

Astrofoto

Jesper Sørensen

Astrofoto

© 2008 Jesper Sørensen

www.astrofoto.dk

E-mail: jesper@ccd-astrofoto.dk

2. oplag

Forlag: Books on Demand GmbH, København, Danmark

Tryk: Books on Demand GmbH, Norderstedt, Tyskland

Indhold

Indledning	11
-------------------	----

Del I - Astrofoto setuppet

Hvad er astrofoto	15
--------------------------	----

Afokal	15
Piggybacking	15
Primær fokus	15
Okularprojektion	15
Barlow projektion	16
Reducer	16

Teleskopet	16
-------------------	----

Brændvidde og f/forhold	16
Belyst felt	17
Fladt felt	17
Optisk kvalitet	17
Kollimering	17

Teleskop typer	17
-----------------------	----

Refraktor	17
Newton	18
Schmidt-Newton	19
Schmidt-Cassegrain	19
Maksutov-Cassegrain	20
Maksutov-Newton	20
Ritchey-Chrétien	21
Dall-Kirkham	21
Astrografer	21

Kollimering	22
--------------------	----

Newton Kollimering	22
SCT Kollimering	23

Monteringen	24
--------------------	----

Tysk montering	24
Gaffel montering	25
Pris/kvalitet	25
Polalignment	25
Drift alignment	25
Kameraet	27

Kamera på teleskop	27
---------------------------	----

Køre ud eller blive hjemme	28
-----------------------------------	----

Del II – Deepsky

Deepsky objekter	31
-------------------------	----

Observationsstedet	31
---------------------------	----

Teleskop og montering	32
------------------------------	----

DSLR Kamera	32
--------------------	----

Det indbyggede IR cut filter	33
------------------------------	----

Hvilket DSLR kamera	34
---------------------	----

Raw formatet	34
--------------	----

ISO indstilling	34
-----------------	----

Autodark	35
----------	----

Computerstyring	35
-----------------	----

Fokusering	36
------------	----

Farver	36
--------	----

Backfokus med DSLR på Newton	37
------------------------------	----

CCD kamera	38
-------------------	----

Hvor stor en chip behøves	38
---------------------------	----

Farve eller sort/hvid	38
-----------------------	----

One-shot color	38
----------------	----

Monokrome kameraer	39
--------------------	----

NABG/ABG	39
----------	----

Vignettering og Coma/feltkrumning	39
-----------------------------------	----

Barlowlinser	40
--------------	----

Filtre	40
---------------	----

UV/IR cut	41
-----------	----

RGB	41
-----	----

LRGB	41
------	----

LPS	42
-----	----

UHC	42
-----	----

Smalbånd	43
----------	----

Smalbånd farver	44
-----------------	----

Smalbånd med DSLR	45
-------------------	----

Filterhjul	45
------------	----

F/forholdet, brændvidden og foto	45
---	----

Om at optimere pixelopløsning	46
--------------------------------------	----

Pixel binning	48
---------------	----

Reducer/extender	49
------------------	----

Hvor stort teleskop	49
----------------------------	----

Fokusering	50
Eyeballing	50
Numerisk/grafisk	50
Spikes	50
Hartmann maske	51
Guiding eller ej	51
Uguidede eksponeringer	51
Manuel guiding	51
PEC	52
Autoguiding	52
Guide teleskop	53
Guide kamera	53
Guide software	53
Autoguide setup	54
Autoguiding i praksis	55
Hvor lang eksponeringstid	56
Komposition	57
Billedbehandling	58
Kalibrering	58
Darkframes	58
Bias frames	59
Flatfield frames	59
Kalibrer billedet	61
Filformater og bit dybde	61
Stacking	62
DDP	64
Histogram	65
Selections	65
Marquee	66
Lasso	66
Magic wand og Quick selection	66
Layers	67
Layer palette	67
Curves	68
Levels	70

Shadows/Highligts	70
Sharpening	71
Støjreduktion	71
Astronoy Tools, Actions	72
Gradient Xterminator	73
Vignettering i Photoshop	73
Spot Healing Brush	73
Gør ovale stjerner runde	74
Farvebalance	74
Hue/Saturation	75
History Palette	75
RGB Kombinerig	75
LRGB	76
Smalbånd farvekombinerig	76
Resize	77
Crop	77
Mosaikker	78
Etik i billedbehandling	78
Del III – Solsystemet	
En helt anden teknik	81
Højopløste billeder	81

Observationssted	81
Atmosfærisk seeing og transparens	81
Atmosfærisk seeing	81
Lokal seeing	82
Tubus termik	82
Teleskop og montering	82
Kamera	83
Pixelopløsning	84
Barlow projektion	85
Filtre	85
RGB filtre	85
UV/IR cut	85
IR pass	86
Venus filter	86
Solfiltre	86
Optagelse	87
Centrering	87
Fokusering	88
Filterhjul	88
Optagelse af planeter, Sol, Måne	88
Planeterne	89
Månen	89
Solen	89
Billedbehandling	90
Kalibrering	90
Udvælgelse af gode frames	90
Resize	90
Stacking i Registax	91
Flere muligheder i Registax	96
Save registered avi	96
MAP	97
DSI Pro til planetfotos	99
RGB kombinerings	100
Efterfølgende billedbehandling	101
Planetfotos til videnskabeligt brug	101

Indledning

Astrofoto er en dejlig hobby. Vi kan tage billeder af fjerne himmelobjekter, billeder af en kvalitet som for tyve år siden var forbeholdt professionelle astronomer med kæmpeteleskoper. Vi kan fra baghaven fotografere galakser som befinder sig millioner af lysår borte, og gaståger i Mælkevejens naboarme. Vi kan fotografere Månen, Solen og planeterne i detaljer som var uopnåelige selv for de professionelle for ikke så længe siden. Amatørteleskoper er blevet bedre og billigere - selvom man stadig sagtens kan købe sig fattig - og kamerateknikken har gennemgået en større revolution.

Men al begyndelse er svær, og der er rigtig mange ting at lære hvis vi nu gerne vil drive det lidt videre end til at tage snapshots af Månen, ved at holde et digitalkamera ned til teleskopets okular. Det er sjovt nok i sig selv at tage sådan et billede, og det kan give et forbavsende resultat, men der er langt flere muligheder for den der bliver grebet af hobbyen.

Bogen du holder i hånden vil, for vist nok første gang på Dansk, forsøge at give en samlet gennemgang af udstyr, opsætning, metoder, billedbehandling og meget mere. Og Ikke mindst af alle de problemer man kan løbe ind i. Der er flere ting der skal være i orden for at få gode billeder i kassen: En god match af kamera og optik, fokusering, polindstilling af teleskopet, justering af optikken, tracking, guiding og så videre. Der er også masser af mulighed for at sætte sit personlige præg på billederne, indenfor rimelige grænser. Det sker især i efterbehandlingen af billederne på computeren. Der er f.eks. taget tusindvis af billeder af Orienttågen, men der er dårligt to af dem der er ens. Bogens ide er derfor ikke at give en facitliste til præcis hvordan billederne skal efterbehandles, men at give nogle færdigheder og teknikker, som læseren kan bruge og arbejde videre med. Og inden vi kommer til efterbehandlingen: Hvordan udstyret vælges, sættes op, og bruges bedst muligt, så råmaterialet er af god kvalitet. Man kan også spendere friværdien i huset og kassekreditten på ekstraudstyr, i form af filtre, reducere, extendere og meget andet. Alt sammen noget vi også kommer ind på.

Bogen skulle gerne hjælpe begynderen til at komme i gang med hobbyen, og hjælpe til med at undgå fejltagelser og fejlinvesteringer. Men det er også intentionen at den mere erfarne astrofotograf skal kunne finde noget brugbart i bogen. Astrofoto er en hobby alle mennesker har mulighed for at dyrke. Det kræver ingen højere uddannelse at lære sig at tage de smukkeste billeder af nattehimmels objekter. Det eneste adgangskrav til denne hobby er interessen. Men uddannelse er naturligvis heller ikke en nogen hindring. Der findes bøger og websider om emnet, der er fulde af komplicerede formler og matematik, bøger som mange af os derfor ikke får så meget ud af. Den slags har helt sikkert sin berettigelse for de "indviede", men det efterlader alle os andre i kølvandet, uden chance for at være med. Det er ikke ideen med denne bog, og brugen af formler og matematik er holdt nede på et minimum.

Astrofoto, og amatørastronomi i det hele taget, er en hobby hvor mange veje fører til Rom, så at sige. De erfarne folk har forskellige meninger om hvad der er det bedste udstyr til hvilket formål, og hvordan tingene skal gøres på den bedste måde. Det er ikke som at lære at skruer en cykel sammen: Det er der kun *en* rigtig måde at gøre på. I denne hobby udvikler man sine egne foretrukne metoder og holdninger, og mange af de garvede folk diskuterer tingene ivrigt. Derfor kan der uden tvivl også være nogle som rynker på næsen af noget af det jeg siger, eller måske ligefrem er rygende uenige! Det er helt som det skal være, og i en sådan situation opfordres læseren til at prøve forslagene, og se hvad der virker bedst for ham eller hende. Og send mig så bagefter en mail om hvad i erfarer. Jeg vil gerne vide det.

For femten år siden var det almindeligt at seriøse astrofotografer brugte gas-hypersensibiliseret film til deepsky fotos. Hypersensibilisering var en dyr og vanskelig metode til at reducere et af de største problemer ved film og astrofoto, nemlig filmens reciprocitetsfejl: Det fænomen at film bliver mindre og mindre følsom jo længere eksponeringen bliver. Filmens korn "glemmer" at de var eksponerede, og falder

tilbage til det ueksponerede stadie. CCD og CMOS chips lider ikke af reciprocitetsfejl, og de har en lang række andre fordele: Øjeblikkelig fremkaldelse, bedre følsomhed i et større område af spektret, digitalt format – klar til billedbehandling på computer, større gråtoneomfang og så videre.

CCD og DSLR, samt webcams og andre planetkameraer, giver muligheder vi ikke engang kunne drømme om for et par årtier siden. Og her i Skandinavien kan vi godt være med helt fremme. Vi har ikke så mange klare nætter og mange af os er plaget af lysforurening, hvorfor deepskyfoto kræver tålmodighed og vedholdenhed. Seeingen er også på det jævne meget af tiden, så der er længe mellem mulighederne for højopløste planetfotos. Alligevel har Nordiske amatører vist at vi godt kan følge med de bedste ude fra den store verden.

Mulighederne er der, men astrofoto handler jo ikke bare om at have det højeste ambitionsniveau og det dyreste udstyr. Hvert nyt billede der er en lille smule bedre end det sidste, og hver ny erfaring vi gør os, er en glæde. Frustrationer over dårligt vejr og teknik der ikke vil makke ret hører også med, men så meget større er glæden når tingene lykkes. Forhåbentlig vil læseren kunne bruge bogen her som en hjælp på vejen.

Bogen er delt i tre. Første del kommer ind på de forskellige former for astrofoto, montering, teleskop og opsætning. Anden del handler om at fotografere deepsky objekter: Galakser, tåger, stjernehobe. Tredje del handler om at fotografere Solsystemets objekter: Solen, Månen, Planeterne.

Jeg skylder en stor tak til Frank R. Larsen og Michael Stauning, som har korrekturlæst og kommenteret manuskriptet. Hvad der måtte være tilbage af fejl og mangler er selvfølgelig udelukkende mit ansvar. Også tak til brugerne på Astros forum og Lyras forum, for de mange gode forslag til hvad bogen skulle indeholde, og for mange gode diskussioner.

God fornøjelse

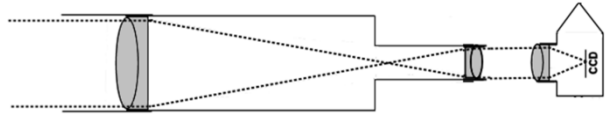
I

Astrofoto setuppet

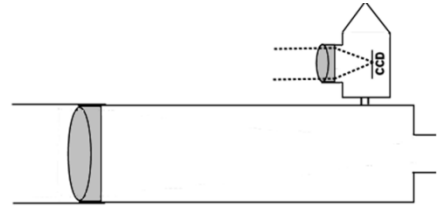
Hvad er astrofoto?

Der findes forskellige fremgangsmåder til at tage billeder af himlens objekter, og det kan gøres gennem en almindelig kameralinse, eller gennem et teleskop. Dybest set er der kun to teknikker i astrofoto, men de er til gengæld meget forskellige: Deepsky og Solsystem foto. De to teknikker er emnerne for bogens del to og tre. Men når kamera og optik skal kombineres er der flere måder at gøre det på. Her kommer en kort gennemgang af de forskellige muligheder.

Afokal. Afokal fotografering er den nemmeste måde at komme i gang med astrofoto. Metoden går i al sin enkelhed ud på at holde et almindeligt digitalkamera ned til teleskopets okular, og tage et billede. Teknikken kan typisk kun bruges til Månen, og Måske til de klare planeter. Solen kan også fotograferes afokalt, vel at mærke med et korrekt frontmonteret Solfilter på teleskopet. Det er ret begrænset hvad man kan opnå med afokal fotografering, men Månebilleder kan være ret imponerende. Der findes forskellige kameraholdere på markedet til at spænde kameraet fast på teleskopet. Ved hjælp af en sådan holder og kameraets timer kan rystelser helt undgås.



Piggybacking. Piggybacking bruges til at fotografere deepsky objekter gennem en almindelig kameralinse. Deepsky objekter kræver lange eksponeringstider, hvorfor det er nødvendigt at følge stjernehimlens bevægelse for at undgå udtrukne stjerner. Kameraet, som typisk er et DSLR med en fast-brændvidde linse, er derfor monteret på "ryggen" af et teleskop der følger stjernerne. Piggybacking er en glimrende teknik, som kan give imponerende widefield panoramaer af stjernehimlen.



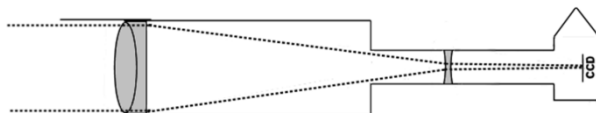
Primærfokus. Primærfokus betyder at kameraet monteres direkte i teleskopets fokusplan, uden anden optik. Der er altså ingen linse på kameraet: Teleskopet fungerer som en stor linse. Primærfokus er den metode der for det meste bruges til deepsky fotos, og denne bogs deepsky del vil da også mest handle om primærfokus fotografering. Ofte bruger man dog, især på refraktorer, en flattener, eller en reducer/flattener til at gøre billedfeltet plant og til at reducere teleskopets f /forhold. Hvis det sidste er tilfældet, at f /forholdet reduceres, er der ret beset ikke længere tale om primærfokus.



Okular projektion. Okularprojektion minder lidt om afokal foto, men den vigtige forskel er at der ikke er en linse på kameraet. Et almindeligt digitalkamera med fast linse kan ikke bruges til okularprojektion. Kun et kamera uden linse kan bruges. Kameraets billedsensor placeres der hvor øjet normalt ville se ned i okularet. Okularprojektion bruges til planetfoto, da teleskopets effektive brændvidde kan forlænges kraftigt af okularet. Det er ikke muligt at lave håndholdt okularprojektion uden at ryste billedet alt for meget. I stedet bruges en kamera adapter der er udformet som et rør, med plads til okularet. Okularprojektion var især populært i filmdagene, fordi det kan forlænge teleskopets brændvidde nok til at få et brugbart planetbillede på film.



Barlowprojektion. Barlowprojektion bruges ligesom okularprojektion til at forlænge teleskopets brændvidde ved planetfoto. Barlowprojektion forlænger ikke brændvidden så meget som okularprojektion kan, men det er også mindre nødvendigt i dag, eftersom de webcams og andre kameraer der bruges til planetfoto har så små pixels at en 2-5 gange forlængelse af brændvidden er nok. Barlowprojektion giver betragteligt mindre feltkrumning end okularprojektion, og placerer færre linseelementer i lysgangen, hvorfor det normalt er den bedste teknik til planetfoto.



Reducer. En reducer er et linsesystem som placeres mellem kameraet og teleskopet. Funktionen er den modsatte af okular/barlowprojektion, nemlig at forkorte den effektive brændvidde, eller rettere f /forholdet. Det er nemlig mest f /forholdet der er interessant i forbindelse med deepsky foto. Og deepsky foto er der hvor man bruger en reducer. Et mindre f /forhold reducerer eksponeringstiden. Mange reducere virker også som flatternere, det vil sige de reducerer feltkrumning og coma.

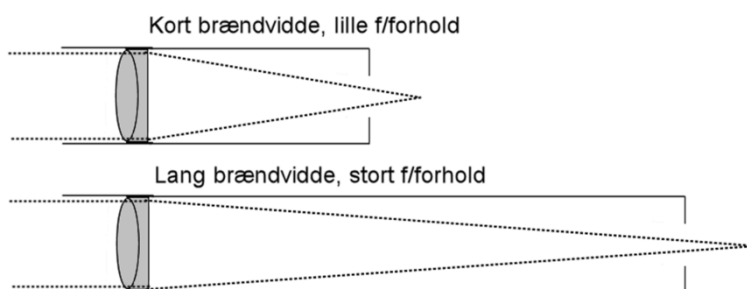


Teleskopet

Der er en del forskellige typer teleskoper på markedet. Alle har de deres fordele og ulemper til astrofoto brug. Et teleskop er selvfølgelig slet ikke nødvendigt, en kameralinse kan tage fine vidvinkel billeder af stjernehimlen sammen med et DSLR kamera, eller med et CCD kamera udstyret med en adapter til linsen. Kameraet med linse kan monteres piggyback på teleskopet, så eksponeringerne kan blive lange, uden udtrukne stjernespor. Den simpleste form for deepsky foto består i blot at sætte kameraet med linse på et fotostativ, rette det mod stjernehimlen og tage en lang eksponering. Rettes kameraet f.eks. mod Polaris kan vi se hvordan stjernehimlen drejer med Polstjernen som midtpunkt.

Kameralinser er altså fine, men de fleste vil nok også gerne fotografere gennem teleskopet. Der er nogle forskellige egenskaber ved teleskopet som er vigtige for astrofoto, og det er ikke de samme ting der er vigtige for henholdsvis deepsky og Solsystem foto. Hvad der skal vægtes kommer også an på hvilket kamera der skal bruges.

Brændvidde og f /forhold. Teleskopets brændvidde, eller fokallængde, er den afstand fra objektivet eller hovedspejlet, hvor billedet er i fokus. f /forholdet er forholdet mellem brændvidden, og diameteren af hovedspejl eller linse. Diameteren af hovedspejl eller linse kaldes også for aperturen. Et teleskop med en brændvidde på 2000mm og en apertur på 200mm, har således et f /forhold på 10.



F/forholdet er ret vigtigt for deepsky foto og skal, alt andet lige, være så lavt som muligt, idet et lavere f/forhold forkorter eksponeringstiden med et givent kamera. Uheldigvis er det sådan at teleskoper med lavt f/forhold også er de sværeste at lave – og bruge, hvorfor f/forhold sjældent ses lavere end omkring f/4.

For Solsystem fotos er f/forholdet mindre vigtigt, idet Månen, Solen og planeterne er lysstærke, og skal fotograferes med korte eksponeringstider. Vigtigere for Solsystem foto er brændvidden, som ofte må forlænges med ekstra optik for at kunne opnå en fornuftig billedskala.

Belyst felt. Et givent teleskop har også et større eller mindre belyst billedfelt. Størrelsen af det belyste felt er vigtigt for deepsky foto, når vi benytter kameraer med store billedsensorer, såsom DSLR kameraer og high-end CCD kameraer. Er chippen større end det belyste felt ses et lysfald mod billedets hjørner, også kaldet vignettering. For Solsystem foto er størrelsen af det belyste felt mindre vigtigt, idet vi normalt bruger mindre chips og forlænget effektiv brændvidde, således at kameraet kun ser et snævert felt nær den optiske akse..

Fladt felt. En anden vigtig egenskab er billedfeltets fladhed. Alle teleskoper og linser har i princippet et krumt billedfelt, som er uforeneligt med den flade CCD/CMOS chip, der derfor viser forvrængning mod hjørnerne. Det ses særlig tydeligt på deepsky astrofotos, hvor stjernerne bliver trukket aflnge. Feltkrumning er dog langt fra ens på alle teleskoper, og er også afhængig af hvor stor en billedsensor der sidder i kameraet. Nogle teleskopdesigns har et billedfelt som i alt væsentligt er fladt, selv med 24x36 chip. Andre kan udstyres med en flattener eller en coma corrector, og derved opnå et fladere felt.

Størrelsen af det belyste felt, og fladheden af dette er noget af det vi ofte slås med, i disse tider hvor kameraernes billedsensorer hele tiden vokser. Teleskop fabrikkerne er begyndt at tage fat på problemet, og der findes i dag en del teleskoper der umiddelbart virker med store chips. De fleste af dem er dog stadig i den øverste ende af prisskalaen.

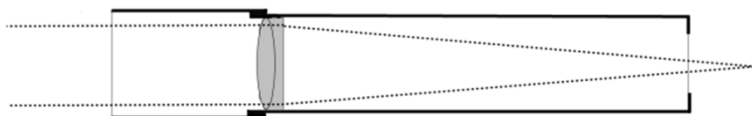
Optisk kvalitet. Teleskopets optiske kvalitet er også en vigtig faktor. De fleste standard teleskoper sælges med betegnelsen "diffraction limited". Det vil normalt sige at billedet i teleskopets fokuspunkt ikke afviger fra det perfekte med mere end $\frac{1}{4}$ af bølgelængden for synligt lys. Overholdes denne standard er teleskopet fint visuelt, og kan tage fine billeder. Men nogle producenter sliber optikken til en højere standard, eller tilbyder flere serier med forskellig optisk kvalitet, fra diffraction limited og opefter. Kan en bedre optik så ses på astrofotos? Min, og andres erfaring siger at det kan den godt, men måske ikke så tit fra Skandinavien, hvor de atmosfæriske seeing forhold ikke er de bedste.

Kollimering. At kollimere et teleskop vil sige at justere dets optiske elementer ind, i forhold til hinanden. Præcis kollimering er meget vigtig for at et teleskop skal kunne yde sit bedste, visuelt og i astrofoto sammenhæng. Mindre refraktorer og Maksutov-Cassegrains er normalt kollimerede fra fabrikken og skal ikke justeres af brugeren, men de fleste andre teleskop typer skal kollimeres med mellemrum. Senere kommer en detaljeret gennemgang af kollimerings proceduren for et par forskellige teleskoper.

Teleskop typer

Her kommer først en gennemgang af de forskellige teleskoptyper, og deres fordele og ulemper, i astrofoto sammenhæng.

Refraktor. Refraktorer, altså linsekikkerter, er i forskellige udgaver velegnede både til Solsystem foto, og til deepsky foto.

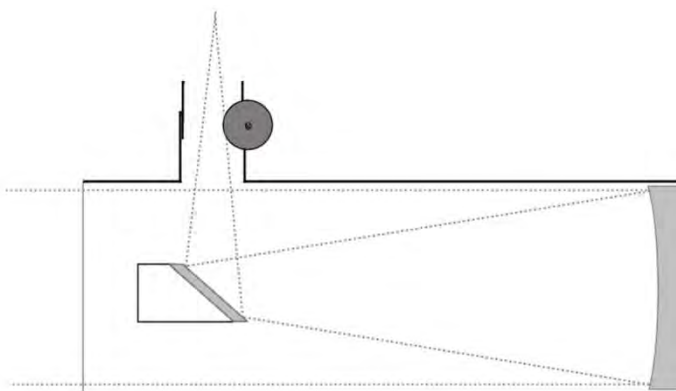


De klassiske akromatiske refraktorer med langt f /forhold er glimrende til Solen i hvidt lys, calcium og H-alpha, forudsat at den optiske kvalitet er i orden. De skal selvfølgelig være udstyret med de rigtige filtre til Sol observation og foto. Månen, og planeterne i begrænset omfang, kan også fotografers med sådan en kikkert. Typisk vil man bruge CCD kameraer med små sensorer, webcams eller særlige videokameraer beregnet til Solsystem foto til formålet, og feltkrumning er pga. de små chips ikke den store bekymring. Men højopløste planetfotos kræver stor apertur, og refraktorer med stor åbning vil ofte være for dyre og for store til det brug. Deepsky fotos tages bedst med et mindre f /forhold, hvor akromater har en for stor farvefejl til at være rigtig gode. Dog kan smalbandsfiltre med fordel bruges på akromater, hvis optikken tegner skarpt i alle farver.

To-linsede og tre-linsede ED og fluorit apokromatiske refraktorer er fremragende deepsky instrumenter, når f /forholdet ligger på 6-8 eller lavere. Og APO'erne kan, i modsætning til akromaterne, laves så farvefejlen holdes under kontrol ved mindre f /forhold. Desværre er de meget dyre når de kommer op over 80mm i apertur, men der er kommet en masse 60-80mm APO'er på markedet til overkommelige priser. De små APO'er har generelt en god kvalitet og de er fremragende til widefield foto. Widefield foto er egentlig det samme som deepsky foto, men bare, som ordet siger, vidvinkel optagelser af et større område på himlen, eller af store deepsky objekter. Det der gør de små APO'er egnede til widefield er, udover den korte brændvidde og f /forholdet, at de har et stort belyst billedfelt så vi kan få et stort udsnit af himlen med. Det kræver et kamera med en rimeligt stor billedsensor - DSLR eller CCD med stor chip. Når billedsensoren kommer op i DSLR størrelse begynder feltkrumning at blive ganske synligt i to og tre linsede APO'er. Vi kan enten beskære billedet eller acceptere udtrukne stjerner i hjørnerne af billedet, eller vi kan bruge en flattener, eller en reducer/flattener til at rette op på feltkrumningen. Hvis penge ikke er et problem, er en anden løsning at købe en af de fine fire-linsede Petzval APO'er fra Takahashi, Televue, Pentax eller Borg. De har et fladt billedfelt og et lavt f /forhold, uden brug af ekstra optik.

Refraktorer har som regel nogle baffler, afblændings ringe, i tubusen. Hvis bafflerne er dimensioneret til visuelt brug kan de nogle gange give vignettering med DSLR eller større chips. Til enkelte refraktorer, som f. eks. Takahashi FS60C, fås udskiftelige tubuser, med og uden baffler. Vignettering kan have mange årsager, og det anbefales at være sikker på at bafflerne er årsagen, inden man begynder at ændre, eller fjerne dem. Formålet med baffler er at reducere strølys i teleskopet, og hvis de fjernes vil det formentlig resultere i ringere kontrast ved visuelt brug af teleskopet.

Newton. Newton teleskopet er et af de enkleste teleskopdesigns. Det *kan* også være et af de bedste til astrofoto. Et parabolisk hovedspejl sender lyset op mod et skråtstillet sekundærspejl, og videre ud til et fokuspunkt udenfor den øverste del af tubusen. Newton teleskopet har mange fordele: I kraft af sin enkelhed er det billigt i forhold til andre teleskoper af samme apertur. Der er ingen linselementer involveret i designet, og derfor ingen farvefejl, og der er kun to optiske overflader som potentielt kan degradere kvaliteten. Lave f /forhold, ned til $f/4$ eller mindre, er mulige uden de store problemer. Hvis optikken er af fin kvalitet kan en Newton potentielt levere nogle af de bedste billeder overhovedet.



Der er selvfølgelig også nogle problemer forbundet med Newton teleskoper: Paraboliske spejle med lavt f /forhold er relativt svære at lave i god kvalitet, og billige Newton teleskoper kan somme tider lade noget tilbage at ønske i optisk kvalitet. Tolerancerne for fokusering og kollimering er meget små for Newton

teleskoper med lavt f /forhold, og okularudtræk, spejlcelle og sekundærophæng skal derfor være af høj mekanisk kvalitet. Er de ikke det, bliver det svært at justere teleskopet til at yde sit ypperste, og Newton teleskoper skal kollimeres præcist for at yde godt.

Ved lavere f /forhold, og større billedsensorer i kameraet, bliver coma et problem. Coma er en optisk fejl som altid findes i Newton teleskoper, men som kun bliver generende ved lavere f /forhold, og væk fra den optiske akse. Coma ses ved at stjerner i feltets hjørner ligner kometer, med halen pegende væk fra billedets centrum. Coma kan dog rettes ved at bruge en coma korrektor foran kameraet. Coma er relevant ved deepsky foto, hvor vi for det meste er interesseret i et stort felt og et lavt f /forhold, men irrelevant for planetfoto, som kun bruger den inderste del af det coma fri felt, lige omkring den optiske akse.

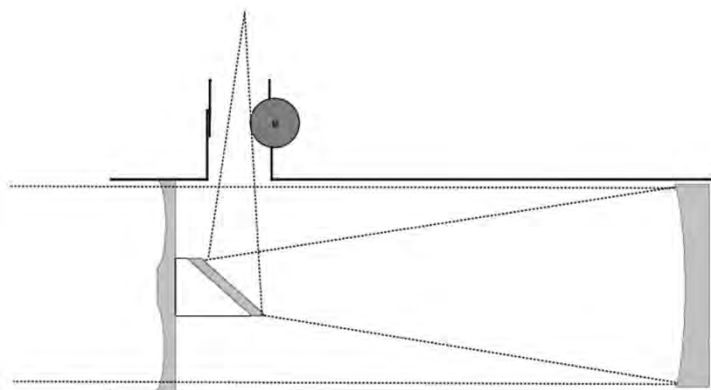
Newton teleskoper kan godt have et stort belyst felt, således at det kan bruges med DSLR og store CCD'er, men det kommer an på hvad konstruktøren har vægtet i designet. Sekundærspejlets størrelse, tubusens og okularudtrækkets dimensionering er faktorer der spiller ind for størrelsen af det belyste felt. Newton teleskoper er relativt lette at modificere med nyt okularudtræk, større sekundærspejl osv. hvis det belyste felt er for lille.

DSLR kameraer kan have svært ved at nå fokus på Newton teleskoper. Newton designet er sådan at det er svært for designeren at flytte fokuspunktet langt uden for tubusens side, uden at skulle gå på kompromis på andre områder. Og DSLR kameraets chip sidder hele 55mm bag T-ringens anlægsflade. Det giver derfor nogle gange problemer at bruge et DSLR kamera på en Newton. Nogle coma korrektorer flytter fokuspunktet lidt ud, og kan derfor hjælpe med at løse problemet. Ellers kan Hovedspejlet flyttes nogle millimeter længere ind i tubus, og/eller et okularudtræk med lavere profil kan benyttes.

En anden ulempe ved Newton teleskoper er at de, når aperturen kommer over 8-10 tommer, fylder meget, og er svære at håndtere. Store Newtons er ikke særligt godt egnede til at transportere til et mørkt observationssted. En 8" Newton er dog stadig nem at have med at gøre, og vil i de fleste tilfælde gøre god fyldest til deepsky og planetfoto.

Alt i alt er en velkollimeret Newton, af fin optisk og mekanisk kvalitet, et af de bedste astrofoto instrumenter der findes. Sådan en kan konkurrere med alle andre teleskoptyper, både til deepsky og planetfoto. Newton teleskopet er vel nok det design der giver mest for pengene.

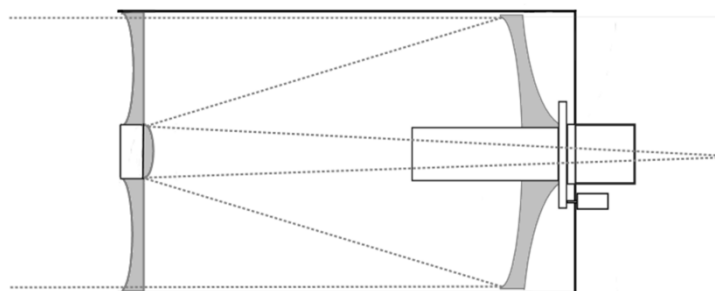
Schmidt-Newton. I Schmidt-Newton designet er Newton teleskopets paraboliske hovedspejl erstattet med et sfærisk spejl. Et sfærisk spejl er lettere at fremstille ved lave f /forhold men introducerer en optisk fejl,



nemlig sfærisk aberration. Teleskopet er derfor udstyret med en korrektor plade som korrigerer for dette, og som desuden reducerer coma. Schmidt-Newton teleskoper har ofte et f /forhold omkring 4 og de er altså hurtige fotografiske instrumenter. Det lave f /forhold, og den reducerede coma i forhold til tilsvarende Newton teleskoper, gør dem velegnede til deepsky foto.

Schmidt-Cassegrain (SCT). Schmidt-Cassegrain teleskoper fra Meade og Celestron har i mange år været amatørernes foretrukne instrumenter. Det er ikke helt uden grund. Man får en integreret pakke: montering og teleskop i et gennemprøvet design, til en rimeligt fordelagtig pris, og teleskopet er meget mere kompakt

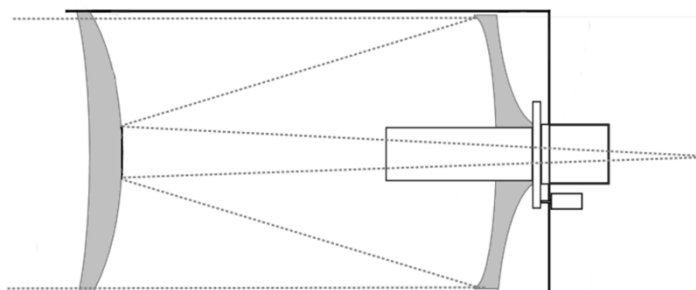
end f.eks. en Newton af tilsvarende apertur, og dermed mere transportabelt og ikke så følsomt overfor vind. Optisk er de fleste SCT'er af god kvalitet og man kan være heldig at få en af fremragende kvalitet. I astrofoto sammenhæng er SCT'er gode, især til planetfoto. Det er ikke tilfældigt, at vel nok de fleste af de allerbedste planetfotos overhovedet, er taget med Celestrons 14 tommer SCT tubus. At der ikke er taget nær så mange topklasse planetfotos med Meade SCT'er, har muligvis mere med tradition og konservatisme at gøre, end det har med en reel kvalitetsforskel. Jeg har i hvert fald selv haft fine resultater med en Meade 12" SCT.



Hvad deepsky fotos angår, er SCT'er ikke helt så velegnede som de er til planetfoto. De har et højt f/forhold, som regel f/10, og et ikke alt for stort og fladt billedfelt. F/forholdet kan reduceres med Meade og Celestrons reducer/correctorer, som er udmærkede, men man må påregne nogen, eller en del vignettering hvis billedchippet nærmer sig DSLR størrelse. Til små og lysstærke deepsky objekter er SCT'er dog fine.

