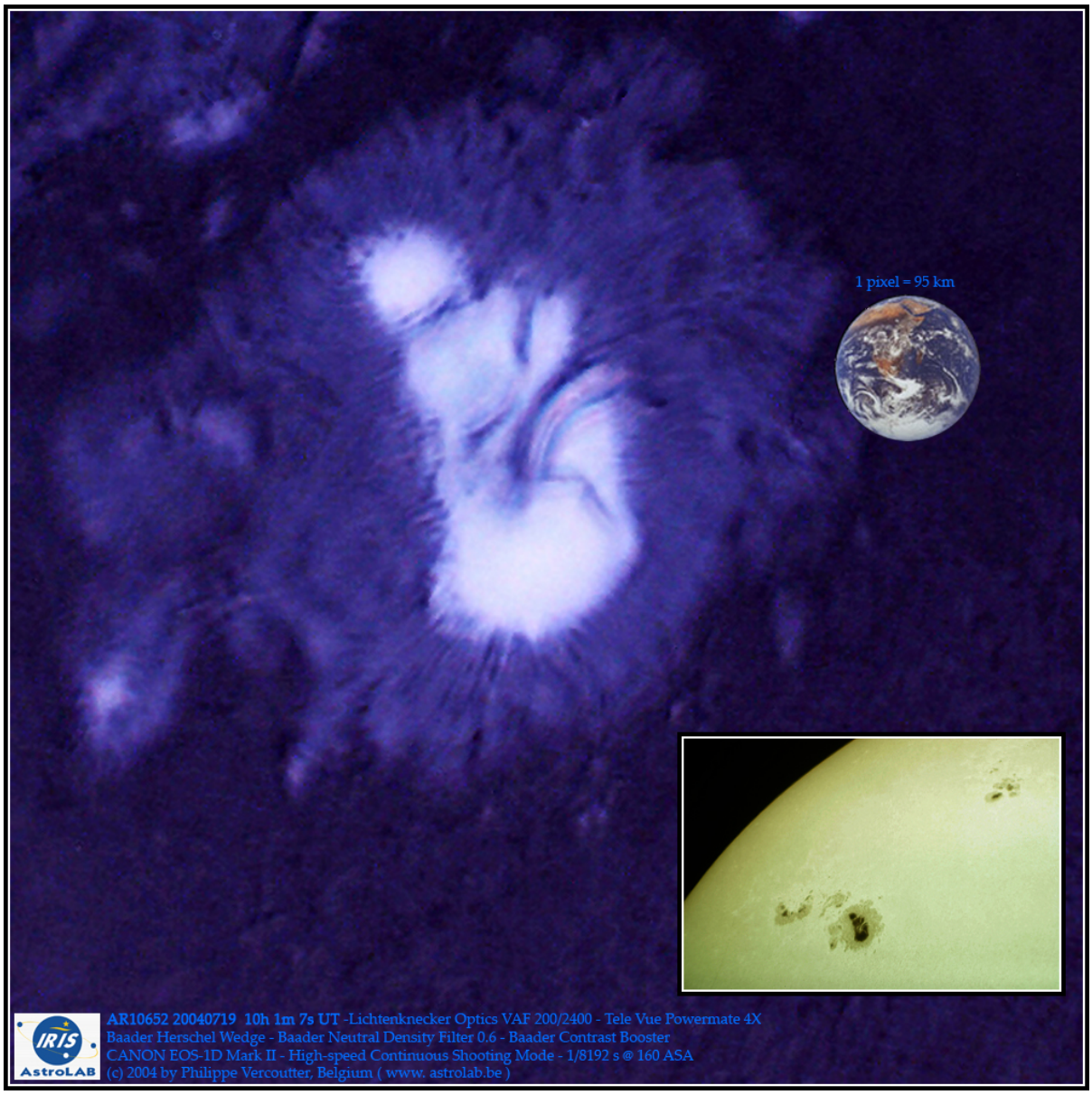
Grootte van de pixels voor enkele populaire detectors.