Meade har lavet en forbedret udgave af SCT designet i deres ACF (Advanced Coma Free) serie. Disse har et fladere, mere comafrit felt end almindelige SCT'er.

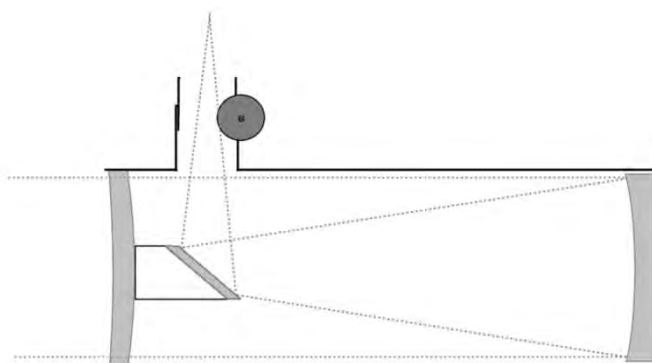
SCT'er skal også kollimeres meget præcist for at yde deres bedste. Det er dog relativt nemt at gøre, og de holder generelt kollimeringen godt. Et irriterende problem ved SCT'er er at den store korrektorplade er slem til at dugge til i fugtigt vejr. Det gælder i øvrigt også andre teleskoper med en frontlinse af en slags. En dughætte og/eller dew-remover bånd kan afhjælpe problemet.



Maksutov-Cassegrain. Maksutov-Cassegrain teleskoper er "foldede" teleskoper med en korrektorplade, lige som SCT'er. Det optiske design er dog anderledes idet der, i den mest almindelige udgave, kun bruges sfæriske optiske overflader, og fordi sekundærspejlet er en aluminiseret plet på indersiden af korrektor pladen. Designet er dermed kollimeringsfrit, der er ingen mulighed for at justere på

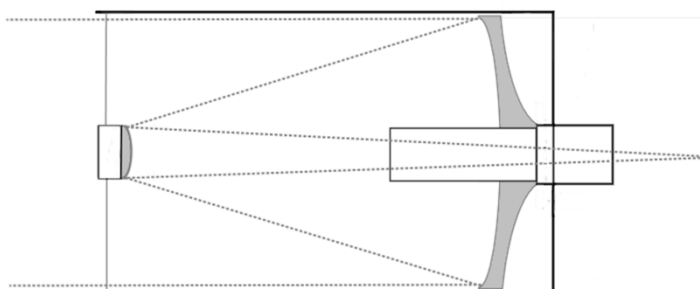
primær eller sekundærspejl. Maksutov-Cassegrains har, hvis designet er lavet udelukkende med sfæriske overflader, et højt f/forhold på 15 eller mere, og de laves sjældent med over 200mm apertur. Begge dele som konsekvens af det optiske designs fysiske begrænsninger. Maksutov-Cassegrains har ry for at være fine planetinstrumenter, men knap så gode til deepsky, på grund af det høje f/forhold.

Maksutov-Newton. Maksutov-Newton designet minder en del om Schmidt-Newton designet. Her bruges også et sfærisk hovedspejl, men korrektorpladen er anderledes. Maksutov-Newtons er godt korrigeret for coma og sfærisk



abberation, og sekundærspejlet er lille i forhold til et tilsvarende Newton teleskop. Mak-Newts har et velfortjent ry for visuelt at kunne tåle sammenligning med APO'er i samme størrelse. Det har sikkert også noget at gøre med at markedet for Mak-Newts, domineres af de fine Russiske Intes teleskoper, som har en meget høj optisk og mekanisk kvalitet.

Ritchey-Chrétien. Ritchey-Chrétien teleskopet er et af de fineste teleskopdesigns til deepsky foto. Hyperbolske hoved og sekundærspejle reducerer coma kraftigt, og giver et stort fladt billedfelt. De fleste professionelle teleskoper, inklusive Hubble, er Ritchey-Chrétien teleskoper. Hyperbolske spejle er

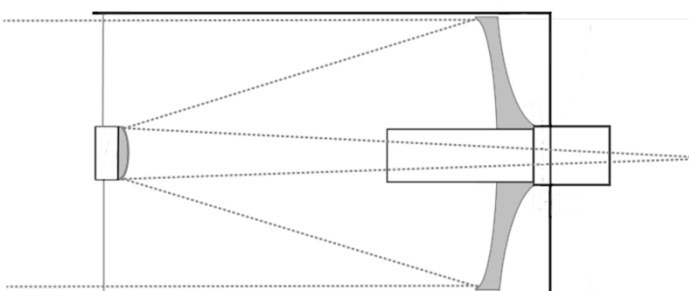


uheldigvis meget svære at lave, og RC teleskoper er blandt de dyreste teleskoper på markedet. RC teleskoper har, som andre Cassegrains, en ganske lang brændvidde, i hvert fald de større modeller, og de kan være svære at styre uden en high-end montering. Det ville nu også være synd at sætte et så fint teleskop på en billig montering. Større RC teleskopers lange brændvidde er i deepsky

sammenhæng, bedst egent til lokationer med bedre seeing forhold en hvad der er normalt på vores himmelstrøg.

Dall-Kirkham. Dall-Kirkham er endnu en Cassegrain variant. Designet består af et elliptisk hovedspejl, hvis kurve ligger et sted mellem sfærisk og en parabolisk, kombineret med et sfærisk sekundærspejl. Disse spejle er forholdsvis lette at lave til en høj optisk standard og designet har en lavere følsomhed overfor miskollimering end andre Cassegrains. Dall-Kirkham teleskoper kan levere nogle af de skarpeste billeder når vi holder os tæt ved den optiske akse, som det er tilfældet ved planetfoto. Men designet er ikke korrigeret off-axis, hvilket gør at Dall-Kirkham teleskoper af nødvendighed har et højt f/forhold, og ikke er så gode til deepskyfoto.

Dall-Kirkham optikken kan dog korrigeres og reduceres, således at den til deepsky kan komme på højde med, eller overgå RC teleskoper i ydelse. Der er kommet nogle overordentlig interessante korrigerede Dall-Kirkhams på markedet, fra Planewave instruments og Orion Optics. Takahashi har lavet deres Mewlon serie i årevis, som er suveræn til planetfoto, og med reducer også kan bruges til deepsky.



Astrografer. Astrografer er ikke en bestemt type teleskop, men blot et teleskop som er optimeret til deepsky astrofoto. At det er optimeret til deepsky foto vil sige at det har et stort, fuldt belyst og fladt billedfelt, således at teleskopet kan bruges med store billedsensorer "out of the box", uden at skulle ty til flatternere eller coma correctorer. Astrografer fås som refraktorer, f.eks. Takahashis FSQ106, samt lignende teleskoper fra Televue, Borg og andre. Newton astrografer fås blandt andet fra Astro Systeme Austria, Takahashi og Orion Optics. Ritchey-Chrétien fra bla. RC Optical, og korrigerede Dall-Kirkhams fra Planewave og Orion Optics må nok også kaldes for astrografer. Starizona har annonceret deres Hyperion astrograf, som er en 12,5" f/8 korrigeret Cassegrain, med et 70mm fuldt korrigeret felt.

Kollimering

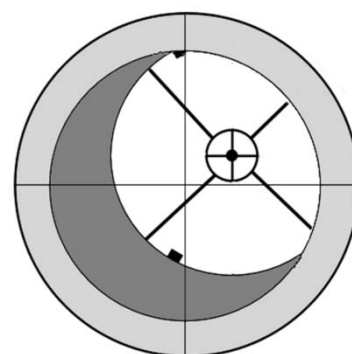
At kollimere et teleskop vil sige at justere de optiske elementer ind, i forhold til hinanden. Kollimering af optikken er vigtigt for et godt astrofoto resultat. Teleskopet kan ikke yde sit bedste hvis kollimeringen er dårlig. Refraktorer og Maksutov-Cassegrains er normalt kollimeret fra fabrikken og holder deres kollimering, og ofte er det slet ikke muligt for brugeren at kollimere dem. De andre typer teleskoper kan og skal kollimeres. Det er let og hurtigt at checke kollimeringen på en stjerne. Især hvis teleskopet har sekundærspejl: Brug et okular der giver høj forstørrelse, gerne med trådkors. Centrér stjernen og juster fokus ud og ind. Hvis den ufokuserede stjerne ser helt symmetrisk ud er teleskopet kollimeret. Hvis det mørke hul i vaniljekransen ikke er centreret skal teleskopet kollimeres. Det kan være lidt forvirrende at kollimere sit teleskop til at begynde med, men rutinen kommer hurtigt når man har prøvet det nogle gange. Vi holder os her til Newtons og SCT'er. Andre typer teleskoper kollimeres efter nogenlunde samme recept.

Newton Kollimering. Til denne procedure bruges et Cheshire okular med trådkors. Man kan også bruge en laser-kollimator og især hvis denne bruges med en barlow kan det være godt, men Cheshiren er billig og god, og kan kollimere både sekundær og hovedspejl. Primærspejlet skal have en central plet, eller ring på omkring 10-15mm størrelse. Mange spejle har en fra fabrikken, ellers kan man selv lave en. En central plet påvirker ikke teleskopets ydeevne, da den sidder i sekundærspejlets skygge. Det er vigtigt at pletten sidder præcis midt på spejlet.

Start med at placere teleskop tubusen vandret. Det er ikke så sjovt at tabe en skruetrækker, eller sekundærspejlet ned på hovedspejlet! Men hvis tubusen forbliver i vandret position under hele proceduren kan de værste katastrofer undgås. Fjern teleskopets frontdæksel og ret åbningen mod en lys væg.



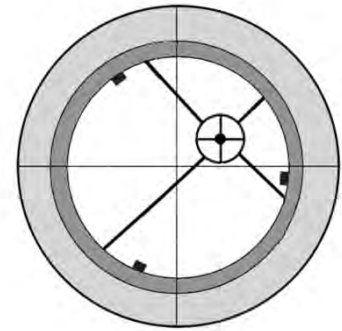
1. **Kontroller at sekundærholderen sidder midt i tubus.** Kig direkte ind i teleskopet forfra. Sidder sekundærholderen lige midt i tubus? Mål afstanden fra sekundærholderens centerskrue til tubus kanten, langs hver af sekundærholderens arme. Hvis der er forskel kan holderen centreres ved løsne/spænde armenes monteringskruer i teleskopets tubus.
2. Løsn de tre justeringskruer og centerskruen i sekundærholderen en smule. Hold godt fast på sekundærholderen hver gang centerskruen drejes. Centerskruen er det eneste der holder på sekundæren. Centerskruen flytter sekundærspejlet frem og tilbage i tubus, og de tre justeringskruer kontrollerer dets vinkel og tilt.
3. **Roter sekundærspejlet korrekt.** Sæt Cheshire okularet i okularudtrækket og drej det så den skrå udskæring peger mod lyset. Kig gennem Cheshire okularet og roter sekundærholderen indtil spejlet ser helt cirkulært ud, set



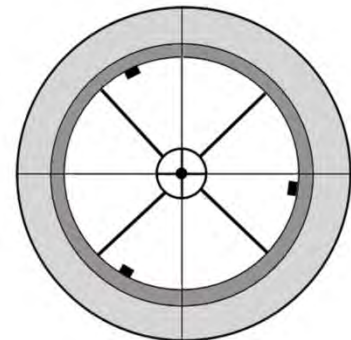
Groft miskollimeret Newton teleskop

gennem Cheshiren.

4. **Kontroller at sekundærspjlet sidder centreret direkte under okularudtrækket.** Brug trådkorset i bunden af Cheshire okularet som reference. Sekundærspjlet justeres frem og tilbage i tubus med centerskruen.
5. **Juster sekundærspjlets tilt.** Kig i Cheshire okularet og juster okularutrækkets og/eller Cheshire okularets højde, indtil primærspjlets tre clips er synlige. Ignorer det reflekterede billede af sekundærholderen og dens arme indtil videre. Juster de tre skruer på sekundærholderen, indtil primærspjlets clips viser at det er koncentrisk med kanten af sekundærspjlet. Det er lettest hvis okularudtrækkets øjde justeres så sekundærspjlet passer med synsfeltet. Sekundærspjlet er nu kollimeret så det peger korrekt ned mod primærspjlet.
6. Check igen at sekundærspjlet sidder direkte under okularudtrækket, og at det er roteret så det ser cirkulært ud. Brug trådkorset i bunden af Cheshire okularet som reference.
7. **Juster primærspjlets tilt.** Ved at justere primærspjlets tre kollimeringsskruer, og deres tilhørende kontraskruer, flyttes det reflekterede billede af sekundærspjlet, ind til midten af primærspjlet. Det hele skal til sidst se centreret og koncentrisk ud.
8. **Finjuster på en stjerne.** Teleskopet er nu kollimeret. Den sidste finjustering af hovedspejlet kan foretages på en stjerne ved høj forstørrelse. En lille defokusering af den centrerede stjerne vil afsløre om kollimeringen er helt i orden. Når seeing forholdene tillader det, kan en fokuseret stjernes diffraktionsringe observeres for at opnå perfekt kollimering. Når diffraktionsringen er helt symmetrisk rundt om Airy disken er kollimeringen perfekt.



Sekundærspjlets tilt justeret



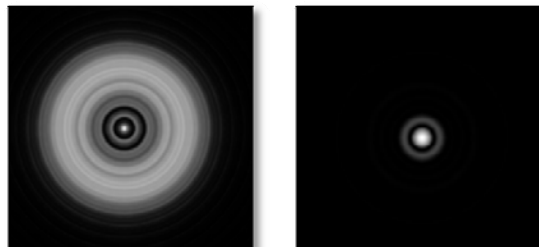
**Primærspjlets tilt justeret.
Teleskopet er kollimeret.**

SCT kollimering.

På en SCT'er sekundærspjlet det eneste der kan kollimeres, og kollimering foregår altid på en stjerne, med et okular der giver stor forstørrelse. Da vi stort set altid vil fotografere uden diagonalspejlet, er det også bedst at kollimere uden diagonal. Sørg for at teleskopet er helt akklimatiseret, så varmestrømninger i tubus undgås.

1. Ret teleskopet mod en middel klar stjerne højt på himlen.
2. Centrér stjernen i et okular der giver høj forstørrelse.
3. Defokuser en smule til den ene og den anden side, og studer stjernen. Den defokuserede stjerne ligner en vaniljekrans. Sidder hullet i vaniljekransen lige i midten af kransen, eller er det forskudt fra midten.

4. Hvis hullet i vaniljekransen er forskudt justeres en af sekundærholderens tre justeringsskruer: Drej en af de tre skruer 1/8 omgang med uret og husk hvilken skrue det var.
5. Gå tilbage til okularet og centrér stjernen igen. Hvis det blev værre drejes skruen tilbage og en anden skrue prøves.
6. Hele processen handler om at prøve sig frem, og langsomt skyde sig ind på den eller de rigtige skruer. Drej dem ikke mere ned 1/8 omgang ad gangen, med eller mod uret.
7. Når hullet i vaniljekransen er centreret drejes fokuseringsknappen tættere på fokus, så vaniljekransen bliver mindre. Stjernetesten bliver mere følsom jo tættere på fokus vi kommer. Hvis det er nødvendigt gentages kollimerings processen, denne gang med mindre justeringer.
8. Hvis seeringen er god kan man slutte af med at studere den *fokuserede* stjernes diffraktionsringe. Hvis ringen er symmetrisk rundt om Airy disken er kollimeringen perfekt.



En defokuseret, og en fokuseret stjerne med diffraktionsring, i en perfekt kollimeret SCT.

Monteringen

Amatørastronomer bruger næsten altid en af to slags monteringer: Den tyske montering og gaffelmonteringen. Begge slags kan være udmærkede til planet, såvel som deepsky foto. De afgørende egenskaber ved en montering er bæreevne, stabilitet og mekanisk kvalitet. Bæreevne og stabilitet skal selvfølgelig ses ud fra hvor stort og tungt et setup monteringen skal slæbe på, men det er klogt at holde sig et stykke under hvad producenten anbefaler som maximum. Mekanisk kvalitet er især et spørgsmål om gearenes kvalitet, og særligt RA gearet er vigtigt. Et upræcist RA gear vil gøre deepsky foto vanskeligt ved andet end korte brændvidder, fordi monteringen ikke tracker – følger himlens bevægelse – godt nok. Det samme gælder planetfoto, ved meget lange brændvidder, hvor planeten kan hoppe så meget rundt at det er svært at holde den inden for billedfeltet.

Den **Tyske montering** også kaldet GEM (German Equatorial Mount) har sin store styrke i at den kan bruges med forskellige teleskoper. Det er hurtigt at skifte fra det ene teleskop til det andet og justere kontravægten efter behov. En anden fordel er at den er ækvatorialt indstillet fra starten, uden brug af ekstraudstyr. En ulempe ved den tyske montering er "meridian flip" problemet: Når et objekt der observeres er øst for himlens sydmeridian, er teleskopet på vest siden af monteringen og kontravægten på øst siden. Når objektet krydser meridianen skal teleskopet over på den anden side. Nogle monteringer kan godt tracke forbi meridianen et stykke tid før de skal flippe, andre insisterer på at gøre det straks. Under alle omstændigheder er det et irritationsmoment, da objekterne jo netop står højest på himlen, og observeres bedst, når de er omkring syd.





En **gaffelmontering** sælges som regel som en fast enhed sammen med sit teleskop, og normalt kan vi ikke bare skifte teleskopet ud. Teleskoper på gaffelmontering sælges for det meste i Alt/Az konfiguration og en ækvatorial wedge til deepsky foto er ekstraudstyr. Til planetfoto er det ikke strengt nødvendigt at monteringen er ækvatorial, men en stor fordel. Til seriøs deepsky foto er det nødvendigt. En fordel ved gaffelmonteringen er at den ikke, eller kun i begrænset omfang, har brug for kontravægte. Den er mere eller mindre i ligevægt i sig selv. En anden fordel er at der ikke er noget problem ved at tracke forbi sydmeridianen. Til gengæld kan der så være problemer i området omkring himlens nordpol, da okularudtrækket peger lige ned i gafflens apeks når teleskopet peger mod Polaris. På mange gaffelmonteringer er der ikke plads til kameraet.

Pris/kvalitet. Generelt kan man sige at vi får hvad vi betaler for når vi køber montering. Goto er ved at være standard på de fleste dyre som billige monteringer, og det er en dejlig ting. Der er så få klare nætter i Skandinavien at der, efter min mening, ikke er nogen grund til at spille tiden på at finde svage deepsky objekter manuelt. Ikke hvis vi i stedet kan bruge tiden på at få nogle gode billeder i kassen, men det er selvfølgelig en ren astrofotografisk betragtning. Det vi får for pengene når vi køber en dyr high-end montering er mekanisk kvalitet. Gearene er så gode at deres tracking fejl er lav nok til uguidede eksponeringer af en vis længde, og autoguidede eksponeringer af vilkårlig længde. Billige monteringer har større periodiske og ikke periodiske tracking fejl, simpelthen fordi gode gear er svære og dyre at lave. I særligt slemme tilfælde kan selv autoguidede eksponeringer være umulige, med andet end ganske kort brændvidde. Autoguiding kræver i øvrigt at monteringen har en port til at modtage guidekorrektioner så kig også efter det.

Polalignment. Ækvatoriale monteringer skal polalignes - polindstilles, hvilket vil sige at RA akse rettes ind så den er parallel med Jordens omdrejningsakse. Hvis monteringsens polalignment er i orden kan den følge alle objekters bevægelse hen over himlen, blot ved at tracke på RA akse. Monteringen har som regel nogle forskellige tracking hastigheder: Sidereal er den normale som følger "fiksstjerner" og deepsky objekter der ikke bevæger sig i forhold til himlen. Sidereal svarer således til Jordens omdrejningshastighed, bare den modsatte retning, så objektet ses at stå stille. Udover sidereal kan monteringen også have andre hastigheder som Lunar og Solar.

Nogle goto monteringer har en rutine til polalignment, hvilket som regel er godt nok til planetfoto og deepsky foto med relativt korte eksponeringstider. Tyske monteringer har tit et polakse teleskop, enten som standard eller som ekstraudstyr. Det er en lille kikkert der sidder midt i monteringsens RA akse, sådan at det er muligt at kigge direkte op mod Polaris. Polakse teleskopet har et trådkors med angivelse af Polaris position i forhold til andre stjerner. For at polakse teleskopet skal virke korrekt er det vigtigt at det er kalibreret, det vil sige justeret så det sidder helt parallelt med RA akse. Manualen bør fortælle hvordan kalibreringen foretages. Med et godt polakse teleskop er det muligt på et par minutter, at lave en polindstilling der er god nok til temmelig lange eksponeringer. Polar finder:

<http://24.237.160.4/files/Astronomy/software/Polarfinder/polar204.zip> er et godt lille program til at finde Polaris position i polakse teleskopet.

Driftalignment. Skal polindstillingen være endnu bedre, eller er der tale om en fast montering i et observatorium, må vi ty til driftalignment. Driftalignment er en metode der tager lidt tid, men til gengæld kan resultere i en polalignment der er næsten perfekt. Her kommer en gennemgang af proceduren for en tysk montering:

1. Sæt teleskopet op på normal vis, og sørg for at monteringen er i vater. Lav en polalalignment der er så god som muligt, eventuelt med polakse teleskopet eller bare ved at centrere Polaris i søgekikkerten mens teleskopet er i home positionen (kontravægten peger mod jorden og teleskopet sidder parallelt med RA akse, og peger mod nord).
2. Sæt et okular med belyst trådkors i diagonalen. Et okular med ret høj forstørrelse er bedst. Centrér en stjerne i okularet. Flyt stjernen frem og tilbage i øst/vest ved hjælp af håndkontrollen, og drej okularet indtil stjernens bevægelse er parallel med trådkorsets ene akse.

Vi er nu klar til selve proceduren. Vejledningen gælder for en SCT eller en refraktor med diagonal. Med et Newton teleskop på monteringen skal **alle justeringer gøres modsat**.

1. Drej tubusen om på monteringsens vest side, og ret teleskopet mod syd. Find en stjerne der står i syd, ca. 40 – 60 grader over horisonten. Stå bag teleskopet - på nord siden - og kig ned i okularet.
2. Check igen at håndkontrollens N, S, E, V, flytter stjernen præcis langs trådkorsets akser.
3. Placer stjernen direkte bag okularets øst/vest akse og vent et minuts tid.
4. Ignorer stjernens eventuelle højre/venstre bevægelse langs akse i okularet. Kig kun på om stjernen bevæger sig op/ned.
5. Hvis stjernen driver **opad** i okularet, skal monteringsens **azimut** justerings håndtag drejes sådan at stjernen flytter sig til **højre** i okularet (til venstre i en Newton). Det er altså monteringsens højre/venstre justering der skal bruges, ikke håndkontrollen.

Hvis stjernen driver **nedad** i okularet, skal monteringsens **azimut** justerings håndtag drejes sådan at stjernen flytter sig til **venstre** i okularet (til højre i en Newton).

6. Flyt stjernen tilbage på den vandrette øst/vest akse med håndkontrollen.
7. Stjernen skulle nu gerne være længere om at drive op eller ned fra trådkorsets øst/vest akse. Gentag proceduren indtil der ikke ses drift i 5-10 minutter.
8. Drej nu teleskopet mod øst med håndkontrollen, indtil det peger stik øst. Hvis øst horisonten er obstrueret i den højde teleskopet har, kan det justeres 10-20 grader opad, med N på håndkontrollen. I alle tilfælde bør man vælge en stjerne som er mindst 20 grader over horisonten. Hvis øst horisonten er helt blokeret kan vest horisonten bruges, men så skal alle justeringer gøres omvendt.
9. Stå foran teleskopet – på sydsiden – og kig ned i okularet. Centrér en egnet stjerne. Orienter trådkorset til stjernens bevægelser, på samme måde som ovenfor. Placer stjernen på den vandrette akse som før og vent et minut.
10. Ignorer stjernens eventuelle højre/venstre bevægelse langs akse i okularet. Kig kun på om stjernen bevæger sig op/ned.
11. Hvis stjernen driver **opad**, skal monteringsens **altitude** håndtag drejes sådan at stjernen flytter sig **nedad** i okularet (opad i en Newton).
12. Hvis stjernen driver **nedad**, skal monteringsens **altitude** håndtag drejes sådan at stjernen flytter sig **opad** i okularet (opad i en Newton).
13. Brug håndkontrollen til at flytte stjernen tilbage på den vandrette akse, og gentag proceduren til der ikke ses drift i 5-10 minutter.

Vi vender tilbage til forskellige aspekter omkring monteringen, i forbindelse med deepsky og planetfoto, senere i bogen.

Kameraet

Der er sket store omvæltninger inden for astrofoto, de seneste ca. 15 år, og udviklingen er stadig i fuld gang. Der er faktisk tale om to forskellige kursændringer, som har kørt parallelt indenfor de to astrofoto discipliner: Deepsky og planetfoto. I begge tilfælde har det med kamerateknikken at gøre.

Indenfor deepsky disciplinen blev de gamle hæderkronede filmbaserede kameraer afløst af CCD kameraer, med store forbedringer til følge, og i de seneste år er DSLR kameraerne så kommet stærkt ind fra sidelinjen, således at man kan deltage uden at skulle ofre en mindre formue på et kamera. Borte er mange af de problemer man tidligere sloges med, som f.eks. reciprocitetsfejl. Og ind på banen er kommet lineær respons, og muligheden for at stacke og billedbehandle på computer.

Indenfor planetfoto, som før var rigtig svært med filmbaseret kamera, har webcam revolutionen og ikke mindst programmet Registax om muligt betydet endnu større landevindinger. Planetrevolutionen tog sin begyndelse da Don Parker fra Florida begyndte at tage filmbaserede fotos af planeterne, billeder som ofte var bedre end hvad de professionelle kunne præstere. Parker var også en af de første der begyndte at bruge CCD kamera på planeterne, og dermed tog et stort spring frem i kvalitet. Men den virkelige "folkelige" revolution startede først da folk begyndte at optage lange avi sekvenser med webcam, udvælge de skarpeste frames, og stacke dem til færdige billeder af helt uhørt kvalitet. Siden er der kommet nye kameraer til som er endnu bedre end webcams, og vi har helt sikkert ikke set det sidste på den front.

Vi kommer selvfølgelig meget mere ind på kameraer i bogens anden og tredje del.

Kamera på teleskop

Kameraet skal jo kunne monteres i teleskopets okularudtræk hvis vi skal tage billeder gennem teleskopet. Det er vigtigt at kameraet sidder godt fast og ikke glider ud af udtrækket, med defokusering eller det der er værre til følge. Det er også vigtigt at kameraet sidder helt vinkelret på lysgangen. Det må ikke sidde skævt i udtrækket. Det er særlig vigtigt hvis chippen er af DSLR størrelse eller derover, og/eller hvis der bruges en flattener. Hvis kameraet sidder skævt i udtrækket vil det vise sig som asymmetrisk defokuserede, eller udtrukne stjerner i billederne.

DSLR kameraer monteres normalt med en T-ring der passer til det pågældende kameras bajonetfatning, og et 2" næsestykke med T-gevind som skrues i T-ringen, og monteres i okularudtrækket. Til Canon EOS kan der fås en kombineret T-ring og 2" næsestykke som. Den kan f.eks. købes her:

http://www.scopestuff.com/ss_b2ce.htm . De

fleste teleskoper sælges i dag med et standard 2" okularudtræk, men der findes også andre typer okularudtræk hvor særlige adaptere er nødvendige. Hvis vi bruger en flattener eller en coma corrector, er flere af dem lavet så snedigt at de skrues direkte ind i



T-ring og 2" næsestykke med T gevind

kameraets T-ring, og derved både får den rigtige chip/linse afstand, og samtidig passer ned i et 2" udtræk. Det eneste vi skal gøre er altså at skrue flatteneren i T-ringen, så passer hele molevitten ned i 2" okularudtrækket.

CCD kameraer kommer normalt med 1.25" eller 2" næsestykke, så de er lige til at bruge på teleskopet. Problemerne kan opstå når CCD kameraet skal bruges sammen med en flattener, eller en Coma Corrector. Disse er afhængige af en bestemt afstand – normalt 55mm – mellem kameraets chip og flattenerens indgangslinse. På DSLR kameraer er det som nævnt ikke et problem, da chipafstanden er standardiseret til netop 55mm, men CCD kameraer har ikke nogen standardiseret chipafstand. Det kan derfor være nødvendigt at få drejet en adapter der passer.

Webcams monteres ved at skrue den lille linse ud, og erstatte den med en 1.25" webcam adapter som kan købes hos de fleste teleskopforhandlere.

Køre ud eller blive hjemme

I bogens anden og tredje del redegøres for observationsstedets betydning for, henholdsvis deepsky og Solsystem foto. Det er ikke de samme egenskaber ved observationsstedet der har betydning for de to typer astrofoto. Lidt groft sagt er det sådan at en mørk himmel, fri for lysforurening, og høj transparens i luften er vigtige for deepsky foto, men ligeegyldigt for Solsystem foto. Seeing forholdene, det vil sige lufturoen, er afgørende for Solsystem foto, men mindre vigtige for deepsky.

Dybest set er der jo to muligheder: vi kan blive hjemme, eller køre ud til et bedre observationssted. Er man så heldig at bo i hus med en have der har relativt frit udsyn, og måske endda ligger langt fra større byers lysforurening og nær vandet, er der ingen grund til at tage andre steder hen. En fast montering på søjle, eller måske endda et observatorium er så den ideelle løsning. Vi kan dog også vælge blive hjemme selvom forholdene ikke er ideelle, idet der findes muligheder for at kompensere for eksempelvis lysforurening. Det kræver nemlig ret god viljestyrke at køre ud til et fjernt observationssted hver gang. Vi skal pakke grejet sammen, køre ud, sætte det hele op, polialigne og så videre, måske blot for at se skyerne komme væltende ind. Men et godt observationssted kan ikke overvurderes og resultaterne kan blive mange gange bedre ved at vælge et godt sted.

Kører vi ud, skal vi jo have strømmen med os. Vi kan bruge bilens batteri, men det kan ikke anbefales da det ikke har godt af at blive dybt afladet. Det er heller ikke så sjovt hvis bilen ikke kan starte når vi skal hjem igen. En bedre løsning er de Powerstations man kan købe i byggemarkeder og lignende. Brug gerne en to-tre stykker, så de forskellige apparater har deres eget batteri. På den måde kan problemer med ground loops undgås.

En anden vigtig ting er påklædningen. Det er utrolig koldt at stå eller sidde stille ved teleskopet i timevis en frostklar vinternat. Sørg endelig for masser af varmt tøj. Gerne mange lag, med ski undertøj eller lignende inderst. Hoved, hænder og fødder skal også beskyttes godt. En termokande med noget varmt at drikke og eventuelt lidt chokolade, er også anbefalelsesværdigt.

II Deepsky

Deepsky Objekter

Deepsky objekter er svagtlysende objekter i, eller udenfor vores egen Mælkevej: Galakser, refleksionståger, emissionståger, og stjernehober. For at fotografere dem kræves lange eksponeringer - minutter, timer eller endda dage, samlet eksponeringstid. Jo længere jo bedre. Vi tager ikke eksponeringen i et hug, sådan som det var nødvendigt i filmdagene. Vi spreder den samlede eksponeringstid over flere eksponeringer, der bagefter kombineres til et færdigt billede på computeren.

Deepsky objekter findes i mange forskellige størrelser. Dels har de meget forskellig fysisk størrelse, og dels er afstandene til dem vidt forskellige. Der er derfor stor forskel på hvordan de tager sig ud på billeder, taget med et givent teleskop og kamera. Måske derfor opdeles Deepsky astrofoto nogen gange i to underafdelinger: Widefield og deepsky. Widefield er billeder af større himmelområder, eller objekter med stor udstrækning på himlen – altså motiver der kræver et stort billedfelt. Widefield tages med fotolinse eller et lille teleskop, og gerne med et kamera med en relativt stor billedsensor. Deepsky objekter fylder mindre på himlen, og tages bedst med et teleskop med en noget længere brændvidde. Men dybest set er der, i foto sammenhæng, kun optikkens brændvidde til forskel på widefield og deepsky. Kamera, optageteknik og efterbehandling er i alt væsentligt ens for de to. Det er kun i valget af den bedst egnede optik til et objekt forskellen ligger. I denne bog behandles widefield og deepsky derfor under et. Ingen grund til at forvirre begreberne mere end nødvendigt.

Observationsstedet

For deepsky foto er det vigtigste ved valg af observationssted, at komme væk fra lysforureningen. Det er bestemt muligt at fotografere deepsky objekter fra byen, eksempelvis kan vi fotografere emissionståger gennem smalbandsfiltre, med præcis lige så godt resultat under en storby himmel, som under den mørkeste himmel ude på landet. Men hvis vi fotograferer galakser, stjernehober og refleksionståger er det sværere. Der findes lysforureningsfiltre beregnet til den slags objekter, og de virker, men det kræver meget mere eksponeringstid og billedbehandling er sværere, og resultatet bliver aldrig helt så godt som under en mørk himmel. Hvis man bor i, eller tæt på en større by kan der altså være god grund til at køre ud til et mørkt observationssted. Der kan også være lokale forhold, som gadelygter og lignende, der kan ødelægge en fotosession. Er man, af den ene eller den anden grund, tvunget til at blive hjemme i lysforureningen, er filtre løsningen. Smalbandsfiltre, bredbandsfiltre og hvordan de bruges vender vi tilbage til.

De bedste deepsky fotos kan tages når luften har en høj transparens. Tør luft uden dis og tåge er god deepsky luft. Deepsky objekter er svagtlysende, og fugt, dis og høje skyer har en tendens til at vaske dem ud. At tør og klar luft sjældent falder sammen med god seeing er kedeligt, men seeing betyder knap så meget for deepsky foto, som for planeterne. Seeing betyder lufturo. I god seeing ses fine detaljer ved høj forstørrelse skarpt og tydeligt. I dårlig seeing tværes detaljerne ud. Atmosfærisk seeing skyldes varme og kolde celler af luft, op gennem atmosfæren. Deepsky fotos tages ved kortere brændvidder end planetfotos, og seeing har således ikke den samme betydning for billedernes kvalitet. Det betyder dog ikke at det er helt ligegyldigt hvordan seeingen er: Kun ved de korteste brændvidder kan seeingen helt ignoreres. Ved lidt længere brændvidder nyder også deepsky fotos godt af gode seeing forhold. Men transparens er når det kommer til stykket vigtigere for deepsky fotos, end seeing.

God seeing kan vi i nogen grad forbedre vores chancer for at opleve, ved at tage forskellige forholdsregler som vil blive beskrevet i tredje del. Transparens må vi stort set bare vente på.

Teleskop og montering.

Vi har allerede hørt lidt om monterings betydning for deepsky foto, og der kommer mere i afsnittene om guidede eksponeringer. De vigtige egenskaber for en montering til deepsky er:

- Bæreevne og stabilitet. Montering skal være dimensioneret så den kan håndtere teleskopet, sammen med et eventuelt guide teleskop og kamera, guider og så videre. Man bør holde sig indenfor den vægtgrænse fabrikanten, ofte optimistisk, opgiver.
- God tracking. Tracking er alfa og omega i deepsky foto. Er gearene, specielt RA gearet, af dårlig kvalitet, viser det sig som udtrukne stjerner i billederne. Autoguiding og PEC hjælper, men monterings gear kan være så ringe at kun de korteste brændvidder er brugbare.
- En autoguide port er et krav hvis monteringen skal kunne vokse med opgaven, efterhånden som fotografen bliver lidt mere ambitiøs.
- Goto, hvilket vil sige at monteringen selv kan finde objekter på himlen, er en god og tidsbesparende ting. Nogen foretrækker at lære at finde objekterne selv, uden brug af elektronik, men de klare nætter er så få i Danmark og de bedste deepsky fotos kræver timers eksponering, så alt hvad der kan spare tid er velkomment.

Teleskop typerne har vi også stiftet bekendtskab med, men hvilket teleskop bør man vælge når man skal til at starte på deepsky foto? Det er et spørgsmål der er flere meninger om. Min egen er at det er bedst at starte med en 60-80mm APO. Dem er der mange af på markedet, fra William Optics og flere andre fabrikker, og kvaliteten er generelt god og priserne rimelige. Sådant et teleskop har en tilpas kort brændvidde, sådan at det ikke er alt for svært at få styr på trackingen, selvom monteringen måske ikke er den bedste. Synsfeltet er stort med sådan et teleskop, og widefield fotos af større objekter og himmelområder er noget af det mest tilfredsstillende inden for astrofoto. Hvis teleskopet er af god kvalitet bliver det aldrig forældet. Selvom man senere skulle købe større teleskoper vil man altid vende tilbage til den lille APO, som i øvrigt også vil være et førsteklases autoguide teleskop.

Hvis planen er at bruge et DSLR kamera, eller et andet kamera med stor chip, bliver det sikkert nødvendigt med en flattener. Her er f.eks. Televue TRF-2008 et godt valg til de fleste af denne type teleskoper. Den har yderligere den fordel at brændvidden og f/forholdet forkortes med en faktor på 0,8 gange. William Optics laver en tilsvarende model, som er lidt billigere, men der synes at være problemer med dens optiske kvalitet.

DSLR kamera

DSLR kameraer er en vigtig del af den revolution der har fundet sted, inden for astrofoto i de senere år. DSLR kameraer er jo spejlrefleks kameraer med udskiftelige linser, og det er især muligheden for at sætte kamerahuset direkte på teleskopet, i primærfokus med teleskopet fungerende som en stor linse, der gør dem så velegnede.

Almindelige digitalkameraer, dem med en fastmonteret linse, kan kun bruges afokalt, dvs. ved at holde kameraet med linse ned til teleskopets okular. Det placerer et stort antal unødvendige linseelementer i lysgangen, og teknikken kan lidt groft sagt kun bruges til snapshots af Månen, Solen og til nød planeterne. Også fordi digitalkameraer har meget mindre billedsensorer end DSLR



Canon EOS 450D

kameraer. De små chips producerer betydeligt mere støj ved lange eksponeringer, og er derfor uegnede til deepsky foto.

Kølede CCD kameraer, designet udelukkende til astrofoto, er en tand bedre end DSLR kameraer, men hvis deres billedsensorstørrelse skal matche dagens DSLR kameraer, er de flere gange så dyre. Prisen for et fuldblods CCD kamera med stor chip er nok mere end de fleste af os kan og vil ofre. De kan heller ikke bruges til at tage almindelige dagslysfotos med, hvad der sikkert også har betydning. DSLR kameraer masseproduceres så de kan sælges billigt, og Canon, Nikon og andre har masser af ressourcer til at drive udviklingen frem. De bliver ikke udviklet med astrofoto for øje, men, i hvert fald Canon, er opmærksomme på det marked, og mange af de forbedringer de finder på er også til gavn for os astrofotografer.

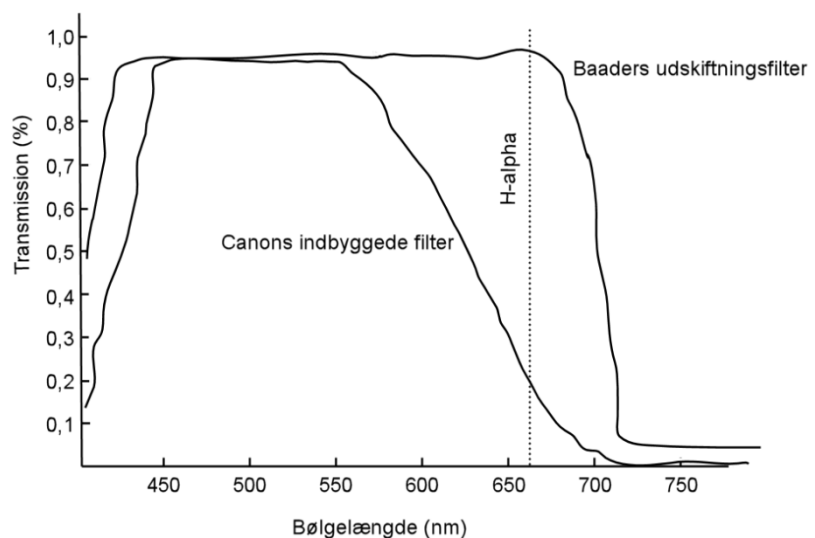
Det indbyggede IR cut filter i DSLR kameraer er et af de største problemer ved at benytte dem til deepsky foto. Filtret skærer ikke kun IR væk, men går også hårdt til værks langt op i den dybrøde ende af det synlige lys. Filtret er der for at give kameraet en god farvebalance til almindelige dagslys billeder. Billedsensoren er meget mere følsom i det røde område end det menneskelige øje, og almindelige fotos kommer derfor til at virke for røde uden et sådant filter.

Så længe vi holder os til at fotografere galakser, stjernehober og refleksionståger er filtret ikke det store problem, men når vi forsøger os med de smukke brinttåger, som netop udsender det meste af deres lys i det dybrøde område, skærer filtret simpelthen $\frac{3}{4}$ af deres lys væk. Derfor modificerer mange deres DSLR kamera. Det kan man enten gøre selv, få andre til mod betaling, eller man kan købe et færdigmodificeret kamera. Modifikationen består i at fjerne IR cut filtret fra CMOS chippen. Filtret kan enten helt undværes, eller erstattes af et nyt som lader det vigtige røde lys passere.

Blandt andet [http://www.baader-](http://www.baader-planetarium.de)

[planetarium.de](http://www.baader-planetarium.de) laver erstatningsfiltre til Canon DSLR. Fordelene ved et erstatningsfilter, frem for intet filter, er at kameraets autofokus stadig virker, og at kameraet stadig kan bruges til almindelige dagslysfotos. Almindelige dagslysbilleder får rødstik med Baader filter, så det kræves enten at kameraets hvidbalance brugerindstilles, eller at et filter med samme egenskaber som det udskiftede, skrues foran linsen. Det er forholdsvis let at lave et sæt custom hvidbalancer, til dagslys, indendørs og så videre. Det gøres ved at tage et billede af en hvid væg i den pågældende belysning. Et gråkort, som kan købes hos fotohandleren er endnu bedre. Custom hvidbalancer fungerer glimrende på Baader modificerede Canon DSLR.

Det er ikke helt let at modificere et DSLR kamera, og man kommer nemt til at ødelægge kameraet under operationen. Reklamationsretten gælder selvsagt ikke når kameraet modificeres, så det er muligvis en god ide at betale for at få det gjort, eller købe et færdigmodificeret kamera. Modifikationen kan f. eks udføres af www.astronomiser.co.uk som også sælger færdigmodificerede Canon kameraer. <http://www.baader-planetarium.de/> som laver erstatningsfiltret kan også udføre modifikationen. X-NiteCC1 eller CC2 korrektionsfiltre som genopretter hvidbalancen til dagslys foto kan købes her: <http://www.maxmax.com/aXNiteFilters.htm>



Canons indbyggede filter versus Baaders udskiftningsfilter. Det ses at det meste af lyset fra brintemissions tåger skæres væk af Canon filtret. Kilde: Christian Buil

Hvilket DSLR kamera er så det bedste valg for astrofotografen? I skrivende stund bruger langt de fleste Canon EOS 350D og EOS 400D. Disse kameraer, og det tidligere EOS 300D, er de mest understøttede, med hensyn til kabler, software, modifikation og så videre. Det er også dem som der er samlet mest erfaringer med, blandt amatører rundt om i Verden. EOS 300D har et USB 1 interface, i modsætning til de nyere kameraers USB 2. Det har stor betydning for download tiden hvis en computer bruges til at styre kameraet, hvorfor 300D ikke er det bedste valg medmindre det kan købes meget billigt.

Nikons kameraer er også fine, mange mener de er bedre end Canon til dagslysbilleder, men de lider af et ganske alvorligt problem når de bruges til astrofotos: Der køres et medianfilter på billedet inden det gemmes, og det gælder også når billederne gemmes i raw format. Medianfiltret er der formentlig for at reducere hotpixel støj, men i astrofotos har det desværre også den sideeffekt at de svageste stjerner slettes. Den eneste måde at komme udenom medianfiltret er ved at optage billederne i kameraets *mode 2*. Når man tager et billede i mode 2 efterfølges eksponeringen af en darkframe, som trækkes fra eksponeringen. Mens denne darkframe optages slukker man simpelthen for kameraet. En ægte raw ligger allerede gemt i kameraet, men den bliver erstattet af en medianbehandlet udgave hvis darkframe optagelsen får lov til at afsluttes. Når kameraet slukkes inden darkframe optagelsen er slut, bibeholdes den ægte raw optagelse. Denne workarround kaldes populært for *mode 3*. Det er jo fint nok men en af de store fordele ved at styre kameraet fra en computer er at man i softwaren, kan sætte billedserier op så der automatisk optages og gemmes en række eksponeringer. Det er ikke umiddelbart muligt med Nikon kameraer, medmindre man accepterer "Nikon stareater" filtret. I skrivende stund har alle Nikon kameraer dette filter.

Mens dette skrives er Canon EOS 40D kommet på markedet, og det har fået en del opmærksomhed blandt astrofotografer. 40D har nogle nye features som er meget attraktive for os: Live view fokusering som virker både på kameraets eget LCD og ved brug af computer, 14 bit billeder for større dybde, og fuld styring af kameraet via USB, så det ikke længere er nødvendigt med et særligt kabel når eksponeringerne skal over 30 sekunder. Den billigere serie (300D, 350D, 400D) fra Canon er også blevet udvidet med EOS 450D, som ser ud til at have mange af de gode features fra 40D.

Raw formatet blev nævnt lidt tidligere. Det er DSLR kameraets rå billedformat. Når billederne gemmes i raw, gemmes de direkte som de læses ud fra chippen, næsten da. Der er mange fordele ved at bruge raw, frem for jpeg eller andre formater. Jpeg og andre ikke tabsløse komprimerings rutiner kasserer noget af billedinformationen, især i de dele af billedet som er mørke og med lav kontrast: Præcis der hvor vi ønsker at hive information ud af deepsky fotos. Kun med raw kan vi gemme al den dyrebare information vi optager i billederne. Raw billeder er tabsløst komprimerede, så ingen billedinformation forsvinder i komprimeringen. Bit dybden bevares, og det er muligt at kalibrere billederne korrekt, og konverteringen til farvebilleder kan kontrolleres bedre, i software frem for i kameraet.

Som nævnt er Nikons raw ikke et ægte raw format, og noget kunne tyde på at Canon også piller ved billederne inden de gemmes i raw. I hvert fald mener Craig Stark at have opdaget at Canon, i EOS 40D, filtrerer de mørke dele af motivet. Craig mener ikke at det er noget stort problem, bortset fra at skalerede darkframes (se senere) måske ikke vil virke så godt. I det hele taget foretages der formodentlig nogle kalibrerings rutiner i DSLR kameraer, inden billedet gemmes som raw, men præcis hvad det er der gøres oplyser producenterne ikke.

Brugere af MaximDL, eller MaxDSLRL vil opleve at billederne ikke gemmes i kameraets eget raw format, men i FITS formatet, som er det format Maxim altid gemmer i. Det er dog stadig de rå billeder der bliver gemt, uden tab af data.

ISO indstilling findes også på DSLR kameraer, som et levn fra de filmbaserede kameraer hvor filmene var mere eller mindre lysfølsomme, alt efter størrelsen af deres korn. Kornene i en film svarer til billedsensorens pixels, men pixels kan jo ikke skifte størrelse, og i digitalkameraer dækker ISO indstillingen

bare over en større eller mindre forstærkning af signalet fra billedsensoren, inden det digitaliseres. Alligevel synes der ofte at være en ISO indstilling, f. eks 800, som giver det bedste signal/støj forhold ved lange eksponeringer. Det er lidt forskelligt fra kamera til kamera, men ISO 400 eller 800 er en god tommelfingerregel. Hvis motivet er klart og har et stort dynamikområde (M42, M13...) kan det betale sig at gå ned i ISO, og hvis motivet er svagt og ensartet, kan det betale sig at gå op.

Autodark. Mange DSLR kameraer har en funktion som reducerer støjen ved lange eksponeringer. Det sker ved at kameraet, umiddelbart efter at eksponeringen er slut, tager darkframe. En darkframe er en eksponering af samme varighed som billedet, men med lukkeren lukket så der ikke kommer lys på chippen. Denne darkframe optager den støj der bygges op over tid ved lange eksponeringer. Den slags støj er ensartet fra gang til gang, forudsat at eksponeringstiden og chiptemperaturen er den samme. Og når en sådan darkframe trækkes fra billedet bliver slutresultatet mere støjfrit astrofoto. Det fungerer godt, men der er nogle ulemper: Hvis vi har planlagt at tage eksempelvis 20 eksponeringer af fem minutter, vil hele proceduren tage over dobbelt så lang tid som nødvendigt, hvis kameraet, hver gang der er taget en 5 minutters "lightframe", skal efterfølge den med en fem minutters dark. Det er ikke en særlig effektiv måde at udnytte de sparsomme klare nætter på. Et andet problem er at en enkelt darkframe ikke reducerer støjen lige så godt som en stak af flere darks. En "masterdark" stacket af flere darkframes, giver en bedre kalibreringskvalitet. En masterdark kan laves ved at kameraet ligger og optager en serie darkframes mens udstyret sættes op, og igen mens det pakkes sammen. På den måde spilder vi ikke den dyrebare tid under stjernerne. Det anbefales derfor at undlade at bruge den indbyggede darkframe funktion, og i stedet tage separate darks til en masterdark. Måden disse darks skal anvendes på bliver beskrevet senere, i begyndelsen af kapitlet om Billedbehandling.

Computerstyring. DSLR kameraer kan styres via en computer. Det giver mange fordele frem for manuel betjening af kameraet, i forbindelse med fokusering, centrering, opsætning af billedserier, ISO indstilling og så videre. En computerskærm gør det hele noget lettere end hvis vi er henvist til kameraets lille LCD, og en fjernudløser. Det er lettere at styre tingene fra computeren end at fumle med kameraet i mørket. Der findes flere programmer som er udviklet specielt til astrofoto med DSLR, og igen er det Canon kameraer der understøttes bedst. Nogle af programmerne giver adgang til ganske avancerede funktioner som ellers kun ses med dedikerede CCD kameraer. Her er en partiel liste:

- DSLR Focus: <http://www.dslrfocus.com/> er et godt og prisbilligt program men desværre er udviklingen af programmet tilsyneladende helt gået i stå.
- ImagesPLUS: <http://www.mlunsold.com/> er et stort og glimrende program, til både optagelse og efterbehandling. Ikke billigt.
- Maxim DL og MaxDSLR: <http://www.cyanogen.com/> er også fremragende, og dyre programmer. Maxim DL et fuldt udstyret program til optagelse, kalibrering og efterbehandling.
- Astroart: <http://www.msb-astroart.com/> Komplet program, næsten på linie med Maxim DL, men ikke helt så dyrt.
- K3CCDTools: <http://www.pk3.org/Astro/index.htm?k3ccdtools.htm> fint program med bunker af funktioner, til en fordelagtig pris.
- DSLR Shutter: http://www.stark-labs.com/DSLR_Shutter.html er et lille, simpelt og gratis program fra Craig Stark.
- Nebulosity: <http://www.stark-labs.com/nebulosity.html> Enkelt og godt program til optagelse og efterbehandling. Ikke dyrt, og det følger gratis med visse kameraer.
- Iris: <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm> Avanceret og ofte opdateret program. Kommando linie interfacet gør det noget vanskeligere at lære programmet end andre Windows programmer.
- Delphinus: <http://tleilax.if.pw.edu.pl/~sala/Delphinus/index.html> Lidt ukendt gratis program til optagelse og billedbehandling. Ser ud til at være godt.

Programmerne kommunikerer med kameraet via dets normale USB tilslutning. Kameraets medfølgende USB kabel har et mini USB-B stik i kamera enden, og et normalt USB stik i computer enden. Kablet er ikke ret langt, men kan forlænges med et USB forlænger kabel. Programmerne giver også mulighed for at tage eksponeringer på over 30 sekunder, som er den øvre grænse for eksponeringer via USB kabel. Det sker ved at computeren, udover USB kablet, også forbindes med et særligt bulb kabel til kameraets fjernudløser port. Kameraet indstilles til bulb eksponeringer, hvilket betyder manuel styring af eksponeringstiden. Normalt tages bulb eksponeringer med en fjernudløser, eller ved at holde udløserknappen nede. Når softwaren styrer kameraets lukker på den måde, kan eksponeringstiden vælges efter behag, billedserier kan tilrettelægges og sættes i gang, og meget andet. Bulb kablet skal tilsluttes computeren via seriel, parallel eller USB port. Bulb Kablet skal altså bruges *sammen med* kameraets normale USB kabel, ikke i stedet for det. Som tidligere nævnt har Canon forbedret EOS 40D på flere måder, blandt andet sådan at alle kameraets funktioner, inklusive bulb, nu kan styres via USB. Noget tyder på at vi snart helt kan slippe for det irriterende ekstra kabel. Bulb kabler kan købes flere steder, f. eks:

- <http://www.hapg.org/>
- <http://www.astronomiser.co.uk/>
- <http://www.store.shoestringastronomy.com/products.htm>

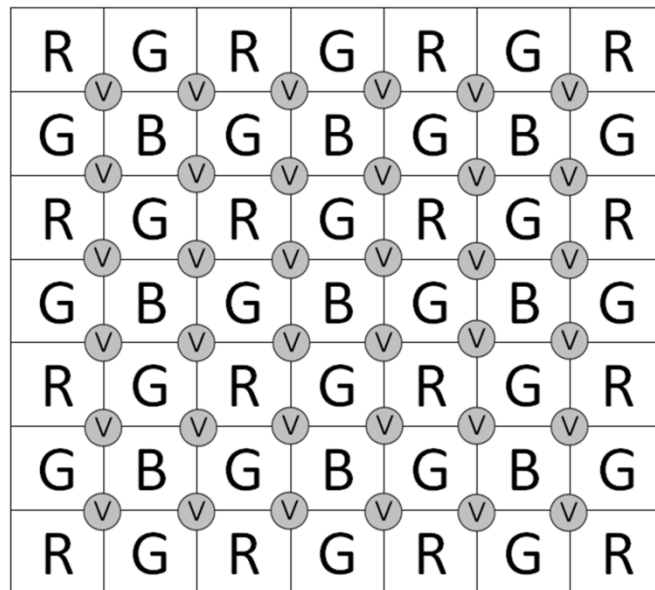
Fokusering bliver gennemgået senere i denne del, men det er måske på sin plads med et par ord om de specielle problemer der kan være med at fokusere astrofotos med et DSLR kamera - i et teleskops primærfokus, eller piggyback med en linse. Astrofotos med DSLR skal fokuseres manuelt. Autofokus virker aldrig når der fotograferes gennem et teleskop, og kun sjældent når en kameralinse bruges. Husk at indstille kameraet til manuel fokus, ellers kan billedet slet ikke tages. Det er ganske svært at fokusere på stjerner og deepsky objekter, bare ved at se gennem kameraets søger, eller ved at bruge dets lille LCD. Stjernerne kan se ud til at være fokuseret på displayet, men når vi senere får billedet op i fuld opløsning på computerskærmen, fortæller det muligvis en anden historie. Bedre er det at tage en prøveeksponering, få resultatet vist i displayet og zoome ind på en stjerne, rette fokus til og gentage proceduren. Det fungerer - specielt hvis vi kan studere de karakteristiske spikes en klar stjerne producerer med et Newton teleskop, eller et andet teleskop med sekundærholder. En Hartman maske kan også bruges.

Disse metoder er udmærkede, men rigtig godt bliver det efter min mening først hvis kameraet er forbundet med en computer når billederne optages. Så kan vi få en serie fokuseringsframes, i fuld opløsning, direkte op på en computerskærm. Det kan flere af de ovennævnte nævnte programmer gøre med alle deres understøttede kameraer. Nogle programmer med numerisk angivelse af bedste fokus. Og med de nye kameraer med live view funktion, såsom EOS 40D og 450D, bliver det endnu bedre. Live view er en funktion hvor billedsensoren udlæses løbende, i realtime, sådan som det længe har været kendt på almindelige digital kameraer. Funktionen sås første gang på Canon EOS 20Da, som var Canons forsøg på at lave et astrofoto DSLR kamera. Live view funktionen er begyndt at indfinde sig på de nyeste DSLR kameraer, og den er bogstaveligt talt himmelsendt til astrofoto. Live view fungerer også når kameraet styres via computer.

Farver. DSLR kameraer og oneshot-color CCD kameraer tager jo farvebilleder. En CMOS eller CCD chip i et farvekamera er ikke basalt set forskellig fra en monokrom (sort/hvid) chip, men den er dækket af en såkaldt Bayer Matrix, en matrice af små røde, grønne og blå farvefiltre over hver enkelt pixel. Farvefiltrene er arrangeret sådan at der dobbelt så mange grønne, som der er henholdsvis røde og blå. Det menneskelige øje opfatter detaljer bedst i det grønne område, hvor det er mest følsomt, og chippen er lavet til at efterligne øjets måde at se omverdenen på. At bruge flest grønne pixels resulterer i et billede som synes mere støjfrit, og detaljeret.

Et færdigt billede skal, for hver pixel, have en lyshedsværdi og en farveværdi. Hvis disse to værdier uden videre skulle læses fra det billede chippen ser, måtte man reducere opløsningen fra eksempelvis en 8 megapixels chip, til 2 megapixels, idet to grønne, en rød og en blå pixel skal til for at give farveværdien og

den samlede lyshedsværdi. Alligevel er det sådan at en farvechip med 8 megapixels også producerer færdige billeder med 8 megapixels, og det gøres ikke ved blot at skalere billedet op. Det gøres ved at udregne farve og lyshedsværdi for en "virtuel" pixel, som kan siges at befinde sig i midtpunktet af fire virkelige pixels (virtuelle pixels er et begreb som vistnok er indført af Michael Covington, i hans bog Digital SLR Astrophotography). Til det formål er chippen udstyret med et low-pass filter foran bayer matrixen. Low-pass filtret spreder lyset inden det når chippen, sådan at en lysstråle der rammer den virtuelle pixels position, spredes over flere omkringliggende, reelle pixels. Farvebilledet dannes ved interpolation: Kameraets software, eller software på computeren, kører en debayer rutine som



udregner lyshed og farve, for hver af de virtuelle pixels. På billedet ses hvordan pixelerne er arrangeret, og hvordan halvdelen af chippens pixels er grønne, mens ¼ er røde og ¼ blå. V'et i midtpunkterne for hver fire pixels viser de virtuelle pixels. Det ses at vi, bortset fra i chippens kanter, ender med lige så mange virtuelle pixels, som virkelige. Denne metode kan aldrig blive til andet end et kvalificeret gæt. Præcis information om det lys der rammer den virtuelle pixel, ikke er til stede. Men det er ikke så slemt som det lyder: Debayer, eller de-mosak algoritmer kan være forbavsende gode til at rekonstruere et farvebillede i fuld opløsning ud fra de ufuldstændige data. Og billedets detaljeopløsning er som regel tættere på et monokromt billede, optaget uden farve og low-pass filter, end man umiddelbart skulle tro. Debayer processen er en nødvendighed for alle farvekameraer der bruger billedsensorer med bayer matrix, og det vil sige langt de fleste. Det kan med lidt god vilje sammenlignes med fremkaldelsen af et filmbillede, om end det er noget helt andet der sker.

Der hvor begrænsningerne viser sig tydeligst, i astrofoto sammenhæng, er når motivet f.eks. er de røde emissionståger. Disse tåger har, i større eller mindre grad, også andre og svagere komponenter end rød, men de lyser klartest i h-alpha rød. Den røde farve vil kun registreres af ¼ af kameraets pixels. Lyset falder godt nok på alle pixels, men kun de røde pixels kan se tågen. Derfor vil detaljeopløsningen blive synligt lavere, end hvis vi brugte et monokromt kamera, udstyret med et rødt glasfilter foran hele chippen. Signalet bliver også meget svagere end ved brug af monokromt kamera, hvor alle pixels registrerer signal fra tågen. Men det er ikke sådan at billedet bliver mindre fordi kun ¼ af chippens pixels bruges: Debayer rutinen sørger for at billedet bliver interpoleret til fuld størrelse, men detaljeopløsning og signalstyrke er betydeligt ringere end ved brug af monokromt kamera. Også selv om vi bruger modificeret DSLR.

I særdeleshed gælder disse betragtninger ved brug af smalbandsfiltre sammen med et farvekamera, hvilket dog ikke bør forhindre os i at gøre netop det, men mere om det senere.

Backfocus med DSLR på Newton. Problemet med at nå fokus med DSLR kameraer på Newton teleskoper blev omtalt i gennemgangen af Newton teleskopets fordele og ulemper, i bogens første del. Det er måske på sin plads at vende tilbage til det, for en kort bemærkning. Problemet er at nogle Newton teleskoper ikke har nok backfokus - det vil sige at fokuspunktet sidder for langt inde - til at et DSLR kamera kan fokuseres. Okularudtrækket skrues simpelthen i bund inden fokus nås. DSLR kameraer har en standardiseret afstand fra billedsensoren til T-ringens anlægsflade, på hele 55mm. Det er denne ret lange afstand der skaber problemerne. Løsningen kan være at flytte hovedspejlet en smule længere op i tubusen, eller montere et lavere okularudtræk. En coma corrector vil også normalt flytte fokuspunktet en smule længere ud.

CCD kamera

DSLR kameraer kan, alle deres kvaliteter til trods, ikke matche dedikerede CCD kameraer, som er udviklet udelukkende til at tage deepsky astrofotos. Prisen på CCD kameraer er som nævnt også væsentligt højere, hvis chipstørrelsen skal svare til DSLR, men spørgsmålet er om den behøver at det. For de som kan nøjes med en lidt mindre chip er det muligt at købe et kølet CCD kamera, for næsten det samme som et DSLR kamera koster.

CCD kameraer er konstrueret så de fungerer bedst muligt ved lange eksponeringer af svagtlysende objekter. Det største problem i den forbindelse er støj der bygges op i løbet af eksponeringen, og den bedste måde at reducere støj i CCD og CMOS chips, er ved at køle dem ned. Mange CCD kameraer er derfor udstyret med et Peltier element under chippen, som køler den ned til langt under den omgivende lufts temperatur. Det at kameraet, mekanisk og elektronisk, er konstrueret til astrofotos gennem et teleskop, giver selvfølgelig også andre fordele frem for et DSLR, som jo ret beset er lavet til noget helt andet.

Hvor stor chip behøves? CCD kameraer kan købes med chipstørrelser der svarer til 24x36 millimeter filmformatet, eller større endnu. Priserne er faldende, men disse kameraer er stadig dyrere end hvad de fleste af os kan forsvare at investere i en hobby. Men CCD kameraer med mere beskedne chipstørrelse kan også bruges. De chips som i dag regnes for små, var state of the art for få år siden, og CCD kameraer med mindre chips kan, alt andet lige, tage lige så gode billeder som multi-megapixel kameraer. Det er bare billedfeltet, og billedets størrelse på computerskærmen, der er mindre.

Begge dele kan opnås med små chips ved at lave mosaikker, det kræver bare noget mere arbejde. Masser af deepsky objekter er også små, og har ikke i sig selv brug for et stort billedfelt. Store chips introducerer også deres egne problemer, som ikke ses med mindre chips: Vignettering, coma, feltkrumning, og vanskeligheder med at få chippen justeret vinkelret på lysgangen. Ikke dermed sagt at små chips ligefrem er at foretrække, Det er bestemt herligt med en rigtig stor chip.

Farve eller sort/hvid? I modsætning til DSLR kameraer fås CCD kameraer i både farve og monokrome udgaver.

One-shot color CCD kameraer kan give resultater der svarer til DSLR og i nogen tilfælde er det endda de samme sensorer der benyttes. Men mange gange er de en tand bedre, på grund af køling og anden optimering til astrofoto formål. Fordelen ved et farvekamera er selvfølgelig at det er lettere og hurtigere at få et færdigt resultat. Det er ikke uvæsentligt når vi tænker på hvor få gode nætter til deepsky foto der egentlig er her i landet. Med farvekameraer kan vi også blive fri for at skulle investere i en masse ekstraudstyr, såsom farvefiltre, filterhjul, og meget andet. Det eneste der skal bruges er et IR cut filter og måske et lysforureningsfilter.

Farvekameraets begrænsninger har samme årsag som dets fordele, nemlig chippens Bayer matrice, de små farvefiltre foran chippens pixels. Bayer matricen æder noget af lyset og forringer kameraets evne til at



Artemis CCD kamera

opløse detaljer. Den hindrer også effektiv brug af forskellige smalbåndsfiltre: Hydrogen alpha, oxygen III, IR pass UV pass filtre, for bare at nævne nogle. Sådanne filtre er noget af det mest spændende indenfor astrofoto, men de er svære at bruge med et farvekamera. Lysforurening er også en hel del mere problematisk for et farvekamera end for et monokromt. Et bredbånds lysforureningsfilter som IDAS LPS kan bruges til farvekameraer med godt resultat, men den eneste virkelig effektive måde at bekæmpe lysforurening på, er ved at bruge smalbåndsfiltre som h-alpha, OIII og SII. Med sådanne filtre kan der, fra byen, laves fotos der er lige så dybe som fra det mørkeste sted i landet. Godt nok er sådanne filtre kun egnede til et begrænset udvalg af objekter, men det er en væsentlig overvejelse ved køb af kamera: Har vi et mørkt observationssted, eller mulighed for og lyst til at køre ud til et mørkt sted? Hvis svarene er nej er et monokromt kamera efter min mening et bedre valg.

Monokrome kameraer giver altså nogle væsentlige fordele: Bedre detaljeopløsning, bedre følsomhed og mulighed for at bruge de spændende smalbåndsfiltre effektivt. Lysforurening kan bekæmpes bedre når vi fotograferer emissionståger, supernovarester og planetariske tåger. Når det gælder galakser og refleksionståger er det lige svært at hamle op med lysforureningen som ved farvekameraer, dog hjælper den monokrome chips øgede følsomhed til også i den forbindelse.

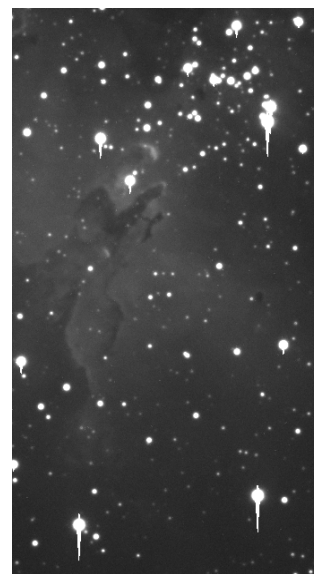
Ulempen ved monokrome kameraer er selvsagt at de kun tager sort/hvide billeder. Hvis vi vil have et farvebillede må vi tage separate billedserier, gennem røde, grønne og blå filtre, og derefter kombinere dem til et farvebillede, på computeren. Det er mere omstændigt at lave farvebilleder på den måde, og det kræver ekstra udstyr i form af farvefiltre og måske et filterhjul. Til gengæld kan resultatet i sidste ende blive et dybere, skarpere billede.

NABG/ABG. CCD kameraer kan fås med eller uden antiblooming gate på deres pixels. Antiblooming gates forhindrer at klare stjerner bløder ned over chippen når pixelbrønden er fyldt op. Non antiblooming gate kameraer er mere følsomme end antiblooming kameraer, fordi en sådan gate fylder en lille del af en pixels areal. De fleste CCD kameraer og alle DSLR kameraer har i dag antiblooming gates, hvilket også må anbefales trods den reducerede følsomhed. NABG kameraer kan ikke eksponere ret længe før blooming optræder, medmindre et felt helt uden klare stjerner vælges, eller smalbåndsfiltre benyttes. Et ABG kamera er mere fleksibelt, og den tabte følsomhed vindes let ind ved at øge eksponeringstiden.

Vignettering og Coma/feltkrumning. Når vi bruger kameraer med store billedsensorer, får vi ofte nogle irriterende problemer at slås med.

Vi kan opleve at billedet er vignetteret, det vil sige med lysfald mod hjørnerne. Vignettering skyldes at det optiske system ikke kan levere et fuldt belyst billedfelt der er stort nok til at dække sensoren. Vignettering kan have forskellige årsager:

- Refraktor tubusens baffler – afblændings ringe – kan være for restriktive.
- Spejlteleskopers tubus kan være underdimensioneret, så der er for lidt afstand fra spejlets kant til tubus væggen.
- Okularudtrækket kan skabe vignettering, hvis det er langt og af for lille diameter. 2" udtræk er som regel i orden til DSLR chips (APS format), men for snævre til 24x36 chips.
- Filterhjul, filtre eller andet i lysgangen, kan have for lille diameter.
- Selve teleskopets optiske design har et større eller mindre fuldt belyst felt.