2.6.6 Over het combineren van foto's

In de planeetfotografie met behulp van een webcam is het de gewoonte om beeldjes te combineren tot één eindresultaat. Hierbij wordt dan gebruik gemaakt van speciale computerprogrammatuur zoals bijvoorbeeld *Registax*. Dé reden waarom men beeldjes combineert, is het opheffen van de effecten van de seeing (een gemiddeld beeld heeft veel minder last van seeing) en het verbeteren van de signaal/ruisverhouding: hoe meer beeldjes je bij elkaar optelt, hoe beter deze verhouding wordt. Om echter de bewegingsonscherpte geïnduceerd door de rotatie van de planeet in kwestie te vermijden, dien je de tijdsduur van de webcamfilmpjes te beperken.
Bij zonnefotografie bestaat er ook zo'n een tijdslimiet. De bewegingsonscherpte is ditmaal niet veroorzaakt door de zonnerotatie: de omwentelingssnelheid van 27 dagen aan de evenaar (en zelfs 34 dagen aan de polen) is té laag om enige bewegingsonscherpte te veroorzaken. Er is echter iets anders dat bewegingsonscherpte kan veroorzaken, namelijk de dynamiek van astrofysische processen op onze dagster zelf! Granulatiecellen, om maar een voorbeeld te geven, worden immers gevormd in een tijdspanne van enkele minuten. Bekijk de filmpjes op de website van de *Dutch Open Telescope* (DOT)[16] om te zien hoe snel granulatiecellen zich wel vormen en opnieuw verdwijnen. Het is dus een utopie om te denken dat je bijvoorbeeld gedurende een vijftal minuten beeldjes kan verzamelen om ze dan te combineren tot één hogeresolutiezonnefoto. Als je deze combinatietechniek al wil gebruiken, probeer dan om zoveel mogelijk beeldjes te verzamelen gedurende zeg maar 30 seconden (maximum 1 minuut).

2.6.7 Extra filters gebruiken

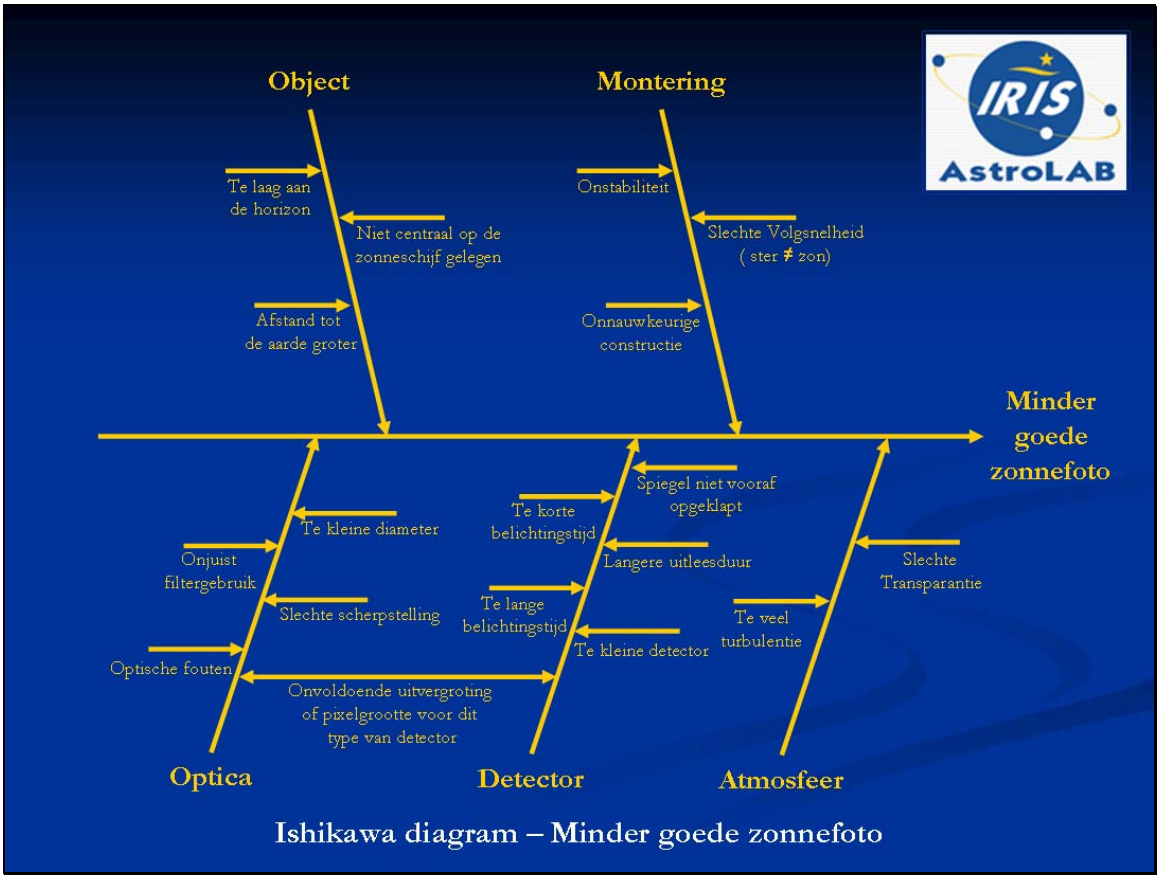
Zelf heb ik niet zoveel ervaring met het gebruik van contrastverhogende filters. Ik heb al een paar keer een ContrastBooster filter van Baader Planetarium gebruikt, en telkens had ik de indruk iets meer uit het zonnebeeld te hebben gehaald. Op 19 juli 2004 gebruikte ik deze filter en slaagde er toen in, voor de eerste keer trouwens, om aan te tonen dat de striae (de lijntjes die je normaal ziet rond de zonnevlek), doorlopen doorheen de umbra. Of dit nu puur toeval is of precies dankzij het gebruik van deze filter, moet ik hier voorlopig in het midden laten. Het is in ieder geval een feit dat het fotograferen van dergelijke fijne structuren bijzonder moeilijk is en dat ik er mét een Baader ContrastBooster toch al in geslaagd ben.