Blooming

Coma og feltkrumning er beslægtede fænomener, som viser sig ved at stjerner i randen af billedfeltet trækkes ud til streger eller små kometer. Begge dele peger symmetrisk væk fra billedets centrum. Coma opstår i Newton teleskoper, især når de har et lavt f /forhold, og kan kureres med en coma corrector. Baader og Televue laver gode coma correctorer som begge er i 2" størrelse, og derfor kan dække en APS chip, men får problemer med større chips. Der findes også coma correctorer i 3" format, som er store nok til at dække dagens største chips, men de er dyre og kræver et 3" okularudtræk, som også er dyrt.

Feltkrumning findes i to og tre-linsede Refraktorer. Igen er det værst når f /forholdet er lavt, hvilket er trist, da et lavt f /forhold er attraktivt i deepsky sammenhæng. Kuren hedder en flattener, eller en reducer/flattener. Nogle af high-end refraktor fabrikanterne laver dedikerede flattenerer til deres teleskoper. Televue og William Optics laver 0.8x reducer/flattenerer som kan bruge på forskellige teleskoper. Dog ikke altid med optimalt resultat.

Både flattenerer og coma correctorer kræver at billedsensoren sidder i en bestemt afstand fra correctorens udgangslinse. Ofte er denne afstand 55mm, således at et DSLR kamera umiddelbart får den rigtige chipafstand når correctoren skrues i T-ringen.

Hvis stjernerne ses udtrukne eller ufokuserede i billedfeltets hjørner på en usymmetrisk måde – altså hvis de ikke stråler ud fra billedets centrum, er problemet sikkert at kameraets billedsensor ikke sidder fuldstændigt vinkelret på lysgangen. Det kan være et stort problem med store billedsensorer, især når f /forholdet er lavt. Årsagen til skævheden kan være at chippen ikke er monteret helt fladt i kameraet, men okularudtræk eller adaptere kan også have skylden. Det er meget lidt der skal til før det kan ses i billederne.

Den nemmeste måde at undgå alle disse potentielle problemer, er ved at købe en astrograf. En astrograf er et teleskop som er specielt designet til at levere et fuldt belyst, og fladt felt, også med kameraer med større chips. Astrografer er desværre også generelt meget dyre. Blandt refraktor astrografer kan man nævne Takahashis FSQED, Televue NPN-101is og NPN-127is, Borgs serie af $f/4$ astrografer. Newton astrografer omfatter blandt andet Astro Systeme Austrias fine instrumenter, Orion Optics AG serie og Takahashi Epsilon. Store astrografer med lang brændvidde omfatter de fleste Ritchey-Chrétien teleskoper, samt modificerede Dall-Kirkhams fra Planewave og Orion Optics.

Barlowlinser. En barlowlinse forlænger teleskopets brændvidde og forøger f /forholdet. Barlows bruges ikke så tit i deepsky sammenhæng, men små og lysstærke objekter, som f.eks. ringtågen M57 eller nogle kugleformede hobe, kan have gavn af mere brændvidde. Til deepsky foto bør en barlow af god kvalitet vælges. Televues Powermates har et mere avanceret optisk design end almindelige barlows, med god korrektion off-axis, men der er også andre gode extendere på markedet.

Filtre

At arbejde med filtre er noget af det mest spændende inden for astrofoto. Monokrome kameraer er i sagens natur bedst egnede til de fleste filtre. Det monokrome kameras pixels er følsomme i hele det visuelle område, og et godt stykke udenfor også. Farvekameraer har røde, grønne og blå mikrofiltre permanent placeret over deres pixels, hvilket begrænser, men ikke umuliggør, brugen af filtre.

Filtre var tidligere lavet af farvet glas. I dag er de fleste filtre lavet som interferens filtre. Interferens filtre er klare glasfiltre med mange lag af coating i varierende tykkelse. Disse lag af coating reflekterer de uønskede bølglængder, og lader de ønskede passere uhindret. Interferens filtre kan, i modsætning til farvet glas, laves så næsten alt lyset i det

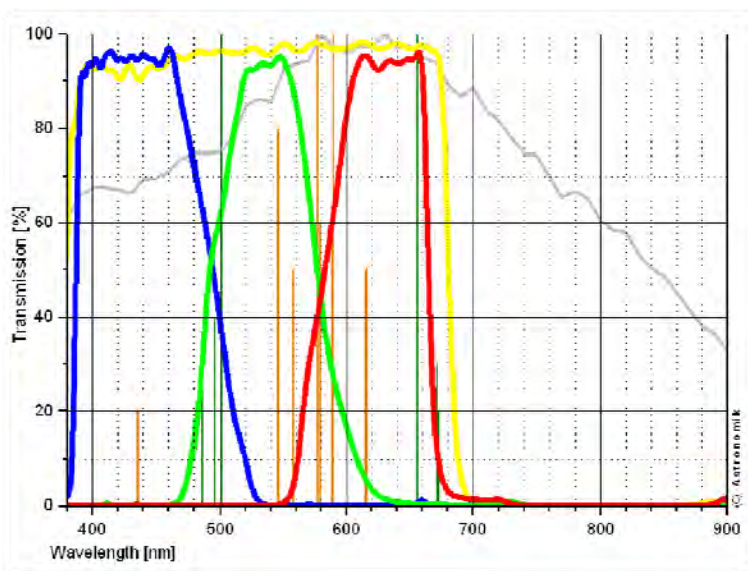


ønskede område passerer. Det er også muligt at styre hvad der blokeres og hvad der skal passere, meget mere præcist. Da det er tykkelsen af lagene der bestemmer filtrets egenskaber har teleskopets f/forhold også indflydelse på hvor korrekt de virker. Et lavt f/forhold betyder en mere skrå lyskegle, som vil ændre den distance lyset bevæger sig gennem et lag af coating. Interferens filtre fungerer derfor bedst ved f/forhold over f/4.

UV/IR cut. Basis filteret vi i de fleste tilfælde skal bruge er et UV/IR cut filter. Mange farvekameraer og alle DSLR kameraer har dog allerede sådan et filter indbygget, hvorfor det ikke er nødvendigt at tilføje et ekstra. En anden undtagelse er når vi ønsker at fotografere i netop infrarød eller ultraviolet, Så skal disse bølgelængder selvsagt ikke blokeres. Årsagen til at vi ellers bruger filtret er at Det optiske system – hvis det indeholder linseelementer – har et lidt andet fokuspunkt for IR end for synligt lys. Det ufokuserede infrarøde lys vil så kaste et svagt slør over billedet. Hvis teleskopet er et rent spejlteleskop, uden glas i lysgangen, kan UV/IR cut filtret udelades, ellers anbefales det altid at bruge et. Et monokromt kamera udstyret med UV/IR cut filter, registrerer hele det visuelle spektrum. UV/IR cut filtre kaldes også for luminance filtre.

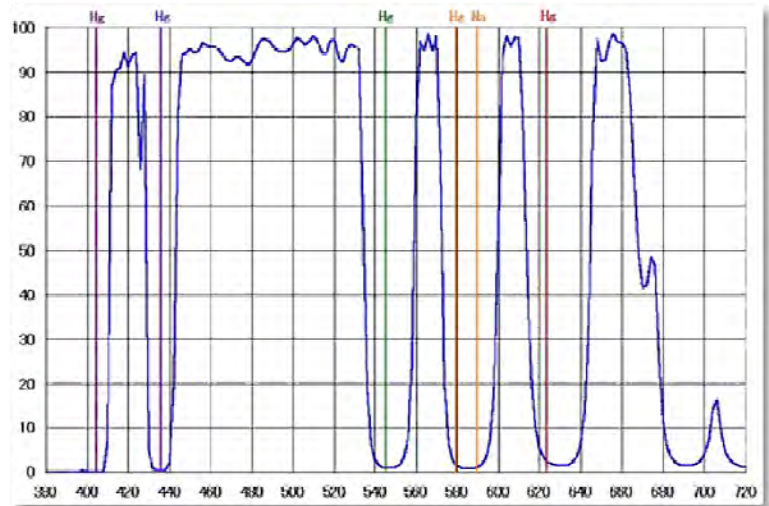
RGB. Farvekameraer virker som vi har hørt ved at deres pixels har små røde, grønne og blå mikrofiltre. Monokrome kameraer kan også producere farvebilleder, men det kræver at der optages separate billeder gennem rødt, grønt og blå filter. Disse optagelser kombineres senere til et farvebillede i billedbehandlings eller astrosoftware. Fordelene ved denne metode er at kameraets fulde pixelopløsning bevares, samt at følsomheden af et monokromt kamera med et farvefilter af interferens typen, er en hel del bedre end et farvekameras. Vi får altså en bedre opløsning og et dybere billede. Normalt vil man optage en serie billeder i henholdsvis rød, grøn og blå. Det sker for at opnå en længere samlet eksponeringstid i hvert af farvelagene. Hver serie stackes så til et masterbillede, der bruges som farvelag i et færdigt farvebillede. Hvordan stacking og RGB kombineret rent praktisk gøres, vender vi tilbage til når vi kommer til billedbehandlingen.

LRGB. RGB billeder er fine, men vi kan gå et skridt videre ved at kombinere et RGB billede med et *luminance* billede. Et luminance billede er et sort/hvidt billede taget uden filter - eller rettere sagt, som regel med et UV/IR cut filter. UV/IR cut filtre kaldes af samme grund nogen gange for et luminance filter. Når luminance og RGB kombineres i et astro eller billedbehandlingsprogram, kommer hele skarphe den og alle detaljerne fra luminance delen, RGB kanalerne bidrager kun med oplysning om hvor farverne skal være i billedet. Derfor vil vi ofte vælge at begrænse den samlede eksponeringstid i RGB, til måske 15-30 minutter i hver kanal. Vi kan så bruge alt krudtet på luminance billedet i stedet for. I luminance kan den samlede eksponeringstid være vilkårligt lang. Jo længere jo bedre. Billedet vil dog trods alt vinde ved også at bruge eksponeringstid i farvekanalerne. Farvedybden, især i de svage dele af billedet, bliver bedre.



Astronomik LRGB farvefiltre

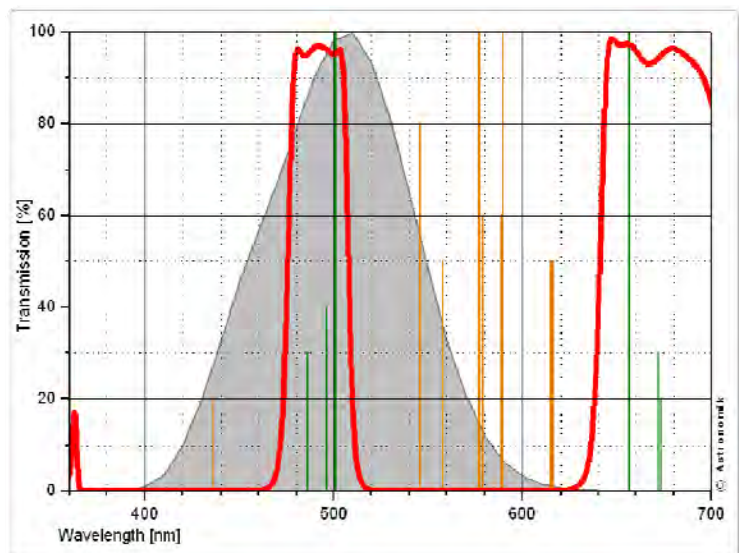
LPS. LPS eller LPR filtre, er filtre som reducerer effekten af lysforurening. De virker ved at undertrykke udvalgte områder af det visuelle spektrum, der hvor gadebelysning og anden lysforurening er værst. Når vi fra lysforurenede områder optager luminance til et LRGB billede, eller hvis vi bare vil tage et sort/hvidt billede, eller hvis vi bruger oneshot-color kamera, er det en god ide at bruge et Lysforureningsfilter. Et godt lysforureningsfilter er IDAS LPS. Dette filter har indbygget UV/IR cut i coatingen, og skal bruges *i stedet for* et UV/IR cut filter. Hvis det ikke er tilfældet skal filtret bruges sammen med et UV/IR cut filter. IDAS LPS har den gode egenskab at farvebalancen ikke ændres særlig meget af filtret. Vi kan derfor bruge det sammen med farvekameraer, og sammen med RGB filtre på monokrome kameraer. Lysforureningsfiltre er ikke 100% effektive- langt fra. Gadelygter lyser ganske vidst mest i bestemte farver, men de er alligevel så bredspektrede at der slipper en del lys gennem filtret. IDAS LPS muliggør godt og vel dobbelt så lange eksponeringer som uden filter.



Kurven viser hvordan IDAS filtret, meget selektivt, skærer midterlinjerne for forskellige slags lysforurening bort.

© Hutech

UHC. Et UHC filter, som for eksempel Baaders UHC-S filter, er også et lysforureningsfilter. Det er et mere restriktivt filter end bredbåndsfiltre som IDAS, og er derfor mere effektivt til at undertrykke lysforurening. I stedet for at fjerne nogle udvalgte områder og lade resten passere, lader det udvalgte områder passere og fjerner resten. De områder det lader passere, svarer til de bånd hvor de fleste emissionståger udsender deres lys. Galakser, stjerner og refleksionståger lyser bredspektret, eller i områder af spektret som et UHC filter blokerer, og er derfor ikke egnede objekter til dette filter. Men emissionståger kan have stor nytte af et UHC filter. Især de klare tåger, som M42, planetariske tåger og supernovarester der lyser i flere emissions linjer. Vi skal dog huske på at de fleste UHC filtre er lavet til visuelt brug, og derfor normalt ikke har fået en UV/IR blocker coating tilføjet. Fotografisk skal de derfor bruges i kombination med et UV/IR cut filter, hvis ikke kameraet allerede har et sådant.



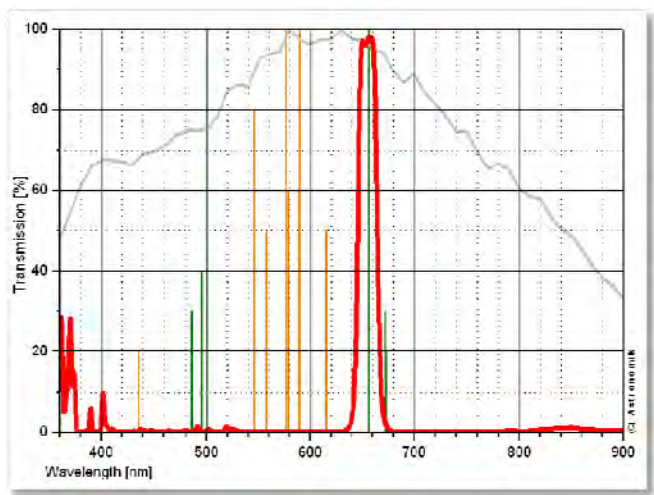
Astronomik UHC filter

Til monokrome kameraer er det en rigtig god ide at lave luminance laget med et UHC filter, og bruge RGB filtre til farvelaget. I hvert fald når det er de mere klare emissionståger der er tale om. For farvekameraer gælder egentlig det samme princip: Lav et luminance lag med lang samlet eksponeringstid med UHC, og et farvelag uden filter. Grunden til at det er bedst at lave farvelaget i RGB er at UHC filtre kan ændre farvebalancen temmelig meget.

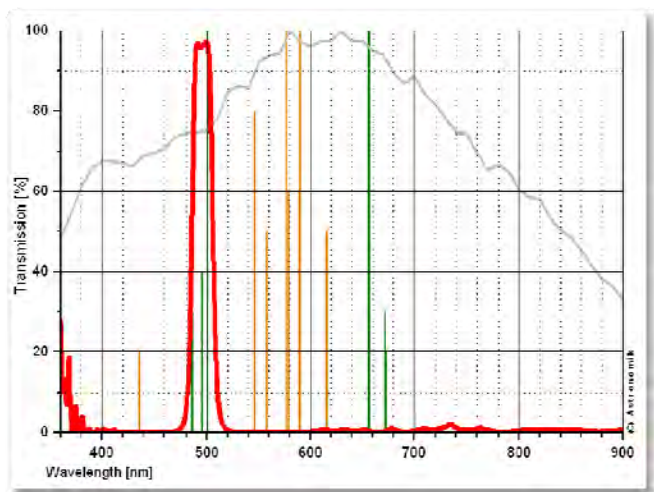
Smalbånd. Smalbåndsfiltre er de mest restriktive filtre af dem alle. Med dem kan vi fotografere de svageste tåger fra storbyen. Det eneste lysforurening der kan genere et smalbåndsfiltre nævneværdigt, er næsten hvis en gadelygte lyser direkte ind mod teleskopet. Emissionståger er gas, som bringes til at lyse ved at absorbere stråling fra nærliggende stjerner, og genudsende strålingen i en ganske bestemt bølgelængde. Hvilke bølgelængder afhænger af grundstof sammensætningen i tågen. Tågerne består som regel hovedsaglig af brint, der lyser i H-alpha linjen ved 656,281 nanometer i den dybrøde del af spektret, men der er også andre også andre emissions linjer tilstede, i større eller mindre grad. Også for smalbåndsfiltre er det vigtigt at der er indbygget UV/IR cut filter. Ellers må et separat filter bruges sammen med smalbåndsfiltret. Her kommer et kig på de mest almindelige smalbåndsfiltre:

- **H-alpha.** H-alpha filtret isolerer 656 nm linjen for brintemission, og er det mest almindeligt anvendte smalbåndsfiltre. I de fleste tilfælde fås det klareste og mest kontrastrige billede med dette filter, da emissionstågerne som sagt mest består af brint. H-alpha filtre kan producere nogle utroligt skarpe og detaljerede billeder af tåger. H-alpha filtret er normalt det eneste smalbåndsfiltre der kan "stå alene", altså bruges til sort/hvide billeder uden at tilføje andet til billedet. De andre smalbåndsfiltre bruges normalt til at producere farvebilleder sammen med h-alpha.

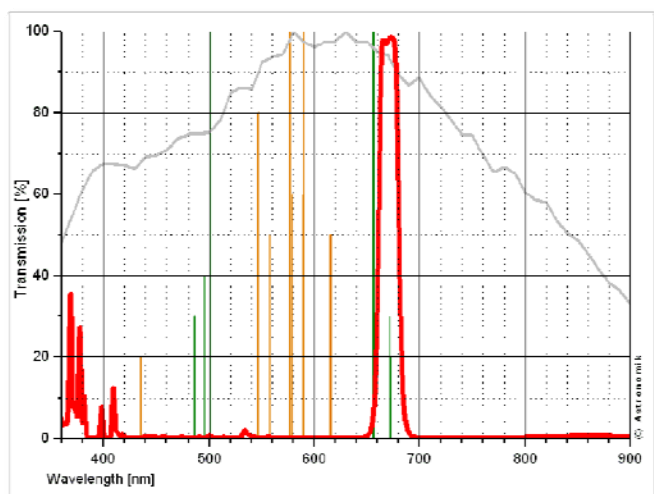
H-alpha filtre kan fås med forskellig båndbredde. Det vil sige at de er centrerede omkring den ønskede linje, men tager mere eller mindre med udenom denne. H-alpha filtre til deepsky fås med båndbredder mellem 4 nm og 35nm, og jo mere snæver båndbredden er, jo bedre vil kontrasten i billedet blive. Men en smallere båndbredde betyder også at der bliver færre stjerner at se i billedet. Det skyldes at stjernerne lyser bredspektret. Så mens tågen fremhæves af et smalt filter, tager



Astronomik 12nm CCD h-alpha filter



Astronomik 12nm CCD OIII filter

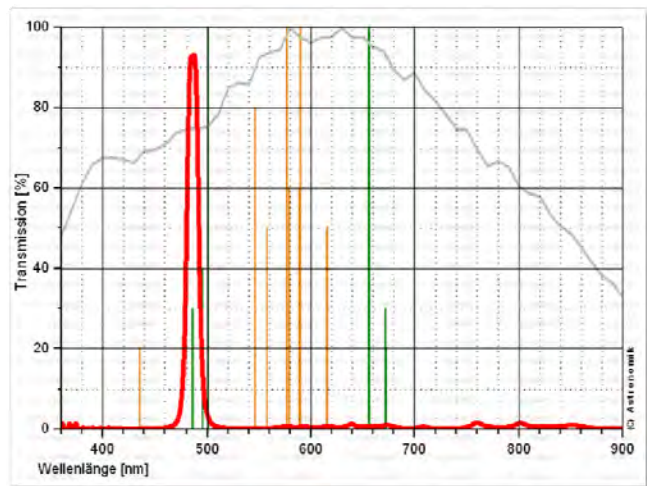


Astronomik 12nm CCD SII filter

det livet af stjernerne. Manglen på stjerner i billedet kan være et æstetisk problem, men det kan også gøre det utrolig svært at fokusere. Vi fokuserer jo på stjerner, hvad enten det nu er manuelt eller via software. Smalle filtre er dyrere end brede filtre.

Nogle galakser, f.eks. M33 og M82 har store h-alpha områder. Hvis vi laver LRGB billeder af disse galakser kan det tilføje en ekstra dimension til billedet hvis den røde kanal blandes med en h-alpha serie.

- **Oxygen III.** OIII filtre isolerer de to oxygen linjer ved 496nm and 501nm. Linjerne ligger i det blå/grønne område af spektret.
- **SII.** SII filtre lader emissionslinjen for svovl, ved 672,4 nm passere. Den ligger ligesom h-alpha i det dybrøde område, men er normalt en del svagere.
- **H-beta.** H-beta filtret transmitterer brint emissionslinjen ved 486 nm. Den ligger ligesom OIII i det blå/grønne område, og faktisk så tæt på at den også er med i mange OIII filtre.



Astronomik 12nm CCD h-beta filter

Mange af de røde emissionståger i og omkring Svanen er velegnede objekter til smalbandsfiltre, ligesom supernovarester og planetariske tåger er det.

Smalbånd farver. Hvis planen er at lave et farvebillede ud fra tre smalbandsbilleder, kan eksponeringstiden fordeles ligeligt, eller eventuelt med mere tid i h-alpha, hvis objektet har et svagt signal i de andre bånd. Det sidste lyder måske ulogisk, men h-alpha kan fungere helt eller delvis som luminance lag i sådan et billede, hvorfor det er vigtigt at have et godt og dybt h-alpha billede. Mange af emissionstågerne er svage objekter, som har gavn af lange samlede eksponeringstider. Gerne flere timer i h-alpha, og et par timer i de andre bånd. Eksponeringstiden kan kun være for kort, aldrig for lang.

Men hvilke smalbandsfiltre skal vi så vælge, til at fungere som henholdsvis rød, grøn og blå i et farvebillede? Først må vi se i øjnene at farverne aldrig vil blive naturlige. Smalbåndsfarver vil altid være falske farver, så egentlig er der frit valg på øverste hylde. Årsagen er den at RGB filtre efterligner det menneskelige øjet måde at opfatte farver, hvilket jo også må være definitionen på ægte farver. RGB filtre deler det visuelle spektrum i tre brede dele, med et vist overlap. Det står i modsætning til smalbandsfiltrene, som kun ser et meget smalt bånd.

Den mest anvendte måde at lave smalbands farvebilleder, er ved hjælp af Hubble tri-color paletten, hvor SII, h-alpha og OIII bruges som rød, grøn og blå. Hvis vi kigger på hvor filtrene ligger i spektret kan vi se at SII ligger i det dybrøde, OIII i det blå/grønne og h-alpha også ligger i det dybrøde. Hubble paletten giver altså ikke noget der bare ligner ægte farver. Hvis vi kunne finde tre bånd til rød, grøn og blå, som ligger nogenlunde de rigtige steder i spektret, kunne vi lave billeder med noget der minder om ægte farver. H-alpha er den naturlige kandidat til rød, da den ligger i det dybrøde område. OIII kunne agere grøn med lidt god vilje. Så mangler vi bare et filter til blå. Det viser sig at være et problem, da der ikke rigtig er nogle emissions linjer i det blå område. Min løsning har hidtil været at bruge et almindeligt blå filter: Altså h-

alpha, OIII og blå som R, G og B. Det fungerer godt og giver billeder hvor tågernes farver ser rimeligt naturlige ud. Problemet ved den løsning er at smalbåndsfiltrene giver små nålestiks stjerner, mens det brede blå filter giver store fede stjerner. Det er ikke en egentlig fejl, men en naturlig følge af filtrenes karakteristisk. Men det giver problemer med blå bloating når farvelagene skal kombineres. Vanskelighederne er dog ikke større end at teknikken trods alt kan give fine farvebilleder af emissionståger.

Men der findes faktisk en mulighed for at vælge et smalbåndsfiltre til blå. OII emissionslinjen ligger på ca. 373 nm, og er relativt kraftigt stede i mange tåger. OII ligger ikke præcis i det blå område, den ligger længere ude i det violette område. Men h-alpha, OIII og OII ville i det mindste ligge placeret rigtigt, i forhold til hinanden, i spektret. Der findes desværre ikke OII filtre tilgængeligt fra nogen af de fabrikanter der normalt laver filtre til amatører. Frank R. Larsen har dog gjort opmærksom på at Baaders U filter, som er beregnet til planeten Venus, faktisk dækker området omkring 373 nm. Jeg har købt sådan et filter, men den første hurtige test virker ikke alt for lovende.

Smalbånd med DSLR. DSLR kameraer kan sagtens tage billeder med smalbåndsfiltre. Dog skal vi ikke forvente samme opløsning og dybde som med et monokromt kamera. Umodificerede kameraer har stærkt begrænset brugbarhed i h-alpha, men med en Baader eller Hutech modifikation går det fint. Den samlede eksponeringstid, i h-alpha med modificeret kamera, skal være omtrent fire gange så lang for at få tilnærmelsesvis samme dybde som med et monokromt kamera. Smalbånd med DSLR er en øvelse i vedholdenhed. I de optagne billeder indeholder kun de røde pixels et signal, de grønne og blå indeholder kun støj. Vi har derfor brug for en metode til at gemme data fra de røde, og kassere resten. Nebulosity og Iris har rutiner til at gøre dette. Alternativt kan man farvekonvertere billederne på normal vis, og derefter splitte dem til RGB, kassere alle G og B data og stacke de tilbageværende R data. Nogle debayer rutiner bruger dog også data fra de grønne pixels til den røde kanal, så Nebulosity eller Iris metoderne er formentlig bedst.

OIII ses både af de grønne og de blå pixels. Opløsningen med OIII filter vil blive lidt bedre end med h-alpha filter, og her kan et umodificeret kamera også følge med.

Filterhjul. Et filterhjul eller en filterskinne, er et godt hjælpemiddel når vi skal optage serier i RGB eller med andre filtre. Manuelt filterskift indebærer at kameraet skal tages af teleskopet, og det gamle filter skrues ud og det nye skrues i kameraets næsestykke. Kameraet skal så drejes i samme orientering som før, så billederne passer sammen, og der skal refokuseres med det nye filter. Med et motoriseret filterhjul bliver det hele meget lettere, og kameraet bevarer præcis den samme orientering. Der skal sandsynligvis alligevel refokuseres lidt, men hvis det skal være rigtig avanceret kan motoriserede filterhjul styres fra computeren, og hele processen med billedserier gennem forskellige filtre, og refokusering, kan automatiseres.

Men så avanceret behøver det nu slet ikke at være, og filterhjul er en af de ting der kan komme senere, når økonomien tillader det.

F/forholdet, brændvidden og foto

Teleskopets eller linsens f/forhold har stor betydning i deepsky astrofoto. Lad os sammenligne to teleskoper med samme åbningsstørrelse, men med forskelligt f/forhold. Det ene teleskop har et f/forhold på 10, det andet på 5. Begge har 200mm åbningsdiameter. Vi kan også vælge at sige der er tale om det samme 200mm f/10 teleskop; med uden en 0,5x reducer.

Vi ser nu at f/5 teleskopet er fire gange så fotografisk "hurtigt" som f/10 teleskopet: Vi kan opnå et lige så dybt billede på 5 minutter med f/5 teleskopet, som f/10 teleskopet er 20 minutter om at producere. Årsagen er at lyset koncentrerer på et mindre areal ved et lavere f/forhold. Aperturen, altså

åbningsdiametere, er den samme, så mængden af lys teleskopet samler er ens uanset f/forhold, men lyset spredes over et fire gange så stort areal ved f/10. Det er jo en klar fordel at eksponeringstiden kan reduceres når f/forholdet er mindre, men "hurtigheden" er bare ikke det eneste der ændres ved at ændre på f/forholdet.

Brændvidden halveres når vi går fra f/10 til f/5 således at et 200mm f/10 teleskop har 2000mm brændvidde, og et 200mm f/5 kun har 1000mm brændvidde.

Billedudsnittet med et givent kamera ændres også. Et f/5 teleskop har et dobbelt så stort lineært billedudsnit, og et fire gange så stort arealmæssigt billedudsnit, som et f/10 teleskop.

Som om det ikke var nok, så ændres pixelopløsningen også. Hvad pixelopløsning er, skal vi vende tilbage til om lidt.

Den eneste måde vi kan gå fra f/10 til f/5, og samtidig holde brændvidde, billedfelt og pixelopløsning på de samme værdier, er ved at fordoble teleskopets apertur. *There ain't no such thing as a free lunch.*

Men giver vi os til at sammenligne teleskoper med forskellig apertur er der igen andre forskelle. Kort sagt leverer et stort teleskop en bedre signalstyrke fra svage objekter end et lille.

Der er altså mange ting der spiller ind på hinanden, og det kan være lidt svært at holde rede på det hele, men som hovedregel kan vi sige at et lavt f/forhold er godt til deepsky foto, fordi det reducerer den nødvendige eksponeringstid.

Om at optimere pixelopløsning

Vi vil gerne optage mest mulig information på kortest mulig tid i vores astrofotos. For at kunne gøre det må vi prøve at optimere pixelopløsningen i det optiske system. Pixelopløsning er et udtryk for hvor meget af himlen hver enkelt af kameraets pixels dækker med et givent optisk system.

Men hvorfor, og hvordan? Der er flere forhold der spiller ind, men i bund og grund handler det om at efterkomme "Nyquist teoremet" som, når der er tale om astrofotos, betyder at den mindste detalje det optiske system kan gengive, skal dækkes af to pixels. Dækkes den af mindre end to pixels undersampler vi og information går tabt, dækkes den af mere end to pixels oversampler vi og eksponeringstiden bliver længere end nødvendigt.

Men hvad er så den mindste detalje mit teleskop kan opløse? Jo, teleskopet har en såkaldt teoretisk opløsningsevne. Den teoretiske opløsningsevne er omvendt proportional med størrelsen på dets hovedspejl, eller frontlinse. Altså, jo større optik jo bedre opløsningsevne. Fabrikanten oplyser ofte den teoretiske opløsningsevne for teleskopet i manualen. Desværre kan det tal ikke bruges til så meget, al den stund at en mængde andre faktorer end den rent teoretiske opløsningsevne spiller ind: Motivets kontrast, seeingforhold, eksponeringstid osv. Gør at den virkelige opløsningsevne er meget lavere. For deepsky fotos, eller rettere for fotos på mere end nogle få sekunders eksponeringstid, er seeing den dominerende faktor her i Danmark. Hvor teleskopet eksempelvis har en opløsningsevne i størrelsesordenen 0,5 buesekunder, ligger typisk Dansk Deepsky seeing på 3-6 buesekunder. Vi kan derfor ikke tage deepsky fotos der lever op til teleskopets potentiale, hvad angår opløsningsevne. Vi kan i de fleste tilfælde håbe på at tage billeder med en opløsning på ca. 4 buesekunder. Stacking af mange billeder og billedbehandling kan forbedre denne opløsning i nogen grad, men det er en anden historie.

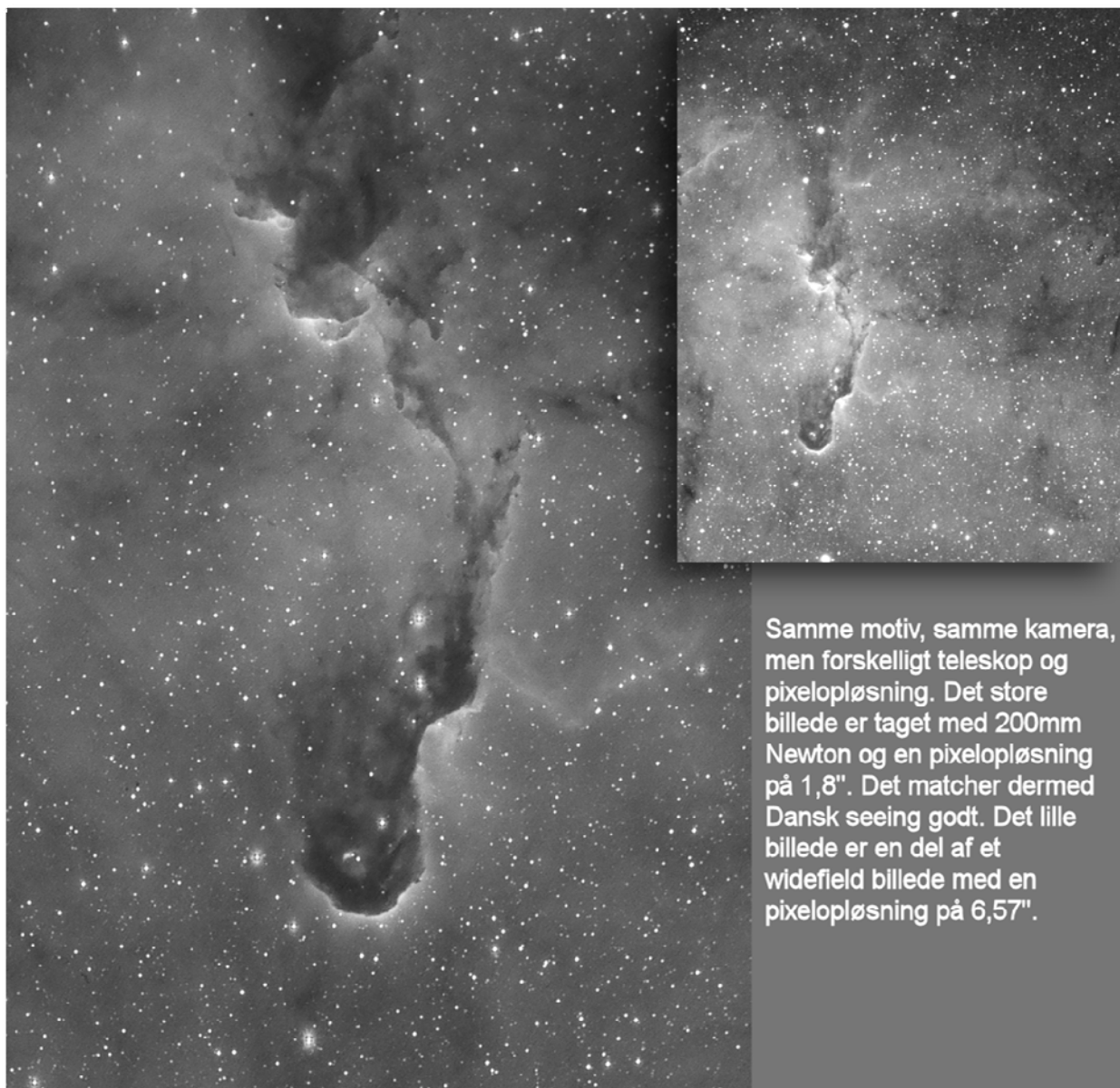
Det det handler om her er altså deepsky fotos, med eksponeringstider fra 5-10 sekunder og op til mange minutter. Helt anderledes forholder det sig for planetfotos med eksponeringstider på brøkdele af sekunder.

Her kan vi, i god seeing, opnå en opløsning der svarer til, eller endda overgår teleskopets teoretiske opløsningsevne. Men mere om det senere, i kapitlet om dette.

Hvis vi nu tager udgangspunkt i at seeingen sætter en grænse på ca. 4 buesekunder, for hvor fine detaljer der kan opløses i deepsky fotos, så når vi ifølge Nyquist frem til at vores kamera skal have en pixelopløsning på ca. 2 buesekunder.

Hvordan regner vi så systemets pixelopløsning ud, hvor slavisk behøver vi at følge Nyquist princippet, og hvordan bærer vi os ad med at ændre pixelopløsningen i vores system?

Lad os starte med det første spørgsmål. For at beregne systemets pixelopløsning skal vi kende to tal: Kameraets pixelstørrelse, og systemets effektive brændvidde. 'Systemet' betyder her teleskopet sammen med eventuelle reducere, eller extendere.



Pixelstørrelsen opgives i mikron, og brændvidden i millimeter. En mikron er det samme som en mikrometer, eller 1/1000 millimeter. Normalt kan man finde kameraets pixelstørrelse i manual eller datablad. Pixelopløsning kan derefter beregnes sådan her:

Pixelopløsning = (pixelstørrelse/brændvidde) x 206,27

Mit eget kamera har f. eks en pixelstørrelse på 9 mikron, og min 200mm f/4.5 Newton har en brændvidde på 900mm. Det giver efter ovennævnte formel en pixelopløsning på 2,0627 buesekunder ($9/900 \times 206,27$). Altså en perfekt match til normale Danske seeing forhold.

Men behøver vi så altid at følge princippet slavisk? Hvad nu hvis vi gerne vil bruge samme kamera med forskellige teleskoper, eller hvis det udstyr vi har mulighed for at bruge ikke matcher lige så godt som i eksemplet ovenfor?

Svaret er at regler er til for at blive brudt. Jeg bruger det samme 9 mikron kamera til en lille refraktor med en brændvidde på 284mm. Det giver en pixelopløsning på 6,57 buesekunder, og de mindste detaljer i billedet bliver derved på omkring 13 buesekunder! Altså et groft undersamlet billede, da teleskop og seeing kan præstere en bedre opløsning. Forklaringen er at formålet med dette setup ikke er at vise de fineste mulige detaljer som teleskop og seeing kan yde, men at tage widefield fotos af store områder på himlen.

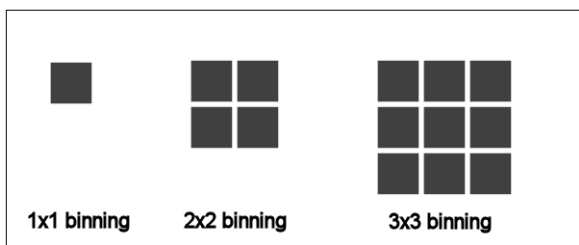
Jeg har også med held brugt et 9 mikron kamera på et RC teleskop med en brændvidde på 2846mm, og en pixelopløsning på 0,65 buesekunder. Oversamlet, ja, men imponerende billeder i kæmpeformat.

Der er også andre hensyn at tage: Nogle deepsky objekter, som f. eks ringtågen M57, er små og lysstærke. Her er det en god ide at oversample, simpelthen for at de får en vis størrelse på det færdige billede.

En anden overvejelse vi kan gøre os, er om hvordan det færdige billede skal præsenteres. Dagens DSLR kameraer og high-end CCD kameraer tager billeder på 10 megapixels eller mere. Sådant et billede er utroligt stort på en computerskærm. Hvis vi kun ønsker at præsentere billedet på nettet, i normal webstørrelse, er det måske noget vi skal tænke på inden vi begynder. Her kunne binning være en mulighed.

DSLR kameraer og oneshot-color CCD kameraer har noget lavere detaljeopløsning end pixelstørrelsen antyder. Det er på grund af low-pass filteret og pixelernes farvefiltre, men præcis hvor meget det drejer sig om er svært at sige og debayer rutinerne bliver bedre hele tiden. En let oversampling vil sikre at der ikke mistes detaljer.

Pixel binning er en måde at ændre pixelopløsningen. Pixel binning, binder flere pixels sammen på chippen, så de fungerer som en stor pixel. 2x2 binning betyder at fire pixels bindes sammen til en. Ved 3x3 binning, bindes 9 pixels sammen osv. Når kameraet kører i fuld opløsning kaldes det 1x1 binning. Monokrome kameraers følsomhed øges ved binning sådan at 2x2 binning giver fire gange følsomheden i forhold til 1x1, 3x3 giver ni gange følsomheden og så fremdeles.



Binning kan bruges til flere ting: Til at få større pixels, der bedre matcher lange brændvidder mht. pixel opløsning, og til at øge kameraets følsomhed når svage objekter skal fotograferes. Binning øger også kameraets dynamikområde, chippens brønd-dybde, som er et mål for hvor mange elektroner en pixel kan opbevare.

Binning er også et fint værktøj til at centrere objekter på chippen. Bruger vi binning når et objekt skal placeres sådan som vi ønsker det i billedfeltet, opnår vi dels at få billedet hurtigt downloadet til computeren, og dels at kunne bruge korte eksponeringer pga. den øgede følsomhed ved binning.

Når flere af kameraets pixels bindes sammen til en, bliver billedet fra kameraet tilsvarende mindre i opløsning. Hvis et kamera f.eks. har en chip med 1600x1200 pixels, producerer det 800x600 pixel billeder ved 2x2 binning.

Hvis det på forhånd er sikkert at det færdige billede skal præsenteres i en lavere opløsning end kameraets egen, kan vi jo ligeså godt få fordel af den bedre følsomhed ved binning. Bruges 2x2 binning reduceres eksponeringstiden som sagt til en fjerdedel. Men pas på med det, det er ærgerligt hvis man fortryder når billederne først er taget, og godt lige ville have lavet en version i fuld opløsning.

Farvekameraer kan nogle gange også binnes, men sjældent med den samme forøgelse af følsomheden som der opnås med monokrome kameraer. Som regel er det bedst at bruge 1x1 binning med farvekameraer.

Det ovenstående kaldes on-chip binning. Nogle programmer, som Maxim, Nebulosity etc. Giver også mulighed for at software binne et billede som er taget i 1x1 binning. Det giver ikke helt de samme fordele som on-chip binning.

Reducere eller extendere. Den anden metode til at ændre systemets pixelopløsning, er brug af fokal reducere eller extendere. Hvis billedet er oversamlet - lang brændvidde og små pixels – kan en reducer hjælpe. Reducer/corrector linser fås til refraktorer og STC teleskoper, men er sjældne til Newtons da de i reglen flytter fokuspunktet længere ind, og det er der ikke plads til i en Newton.

Hvis billedet er undersamlet – kort brændvidde og store pixels – hjælper en extender. Barlow linser, tele extendere, Powermates: Alle forlænger de teleskopet brændvidde og kan bruges til alle teleskoptyper. Til hurtige Newton teleskoper bruges ofte en Coma korrektor for at opnå pæne små stjerner over hele billedfeltet. Nogle af disse, f.eks. Televue Paracorr forlænger brændvidden en smule, og ændrer derved pixelopløsningen lidt. Husk at reducere og extendere også ændrer teleskopets f/forhold, og dermed den fotografiske hastighed.



Hvor stort teleskop?

Hvis vi, på grund af seeingen, ikke kan opløse detaljer der er mindre end ca. 4 buesekunder i deepsky fotos, kan det så overhovedet betale sig at bruge et teleskop der kan vise mindre detaljer end det? Vi kan jo alligevel ikke se den forbedrede opløsning i billederne – eller kan vi? Min lille 60mm refraktor fra eksemplet ovenfor, kan eksempelvis opløse 4 buesekunder uden problemer, så den burde umiddelbart være stor nok til al slags deepsky foto. Et større teleskop viser jo ikke finere detaljer fotografisk. Er det mon ikke bare et spørgsmål om at tilpasse refraktorens pixelopløsning - og så er den lige så god som et stort teleskop?

For at få den en pixelopløsning på 2", måtte vi gøre en af to ting: Enten bruge det samme kamera, og forlænge brændvidden på teleskopet, *eller* bruge et kamera med meget mindre pixels. Den første mulighed er nok den værste, for hvis vi forlænger brændvidden på den lille refraktor til omkring 1000mm, vil den få et meget højt f/forhold og vil derfor blive meget langsom, fotografisk. Den anden mulighed, et kamera med meget små pixels, giver andre problemer: forringet følsomhed, øget støj, mindre brønddybde.

Et større teleskop samler mere lys og det er, alt andet lige, en fordel. Det giver mulighed for flere fotoner pr. pixel ved optimal pixelopløsning, og det giver mulighed for at bruge et kamera med større pixels (eller

binne) med de fordele det giver i form af mindre støj, større brønddybde osv. Vi kan nå dybere på kortere tid med en større apertur, og vi får et bedre kontrastomfang ved en given pixelopløsning, flere gråtoner. Det er også nemmere at hive mere frem i billedbehandlingen, fra et renere, dybere billede.

Tænk på mobiltelefonkameraer. De har meget små linser, og meget små billedsensorer. Billedkvaliteten lider under minimaliseringen, sammenlignet med et DSLR med en normal fotolinse, selvom billedudsnittet måske er ens. Chippens store pixels og lensens store apertur gør forskellen.

Amatør astronomernes gamle valgsprog "Aperture rules" gælder også indenfor astrofoto. Men det er ikke en ubetinget regel, ligesom det heller ikke er det indenfor visuel astronomi. Forskellige størrelser teleskoper er gode til forskellige formål. En lille APO af god kvalitet er efter min mening det bedste instrument at starte på deepsky foto med. Den vil have en bedre chance for at give begynderen nogle succes oplevelser der kan anspore til at gå videre med hobbyen. Når sygdommen aperture fever rammer, og vi bare må have et større teleskop, vil den lille APO ikke af den grund blive overflødig. Den er stadig bedre til widefield, og den er perfekt som guide teleskop.

Fokusering

Vi var lidt inde på fokusering i afsnittet om DSLR. Her kommer en mere grundig gennemgang af forskellige metoder til at fokusere astrofotos.

Eyeballing. Software til at styre CCD og DSLR kameraer giver mulighed for at tage serier af fokuserings frames. Man tager som regel et (måske binnet) billede i fuld opløsning, og udvælger med musen et lille område nær midten, hvor der er en eller flere stjerner. Softwaren kan nu sættes til kontinuerligt at tage fokuseringsframes, som ikke gemmes, og som downloades hurtigt efter hinanden. Disse frames inspiseres grundigt mens fokuseringen justeres. Billedet kan forstørres til 200 % eller 400 % for bedre at kunne se hvad der sker ved små justeringer af fokus. Eksponeringstid og screenstretch/histogram skal justeres sådan at stjernen ikke ses udbrændt. Jo tættere på fokus jo mindre og klarere bliver stjernen, men seeing variationer kan gøre det svært at finde det præcise fokuspunkt. Det samme kan varmestrømninger i teleskop tubusen, så teleskopet skal være afkølet. Med lidt øvelse kan meget præcis fokus opnås på denne måde. Vær opmærksom på feltkrumning. Stjerner i kanten af feltet har sikkert ikke samme fokuspunkt som stjerner midt i feltet. Normalt vil man koncentrere sig om midten af feltet. Flattener og reducere kan gøre det sværere at finde bedste fokus, og med dem er bedste fokus ofte et kompromis. Et lignende problem er et kamera der ikke er vinkelret justeret på lysgangen, og som derfor viser en fokuseringsgradient hen over billedet. En sådan fokusgradient er ikke nødvendigvis symmetrisk eller lineær, og den kan være svær at diagnosticere.

Numerisk/grafisk, autofokus. CCD og DSLR software giver også tit mulighed for at få en numerisk og grafisk indikation af hvornår stjernen er bedst fokuseret. Det er nok den bedste måde at fokusere på, selv om jeg personligt foretrækker øjnene. Ved software assisteret fokusering kan seeing også være et problem, idet en klar stjerne vil forvrænges af seeingen. Ses stjernen at vrides og fragmenteres mellem fokuserings eksponeringerne, er det en god ide at vælge en svagere stjerne, en som tillader en eksponeringstid på et par sekunder. Det vil udjævne seeingen nok til at softwaren ser en pæn rund stjerne, som den bedre kan måle på. Hvis det skal være ekstra avanceret kan programmerne også styre et elektrisk okularudtræk der er sat op med f.eks. Robofocus eller Artemis focuser, for fuldautomatisk autofokusering af teleskopet.

Spikes. Når et Newton teleskop, eller et andet teleskop med et sekundærspejl der sidder i en holder med tre eller fire ben, bruges, vil klare stjerner vise diffraktions spikes i fotos. Disse spikes kan bruges til at fokusere efter: Fokus justeres indtil de er længst, tyndest og klarest. På en refraktor eller et andet teleskop uden sekundærholder, kan to stykker fiskesnøre eller lignende, spændes i et kryds her over teleskopets

åbning. De skal krydse midten af åbningen i en 90 graders vinkel til hinanden. De skal selvfølgelig fjernes igen når fokus er fundet, inden foto sessionen begynder.

Hartmann maske. En Hartmann maske er simpelthen et cover til teleskopets, eller lensens åbning, hvori der er lavet to runde huller. Når en klar stjerne fotograferes vil bedste fokus være opnået når de to separate billeder af stjernen smelter sammen til et. Hvis hullerne laves som trekantede der er vinklede i forhold til hinanden, produceres diffraktions spikes der gør det lettere at se når bedste fokus er fundet. Nogle mennesker er glade for masker, andre synes det er svært at bedømme hvor det præcise fokuspunkt ligger.

Hvordan man end vælger at fokusere, så bør der refokuseres hver halve eller hele time.

Guiding eller ej

Uguidedede eksponeringer. I de fleste tilfælde vil begynderen starte med uguidedede eksponeringer. Det er den letteste måde at komme i gang med deepsky foto på, og der kan opnås fine resultater ved at stacke en masse korte eksponeringer, så længe vi holder os til de mere lysstærke objekter. Autoguiding kan så komme senere, når lidt erfaring er opnået.

At tage uguidedede eksponeringer vil sige at: Monteringens polindstilles, teleskopet rettes mod objektet, og RA aksens motor kører uden korrektion under eksponeringen.

Det der begrænser mulighederne når vi ikke autoguides er trackingfejl. Trackingfejl gør at stjernerne bliver trukket aflange, ved eksponeringer over en vis længde. Vi er derfor nødt til at holde eksponeringstiden kort nok til at stjernerne er pæne runde i hovedparten af eksponeringerne, så ikke for mange af dem må kasseres. Men hvor lang en eksponeringstid kan vi slippe af sted med? Det afhænger af flere ting: Monteringens kvalitet, polindstillingens nøjagtighed, brændvidde, kameraets pixelstørrelse. Det er nødvendigt at prøve sig lidt frem, og lære grænserne for systemets formåen at kende.

Polindstillingen skal være *Temmelig god*, men det er dog ikke nødvendigt f.eks. at driftaligne. En centrering af Polaris i pol akse teleskopet er godt nok til korte eksponeringer. Brug en kort brændvidde - et lille teleskop eller et piggyback monteret DSLR kamera med 25-200mm linse, i hvert fald i starten. Kort brændvidde gør at unøjagtig tracking ses mindre i billederne, og eksponeringstiden kan være længere jo kortere brændvidden er.

Med en rimelig god standard montering, og piggyback monteret kamera med 50 eller 100mm linse, skulle eksponeringer på 2-4 minutter være mulige. Med et teleskop med kort brændvidde skulle 20-60 sekunder gerne kunne lade sig gøre. Begge dele uden at få udtrukne stjerner i for mange af eksponeringerne. Dyre high-end monteringer kan køre uguidet i mange minutter selv ved lidt længere brændvidder. Når der fotograferes ved brændvidder på over 1200-1500mm vil det næsten altid være nødvendigt med en form for guiding, også på de bedste monteringer.

Manuel guiding. Før i tiden, inden der var noget der hed CCD kameraer, blev lange eksponeringer, såvel blandt professionelle som amatører, altid manuelt guidet. Setupet til at guide manuelt er stort set det samme som et autoguide setup, bortset fra at guidekameraet er erstattet af et trådkors okular, hvori fotografen hele tiden holder øje med en guidestjerne, og foretager korrektioner på en håndkontrol. Har monteringen ikke en autoguide indgang, og kan den ikke på anden vis bringes til at modtage autoguide korrektioner, kan manuel guiding være den eneste mulighed. Det kræver dog udholdenhed, og tålmodighed at stirre ned i et okular i timevis, siddende eller stående i en akavet stilling. Og et øjeblik uopmærksomhed er nok til at ødelægge eksponeringen.

Proceduren ved manuel guiding er enkel. Trådkors okularet drejes sådan at korrektioner i RA og DEC, svarer til trådkorsets akser. En guidestjerne placeres i et af "hjørnerne" i midten af korset, og observeres intenst for drift. Så snart den driver flyttes den tilbage på plads, ved hjælp af håndkontrollen. Det er nødvendigt med en ret høj forstørrelse på guideteleskopet, for at kunne registrere driften godt nok.

PEC. En stor del af de trackingfejl som ses ved lange eksponeringer, skyldes periodiske fejl. Disse fejl gentager sig for hver omdrejning af RA drevets snekke. En omdrejning af snekken tager nogle minutter. Nogle monteringer er udstyret med en periodisk fejlkorrektions rutine (PEC = Periodic Error Correction). PEC er en metode til at træne monteringsens RA drev til en reduceret periodisk fejl. Monteringen lærer sin periodiske fejls karakteristisk at kende. Det gøres ved at brugeren guider manuelt i en periode der svarer til en omdrejning af snekken. Brugers korrektioner optages af monteringsens elektronik, og de optagede korrektioner kan så "afspilles" igen når der skal tages billeder. Korrektionerne starter forfra automatisk forfra, når snekken begynder på en ny omgang. PEC kan forbedre trackingen i større eller mindre grad.

Nogle monteringer kan huske de optagne korrektioner permanent, selvom RA aksens kobling løsnes. Andre kræver at teleskopet bliver "parkeret" i en home position inden man afbryder strømmen. Andre igen kræver at drevet trænes forfra, hver gang monteringen har været slukket.

Autoguiding. Hvis vi tager fem stk. 10 minutters eksponeringer med det samme objekt centreret i billedfeltet, får vi en samlet eksponeringstid på 50 minutter. Den samme samlede eksponeringstid kan opnås ved at tage 50 stk. et minutters eksponeringer, men resultatet bliver ikke lige så godt. Der kan opnås dybere og renere billeder, ved at forlænge eksponeringstiden i sub-eksponeringerne. Men eksponeringer på fem eller ti minutter er for meget for de fleste monteringer, selv ved brug af kort brændvidde. Lange uguidede eksponeringer kræver at monteringsens gear er ekstremt fint lavet. Det er en af de ting som adskiller dyre high-end monteringer fra de mere beskedne monteringer de fleste af os må bruge. PEC hjælper, men det bliver først rigtig godt hvis teleskopet guides under eksponeringen.

Autoguiding sker ved at et kamera løbende tager korte eksponeringer af en stjerne. Kameraet er forbundet til computeren via USB, hvor guidesoftware løbende analyserer guideeksponeringerne for drift i stjernens position. Når det registreres at stjernen har flyttet sig en smule, sendes en "kontraordre" til monteringen, som så korrigerer, for at få stjernen på plads. På den måde kan eksponeringstiden blive næsten vilkårligt lang, uden at stjernerne i det færdige astrofoto bliver misformede. Af flere grunde vælger vi normalt at begrænse eksponeringstiden i sub-eksponeringer til 5-20 minutter. En eksponering kan let ødelægges af et vindstød, lysforurening, en satellit der krydser billedfeltet, en kat der gnubber sig op ad trefoden etc. Og så er det ærgerligt hvis alt for meget tid går tabt.

Guidekameraet kan være en integreret del af et astronomisk CCD kamera. SBIG og Starlight Xpress har guiding integreret i nogle af deres kameraer. Den mest almindelige måde, og den eneste mulige måde hvis vi bruger DSLR eller andre CCD fabrikater, er at bruge et separat guidekamera. Det kan enten se gennem samme teleskop som optager billedet, eller der kan bruges et separat guideteleskop. Hvis guidekameraet skal se igennem hovedteleskopet bruges en off-axis guider, en anordning som placerer et lille prisme i lysgangen, udenfor hovedkameraets billedfelt. Prismet sender stjernelyset ud til guidekameraet, som er placeret vinkelret på teleskopets normale lysgang, udenfor teleskopet. Fordelen ved det arrangement er at enhver ændring i billedet der ses af hovedkameraet, f.eks. mirrorflop i en SCT eller fleks i teleskopets fastgøring, også ses af guidekameraet, da de jo begge ser gennem den samme optik. Ulemperne ved off-axis guiding er at det kan være svært at finde en egnet guidestjerne i prismets lille synsfelt. Nogle off-axis guider kan roteres rundt om den optiske akse, og prismet kan være justerbart. Begge dele kan gøre det mindre svært at finde en stjerne. Et problem er at det kan være svært at nå fokus på mange teleskoper, på grund af den ekstra længde off-axis guiderne tilføjer. Det kan også være svært at få guideren og hovedkameraet fokuseret samtidig.

De fleste astrofotografer benytter derfor et separat guide teleskop og et separat kamera. Guideteleskopet er så et mindre teleskop, monteret sammen med hovedteleskopet, som peger på samme himmelområde som dette. Guideteleskopet kan være monteret ovenpå hovedteleskopet, skruet fast på ringene, eller det kan være monteret side om side med hovedteleskopet.

Guideteleskop. Guideteleskopet behøver ikke at være særlig stort, og det behøver heller ikke være af særlig god kvalitet. En lille billig akromatisk refraktor er f.eks. en god mulighed, men andre typer kan også bruges. En kameralinse kan endda være nok, hvis brændvidden på hovedteleskopet ikke er for lang. Det vigtigste ved valg af guideteleskop er at f/forholdet ikke er for stort. Det er mindst 4 gange lettere at finde en guidestjerne ved f/5 end ved f/10. Synsfeltet er større ved f/5, og svagere stjerner kan ses. Teleskoper som fokuserer ved at flytte hovedspejlet er måske mindre velegnede som guideteleskoper, da de ofte har en tendens til mirrorflop. Hvis guideteleskopets hovedspejl rykker sig en anelse under en eksponering, vil det resultere i guidefejl.

Det er vigtigt at guideteleskopet sidder helt fast og solidt monteret sammen med hovedteleskopet, således at der ikke kan opstå den mindste smule fleks mellem de to teleskoper, når monteringen kører og tyngdepunktet ændrer sig. Hvis hovedteleskopet og guideteleskopet kan flekse i forhold til hinanden, opstår der guidefejl. Guideteleskopets okularudtræk skal også være god og stabil, og gerne låst fast med låseskruen.

Ved manuel guiding er det sådan at guideteleskopet helst skal have en relativt lang brændvidde, eller rettere, der skal guides ved høj forstørrelse, for at øjet kan registrere tracking fejlene godt nok til at de ikke ses i billedet. Autoguideteleskopet derimod, må gerne være mindre, og have betydeligt kortere brændvidde end hovedteleskopet. Men egentlig er det ikke så meget brændvidden på de to teleskoper der skal sammenlignes: Det er pixelopløsningen. Autoguide software guider i dag på subpixel niveau. Det vil sige at guidestjernens midtpunkt udregnes med mindre end en pixels nøjagtighed. Nøjagtigheden er lidt forskellig fra program til program og varierer efter forholdene. Det er ikke sikkert subpixel guiding altid virker lige godt, og subpixel guiding kræver guide eksponeringstider der er lange nok til at udjævne seeing effekter, men vi kan normalt godt bruge en betydeligt større pixelopløsning på hovedteleskopet, end på guideteleskopet.

Guidekamera. CCD kameraer fra SBIG og Starlight Xpress har i nogle tilfælde indbygget autoguiding. SBIG bruger en separat guidechip, monteret i samme fokusplan som hovedchippet, i selve kameraet. Starlight bruger hovedchippet til at guide og fotografere samtidig. SBIG og Starlight har patent på disse teknikker, så kun deres kameraer, og kun nogle af modellerne kan bruges uden et løst guidekamera.

Der findes dedikerede guidekameraer fra Qcam, Starlight Xpress, Orion, Fishcamp, SBIG og flere andre. Mange andre små kameraer, inklusive webcams, DSI, LPI, Neximage, Imaging Source kameraer med mere, kan bruges til autoguiding. Det er guidesoftwaren, mere end selve kameraet, der bestemmer hvilke der kan bruges. Webcams er som regel begrænset til ca. 1/15 sekund, som længste eksponeringstid. Det gør det problematisk at finde en guidestjerne der er klar nok, i et vilkårligt billedfelt. Men de kan modificeres, eller købes modificeret til lange eksponeringer. Uanset om et webcam modificeres til lange eksponeringer eller ej, skal det have den lille linse skiftet ud med en 1.25 adapter, så det kan monteres i guideteleskopet okularudtræk. Langt størstedelen af disse kameraer bruger et USB interface.

Guide software. Der findes efterhånden en del autoguidesoftware på markedet. De store kommercielle programmer, som f.eks. Maxim DL, har som regel også en autoguide funktion, men der findes også gratis programmer og shareware, som kan gøre det næsten lige så godt. Craig Starks PHD Guiding er et eksempel på et glimrende program, som er gratis, understøtter mange kameraer og bliver opdateret løbende. Her er links til nogle af de forskellige programmer, der kan autoguide:

- <http://www.msb-astroart.com/>
- <http://www.guidemaster.de/>
- <http://www.pk3.org/Astro/k3ccdtools.htm>
- <http://www.cyanogen.com/>
- <http://www.stark-labs.com/phdguiding.html>

Guidesoftwaren skal vide forskellige ting for at kunne fungere ordentlig: Den skal vide hvordan kameraet er roteret i forhold til verdenshjørnerne i dets billedfelt. Altså hvilken retning en stjerne flytter sig i billedfeltet, når monteringen køres mod eksempelvis øst. Programmet skal også kende kameraets pixelopløsning med guideteleskopet, og monteringsens måde at reagere på guide kommandoer, backlash og så videre. Disse ting skulle man før i tiden selv regne ud, eller prøve sig frem til, og derefter skrive numerisk ind i softwaren. Det skal man stadig i nogen programmer, men PHD Guiding, Maxim og flere andre, har nu til dags automatiske kalibrerings rutiner som gør livet en hel del lettere. Det eneste vi selv skal gøre er at sætte guidenkameraet i guideteleskopet, fokusere nogenlunde godt, og tage et par eksponeringer for at sikre at der er mindst en egnet stjerne i feltet. Så bevæger guide softwaren teleskopets akser frem og tilbage, tager en række eksponeringer hvori den forsøger at følge guidestjernens bevægelser, for på den måde at regne de forskellige parametre ud. Det fungerer som oftest fint. Guidestjernen finder nogle programmer selv, men i andre skal den vælges af brugeren. Det sker ved at tage et billede og klikke på en stjerne med musen.

Autoguide setup. Hvordan skal Guidekamera, montering og computer så forbindes, så det hele kan kommunikere med hinanden?

Guidekameraet forbindes til en USB port, på computeren og allerede her kan de første problemer opstå. USB kabler er specificeret til at højst at være fem meter lange. Det er ikke noget problem hvis vi bruger en laptop, ude ved teleskopet, men hvis teleskopet står på en fast montering, med ledninger ind til stuen kan fem meter hurtigt blive for lidt. Nogle gange virker 7-8 meter lange USB kabler dog uden problemer. Hvis ikke findes der USB Booster kabler som kan bruges som forlængerledninger.



Monteringen skal kunne modtage og reagere på guidekommandoer fra autoguide softwaren. Derfor skal monteringen være udstyret med en autoguideport, nogen gange kaldet en CCD port. De facto standarden for guide kommandoer kaldes ST-4, efter SBIG's ST-4 autoguidekamera. En ST-4 kompatibel guideport, som altså er det de fleste monteringer har, bruger seks-pin RJ-12 telefon stik til at kommunikere med computeren.



GPUSB og GPINT-PT fra Shoestring Astronomy. Bruges hvis guidekameraet ikke har en udgang til monteringsens guideport

Hvis guidekameraet er et dedikeret guidekamera - et kamera som er udstyret med en guideport - forbindes denne direkte med monteringsens autoguideport. Hvis guidekameraet er et webcam eller et andet kamera, uden en sådan port, skal monteringsens autoguideport forbindes til computeren. Men en computer har ikke en port der passer til formålet, og det er derfor nødvendigt med en lille interfaceboks mellem computeren og RJ-12 kablet. Boksen kan enten sluttes til en

USB port, eller til parallel porten, dvs. den gammeldags printer port. De mest brugte sådanne interface bokse, er Shoestring Astronomys GPINT-PT og GPUSB.

<http://www.store.shoestringastronomy.com/index.htm>

I guidesoftwaren findes en menu hvor guidekamera, port og interface skal vælges for at det hele kan virke sammen.

Der findes også andre metoder til autoguiding, men ST-4 kompatibel autoguiding er i skrivende stund den mest brugte. Selvom vi holder os til ST-4 guiding, findes der utallige muligheder for at kombinere montering, guideteleskop, interface, guidekamera og software. Softwaren skal understøtte både kamera og interface til monteringen.

Autoguiding i praksis. Når guide teleskopet, kameraet og kablerne sidder som det skal, kan vi begynde at teste og optimere guide setuppet. Jeg vil anbefale at bruge et af de gratis programmer der har en automatisk kalibreringsrutine, PHD guiding eller Guidemaster for eksempel. Kalibreringsrutinen tager en hel del af den sorte magi ud af autoguiding, og gør det noget lettere at få det hele til at virke som det skal. Købeprogrammer som Maxim er endnu bedre, hvad avancerede funktioner angår, men de er ikke nødvendige for begynderen, de gratis programmer virker fint.

Afhængigt af valget af guide teleskop og kamera, kan det være mere eller mindre svært at finde en egnet guidestjerne. Et umodificeret webcam på et guideteleskop med højt f/forhold kan være næsten umuligt at have med at gøre. Modsat vil en 60-100mm refraktor på f/5 eller f/6, og et af de moderne og følsomme kameraer, som DSI Pro, Qcam5, Orion autoguides, Starfish etc. næsten altid have egnede stjerner i et tilfældigt billedfelt.

Hvor lang eksponeringstid skal vi så bruge på guide eksponeringerne? Der er der nogle lidt modsat rettede hensyn at tage. På den ene side skal guide korrektionerne helst komme så hurtigt som muligt efter hinanden, for at kunne rette tracking fejlene bedst muligt. På den anden side må guideeksponeringerne ikke være for korte, da guidestjernen så vil blive påvirket for meget af seeing. Hvis vi bruger eksponeringer på under et sekund vil seeing effekter i de fleste tilfælde vride stjernen ud af facon, sådan at guidesoftwaren ikke kan finde dens præcise midtpunkt: Noget der er nødvendigt for at guide på subpixel niveau. Guide eksponeringer på 1-4 sekunder er i de fleste tilfælde et godt kompromis. Der er også nogen som vælger at bruge meget kortere eksponeringstider på en brøkdel af et sekund, for at kunne kompensere for hurtige fejl. Gør man det vil subpixel guiding næppe fungere, hvorfor en længere brændvidde på guide teleskopet kan være nødvendig.

Vi kan nogle gange, afhængigt af guidesoftwaren, komme ud for at kalibreringsrutinen kræver en klarere stjerne end selve guidingen gør. Derfor kan det være nødvendigt med en længere eksponeringstid til kalibreringen. Eksponeringstiden kan så sættes ned igen, inden selve guidingen begynder.

Det kan nogle gange være et godt tip at defokusere guide teleskopet en ganske lille smule. Det bevirker at guidestjernen får en større diameter, og bliver lidt mere diffus, sådan at subpixel guiding virker bedre.

Normalt anbefales det jo at teleskopets akser justeres i ligevægt, for ikke at stresse monterings gear. Men mange monteringer har en smule slip (backlash) i RA gearret. Det kan på tyske monteringer, have den effekt at RA akse står og oscillerer en smule frem og tilbage, under autoguiding, eller at monteringen ikke reagerer ordentligt på guidekommandoerne. Det viser sig som guidefejl og aflange stjerner. Derfor er det på tyske monteringer, ofte bedst at have en lille smule overvægt til østsiden af RA akse. På den måde "hænger" monteringen i gearret - snekken er altid i kontakt med snekkehjulet og autoguiding fungerer mere præcist – backlash og oscillering elimineres. Teknikken burde også virke med en gaffelmontering.

PEC bør i reglen slås fra ved autoguiding, eller har vi to forskellige mekanismer der konkurrerer om at kontrollere monteringen. Det kan resultere i guidefejl. Backlash compensation bør også undgås. Brug i stedet ovennævnte teknik med overvægt til østsiden, for at eliminere backlash.