Striae in de umbrae van zonnevlek AR10652
AstroLAB IRIS II - VAF 200/2400
Datum en tijd: 20040719 10h 1m 7s UT
Herschel Prisma - Tele Vue Powermate 4X
Baader ND 0,6 & Baader Contrast Booster
CANON EOS-1D II - 1/8.192 s @ 160 ASA
(© 2004, Philippe Vercoutter, België)

3 Samenvatting

Onderstaand oorzaak-gevolgdiagram (ook nog visgraat- of Ishikawa-diagram geheten) geeft een overzicht van de diverse zaken die in dit artikel werden besproken. Elk van de aangegeven oorzaken kan leiden tot een minder goede zonnefoto. Je kunt dit diagram als leidraad gebruiken voor het opsporen van oorzaken wanneer je een minder geslaagde zonnefoto hebt gemaakt. Bekijk het als een soort van schematische samenvatting van dit artikel. Oog hebben voor al deze factoren is dé sleutel tot het maken van een hogeresolutiezonnefoto.



Dit zogeheten Ishikawa-diagram (ook wel oorzaak-gevolgdiagram genoemd) wijst de belangrijkste oorzaken aan die kunnen leiden tot het maken van een minder geslaagde zonnefoto. Er zijn 5 belangrijke aspecten die men voortdurend in het oog moet houden: het object zelf, de montering, de optica, de detector en de atmosfeer.

4 Zelf hoge(re) resolutie zonnefotografie uitproberen ?

Zoals ik al eerder in dit artikel aangaf, komt er nogal wat kijken bij het maken van hogeresolutiefoto's. Laat het artikel je in ieder geval niet afschrikken, maar eerder een inspiratiebron zijn om je zonnefotografie mogelijk nog wat beter te doen. Naast de technische kennis dien je natuurlijk wel nog te beschikken over (meestal) dure apparatuur. De project- en volkssterrenwachten AstroLAB *IRIS* te Zillebeke, Ieper (zie http://www.astrolab.be) stellen iedereen, eventueel onder begeleiding, in staat om zelf dergelijke zonnefoto's te maken. Dit kost u vrijwel geen geld, alleen maar veel geduld, ernst en doorzettingsvermogen. Geef ons een seintje op info@astrolab.be .