Hvor lang eksponeringstid?

Hvis vi har fået vores autoguide setup til at fungere ordentligt og er klar til lange eksponeringer, hvor lange skal de så egentlig være? Findes der en optimal varighed? Det korte svar er: Så lange som muligt. Lange eksponeringer har et bedre signal/støjforhold end korte, og vi kan nå dybere med lange eksponeringer. Hvis vi f.eks. laver et billede med 60 minutters *saml*et eksponeringstid, kan et svagere signal detekteres og et renere billede opnås ved 6 x 10 minutter, end ved 60 x 1 minut. Forskellen i kvalitet er større jo længere ned i tid vi kommer.

Men der er mange faktorer der spiller ind på hvor lange eksponeringerne kan være i praksis:

- Lysforurening og skyglow forringer signal/støjforholdet, og vasker før eller siden eksponeringen helt ud, så vi ender med et hvidt billede. Der findes en skyglow grænse for en given nat, på en given lokation, for hvor lang en eksponering der kan bruges. Der har fra forskellig side været opstillet tommelfingerregler for eksponeringstid, ISO indstilling osv. ud fra blandt andet størrelsesklassen af de svageste stjerner der kan ses med det blotte øje. Min fornemmelse er at det bedste er at få noget erfaring med de lokale forhold, og blive i stand til selv at bedømme eksponeringstiden. Se i øvrigt afsnittet om filtre til bekæmpelse af lysforurening og smalbandsfiltre. Brug histogramvinduet i optagelsessoftwaren til at se hvor puklen for himmelbaggrunden ligger. Puklen skal helst ligge i venstre side, før midten. Ikke i højre side.
- Satellitter der krydser billedfeltet er noget der sker ret ofte, og sandsynligheden er større, jo længere eksponeringstid. Er satellit sporet ikke for slemt kan man muligvis godt bruge eksponeringen alligevel, hvis der stables mange eksponeringer til det færdige billede. Ved lange eksponeringstider er der måske ikke så mange billeder i stakken, og det kan være svært at få satellitspor til at forsvinde. Det er ærgerligt at måtte kassere en 30 minutters eksponering pga. sådan et spor.
- Monteringens polindstilling skal være god ved lange eksponeringer. Ellers kommer der feltrotation i billederne. En fast montering kan driftalignes en gang for alle, men hvis man kører ud til et mørkt sted, er tiden måske ikke til det.
- Monteringens gear skal være gode, og guidingen fungere godt, for at kunne tage lange eksponeringer.
- Lysstærke objekter som Trapezium regionen i M42 og kernen af M31, vil relativt hurtigt mætte billedsensoren, så området bliver helt hvidt og uden detaljer. De nævnte objekter har også svage yderområder som ikke vil ses på korte eksponeringer, så her er løsningen et kompositbillede, med både korte og lange eksponeringer.

Under en mørk himmel, med en god pol indstilling og et velfungerende autoguide setup, bør 5-15 minutter lange eksponeringer være mulige, ved moderate brændvidder. Det samme gælder under en lysforurennet himmel, men her nok kun ved brug af filtre.

Når lysforurening er en faktor er histogrammet et godt redskab til at bestemme hvor lang eksponeringstiden skal være. Knolden i venstre side af histogrammet, som repræsenterer himmelbaggrunden, skal være længere til venstre end midten, men ikke nødvendigvis helt til venstre.

Komposition

Ofte vil vi bare centrere et objekt i kameraets billedfelt når vi tager deepsky fotos. Men smukke deepsky fotos er lige så meget kunst, eller i hvert fald æstetik, som det er teknik. Derfor kan det godt betale sig at tænke over billedets komposition allerede i optagefasen. Især hvis der er tale om widefield billeder med udstrakte, komplekse objekter, eller måske med flere objekter i samme billede. En del af kompositionen kan selvfølgelig laves i efterbehandlings fasen, men det betaler sig at tænke over fotografiske og billedkunstneriske *regler*, som det gyldne snit, diagonaler og så videre, når objekterne skal placeres i kameraets billedfelt.

Billedbehandling

Billedbehandling af deepsky astrofotos sker normalt i nogle tempi. De første trin foretages i dedikeret astro software, den sidste og mest omfattende billedbehandling sker i en almindelig billedbehandler.

Rækkefølgen ser så sådan her ud:

- Kalibrering af de rå billeder i dedikeret astro software, ofte det samme program som billederne er optaget med.
- Debayering af oneshot-color billeder
- Stacking af billederne i astro software, samt billedbehandlingsrutiner som DDP og Deconvolve, der ikke findes i almindelig billedbehandling software.
- RGB kombination af billeder taget med monokromt kamera.
- Efterbehandling af billederne i Photoshop, Paintshop Pro eller lignende software: Curves, Levels, Sharpening, støjreduktion, Gradient Xterminator, farvebalance...

Der kan være varianter af arbejdsgangen. Nogle programmer, som Deepsky Stacker, kan klare kalibrering og stacking i en rutine, men kan ikke optage billeder og efterbehandle. Vi kan også nøjes med at bruge et af de komplette programmer; Maxim, Astroart, ImagesPlus til det hele, fra optagelse til det færdige billede, men de fleste synes den sidste efterbehandling foretages bedst i Photoshop eller lignende.

Jeg har valgt at tage udgangspunkt i Maxim DL og Adobe Photoshop i denne del af bogen. Der findes masser af astro og billedbehandlingssoftware, også gratis programmer, der har de samme funktioner som omtales her, blot måske implementeret lidt anderledes. Hvis man f.eks. bruger et andet program end Photoshop, burde det være således muligt at genfinde de fleste af tingene, eller noget der ligner.

Billedbehandling af deepsky fotos er et enormt område, og der er her kun plads til at skrabe lidt i overfladen. Det er også et felt hvor der er utallige forskellige måder at gøre tingene på, i hvert fald når det kommer til efterbehandling af de stackede billeder. Hver astrofotograf udvikler sine egne foretrukne metoder, og der synes at være lige så mange forskellige måder at gøre det på, som der er astrofotografer.

Kalibrering

Lange eksponeringer med DSLR og CCD kameraer, indeholder elektronisk støj og anden degradering af signalet. De rå billeder er sjældent særlig kønne at se på og det første vi skal gøre er at kalibrere dem, således at mest muligt af signalet bevares, og mest muligt af støjen fjernes. Kalibrering er den første billedbehandling der skal ske med de rå billeder. DSLR billeder skal f.eks. kalibreres inden konverteringen fra raw til farvebillede. For at kunne kalibrere et vores billeder er nødvendigt at optage en, eller flere slags kalibrerings frames. For bedste resultat optages disse samme nat som selve billederne. Software som Maxim, Nebulosity og Deepsky Stacker skal blot have at vide hvor diverse kalibrerings frames befinder sig, så klarer de resten. Her kommer en gennemgang af de typer kalibrerings frames der kan komme på tale:

Dark frames. Under en eksponering opbygges der et signal i kameraets pixels, et signal som ikke stammer fra det lys der falder på dem, men fra varme. Dette signal kaldes dark current, og det opbygges over tid, sådan at en lang eksponering indeholder mere af denne type støj end en kort. Da der er tale om varmestøj kan den reduceres kraftigt ved at køle chippen ned, hvilket er årsagen til at de fleste CCD kameraer bruger Peltier køling af chippen. Fænomenet er umiddelbart mest synligt som hotpixels: Som om der er strøet fint salt ud over billedet, men der tilføjes også en mere subtil form for støj til billedet. Støjen er ens fra billede til billede i en serie, forudsat at eksponeringstid og chiptemperatur er den samme. Næsten da - der er en vis tilfældig variation med i spillet.

Hvis vi nu optager en eksponering, af samme længde og med samme chiptemperatur, men med kameraet dækket til sådan at der ikke slipper lys ind på chippen, så har vi optaget et billede af støjen alene. Denne *darkframe* kan trækkes fra den rigtige eksponering – som vi kalder vores *lightframe*, sådan at vi står tilbage med et renere billede. Et billede hvor dark current støjen er fjernet. Som nævnt er der en vis tilfældighed i støjen, og det man som regel gør, er at optage en serie af darkframes, tre eller helst flere, som astro softwaren så automatisk gennemsnits kombinerer til en ”masterdark” der kan bruges til kalibreringen af vores light frames. En masterdark, lavet af mange darkframes, vil give den bedste estimering af kameraets dark current på dagen. Men det er umuligt at lave en perfekt dark kalibrering, idet vores light frames vil have den samme varians i dark current som er årsagen til at vi stacker dark frames. Forskellen i dark current i en af vores light frames og i vores master dark, kaldes dark noise. Dark noise kan ikke fjernes fra en enkelt light frame, men den kan reduceres ved at stacke mange kalibredere lights.

Som nævnt er det bedst hvis vi kan optage darks, og også andre kalibrerings frames, samme nat som vi optager vores light frames. Det er fordi chippen ændrer sin karakteristik lidt efter lidt som tiden går. Hvis vi bruger en tre måneder gammel darkframe til et nyt billede, vil den ikke virke lige så godt som en ny darkframe. Hvor længe man kan gemme sine darkframes er forskelligt fra kamera til kamera, men det optimale er at optage nye hver gang. Det må også anbefales altid at tage darkframes med samme eksponeringstid som vores light frames, selvom softwaren godt kan skalere darkframes: Hvis vi f.eks. bruger 10 minutters light frames, kan vi godt optage 5 minutters darkframes, som softwaren så skalerer op så de passer. Hvis vi gør det, skal der også optages bias frames - som er den næste type kalibrerings frames vi kommer ind på om lidt. Men nummer et er at bruge darks af samme tid og temperatur som vores lights.

Der findes CCD kameraer der bruger visse Sony chips, som har en så lav dark current, at dark frames helt kan undværes. I hvert fald når eksponeringstiderne ikke er alt for lange. Er man den lykkelige ejer af sådan et kamera, f.eks. Starlight Xpress SXV-H9, kan man nøjes med at bruge bias frames til kalibrering.

Det kan være noget besværligt at skulle til at bruge en halv, eller en hel time på at optage darkframes efter en lang fotosession, men det bedste resultat opnås ved ikke at springe over hvor gærdet er lavest. De fleste af os som ikke har et observatorium stående klar til brug, er noget tid om at rigge udstyret til før en fotosession, og noget tid om at pille det hele ned bagefter. Disse perioder kan bruges til at lade kameraet ligge og optage darks. Denne fremgangsmåde er også ideel hvis kameraet ikke er temperatur reguleret.

Bias frames. Som nævnt er det nødvendigt at bruge endnu en type kalibrerings frames hvis vi skalerer vores darkframes. Bias støj består af udlæsnings støj og ”fixed pattern” støj. Bias støj er i modsætning til dark current uafhængig af eksponeringstiden, og bias støjen er altså ens om eksponeringen er på et sekund eller 15 minutter. Det er slet ikke muligt at tage en eksponering uden bias støj. En darkframe vil derfor også altid indeholde bias støjen, og vi skal af den grund ikke bruge bias frames hvis vi tager darks der matcher vores lights. Men hvis vi begynder at skalere på en dark, skalerer vi bias delen med, og det er jo galt, da den altid skal være ens. Det vi så må gøre er at optage en eksponering som kun indeholder bias støj, en eksponering som softwaren bruger til at skalere vores darkframes korrekt. En bias frame skal i princippet have eksponeringstiden nul, men optages i praksis ved at lave den kortest mulige eksponering kameraet kan klare. Den skal være så kort som muligt for kun at optage bias signalet, og ikke dark current signalet. Bias frames optages også med kameraet dækket lystæt. Bias støj er lige som dark current præget af nogen tilfældighed, så også her er det bedst at optage en serie, men bias frames er jo superkorte, så det er ikke noget problem at få optaget en længere serie. Softwaren finder ud af at kombinere serien til en master bias, og bruge den på den rigtige måde.

Flatfield frames. Den sidste type kalibrerings frames der kan komme på tale har til formål at genskabe et jævnt belyst billedfelt. Der er to forskellige kilder til ujævn registrering af lys: Kameraets pixels har ikke alle præcis samme kvanteeffektivitet, altså lysfølsomhed. Det vil sige, de er ikke at de ikke er nøjagtig lige gode til at gemme lys (fotoner) som elektroner. Dette fænomen er vigtigt hvis billederne skal bruges videnskabeligt, for eksempel til fotometri, men ellers betyder det ikke så meget. Det andet formål har ikke

med selve kameraet at gøre, men med fejl der stammer fra resten af systemet; fra teleskop, filtre og så videre. Vi ser tit at rå astrofotos er mørkere i hjørnerne, end de er midtpå. Det kan der være flere årsager til: Dels har ethvert optisk system et større eller mindre fuldt belyst billedfelt. Dels skabes der tit vignettering forskellige steder i lysgangen. Vignettering vil sige at noget spærrer for randen af lyskeglen, sådan at vi får mere lysfald mod billedfeltets hjørner end nødvendigt. Vignettering kan have mange årsager: For restriktive baffler i tubusen, et for snævert og for langt okularudtræk til at lyskeglen kan få plads, filtre der for små, og så videre. Vignettering er selvfølgelig mest et problem for kameraer med store billedsensorer, i og med at de når længere væk fra den optiske akse end små chips.

Den anden type ujævn belysning som flats kan rette op på, er støv på filtre og andre optiske elementer tæt på kameraets chip, eller på selve CCD'en eller dens frontglas. Støv og skidt der befinder sig tæt på chippen ses som mørke doughnuts, eller vaniljekranse, på billedet. Støv på selve chippen ses fokuseret, og støv på frontlinsen ses slet ikke, da det er helt ufokuseret. Disse støvdoughnuts ses fordi deepsky astrofotos er meget svage, faktisk underbelyste billeder, der skal trækkes frem ved billedbehandling.

Jeg synes det er vigtigt at gøre sig klart at selvom flats kan rette op på vignettering og støvdoughnuts, så er disse områder i billedet jo rent faktisk underbelyste, med tab af information til følge. Flats er *damage control*. En bedre strategi er derfor at prøve at finde årsagerne til vignetteringen, og om muligt gøre noget ved det, og at holde optikken tæt på kameraet støvfri. Det sidste kan gøres ved at blæse filtre og andet glas rene, med en ørerense-gummibold som fås på apoteket. Genstridigt fedt øg snavs kan forsigtigt fjernes med en linsepen. Det er en god ide at gøre det før hver fotosession. Mild vignettering og en enkelt doughnut eller to kan også fjernes i software – noget vi vender tilbage til – så i mange tilfælde kan flats helt undværes. En god ting, i betragtning af at det ikke er så let at optage gode flatfield frames. Som det måske fremgår, er jeg ikke den store tilhænger af at bruge flats overhovedet, men jeg må dog indrømme at jeg tilsyneladende står ret alene med den opfattelse.

En flatfield frame er en eksponering som belyses fuldstændig jævnt over hele billedfeltet. Den skal tages med det optiske system i præcis samme tilstand som da vores light frames blev optaget i. Der må ikke drejes på kameraet, der må ikke ændres på fokus og der må ikke skiftes filter. Sådan en eksponering optager et billede af de variationer i belysning der er over billedfeltet, på grund af vignettering, støv og forskellig pixel følsomhed. Her er et par metoder til at optage flatfield frames.

- T-shirt flats. Spænd en hvid T-shirt over teleskopets, eller linsens åbning, sådan at stoffet ligger dobbelt, og uden folder. Ret teleskopet mod himlen i tusmørke eller dagslys, langt væk fra Solopgangen/nedgangen. Andre jævnt belyste flader kan også bruges, f.eks. en hvid væg som Solen skinner på.
- Køb, eller byg en lyskasse til at sætte over teleskopets front. Lyskassen skal være lavet sådan at den afgiver helt jævnt lys.
- Om natten kan man skyde en blitz af med en hvid væg eller et hvidt klæde, mens teleskopet eksponerer væggen. Klædet bør være 2-10 meter væk og have en diameter på et par gange teleskopets apertur. Eksponer i nogle sekunder, så der er tid til at skyde blitz af.
- LCD flats. En LCD skærm der sættes til at vise en hvid baggrund er en udmærket lyskilde til mindre teleskoper. Brug en T-shirt difuser, eller et stykke hvid halvgennemskinneligt plastik, og sørg for at teleskopets front slutter lystæt op mod skærmen.

Eksponeringstiden for vores flatfield frames skal ikke være den samme som vores light frames. Den skal justeres så billedet bliver 30-50 % mættet. DSLR kameraer kan bare sættes på auto eksponering. Også flats skal der tages en serie af, som softwaren kombinerer til en master flat. Flats skal helst bias eller dark korrigeres med deres egne kalibrerings frames.

Kalibrer billedet. Selve kalibreringen af billederne går let. Maxim, Deepsky Stacker eller hvad vi nu bruger, skal bare have at vide hvor de forskellige serier af kalibrerings frames befinder sig, så finder programmet selv ud af at bruge dem på den rigtige måde. Som sagt er kalibrering det første der skal gøres, for farvebilleder *inden* konvertering fra raw til farve.

Filformater og bitdybde

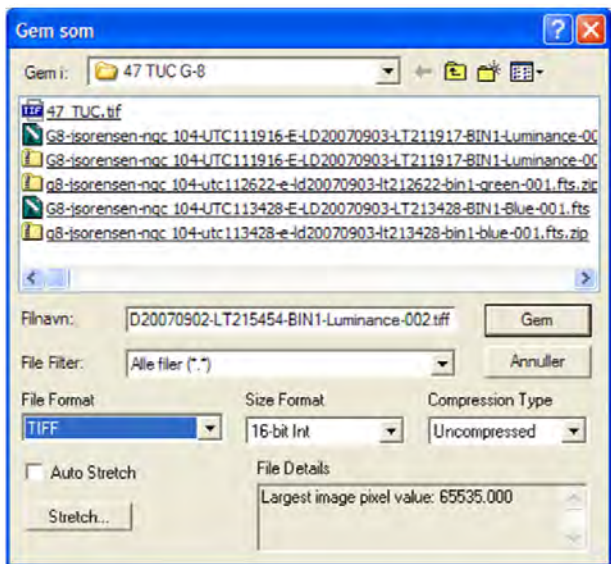
Der findes mange forskellige filformater til billeder. Når astrofotos er helt færdigbehandlede, og skal vises på nettet, er Jpeg formatet fint. Men igennem hele billedbehandlings forløbet bør vi holde billederne i et 16 bit (eller mere) ukomprimeret, (eller tabsløst komprimeret) format. Gemmer vi billederne i et 8 bit format, tidligt i forløbet, mister vi information og det færdige billede bliver potentielt ringere end det kunne have været, selv hvis billedet er ukomprimeret. 8 bit billeder har kun 256 mulige gråtoneværdier, 16 bit billeder har 65.535. De fleste CCD kameraer tager 16 bit billeder, DSLR kameraer tager 12 eller 14 bit billeder. Deepsky astrofotos bruger normalt kun en lille del af alle disse gråtoner, de er i virkeligheden meget undereksponerede. Men pointen er at der selv indenfor en ganske lille del af hele 16 bit området stadig er tilstrækkeligt med gråtoner til at vi ser jævne overgange i tone forløbet. Hvis vi udnytter en tilsvarende lille del af gråtoneområdet med et 8 bit kamera, bliver resultatet ubrugeligt.

Måske holder *signalen* i et 16 bit billede sig indenfor 256 gråtone værdier, men hvis der er flere degraderes kvaliteten ved at gemme billedet som en bitmap Også selvom der laves en stretch sådan at det kun er det aktuelle interval af gråtoner der indgår. Vi bør derfor bruge 16 bit formater indtil det færdige billede skal gemmes. Færdige billeder behøver ikke mere end 256 gråtoner, da øjet kun kan skelne færre end det.

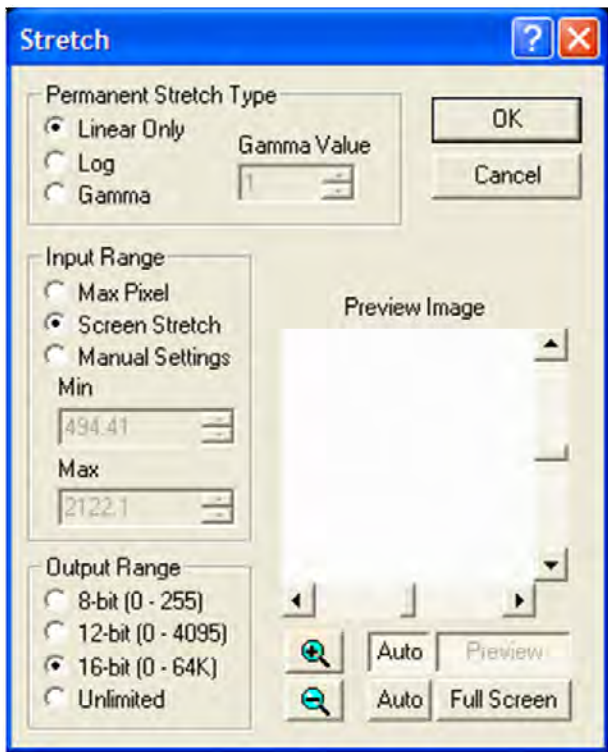
24 bit farvebilleder er RGB billeder med 8 bit i hver kanal.

Et billedformat som er specielt udviklet til astronomiske billeder er FITS formatet. FITS bruges i Astro software pakker som Maxim DL og Astroart. FITS formatet findes i flere varianter fra 8 – 64 bit, og et floating point format med fleksibel bitdybde og decimaltal. Billedbehandlings rutiner påvirker ikke

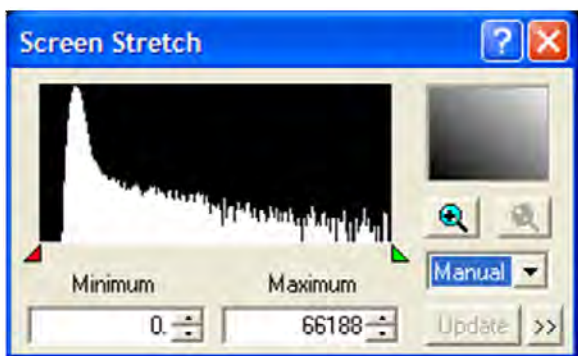
nødvendigvis dybden i billedet når der bruges floating point FITS. FITS formatet har også en header med plads til en masse astronomi relateret information om billedet. FITS billeder er beklageligvis svære at bruge i andre billedbehandlings programmer. Når vi arbejder i Photoshop, Paintshop Pro eller lignende kan det derfor være rart at bruge et mere "almindeligt" billedformat. Så er 16 bit TIFF et udmærket billedformat at bruge. Vi skal altså konvertere vores FITS billeder til TIFF formatet. Det kan være lidt tricky at gøre, i hvert fald i Maxim DL. Her er en metode til at gemme et åbent billede som TIFF, i Maxim DL. Metoden sikrer at billedet ser rigtigt ud når det åbnes i et andet program:



1. I save as dialogboksen vælges TIFF, 16 bit og uncompressed. Klik derefter på Stretch.



2. I Stretch dialog boksen vælges Linear Only, Screen Stretch og 16 bit. Tryk på OK.



3. Vi kommer nu tilbage til Gem som vinduet, hvor billedet gemmes. Vi kan se i det lille Screen Stretch histogramvindue, at billedet er strakt over hele 16 bit området. Det betyder at det vil se rigtigt ud når det åbnes i et andet program.
4. Denne procedure bør først foretages når vi er helt færdige med billedbehandlingen i Maxim. Det vil sige efter DDP og så videre, når vi er klar til at fortsætte i Photoshop, Paintshop Pro eller en anden billedbehandler. Læg mærke til at der er lidt plads i venstre side af histogrammet. Det er bedst ikke at trække sortpunktet i Screen stretch vinduet helt op til himmelbaggrundspuklen. I Photoshop kan vi fremhæve baggrundsgalakser og svage tåger, som risikerer at gå tabt hvis vi går for hårdt til værks her.

Stacking

Stacking betyder at lægge flere fotos af det samme motiv oveni hinanden, rettet ind så motivet passer præcist sammen. Vi stacker deepsky fotos for at forbedre signal/støjforholdet i det færdige billede. Egentlig

er den bedste måde at forbedre signal/støjforholdet at tage længere eksponeringer, idet lavlys områderne så vil blive renere. Men det er som regel upraktisk eller umuligt at bruge eksponeringer på mere end 5-20 minutter. De bedste deepsky fotos opnås med flere timers samlet eksponeringstid, og det kan kun gøres ved hjælp af stacking. Heldigvis er stacking næsten lige så godt, når bare de enkelte eksponeringer er så lange som motivet, forholdene og udstyret tillader. Med stacking er der ingen grænse for hvor lang den samlede eksponeringstid kan blive. Vi kan nå op på flere døgn, hvis vejret og tålmodigheden tillader det.

Stacking af deepsky fotos kræver et astro program som Maxim, Astroart eller det fine, gratis, Deepsky Stacker program. Det kan godt lade sig gøre at stække billeder manuelt i Photoshop, men det er besværligt, og de dedikerede programmer har nogle stacking algoritmer som er mere intelligente end den gennemsnits stacking, man kan lave i Photoshop.

Før billederne stables skal de være kalibrerede - og farvekonverterede hvis kameraet er et DSLR eller oneshot-color. RGB serier med monokromt kamera stables hver for sig, og RGB kombineres (se senere) først derefter.

Mange undrer sig over at et stacket billede ikke ser særlig meget bedre ud end et enkelt billede. Det er ikke desto mindre helt normalt. Stacking forbedrer kun signal/støjforholdet, og den store forskel på et enkelt og et stacket billede viser sig først i den efterfølgende billedbehandling.

Stacking består af to delprocesser. Det foregår normalt i en arbejdsgang, om end der også er mulighed for at gøre det separat. Først skal billederne der indgår i stakken, alignes. Det vil sige de skal justeres ind så de passer sammen. Selvom vi autoguider vil billederne som regel være en lille smule forrykket fra hinanden over tid, og de kan også være lidt roteret i forhold til hinanden. Begge dele vil selvfølgelig være mere udtalt hvis der bruges billeder fra flere sessions. Alignment sker som oftest automatisk uden de store problemer, ved at programmet sammenligner stjernepositioner i billederne. Går der kludder i automatikken kan en halv-manuel metode benyttes, hvor man peger på to adskilte stjerner i hvert billede.

Når billederne er alignet skal de kombineres til et samlet billede. Det kan gøres på flere måder.

- **Sum** lægger de sammenhørende pixelværdier fra alle billederne sammen, som hvis man stabler mønter ovenpå hinanden. Sum stacking kan resultere i at stjerner og højlys områder bliver udbrændte. Ved brug af floating point FITS brænder højlysområderne ikke ud.
- **Average** laver et gennemsnit af de sammenhørende pixelværdier fra alle billederne. Average er bedst til at reducere tilfældig støj. Den eneste forskel på sum og average er at average dividerer med antallet af eksponeringer. Bruger man floating point FITS er sum og average det samme.
- **Median** vælger den midterste værdi i rækken af sammenhørende pixelværdier fra alle billederne. Median er bedst til at fjerne hotpixels, satellitspor og lignende fra billederne. Den midterste værdi i rækken er jo stadig den midterste, selvom den højeste værdi i rækken afviger nok så meget. Hvis vi average stækker eksempelvis 3-4 billeder, med et satellitspor i det ene af dem, vil sporet stadig kunne ses i det stackede billede. Hvis vi median stækker de samme billeder forsvinder satellitsporet. Men median stacking er ikke lige så godt som average til at reducere tilfældig støj.
- Den sidste type stacking findes i forskellige varianter, med navne som **Sigma Clip**, **SD Mask** med mere. Fælles for dem er at de kombinerer de gode egenskaber fra average og median algoritmerne. Det er normalt bedst at vælge en af disse typer stacking.

Michael Stauning har en grundig gennemgang af stække rutinerne i Maxim DL her:

<http://messier.flight.dk/Vejled/Stakke.htm>

Manuel stacking i Photoshop, eller i et lignende program, kan gøres efter følgende recept. Metoden forudsætter at billederne ikke er roteret i forhold til hinanden, men de må gerne være forskudt fra hinanden:

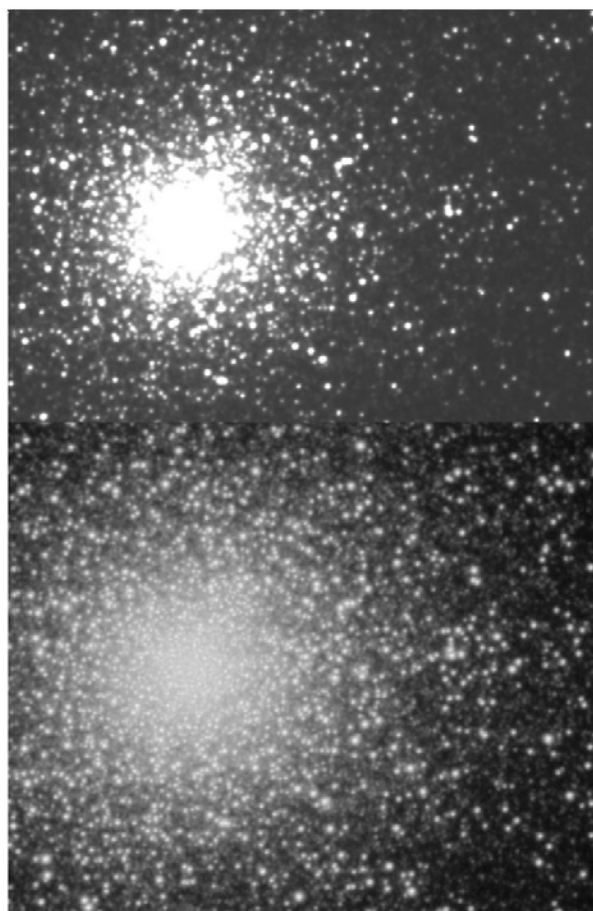
1. Åbn billede 1 og billede 2 fra serien. Billede 1 kommer til at være baggrundsbillede for hele stakken, og det skal være åbent indtil alle billederne er stacket.
2. Aktiver billede 2 ved at klike på dets titelbjælke.
3. I menuen Select vælges All.
4. I menuen Edit vælges Copy.
5. Billede 2 lukkes, og billede 1 bliver det aktive billede.
6. I menuen Edit vælges Paste.
7. Vi har nu et billede med to lag. baggrunds laget er billede 1, og layer 1 er billede 2.
8. Åbn Layer paletten og sørg for at layer 1 er aktiveret.
9. Sæt Opacity slideren øverst i Layer paletten ned på 50 %.
10. Vælg Move værktøjet fra Tools paletten.
11. Flyt Layer 1 med musen eller piletasterne indtil de to lag er alignet præcist i forhold til hinanden. Det er lettest hvis billedet vises i 200 % størrelse. Check alignmenten ved at klikke flere gange på synlighedsøjet for Layer 1.
12. Check at begge lag er synlige (øjet). Højreklik på Layer 1 i Layer paletten og vælg Flatten Image.
13. Vi har nu stacket de to første billeder.
14. Åbn billede 3, gå tilbage til punkt 2 i denne vejledning og gentag proceduren derfra, nu med billede 3 som det nye lag. I punkt 9 skal Opacity sættes til 33 %, da der nu er tre billeder i stakken. De efterfølgende billeder skal – inden Flatten Image kommandoen – ned på 25 %, 20 % og så videre.

Vi kan som nævnt også nøjes med at aligne billeder, uden at stacke dem. Det kan bruges f.eks. når billeder taget gennem rødt, grønt og blå filter skal forberedes til RGB kombineret.

DDP

DDP står for Digital Development Processing. DDP er en af de mest nyttige algoritmer til deepsky fotos. Særligt galakser og andre objekter med et stort dynamikområde har gavn af DDP. Billeder fra 12-16 bit kameraer har et større dynamikområde end hvad der kan vises på skærmen, eller på print og når vi laver en lineær stretch af histogrammet (f.eks. i Maxims Screen Stretch vindue) for at få de svage dele af billedet med, brænder højlys delene af motivet ud. Nogle gange kan det være nødvendigt at kombinere forskellige eksponeringstider for at få hele dynamikområdet med i sådan et billede, men mange gange er der meget mere information i billedet end vi umiddelbart tror. Her kommer DDP til hjælp.

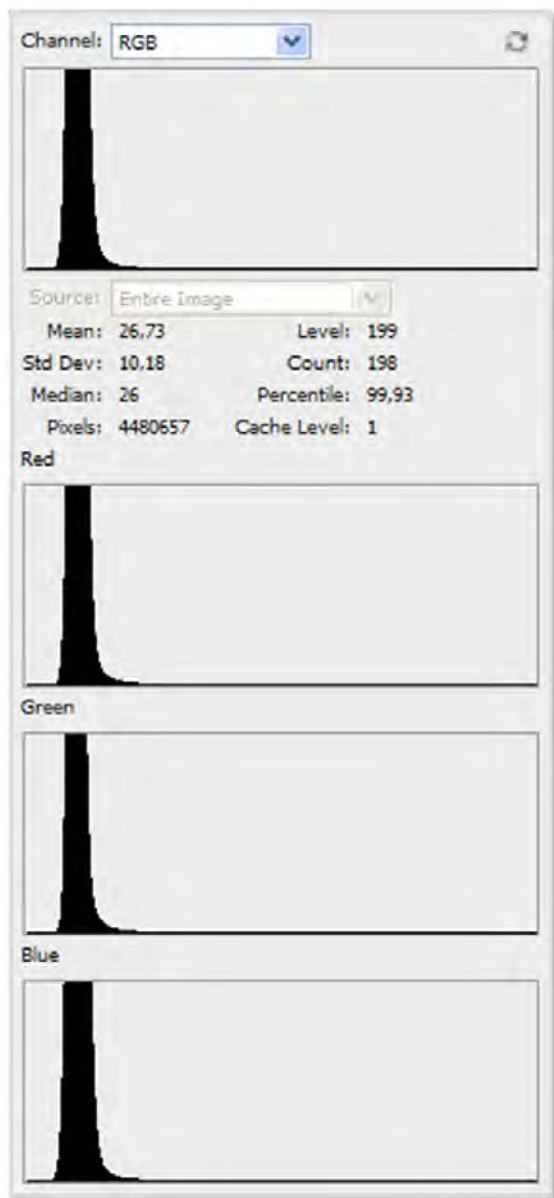
Digital Development Processing er en kombination af gamma stretching og unsharp masking, opfundet af Dr. Kunihiko Okano. Effekten af DDP er at de svage dele af motivet bliver fremhævet, og højlys delene justeret ned så de ikke længere er udbrændte. Hele billedet bliver også skarpere og stjernerne bliver væsentligt mindre.



Der er forskellige udgaver af DDP og forskellige parametre der kan justeres, så det kan betale sig at bruge tid på at eksperimentere for bedste resultat.

Histogram

Alle billedbehandlings programmer med respekt for sig selv kan vise et histogram for et billede. Screen Stretch vinduet som er vist lidt tidligere i afsnittet om filformater og bitdybde, er et histogram,



og andre histogrammer ligner det mere eller mindre. Histogrammet viser hvor mange pixels billedet relativt indeholder i de forskellige gråtoner. Fra sort i venstre side til hvid i højre side, langs den vandrette akse. Det relative antal af pixels kan ses af højden af kurven på den lodrette akse. I astrofotos ses himmelbaggrunden som en pukkell til venstre i histogrammet. Har vi en mørk himmel uden lysforurening og Månelys, ligger himmelbaggrunden helt til venstre i histogrammet. Har vi lysforurening ligger himmelbaggrunden længere til højre.

Histogrammet er et vigtigt værktøj, såvel i billedbehandling som når vi optager billederne. Histogram vinduet, i det program vi bruger til at optage fotos, giver således også en mulighed for at se hvor lange eksponeringer vi kan tillade os at bruge under lysforurenede forhold. Himmelbaggrunden skal helst være et sted mellem venstre side og midten af histogrammet. Ikke så gerne i højre side.

Photoshops histogram pallet viser altid 255 gråtoner, også hvis der er tale om et 16 bit billede. Vi kan få vist RGB histogrammet og farvekanalerne adskilt.

Selections

Næsten alt hvad vi foretager af billedbehandling – når vi taler om billedets luminance – har at gøre med at fremhæve detaljer, og reducere støj. Når vi billedbehandler på den ene eller den anden måde, er det langt fra altid hensigtsmæssigt at gøre det globalt, på

hele billedet samtidig. Forskellige områder i billedet kræver forskellig behandling hvis resultatet skal være optimalt.

Deepsky fotos har som regel både højlys områder, mellemtoner og lavlys områder. Disse skal ikke behandles ens, hvis vi vil have det færdige billede til at fremstå både skarpt, detaljeret og frit for generende støj. Højlys områderne er de områder i billedet der har den bedste signalstyrke, og en god signalstyrke giver mulighed for at forbedre kontrast og skarphed, uden at området bliver kornet og støjfyldt. Lavlys områderne derimod, har en lav signalstyrke og tåler ikke nær den samme sharpening etc. som højlys områderne. Tværtimod



skal de muligvis behandles med støjreducerende filtre, for at få et glat og pænt udseende.

Der er forskellige metoder til at arbejde selektivt med billederne. Jeg har valgt næsten udelukkende at bruge selections. Det er ikke den eneste metode, men det er den der vil blive beskrevet her i bogen. Photoshop har et imponerende udvalg af selection værktøjer, som kan bruges på et utal af måder. Photoshop Pro ligeså.

Selection værktøjerne bruges ved at tegne områder i billedet ind med musen. Hvis vi tegner en selection, og derefter en ny ved siden af, slettes den første. Men ved at holde Shift tasten nede og tegne, kan vi tilføje til en eksisterende selection. Ved at holde Alt tasten nede kan vi klippe dele væk fra en eksisterende selection.

Marquee værktøjerne findes øverst til venstre i værktøjspaletten. Højreklik på ikonen for at vælge mellem rektangulær eller elliptisk marquee. Der er også to Marquee værktøjer som vælger en lodret eller vandret række af pixels. Marquee værktøjerne er måske mindre nyttige til astrofotos, da der sjældent er rette linjer eller rene kurver tilstede.

Lasso værktøjet er derimod meget nyttigt. Man tegner simpelthen med fri hånd en linje rundt om det man vil udvælge i billedet. Ved at højreklikke på lasso ikonen kommer to varianter af standard lassoen frem: **Polygon lasso**, som bruges ved at følge konturen på det man vil udvælge, mens man klikker undervejs. De punkter man afsætter med klik bliver automatisk forbundet. **Magnetisk lasso** bruges på samme måde, men uden at klikke. Den forsøger selv at finde en "kant". Det almindelige lassoværktøj er nok det bedste til astrofotos.

Magic Wand og **Quick Selection** værktøjerne deler ikon. Især Quick Selection værktøjet er ret genialt. Det virker som en slags malekost. Man maler hen over det område der skal udvælges.

Selection værktøjerne har hver deres **Tool Options**, som svises øverst i Photoshop, under menuerne. Hver gang der skiftes til et nyt værktøj, tilpasses disse options til det aktuelle værktøj. For Marquee og frihånds værktøjerne kan vi indstille en **feather**. Feather gør kanten på vores selection blød, sådan at vi får en glidende overgang mellem hvad der er valgt ud, og hvad der ikke er det. Kantens blødhed vælges ved at sætte et antal pixels. I astrofotos er det som regel bedst med en ret bred feather: 10-100 pixels, eller mere. Feather er den vigtigste egenskab ved selections, i astrofoto sammenhæng. Den rigtige størrelse feather er det der kan afgøre om billedet får et naturligt udseende. Eksperimenter derfor med størrelsen af feather når der skal foretages selektiv sharpening eller støjreduktion.

En anden nyttig feature, der er tilgængelig i Tool Options for alle selection værktøjerne, er knappen Refine Edge. Den åbner et vindue, hvori kan kanten på en selection kan forfines efter alle kunstens regler. Vi kan også formindske og forstørre vores selection, samt få et Preview af resultatet – vist på forskellige måder med de fem nederste knapper. Når vores selection er som vi vil have den trykker vi OK, eller Cancel hvis vi hellere vil begynde forfra.

Selections i et billede, altså selve de stiplede linjer, kan nogle gange virke forstyrrende for øjet når vi prøver at se resultatet af en ændring. Især hvis der er flere, eller små selections. Billedets selections kan skjules, sådan at det er nemmere at se hvad der foregår. I menuen View vælges Show > Selection Edges. Når fluebenet fjernes er billedets selections skjulte, men stadig aktive.

Layers

Layer funktionen i Photoshop er vældig brugbar i astrofoto sammenhæng. At et billede kan have flere lag betyder at vi kan lægge flere billeder ovenpå hinanden, og redigere lagene og deres egenskaber separat. Når et billede indeholder flere lag bruges Layer paletten til at styre dem med. Lagene kan være forskellige billeder, versioner af det samme billede, justerings lag, luminance lag og meget andet. Vi har allerede brugt layer funktionen i eksemplet med manuel stacking lidt tidligere. Senere vender vi tilbage til luminance layers, men her kommer først et eksempel på hvad almindelige layers kan bruges til:

Lad os antage at vi har lavet en DDP behandling af et billede i Maxim DL. Vi kan godt lide resultatet i dele af billedet, men i andre dele ville vi hellere beholde originalen. Hvordan gør man det?

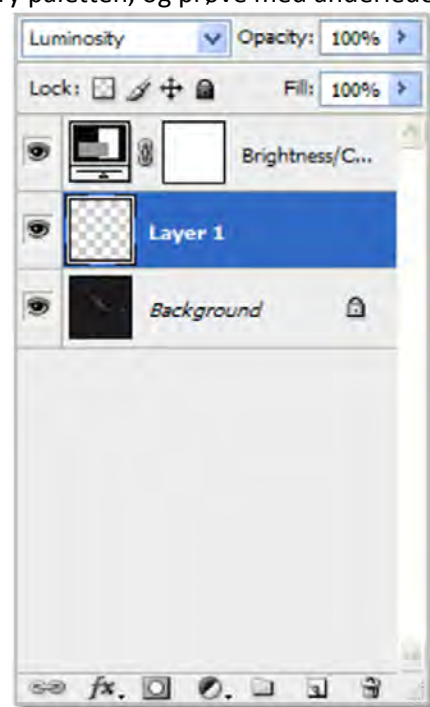
1. Gem TIFF udgaver af det DDP behandlede og det ubehandlede billede (se afsnittet om filformater og bitdybde).
2. Åbn begge billeder i Photoshop.
3. Fremhæv det DDP behandlede billede, gå til menuen Select og vælg All.
4. I menuen Edit vælges Copy. Luk DDP billedet
5. I menuen Edit vælges Paste.
6. Vi har nu et billede med to lag, det DDP behandlede billede hedder Layer 1 i layer paletten. Sørg for at Layer 1 er aktivt og fremhævet i layer paletten
7. Vælg Lasso værktøjet og tegn omkring de områder der skal bevares i det færdige billede. Hold Shift tasten nede og tegn for at tilføje selections. Hold Alt tasten nede og tegn for at skære væk fra selections. Vælg en passende feather i Tool Options linjen, under menu linjen.
8. Brug eventuelt Refine Feather i Tool Options linjen.
9. I menuen Select vælges Invert.
10. Tryk på Delete tasten på tastaturet.
11. Vi har nu et billede hvor alt det der blev udvalgt i DDP laget er bevaret, og resten stammer fra det originale billede.
12. Lys/Kontrast, Hue/Saturation og så videre kan redigeres separat for de to lag, ved at fremhæve dem i layer paletten. DDP lagets Opacity kan skrues ned for at blande det med originalen.
13. Hvis resultatet ikke er tilfredsstillende kan vi gå tilbage i History paletten, og prøve med anderledes selections, feathers og så videre.

Layer paletten viser billedets lag på listeform. Det fremhævede lag er det der arbejdes med. Klik på lagets navn for at fremhæve det. Shift klik og Ctrl klik fremhæver flere lag.

Til venstre for hvert lag er øjet der slår lagets synlighed til og fra.

Ovenover lagene findes en liste hvor lagets funktion kan vælges. Det fremhævede lag er her et luminosity (luminance) lag. Der findes også en slider til Opacity – lagets gennemsigtighed. Fill er det samme som Opacity, bortset fra at effekter der er tilføjet laget ikke påvirkes af fill.

Laget kan tilføjes effekter som Drop Shadow og lignende med den første lille ikon nederst i Layer paletten. Nyttigt hvis laget for eksempel består af tekst. Hernede kan vi blandt andet også oprette et nyt Adjustment layer. Et justerings lag kan for eksempel bruges til at justere lys og kontrast højt op, så himmelbaggrunden bliver

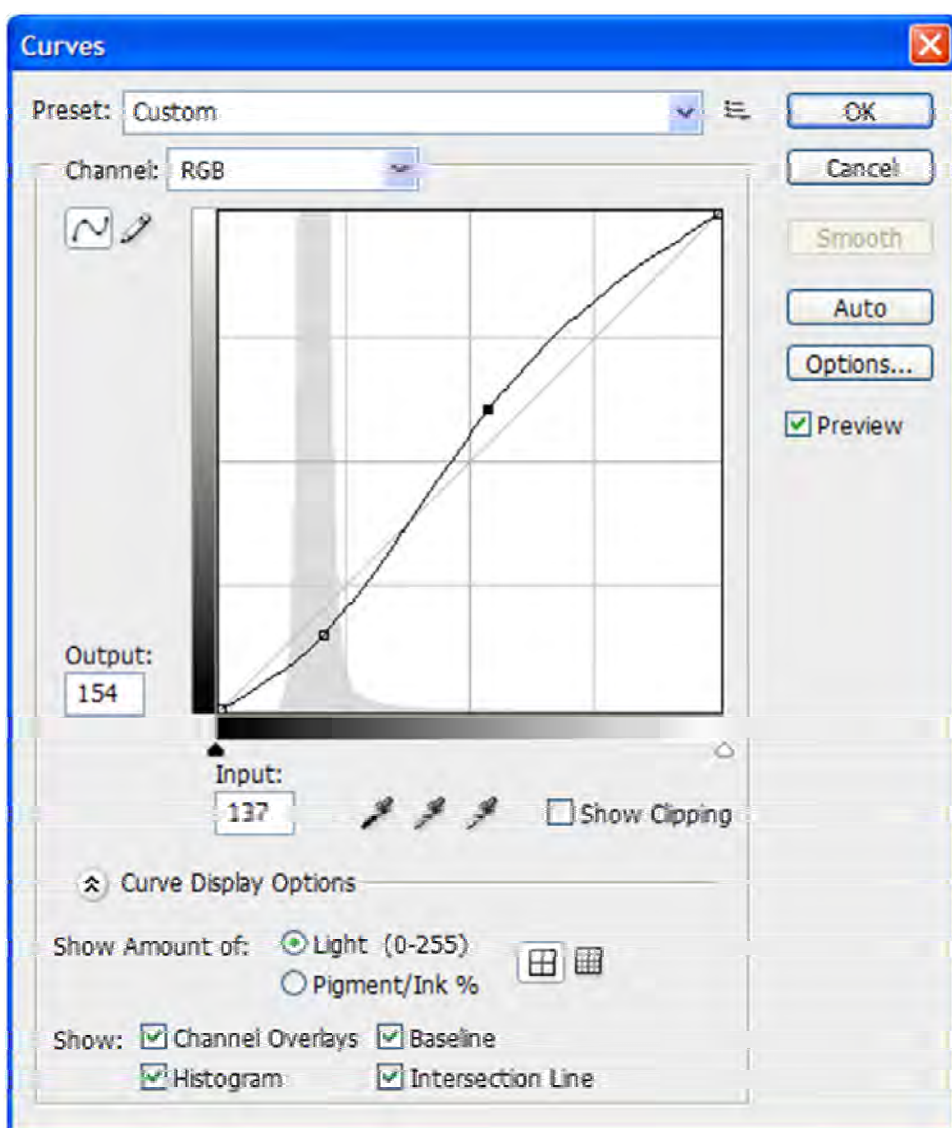


lys. Det gør det lettere at se hvad der foregår i baggrunden, hvis vi skal fjerne støv doughnuts og lignende. Redigeringen skal i det tilfælde ikke foretages i justeringslaget, men i det originale lag. Justerings lagets funktion er bare at tydeliggøre fejlene. Justerings laget kan senere slettes, uden at det har påvirket selve billedet. Adjustment layers kan også bruges til at afprøve en række andre justeringer, uden egentlig at redigere i baggrundsbilledet.

Når billedet til sidst er som vi vil have det, kan vi højreklikke på et af lagene og vælge Flatten Image.

Curves

Curves er måske det allermest nyttige værktøj overhovedet, til deepsky fotos. Curves tager lidt tid at beherske, men det betaler sig. Curves kan bruges på hele billedet, eller selektivt via layers eller selections. Curves vinduet kaldes op ved at åbne Image menuen og vælge Adjustments og Curves.



Med Curves kan vi fremhæve eller dæmpe tone områder i billedet, fuldstændig kontrolleret henover gråtonerne, og/eller separat i rød, grøn, blå. Det sker ved at afsætte ankerpunkter på den skrå linje i curves vinduet, og trække dem væk fra den diagonale linje. Det bevirker at responskurven ændres for input tonerne (originalbilledet). Input tonerne repræsenteres af den vandrette linje i bunden, med sort helt til venstre og hvid helt til højre, som i et histogram (og histogrammet kan vises som baggrund under Display Options). Output tonerne repræsenteres af den lodrette linje. Et uredigeret billede repræsenteres således af en diagonal fra nederste venstre

hjørne, til øverste højre hjørne (hvis det vises omvendt er det fordi der er valgt Pigment frem for Light, under Display Options). Trækker vi et ankerpunkt opad og mod venstre laver vi en stretch med højere kontrast til følge. Trækker vi det nedad mod højre får vi lavere kontrast. Vi kan også sige at området under

den diagonale linje står for et mørkere billede, og området ovenfor den diagonale linje står for et lysere billede.

Den mest almindelige curve er en S curve i stil med den der er vist i Curves vinduet ovenfor. En sådan curve dæmper himmelbaggrunden og fremhæver mellemtonerne. Her er det faktisk en fordel at få vist histogrammet som baggrund i Curves vinduet, da vi så kan se direkte hvor himmelbaggrundspuklen befinder sig. Alle billeder er dog forskellige, og det betaler sig at bruge tid og eksperimenter på at finde den rigtige curve. Afsæt gerne flere ankerpunkter for finere kontrol, og vær ikke bange for at bruge tid på at finde den helt rigtige curve. Eksperimenter også med at køre Curves værktøjet to eller flere gange efter hinanden, gerne skiftevis med Levels. Det kan nogle gange være nødvendigt at køre Curves flere gange for at opnå finere kontrol (Photoshop viser kun 255 gråtoner, også for 16 bit billeder).

Som det kan ses på billedet er det ene af de to ankerpunkter sort. Det betyder bare at det er det aktive punkt. Det aktive punkt på curven har som det kan ses en Input værdi på 137. Det er værdien for det uredigerede billede, men som vi kan se er punktet trukket væk fra den diagonale linje, og har fået en Output værdi på 154. Det vil sige at gråtone nr. 137 på histogrammet er blevet *stretched* til en ny værdi på 154. Resten af curven følger så blødt med, alt efter hvor mange andre ankerpunkter der er afsat.

Når Channel menuen i Curves vinduet står på RGB, er det hele billedet der påvirkes. Vælger vi Red, Green eller Blue kan vi ændre farvebalancen i billedet. Denne metode til at justere farvebalance giver større kontrol end det almindelige Color Balance værktøj.

Under Channel menuen findes to knapper. Den venstre vælger den normale metode, hvor der afsættes punkter på curven. Med den anden knap kan man tegne en curve ind med frihånd. Tegnes en frihånds curve, kan den jævnes med Smooth knappen, og ændres tilbage til en normal curve med punkter.

Knappen Cancel kan ændres til en Reset knap ved at holde Alt tasten på tastaturet nede.

Flyttes cursoren rundt på billedet, mens Curves dialog boksen er åben, bliver den til en pipette. Klik og træk pipetten rundt på billedet for at se hvor på curven den aktuelle del af billedet befinder sig. Ctrl klik for at afsætte et ankerpunkt på curven.

Ankerpunkter kan slettes ved at trække dem helt ud af curves dialog boksen.

Ankerpunkter kan også flyttes med piletasterne på tastaturet, for mere præcis kontrol.

Med de tre pipetter under curven kan et sortpunkt, mellempunkt og et hvidpunkt vælges ud fra områder i billedet.

Curves kan, ligesom stort set alle Photoshop justeringer og filtre, *fades*, det vil sige blandes med billedet som det var inden justeringen. Det er praktisk hvis resultatet af en justering virker lidt for voldsomt. Det gøres ved at vælge Fade i Edit menuen, umiddelbart efter justeringen.

Brugere af Photoshop Elements softwaren, eller andre programmer som ikke har curves funktionen, men som godt kan bruge Photoshop plugins, vil kunne bruge Smartcurves: <http://free.pages.at/easyfilter/curves.html> som er en freeware Curves plugin.

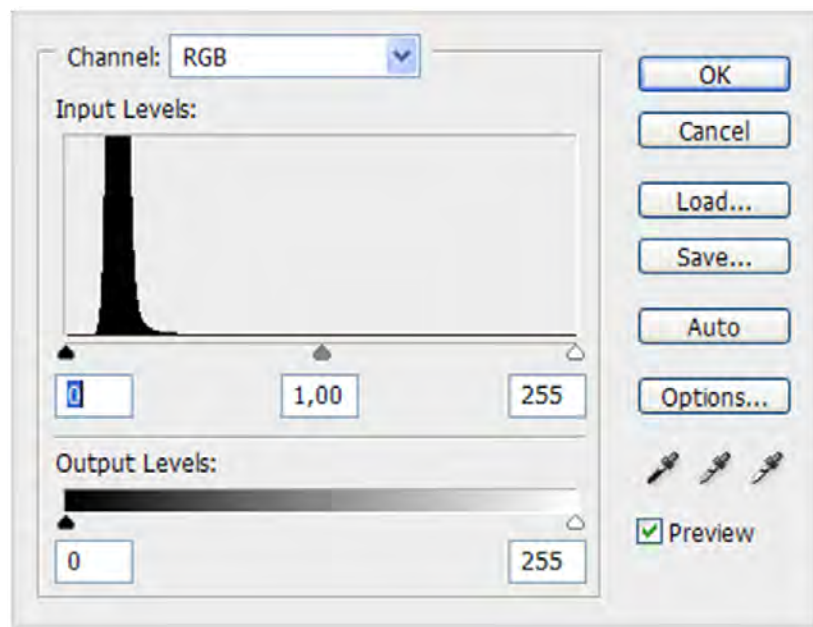
Levels

Levels værktøjet styrer tone omfanget i billedet. Levels er et histogram vindue der kan justeres lineært. Det virker lidt ligesom Curves, men lineært og kun med tre ankerpunkter: Shadows, midtones og highlights (lavlys, mellemtoner, højlys). Levels er tilgængelig i Image menuen, under Adjustments > Levels.

Den yderste pil på histogram linjen for Input Levels, er en slider som styrer sortpunktet i billedet. Trækkes den mod højre bliver himmelbaggrunden mørkere. Trækkes den f.eks. op på 8 ændres alle pixels med gråtoneværdier fra 1-8 til 0 – altså sort. Pas på med at trække den for langt mod højre, da det nemt kan fjerne svage detaljer og baggrunds galakser i billedet. Husk også at en helt sort himmelbaggrund sjældent er det æstetisk bedste i et deepsky foto. Hvis der er gradienter fra lysforurening og vignettering i billedet, kan de til en hvis grad fjernes ved at hæve sortpunktet, men det er langt bedre at bruge f.eks. Gradient Xterminator. Det er i det hele taget bedst at gøre alt hvad der er muligt for at fjerne gradienter i baggrunden, *inden* sortpunktet fastsættes endeligt. Levels kan sagtens justeres flere gange hen ad vejen, men den endelige fastsættelse af sortpunktet bør gemmes til sidst.

Det samme princip gælder for hvidpunkt slideren i højre side. Træk den indad for at flytte hvidpunktet. Trækkes den ned på 180 ændres alle pixels med værdier fra 180-254 til 255 – altså hvid. Også her skal vi være forsigtige. Der gemmer sig tit detaljer i højlys områderne, som kan bringes frem med DDP, Curves, Shadows/Highlights etc.

Med den midterste slider – mellemtonepunktet – foretages en gamma justering. Trækkes den til venstre bliver billedet lysere, og trækkes den til højre bliver det mørkere.



Disse justeringer er også tilgængelige separat i RGB kanalerne, i Channel menuen, og Levels kan således også bruges til at justere farvebalance.

Levels kan også bruges via et adjustment layer, så vi undgår at redigere i originalbilledet. Levels kan også justeres selektivt, via selections.

Levels kan med fordel justeres i flere omgange, skiftevis med Curves.

Shadows/Highlights

Dette værktøj, som findes i menuen Image under Adjustments > Shadow/ Highlight, giver en anden metode til at manipulere med tonerne. Det giver blandt andet mulighed for at manipulere med lavlys og højlys, uden at påvirke kontrasten. Til deepsky fotos er Shadows/Highlights især godt til at forbedre struktur og definition i højlys områder. Brug det selektivt til eksempelvis den centrale del af galakser. Brug en bred feather på lasso værktøjet, måske 40-100 pixels, og tegn højlys højlys området ind. En bred feather er nødvendig for at blande effekten naturligt ind med de omkringliggende områder. Brug gerne

Shadows/Highlights *efter* andre rutiner, som DDP og Curves, der har en beslægtet funktion. Der kan udmærket være mere at hente for Shadows/Highlights.

Sharpening

Sharpening filter er en af de ting der som regel skal bruges selektivt i deepsky fotos. Højlys områderne har en bedre signalstyrke end lavlys områderne, og tåler derfor sharpening meget bedre. Sharpening foretages bedst efter at billedet er tone justeret, med Levels, Curves, Brightnes/Contast og så videre.

Indram højlys områderne med en freehand selection med en feather på 5-25 og vælg Unsharp Mask under Sharpen i filtermenuen. Eksperimenter med Amount og Radius og Threshold. Radius bestemmer størrelsen af de detaljer der sharpenes med filtret. Jo bedre detaljeopløsningen er fra starten, jo mindre Radius kan vi i reglen bruge.

Photoshop har et andet sharpening filter, nemlig Smart Sharpen, som er mere avanceret end en simpel Unsharp Mask. Smart Sharpen giver større kontrol over måden der sharpenes på. Vi kan styre toneomfang, radius og grad af sharpening i højlys, lavlys og globalt. Normalt er det bedst at hakke feltet More Accurate af for en mere præcis algoritme.

En anden ting der bør nævnes er at Smart Sharpen, ligesom mange andre vinduer, har et preview af effekten, og en mulighed for at få preview på hele billedet.

Der findes mange andre muligheder for sharpening, i andre billedbehandlings programmer, eller som plugins og selvstændige små programmer (f.eks. Focus Magic <http://www.focusmagic.com/>). Det kan anbefales at prøve lidt af hvert, til man finder det man synes bedst om.

Sharpening er et område indenfor billedbehandling hvor mådehold er en dyd. For meget sharpening gør billedet grimt, eller forrykker helheds balancen i billedet og gør det uskønt.

Støjreduktion

Om muligt endnu vigtigere end sharpening er støjreduktion. Lavlys områderne, som er trukket frem ved hjælp af DDP, Curves og så videre, er ofte støjfyldte fordi signalstyrken er lav. Her er en selektiv støjreduktion på sin plads. Støjreduktion er faktisk noget af det sværeste indenfor billedbehandling. Det gælder om at reducere støj uden samtidig at fjerne detaljer i billedet, og det er svært.

Ofte må vi ty til plugins som Noise Ninja <http://www.picturecode.com/> , Neat Image <http://www.neatimage.com/> og lignende. Hvis vi kører et billede gennem f.eks. Neat Image, og vi godt kan lide resultatet, men gerne ville bevare nogle områder i billedet fra originalen, kan samme procedure som beskrevet først i afsnittet om Layers, bruges.

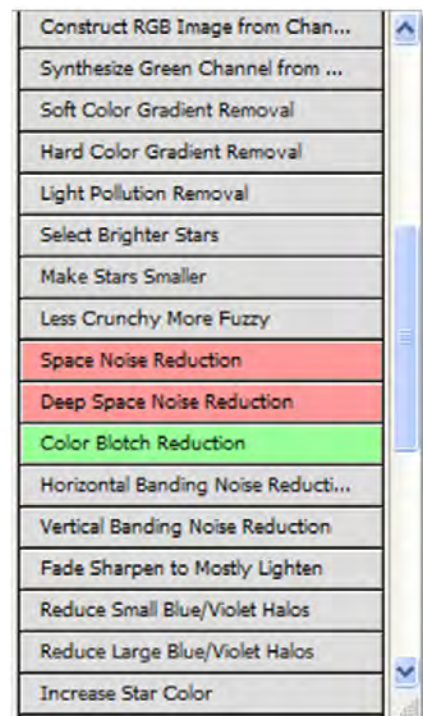
Photoshop har også sit eget Reduce Noise filter, i Filter menuen under Noise, som virker ganske godt. Der er dog en simpel ting som ofte virker vældig godt, og det er Gaussian Blur filtret, i Filtermenuen under Blur. Gaussian Blur virker bedst hvis vi får fravalgt stjernerne og højlys områderne inden filtret bruges, sådan at det kun er lavlys områderne der påvirkes. Hvordan det gøres skal vi se i næste afsnit om Astronomy Tools.

Astronomy Tools, Actions

Hvad er den bedste måde at spendere 20 Dollars på (bortset fra at give dem til et godt formål)? For deepsky astrofotografen der bruger Photoshop eller Photoshop Elements til at efterbehandle billeder er der ingen tvivl. Invester i Noel Carbonis sæt af Photoshop Actions: Astronomy Tools http://actions.home.att.net/Astronomy_Tools.html. Actions er en slags makroer, altså en optaget sekvens af kommandoer. Men hvorfor nu betale penge for noget man i princippet kan gøre selv? Svaret er at selv den bedste Photoshop guru næppe kan gøre det lige så godt, og alle vi andre kan slet ikke. Her har vi samlet en ren guldgrube af Photoshop procedurer, specielt designet til deepsky astrofotos, og tilgængelige lige ved hånden. I stedet for at bruge evigheder på at finde ud af den bedste procedure til at opnå et ønsket resultat kan vi bare trykke på en knap og se Noels magiske fingre i arbejde.

Vi har ikke plads til at gennemgå alle Astronomy Tools actions her, så vi nøjes med at se på et udpluk af dem.

- **Space Noise reduction** og **Deep Space Noise Reduction** reducerer støj i billedets Himmelbaggrund og lavlys områder, på en intelligent og automatisk måde.
- **Select Brighter Stars**. Alle de klare og middelklare stjerner i billedet bliver udvalgt med selections.
- **Color Blotch Reduction** reducerer farveplamager i billedet.
- **Horizontal** og **Vertical Banding Noise Reduction** er intet mindre end genialt til at fjerne de lodrette og vandrette bånd der ofte ses når astrofotos stretches kraftigt. Helt uundværligt værktøj hvis man har disse bånd.
- **Reduce Blue/Violet Halos**. Reducerer blå og violette haloer om klare stjerner.
- **Increase Star Color**. Stjernerne har en tendens til at miste deres farver når eksponeringerne er længere end et minut. Denne action bringer farven tilbage i stjernerne. Uundværlig.
- **As Layer on Top**. Sidst men ikke mindst skal denne ation nævnes. Kør den umiddelbart efter en action, og den første action bliver til et nyt layer med original billedet som baggrunds billede. Helt suverænt til at se effekten af en aktion, ved at bruge øjet i Layer paletten. Og til at blande det action behandlede billede med originalen (med Opacity slideren for det nye layer).



Som lovet kommer her en vejledning i at få himmelbaggrunden udvalgt, så der kan laves støjreduktion uden at det går ud over stjernerne og billedets objekter.

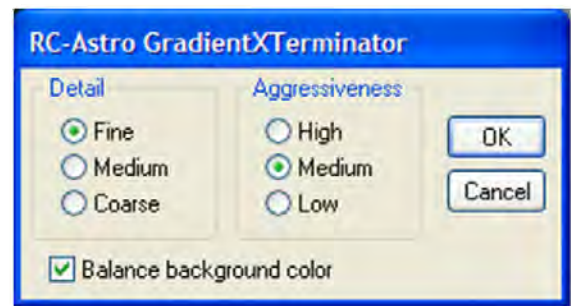
1. Kør Astronomy tools Select Brighter Stars.
2. Hold Shift tasten ned og tegn Freehand Selections rundt om alle de støjfri højlyksområder I billedet. Brug en feather på 5-15.
3. Gå til menuen Select og vælg Inverse.
4. Gå til menuen View og vælg Show > Selection Edges. Dette gør selection kanterne usynlige, så det er nemmere at se effekten af billedbehandlingen.
5. Gå til menuen Filter og vælg Blur > Gaussian Blur.
6. En Radius på 0.3 – 0.8 er som regel passende til at reducere baggrunds støjen godt.

7. Gå til menuen Select og vælg Deselect.

Installerede actions findes i Actions paletten. Et godt tip er at få dem vist i Button Mode. Det gøres ved at klikke på den lille pil der peger nedad, øverst i actions paletten, og vælge Button mode.

Gradient Xterminator

Russel Cromas Photoshop plugin Gradient Xterminator <http://www.rc-astro.com/resources/GradientXTerminator/index.html> koster 50 Dollars, og er alle pengene værd. Med Gradient Xterminator kan vi fjerne selv komplekse gradienter fra lysforurening, vignettering og andet, nemt og hurtigt. Gradient Xterminator er en af årsagerne til at jeg ikke bruger flatfield-frames. Det er nemmere og hurtigere at rette vignettering med denne plugin, og da jeg altid har gradienter fra lysforurening, er jeg afhængig af den alligevel, og det hele kan foregå i et hug. Gradient Xterminator kan også neutralisere himmelbaggrundsfarven, noget som ofte også har en gavnlig virkning på motivets farvebalance. Gradient Xterminator virker med RGB og monokrome billeder, i 8 og 16 bit.



Her kommer en kort gennemgang af hvordan Gradient Xterminator bruges.

1. Åbn billedet der skal korrigeres og kør Astronomy Tools Select Brighter Stars action på billedet.
2. Hold Shift tasten nede og tegn rundt om alle deepsky objekter i billedet med Lasso værktøjet. Der skal ikke være nogen feather. Alle dele af objektet, også de svage, skal være med.
3. Gå til menuen Select og vælg Inverse. Baggrunden er nu udvalgt.
4. Gå til menuen View og vælg Show > Selection Edges for at skjule selection kanterne (dette trin kan udelades).
5. Kørs Gradient Xterminator plugin'et. Eksperimenter med Detail og Aggressiveness indstillingerne. Fine i Detail giver som regel det bedste resultat, men tager også længst tid at køre.
6. Gå til menuen Select og vælg Deselect.

Vignettering i Photoshop

Gradient Xterminator kan korrigere vignettering, men alternativt har Photoshop sit eget udmærkede værktøj til vignettering. Det findes i menuen Filter under Distort > Lens Correction. Her kan vi blandt andet korrigere for vignettering. Amount slideren justerer graden af korrigering, og Midpoint slideren justerer størrelsen af den uvignetterede cirkel i midten af billedet.

Spot Healing Brush

Photoshop har et lille intelligent værktøj til at reparere billedfejl, såsom hotpixels, støvpletter og andre småfejl. Det er Spot Healing Brush, som findes i Tool paletten. Fejlene rettes ved at klikke eller male på dem. Klik fungerer som regel bedst i astrofotos. Det virker for det meste upåklageligt, selvom den af og til kan blive forvirret af stjernerne i billedet. Det er sjældent nødvendigt at ændre andre indstillinger end Size, i Tool Options for Spot Healing Brush (findes nedenfor Photoshops hovedmenuer).