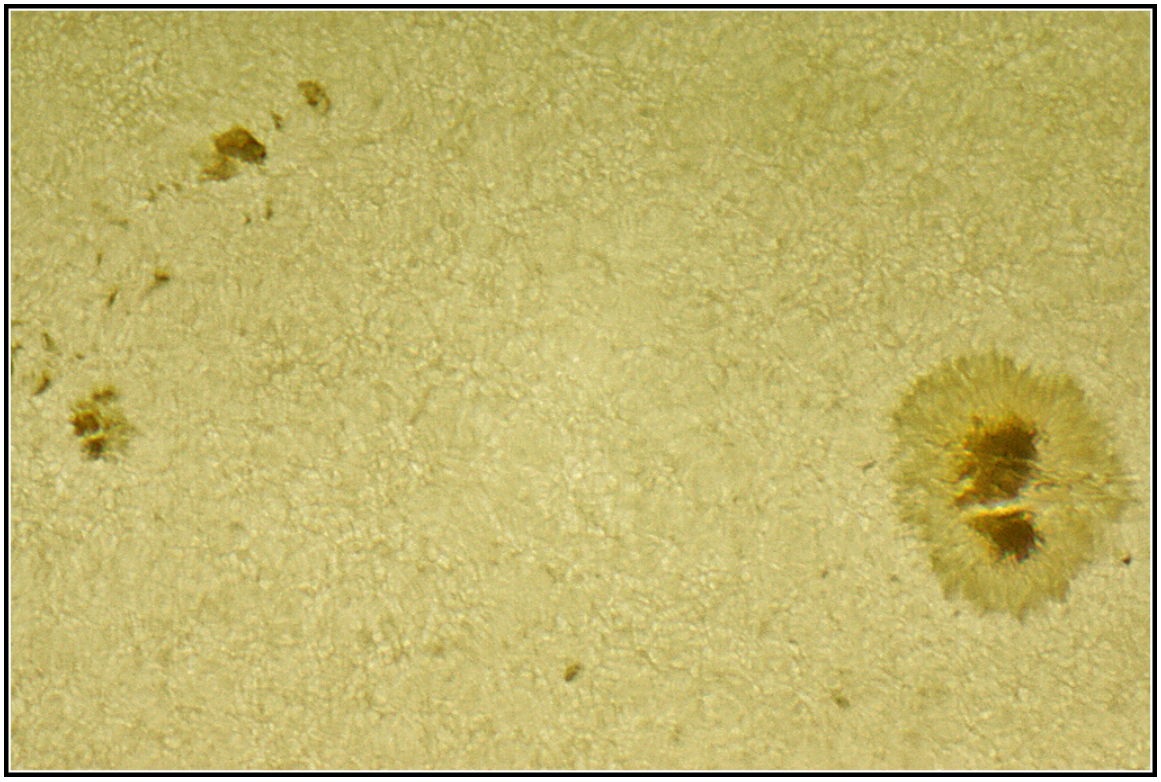
Colofon

Dit artikel en de meeste fotografische resultaten die er aan ten grondslag liggen, zijn mede mogelijk gemaakt door de inzet van heel wat mensen in en rond de Astronomische Contact Groep vzw, de initiatiefnemers van de project- en volkssterrenwachten AstroLAB *IRIS*. Aan iedereen: van harte bedankt. Ook dank aan Johan Vanbeselaere, Jan Janssens, Jan Simons, Arie Nagel, Peter Pollet en Cor Berrevoets voor het nalezen van dit artikel.

Artikel afgesloten op 20 Oktober 2004.

■

Mogelijk kan onderstaande foto dienen voor op de kaft van Heelal:



Zonnevlekken AR10667 en AR10669
Datum en tijd: 20040907 14h 47m 37s UT
AstroLAB IRIS II - VAF 200/2400
Tele Vue Powermate 4X + BIG Barlow 2X, Herschel Wedge
Baader Neutral Density Filter 0,9
CANON EOS-1D Mark II - 1/6400 s @ 500 ASA
© 2004, Philippe Vercoutter, België

---

[1] Zie http://www.astrolab.be/
[2] Zie http://www.baader-planetarium.de/zubehoer/zubsonne/astrsolar.htm#asolar
[3] Zie http://www.thousandoaksoptical.com/solar.html
[4] Zie http://www.scsastro.co.uk/it040028.htm
[5] Zie http://www.astro-physics.com/index.htm?products/accessories/solar_acc/astrosolar
[6] Een definitie van *Strehl-ratio* vind je op http://www.licha.de/astro_article_mtf_telescope_resolution.php .
[7] De brochure kan gedownload worden op http://www.astrolab.be/html/educatief_nl_frames.html
[8] Zie http://www.chesapeake.net/~osprey/sunspots.html (Kijk bij de *Equipment Descriptions – Stage 3*)
[9] Lees hierover meer op http://www.europa.com/~telscope/solartele.txt .

[10] Meer informatie over de resolutie van een telescoop vind je op http://www.licha.de/astro_article_mtf_telescope_resolution.php .
[11] Het is de Zweedse zonnetelescoop die op 15 juli 2002 de kleinste zonnedetails ooit vanaf de aarde waarnam. Zie de astronomische beeldendatabank ASTRID om deze foto's te zien: http://astrid.astrolab.be/jsp/zoek.jsp?arg=isp .
[12] Zie het boek *High Resolution Astrophotography* van Jean Dragesco op blz. 64-65 voor meer uitleg over de r0 parameter en het belang er van voor hogeresolutiezonnefotografie.
[13] Zie http://www.astrolab.be/html/acg_inventaris_nl.html .- Neem een bestaand configuratiebestand en vul je gele zones in het rekenblad in. Alle andere parameters worden zo voor je telescoop en detector berekend!
[14] Zie bijvoorbeeld http://www.rca-omsi.org/seeing.htm en http://www.eso.org/gen-fac/pubs/astclim/papers/lz-thesis/node25.html .
[15] Zie http://www.virtualdub.org .
[16] Zie http://hst33127.phys.uu.nl/~pit/DOT/Showpiece/movies.html .