Gør ovale stjerner runde

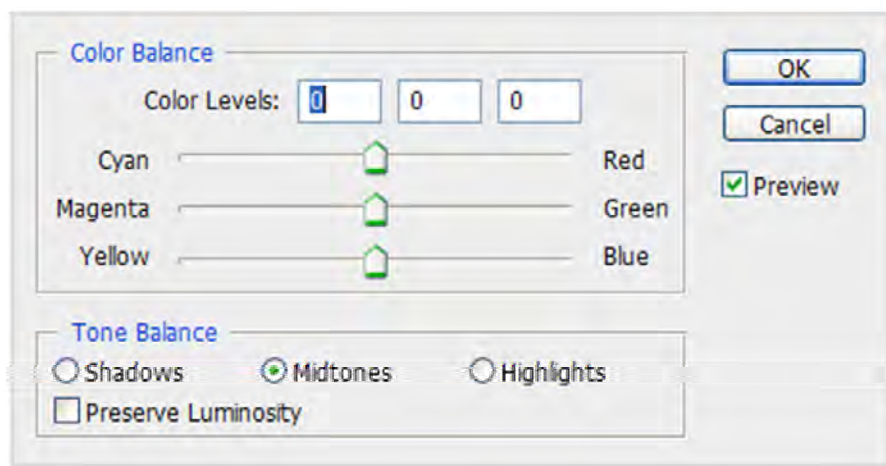
Hvis der har været lidt vind eller en lille trackingfejl under optagelserne, kan stjernerne være ovale, eller let aflange. Her kommer en metode som kan gøre dem runde igen. Metoden virker kun hvis fejlen er lille til at begynde med. For at metoden skal virke ordentligt er det bedst hvis kameraet, under optagelsen, har været roteret sådan at billedchippens X eller Y akse var orienteret parallelt med teleskopet RA og DEC akser. På den måde bliver trackingfejl til vandrette eller lodrette streger i billedet.

1. Brug Astronomy Tools Select Brighter Stars, eller en anden metode til at få stjernerne i billedet, selected.
2. I menuen Select, vælges Inverse.
3. Hold Shift tasten nede, og tegn en selection rundt om billedets objekt eller objekter. Der skal ikke være nogen feather på selectoinen. Vælg derefter igen Inverse i Select menuen.
4. Vi har nu alle de klare stjerner selectede.
5. I menuen Edit, vælges Copy. I menuen Select, vælges Deselect.
6. I menuen Edit, vælges Paste. Vi har nu en kopi af stjernerne, som et nyt layer.
7. Klik på Move værktøjet i Tool paletten.
8. Brug piletasterne på tastaturet til at flytte de kopierede stjerner hen over de originale i baggrundslaget. Brug "øjet" i Layer paletten til at til at se hvornår kopistjernerne ligger præcis oveni originalerne.
9. Brug piletasten til at flytte kopistjernerne en pixel til venstre (eller op hvis stjernerne er vandret aflange).
10. Lav endnu et lag kopistjerner, ved at vælge paste, i menuen Edit. Disse stjerner placeres en pixel til højre for de originale stjerner (eller nedenfor, hvis de originale er vandret aflange). Hvis det er svært at ramme rigtigt kan "øjet" lukkes midlertidigt for det første lag kopistjerner.
11. Vi har nu det originale billede, med to lag kopistjerner som er forskudt en pixel i hver sin retning, vinkelret på de originale stjerners aflanghed.
12. Eksperimenter med de to nye lags "Opacity", ved at bruge slideren i Layer paletten.
13. Højreklik på et af lagene i Layerpaletten, og vælg Flatten Image.

Hvis stjernerne er trukket ud på skrå, i billedet kan det være nødvendigt at flytte det første hold kopistjerner en pixel til venstre plus en pixel op, og det andet hold en pixel til venstre og en ned – eller noget i den stil. Det kan i så fald være nødvendigt at skalere billedet op midlertidigt, for det bedste resultat.

Farvebalance

Farvebalancen kan, som vi har hørt, justeres med Curves værktøjet, men Photoshop har også et lineært Color Balance værktøj. Her kan vi justere farvebalancen separat i lavlys, midtertoner og højlys, ved at trække slideren mellem primærfarverne og deres komplementærfarver. Sæt flueben i Preserve Luminosity hvis Photoshop skal forsøge at bevare den globale lyshed i billedet.



Color Balance findes i menuen Image under adjustments > Color Balance.

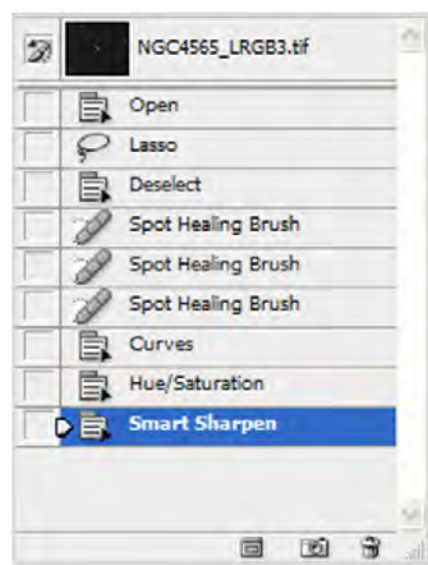
Husk at også Color balance kan bruges selektivt på dele af billedet.

Hue/Saturation

I menuen Image under Adjustments > Hue Saturation finds et andet værktøj til farve justering. Her kan vi justere farvemætningen op og ned, enten for hele billedet, eller separat for rød, gul, grøn, cyan, blå, magenta. Vi kan også gøre billedet lysere og mørkere, og ændre dets farvestik.

History palette

Photoshops History palette er basalt set en avanceret undo funktion. Den store fordel frem for en normal undo funktion er at alle trinene i billebehandling kan ses på listeform, med en tydelig beskrivelse af hvert trin. Vi kan når som helst gå tilbage til et tidligere trin i billedbehandling, blot ved at klikke på navnet. Vi kan også lave et nyt billede ud fra et trin i History paletten. Det gøres med den første af de små ikoner nederst i paletten. Det er nyttigt hvis vi gerne vil gemme en version af billedet, og samtidig arbejde videre på originalen. Der findes også en History Brush funktion, som vi dog ikke vil komme ind på her.



RGB kombinerings

Når vi bruger monokromt kamera og gerne vil lave farvebilleder skal der som bekendt optages billedserier i rød, grøn og blå. Disse serier stackes på normal vis, hver for sig, så vi ender med tre sort/hvide billeder. Hvordan får vi lavet dem til et farvebillede?

Maxim, Astroart og lignende astro programmer har RGB Combine rutiner, men det kan også gøres i Photoshop og Paintshop Pro. Nemmest er det hvis vi har alignet de tre billeder i astro softwaren, inden de åbnes i Photoshop, men det er ikke strengt nødvendigt.

1. De tre billeder åbnes i Photoshop.
2. Åbn Channels paletten. Hvis Channels paletten, eller andre paletter ikke er til stede findes de i menuen Window.
3. I øverste højre hjørne af Channels paletten findes en lille pil der peger nedad. Den åbner en menu hvor vi kan vælge Merge Channels.
4. Merge Channels åbner et lille vindue, hvor vi vælger RGB Color i Mode rullegardinet. Klik OK.
5. Vinduet ændres og hedder nu Merge RGB Channels. Her vælges hvilke billeder der er henholdsvis rød, grøn og blå. Klik OK.
6. Billedet RGB kombineres og Channels menuen kommer tilbage, nu med RGB og farvekanalerne listet op under hinanden. Hvis farvekanalerne er forskudt for hinanden vælges Move værktøjet i Tools menuen. Kanalerne flyttes med musen eller piletasterne på tastaturet. Den relevante kanal skal først fremhæves i Channels paletten. Piletasterne er mest præcise. Brug gerne 200 % zoom, så er det nemmere at se når de tre billeder ligger rigtigt oveni hinanden.

7. Det eneste man – så vidt jeg kan se – ikke kan er at rotere kanalerne enkeltvis. Billederne må derfor ikke være roteret i forhold til hinanden. Det er årsagen til at det anbefales at aligne billederne i astro software, inden RGB kombineres i Photoshop.

Det kan nemt ske at vi opdager at det farvekombinerede billede har et farvestik. Den bedste måde at komme farvestik til livs er at gå tilbage til de tre RGB billeder i Channels paletten, og justere deres styrke ved hjælp af Curves, Brightness/Contrast eller lignende. Det kan kræve nogen eksperimenteren frem og tilbage, men det er bedst at få farvebalancen nogenlunde på plads inden RGB kombineres, og kun lave mindre justeringer i det færdige farvebillede.

Software som Maxim DL er overlegent til RGB kombineres i forhold til Photoshop, idet RGB kombineringsrutinen giver mulighed for at RGB kombinere, aligne billederne *og* justere farvekanalernes vægt, i en og samme arbejdsgang.

Der er også mulighed for at regne sig frem til en korrekt farvebalance ved at bruge en G2V stjerne. En G2V stjerne er en stjerne af samme farve (hvid) som Solen. Se f.eks. Michael Staunings G2V vejledning her: <http://messier.flight.dk/Vejled/vejled.htm>

LRGB

Nu har vi lavet et farvebillede ud fra røde, grønne og blå billedserier. Men hvad hvis vi har optaget en lang serie luminance billeder, f.eks. gennem et UV/IR cut (luminance) filter? Hvordan kombineres luminance billedet med farvebilledet?

1. Sørg helst for at luminance billedet og farvebilledet er alignet, f.eks. i Deepsky stacker.
2. Åbn de to billeder i Photoshop.
3. Fremhæv luminance billedet. Gå til menuen Select og vælg All.
4. Gå til menuen Edit og vælg Copy.
5. Luk luminance billedet.
6. Fremhæv RGB billedet. Gå til menuen Edit og vælg Paste.
7. Åbn Layers paletten og fremhæv Layer 1 (som er luminance billedet vi lige har pastet oveni RGB billedet).
8. Åbn rullegardinet øverst i Layers paletten og vælg Luminosity, som er den nederste mulighed på listen.
9. Vi har nu lavet et LRGB billede. Check at det to lag er alignet præcist, ved at klikke øjet af og på for Luminosity laget ved 200 % zoom. Er der fejl i alignment kan luminosity laget flyttes rundt med piletasterne.

Det er muligt at lys, kontrast og andet skal justeres i luminosity laget, og at saturation (farvemætning) skal justeres i RGB laget. Det gøres ved at fremhæve det pågældende lag og vælge kommandoerne fra menuen Image > Adjust. Igen er det bedst at fortage disse justeringer på de to lag, *inden* billedet flattes ved at højreklikke på et af lagene og vælge Flatten Image.

Smalbånd farvekombineres

Når vi optager billeder gennem smalbåndsfiltre, er der også mulighed for at kombinere disse til farvebilleder, i falske eller tilnærmet ægte farver. De stackede billeder farvekombineres på samme måde som beskrevet under RGB kombineres. Hvilke filtre der mappes til rød, grøn og blå bestemmer vi selv.

Vi kan også lave LRGB billeder, og da er det normalt h-alpha kanalen der bruges som luminance, idet den næsten altid har det bedste signal. Lad os antage at vi har optaget serier gennem h-alpha, OIII og OII (Baader Venus filter) for at få en tilnærmet korrekt farvebalance.

Vi starter med at lave et RGB billede med h-alpha som rød, OIII som grøn og OII som blå. Det gøres som beskrevet under RGB kombinerings. Derefter tilføjes h-alpha som luminance, efter proceduren beskrevet i LRGB afsnittet.

Vi kan også nøjes med at optage h-alpha data i smalbånd, og bruge et RGB billede der er optaget med RGB filtre, til farvelaget. Luminance laget er så h-alpha billedet. På den måde kan vi få en mere ægte farvebalance i billedet.

Hver gang vi bruger h-alpha data som luminance i et LRGB billede, kan vi opleve at farverne bliver udvaskede, simpelthen fordi h-alpha billedet er så stærkt og kontrastrigt i forhold til RGB billedet. Det er svært at gøre noget effektivt ved dette problem, men her er nogle forslag

- Skru ned for Opacity i luminance laget
- Skru op for Saturation i farvelaget (Image > Adjustments > Hue/Saturation).
- Bland h-alpha billedet ind i flere omgange, ved at bruge de to ovenstående metoder, flattene billedet, og starte forfra med h-alpha billedet som nyt luminance lag.

Det er ikke sikkert at et helt tilfredsstillende resultat altid kan opnås med h-alpha som luminance, og nogen gange er det bedst bare at bruge RGB kombinerings til smalbåndsbilleder.

Resize

Hvis det færdige billede skal formindskes, til web fremvisning eksempelvis, skal det naturligvis ske som det sidste trin i billedbehandlingen, da der smides information væk ved at formindske. Den formindskede udgave skal gemmes i et andet navn, så vi altid kan vende tilbage til den fulde opløsning. Vi kan også gøre billedet større om nødvendigt, men det er lidt mere problematisk. Photoshop og andre programmer har forskellige resize rutiner. Bicubic resample er som regel udmærket, og Photoshop har tre forskellige udgaver af Bicubic resample at vælge imellem. Resize hedder i Photoshop Image Size og findes i menuen Image.

Photoshop, Paintshop Pro og andre lignende programmer kan gøre et udmærket arbejde når der skal resized, men der findes mulighed for at prøve nogle mere avancerede resize algoritmer, for eksempel X-Spline algoritmen som bruges i programmet PhotoZoom Pro: <http://www.benvista.com/>. PhotoZoom kan give forbavsende gode resultater når billeder forstørres. Også downsizing kan PhotoZoom gøre bedre end standard rutinerne i Photoshop etc. Ja selv hvis der slet ikke resized kan billedet nogle gange forbedres med en gang X-Spline i PhotoZoom.

Crop

Hvis det færdige billede skal beskæres, gøres det med Crop værktøjet som findes i Tools paletten. Med Crop værktøjet starter vi med at tegne et udsnit i billedet. Derefter kan udsnittet flyttes rundt, og størrelsen kan ændres, det kan sågar roteres, indtil vi er tilfredse. Når vi er tilfredse med udsnittet dobbeltklikker vi på det, hvorefter beskæringen foretages.

Mosaikker

Hvis man har et kamera med en mindre chip, og alligevel gerne vil lave widefield billeder kan man jo optage mosaikker. Lad os antage at vi har optaget, og billedbehandlet eksempelvis fire billeder, som passer sammen med et vist overlap, til en mosaik. Vi vil nu gerne sætte billederne sammen. Det kan gøres i Photoshop.

1. Åbn billederne og fremhæv det første billede.
2. Gå til menuen Image og vælg Canvas Size.
3. Få Current Size og New Size vist i pixels, og forstør lærredet (canvas) til en meget større størrelse.
4. Brug Marquee værktøjet med en feather på 5-15 pixels til at lave en selection i billede to. Den skal dække hele billedet, men dog et stykke fra kanten, svarende til lidt mere end den valgte feather.
5. Kopier billedet over i billede et med Copy og Paste. Gør det samme med billede tre og fire.
6. Vi har nu billede to-fire liggende som lag i billede et.
7. Billede to til fire har nu bløde kanter, således at de kan få en sømløs overgang med hinanden. Flyt dem rundt med Tool palettens Move Tool, indtil det hele passer sammen. Brightness/Contrast osv. kan justeres for hvert lag, indtil vi ikke kan se overgangen mellem billederne.
8. Til sidst køres en Flatten Image, via højreklik i Layers paletten, og en Crop af det færdige billede.

Vi kan komme i den situation at vi opdage at stjernerne ikke passer særlig perfekt med hinanden i de fire billeder. Feltrotation, feltkrumning og coma kan gøre det svært at få det hele til at passe sømløst sammen. Her kan et program som Registrar <http://www.aurigaimaging.com/> være en stor hjælp. Registrar kan få billeder taget på forskellige dage, med forskellige brændvidder og forskellig rotation til at passe perfekt sammen. Ikke bare til mosaikker, men også til mere almindelige alignment opgaver. Registrar registrerer alle stjernepositioner i billederne, og warper dem så de passer perfekt til hinanden. Registrar har et lidt kringlet bruger interface, og det koster desværre 149 Dollars, men det er pengene værd.

Et næsten gratis alternativ til Registrar er Jon Groves iMerge <http://www.geocities.com/jgroveuk/iMerge.html> som dog ikke tilpasser stjernerne, sådan som Registrar kan.

Etik i billedbehandling

Det sidste emne vi vil tage op er spørgsmålet om hvor meget man kan "tillade" sig at gøre ved et billede. Hvornår går billedet fra at være behandlet til at være manipuleret?

Så længe vi holder os til at fremhæve billedinformation der findes fra starten, og til at undertrykke billedfejl og støj, er alt vel OK.

- Men hvor meget kan vi tillade os f.eks. at ændre farvebalancen selektivt, af æstetiske årsager?
- Kan vi tillade os at slette og retouchere noget, bortset fra hotpixels og andre CCD fejl?
- Er det OK at lade optagelser fra flere dage indgå i et foto af Saturn?
- Hvor meget (eller hvor lidt) omkring billedbehandlingsproceduren bør man oplyse når billedet vises frem?

Den slags etiske spørgsmål er vigtige, synes jeg, og det er op til hver enkelt at give svarene.

III

Solsystemet

En helt anden teknik

Som tidligere nævnt bruges en helt anden teknik til at tage billeder af Månen Solen og planeterne, end den deepsky teknik vi har set på indtil nu. Vi bruger til dels også andre kameraer til Solsystemet end til deepsky. Men hvor nogle teleskoper er bedre egnede til deepsky foto end andre, kan stort set alle teleskoper bruges til at tage billeder af Solsystemet. Traditionelt har det været sådan at nogle teleskop typer har været regnet for bedre egnede til planeter, men det har været ved visuelt brug. Til foto brug kan et godt deepsky teleskop også bruges til Solsystemet. Teleskopets apertur, diameteren af linsen eller hovedspejlet, sætter dog nogle grænser for hvor fine detaljer der kan opløses. Teknikken der benyttes til solsystem foto er den samme for Sol, Måne og planeter, og den er også ens for forskellige teleskop størrelser og typer. I det følgende kaldes teknikken under et for planetfoto. Deepsky objekter er svagtlysende og store, og de skal have lang eksponeringstid ved forholdsvis kort brændvidde og f /forhold. Planeter er klart lysende og små, og eksponeringstiden ligger generelt på brøkdele af et sekund, ved lang brændvidde.

Vi vil gerne kunne vise de fine detaljer, i månekratere, solpletter og på planeterne, men hvis det skal lykkes er det nødvendigt at komme et godt stykke ned under den seeing grænse for detaljeopløsning vi oplever ved lange deepsky eksponeringer. Faktisk vil vi gerne ned på teleskopets teoretiske opløsningsevne - eller endda under den! Der er to forhold ved optageteknikken der muliggør dette: Meget korte eksponeringer kan "fryse" den atmosfæriske seeing. Og lange billedserier eller avi film kan optages, hvorefter de skarpeste frames udvælges og stackes til et færdigt billede.

Højopløste billeder

I de senere år er det blevet sådan at næsten alle de fineste planetfotos der overhovedet bliver taget fra Jorden, bliver taget af amatører. Det er der forskellige årsager til: Dels er der sket en revolution inden for kamerateknik, optageteknik og efterbehandling af planetfotos. Det vender vi tilbage til. Dels er planetfoto en øvelse i tålmodighed, forstået på den måde at man som regel må vente i timevis på at få god seeing. I Danmark er der kun få nætter om året hvor seeingen overhovedet bliver god nok til optimale planetfotos. Professionelle teleskoper har simpelthen ikke tid til planeterne, som derfor i det store hele er overladt til amatørerne, der så til gengæld kan gøre det mindst lige så godt som de professionelle.

Observationssted

Observationsstedet er jo vigtigt når vi fotograferer deepsky, mest af hensyn til lysforurening og i mindre grad af hensyn til seeing forhold. Ved planetfoto er det omvendt. Lysforurening kan vi stort set se bort fra. Planeterne generes ikke af den, og det er muligt at lave fine planetfotos fra en storby. Seeingen er derimod altafgørende, og lokale og regionale forhold ved observationsstedet spiller en rolle.

Atmosfærisk seeing og transparens

Atmosfærisk seeing. Seeingforhold er den vigtigste begrænsende faktor når vi ønsker at optage højopløste planetfotos. Atmosfærisk seeing kan vi ikke gøre så meget ved, udover at afvente gode forhold, men visse lokaliteter har lidt bedre seeingforhold end andre. Der er også nogle vejrtyper der giver bedre chancer for god seeing.

- Vand i nærheden af observationsstedet er en fordel. Jo mere jo bedre, og bedst er det hvis vinden kommer fra vandet, og ind over observationsstedet.

- Stille, fugtige nætter hvor vejrudsigten forudsiger tågedannelse, er ofte gode planet nætter.
- Cirrostratus skyer kan indikere god seeing.
- Krystalklar tør luft, med høj transparens tyder *sjældent på god seeing*.
- Blinkende stjerner er ikke et godt tegn, da de indikerer urolig luft. Men hvis klare stjerner nær horisonten, for eksempel Sirius om vinteren, står roligt og uden blinken, kan seeingen være god.
- Detaljerede seeing forudsigelser, og andre vejrkort kan findes her: <http://my.meteoblue.com/my/Seeing> forudsigelser findes ved at oprette en gratis konto, logge ind, og gå til fanebladet "Astronomy Seeing".

Transparens er som nævnt ikke det samme som seeing, men et udtryk for hvor klar og transparent luften er. Høj transparens er godt til deepsky, men akkompagneres ofte af dårlige seeing forhold.

Lokal seeing. Lokale forhold kan også ødelægge seeingen. Asfalterede parkeringspladser, huse og lignende, tæt på observationsstedet, afgiver opsparet varme om natten. Skorstene er endnu værre. Hvor end de kommer fra, er varmestrømninger i luften planetdræbere. Gode lokale seeing forhold kan findes ved en stor græsplæne, ved en sø eller lignende steder.

Tubus termik. Den sidste form for seeing er den helt lokale, nemlig luften i teleskopets tubus. Glas afgiver varme langsomt, og et teleskop der tages ud i vinternatten fra en varm stue, er en ren termisk bombe. Det er overhovedet ikke muligt at få et klart billede i sådan et teleskop, hverken visuelt eller fotografisk. Jo større teleskopet er, jo værre er problemet, og en stor SCT for eksempel, kan være mange timer om at akklimatiseres. Måske når den det aldrig, hvis temperaturen falder i løbet af natten. Løsningen er at stille teleskopet til afkøling i god tid inden observationen.

Mange teleskoper, især Newtons, har blæsere monteret på bagsiden af spejlet. De kan reducere afkølingstiden væsentligt. Det er også en god ide, i en Newton, at montere en blæser der sender luft udefra, henover forsiden af spejlet. Så længe spejlet ikke er fuldstændig akklimatiseret, vil der være et få centimeter tyndt termisk lag over spejlets forside. Spejlet afgiver sin varme via dette "boundary layer" som kan sammenlignes med flimmet over landevejens asfalt, på en varm sommerdag. En blæser foran spejlet kan bryde dette lag op, og give væsentligt skarpere billeder. En sådan blæser, og andre blæsere, skal monteres sådan at de ikke kan skabe rystelser.

SCT'er har normalt ikke blæsere, og det er svært at montere en selv, men jeg har haft gode erfaringer med en Lymax SCT cooler: <http://www.lymax.com/sct/>. Den kan reducere den nødvendige afkølingstid til det halve, eller mindre.

Refraktorer er mindre følsomme over for tubus termik end Newtons og SCT'er. Det skyldes refraktorens lysgang, som det meste af vejen gennem tubus er væk fra dennes sider. Hvis det er en stor refraktor kan linserne dog være længe om at køles, især triplet refraktorer med luftspalte.

Teleskop og montering

Som nævnt kan alle slags teleskoper bruges til planetfoto. Hvis vi vil have de fineste detaljer med skal teleskopet have en apertur på 8" (200mm) eller mere, men typen af teleskopet betyder ikke ret meget. Ej heller betyder det ret meget om teleskopet har en sekundær obstruktion (Newton, SCT, Cassegrain...) eller ej. Den påstand vil nogle visuelle observatører måske rynke på næsen af, men det er ganske vist at hovedparten af de bedste planetfotos der nogensinde er taget, er taget med C14 og C11. Altså SCT'er med

over 30 % sekundærobstruktion. Et andet eksempel er Wess Higgins sublime månefotos: <http://www.higginsandsons.com/astro/> . De er taget med et 18" f/4.3 Dobson (Newton) teleskop, som formentlig også har en stor sekundær obstruktion. Aperture rules, som de siger.

Det der betyder noget for teleskopet er:

- Apertur: 8 til 16 tommer er ideelt til Danske forhold. Mindre kan også gøre det, på bekostning af lidt detaljeopløsning de bedste nætter. Større vil næppe give meget rent opløsningsmæssigt, men mere lys giver mulighed for kortere eksponeringer, og en mildere stretch eller gain.
- Optisk kvalitet: Optikken skal være af god kvalitet. Gerne bedre end "diffraction limited".
- Tubus termik: Teleskopet skal være akklimatiseret med den omgivende luft.
- Kollimering: Teleskopet skal være kollimeret så godt som overhovedet muligt.
- Ren optik: En fedtet og støvet korrektor linse på SCT'en hjælper ikke. Ligeså med hoved og sekundærspejl, og linser i andre typer teleskoper.
- Sidst men ikke mindst seeing: Afvent en nat med god seeing, og vælg et observationssted med god lokal seeing.

Monterings kvaliteten er også vigtig, men måske ikke helt så vigtig som ved deepsky foto. Vi skal dog huske at brændvidden ved planetfoto kan blive meget lang, således at trackingfejl ses ved at planeten hopper rundt i billedet. Det kan ødelægge nogen af eksponeringerne, og det er et irritationsmoment når billederne bagefter skal behandles. Hvis trackingen er så dårlig at planeten helt hopper ud af billedfeltet, er det selvsagt heller ikke godt. Montering skal også være stabil nok, så ikke den mindste vind giver de samme problemer med hoppende planeter.

Kamera

Revolutionen indenfor planetfoto startede med de første CCD kameraer, for eksempel Spectra Source Lynxx, men der kom for alvor gang i sagerne da amatørerne fandt på at bruge webcams til at optage en avi video, og stacke dennes enkeltframes til et færdigt billede. Det satte dem i stand til i mange tilfælde at overgå de professionelle astronoms planetbilleder, i kvalitet. Og det vel at mærke med amatørteleskoper, ikke med professionelle teleskoper i meter klassen. Siden webcam revolutionen startede er det kun gået fremad, efterhånden som der er kommet nye, og endnu bedre planetkameraer på markedet.

Der er flere grunde til at amatørteleskoper kan konkurrere med de professionelles store teleskoper, når der er tale om planetfotos. Dels har amatørerne tid nok. Vi kan vente på at seeing forholdene bliver egnede til planetfoto. Og der er langt mellem snapsene, især under vores Skandinaviske himmelstrøg. Dels kræver planetfoto "kun" at teleskopet har en opløsningsevne der svarer til omkring ¼ buesekund. Her tænkes på opløsningen i det færdige billede, så teleskoper fra 8" og opefter kan være med. Grunden til at professionelle teleskoper er så store, er ikke så meget for at opløse fine detaljer, men for at samle masser af lys så de kan se svage, fjerne objekter. Det med opløsningen er dog ved at ændre sig, efterhånden som de store teleskoper bliver udstyret med velfungerende adaptiv optik, men det er en anden historie.

Men hvad skal et planetkamera så kunne? Det skal være følsomt, kunne tage en masse billeder i en fart, og have et godt signal/støj forhold. Kameraet kan være et farvekamera, men et monokromt kamera og et motoriseret filterhjul er en tand bedre. 10 bit – 16 bit bitdybde er en fordel, men ikke absolut nødvendigt. Med et 10-16 bit kamera kan eksponeringstiden sættes ned, idet vi kan nøjes med at bruge en del af

histogrammet, og samtidig stadig have kontrastomfang nok til glatte gråtoneovergange på planeten (undgå the rings of death). Der er i skrivende stund en del planetkameraer på markedet. I den lidt dyrere ende: The Imaging Source, Lumenera Skynyx, Astrovid Voyager, Point Grey Research Dragonfly og Fishcamp Starfish når denne får ordentlig planetsoftware til PC, Og planetkameraer af webcam typen fra Celestron og Orion, samt Qcam guidekameraet i den billigere ende. Også andre typer kameraer kan bruges, for eksempel video overvågningskameraer uden linsen, og andre videokameraer med aftagelig linse. Jeg har haft fine resultater med Meade DSI Pro I og II. Disse kameraer er egentlig designet som deepsky kameraer, men de kan også tage fine planetbilleder, om end proceduren er temmelig besværlig. Mere om det senere. Planetkameraerne bruger USB 2 interface, eller firewire, mens videokameraerne som regel kræver en frame grabber for at overføre billederne til computeren.

Nogle af kameraerne (og noget software) har mulighed for at køre med ROI, som står for Region of Interest. Med ROI downloades kun en mindre del af billedfeltet. Typisk tegner man et billedudsnit med musen. Fordelen er at der kan opnås en hurtigere framerate end hvis hele billedfeltet skal downloades hver gang. Ulempen er selvfølgelig et mindre billedfelt, men hvis der er tale om planetfotos betyder det jo ikke så meget. Faktisk er det i sig selv en fordel ved den senere billedbehandling.

Der er bred enighed om at de PT bedste planetkameraer på markedet er Lumeneras fine kameraer. Det er vel overflødigt at sige at de også er de dyreste.



Pixelopløsning

De samme grundregler for pixelopløsning gælder for planetfoto, som for deepsky: To pixels pr. mindste detalje, og et optimeret forhold mellem brændvidde, f /forhold og eksponeringstid. Men derefter hører lighederne også op. Deepsky foto handler om at opnå så lang som mulig samlet eksponeringstid, på *store, lysvage* objekter. Planetfoto handler om at reducere eksponeringstiden så meget som muligt, for *små, lysstærke* objekter. Men hvorfor reducere eksponeringstiden mest muligt? Hvis vi afventer en nat med god seeing, og tager en serie billeder med en eksponeringstid på 1/5 sekund eller mindre, er der en god chance for at nogle af billederne ikke er påvirket af atmosfærisk seeing. Det betyder at teleskopet kan leve op til sin teoretiske opløsningsevne, eller endda overgå den, hvis mange sådanne billeder stackes og sharpenes. Hvad betyder det så reelt for optimal pixelopløsning? En tommelfingerregel er at det er muligt at opløse $\frac{1}{4}$ buesekund i den bedste Danske seeing, med 8" eller større teleskoper. Nogle steder i Verden kan det lade sig gøre at komme en smule længere ned, men i Skandinavien er $\frac{1}{4}$ buesekund nok det bedste der kan opnås. En undtagelse er Saturns Encke deling, som er mindre, og som godt kan fotograferes herhjemme fra på grund af den meget høje kontrast mellem ringen og himmelbaggrunden.

Så vi ender altså på en optimal pixelopløsning på ca. 1/8 buesekund, på de bedste nætter. Det vil sikre et optimalt forhold mellem opløsning og eksponeringstid. På nætter med ringere seeing kan $\frac{1}{4}$ eller $\frac{1}{2}$ buesekund komme på tale, for ikke at oversample detaljer der alligevel ikke kan ses, og for at reducere eksponeringstiden så chancen for skarpe frames øges.

Er der tale om Månen eller Solen kan vi selvfølgelig vælge at tage dem i hel figur, eller et større udsnit med DSLR eller CCD. I så fald skal man blæse på pixelopløsningen og vælge en brændvidde der giver det ønskede resultat. Det er det ønskede billede der dikterer reglerne, ikke omvendt.

Barlow projektion

Det er næsten altid nødvendigt at forlænge teleskopets effektive brændvidde ved planetfoto, for at nå en pixelopløsning på 1/8 buesekund. Få teleskoper har en brændvidde der er lang nok til så høj en sampling, med det typiske planetkamera i primærfokus. Den bedste måde at forlænge teleskopets effektive brændvidde, er ved barlow projektion. En barlowlinse eller en powermate placeres i okularudtrækket, og kameraet sættes i barlowen. Barlows fås med 2x, 3x og op til 5x eller større, forlængelse af brændvidden. De fleste barlows af rimelig kvalitet er gode nok til planeter, da vi kun bruger den mest centrale del af billedfeltet, der hvor optikken er bedst korrigeret. Hvis motivet er Månen eller Solen, kan en Televue powermate være et bedre, og dyrere, valg. Den er bedre korrigeret "off-axis" det vil sige væk fra feltets midte. Den ultimative barlow er nok Baaders Fluorit Flatfield Converter, som selvfølgelig også er den dyreste. På nogle barlows kan forlængelsesfaktoren ændres ved at flytte kameraet længere ud, så projektionsafstanden ændres. Det gøres ved hjælp af et 1.25" eller 2" forlængerrør. Man kan også stakke to barlows, i en snæver vending, for at opnå tilstrækkelig forstørrelse.



Filtre

Flere forskellige typer filtre er anvendelige til planetfoto. Ligesom ved deepsky foto er filtre bedst når kameraet er monokromt, og ligesom ved deepsky foto giver filtre nogle spændende muligheder.

RGB filtre. Røde, grønne og blå filtre bruges til at optage separate serier i de tre farver, og konstruere farvebilleder med monokromt kamera. Moderne interferens filtre har en bedre lysgennemstrømning end farvet glas, og de giver, sammen med det monokrome kameras større følsomhed, en klar fordel overfor farvekameraet. Det er selvfølgelig noget mere omstændigt at tage tre serier, i stedet for en, men med et filterhjul eller en filterslider går det. Nogle amatører nøjes med at optage i rød og blå, og konstruere en kunstig grøn ud fra en mellemtung mellem R og B.

Farvefiltre kan også anvendes alene i sort/hvide fotos. For eksempel et det godt at optage Månen og Solen (med frontmonteret solfilter) gennem et grønt filter. Det forbedrer kontrasten det sort/hvide billede. Solen er hvid og her giver RGB filtre ikke mening. Månen har kun ganske lidt farve, som dog godt kan fremhæves i billedbehandlingen hvis vi bruger farvekamera eller RGB filtre. Solbilleder kan farvelægges af æstetiske årsager, så de lever op til den forestilling vi har om at solen er gul.

RGB filtre og et monokromt kamera hjælper også med til at komme atmosfærisk dispersion til livs. Når planeten står lavt på himlen afbøjes lyset forskelligt efter dets farve, således at vi får den røde, den grønne og den blå del af billedet lidt forskudt i forhold til hinanden. Når vi bruger RGB filtre kommer vi let og elegant ud over dette problem, idet vi kombinerer de tre farver manuelt i efterbehandlingen og derved kan rette fejlen. Et farvekamera optager de tre farver samtidig på chippen, inklusive farvefejlen. Registax kan godt rette op på oneshot-color billeder, men et monokromt kamera og RGB filtre giver det bedste resultat.

UV/IR cut. Et IR cut filter skærer den nær-infrarøde del af spektret væk. CCD kameraer er følsomme i IR, men teleskopets fokuspunkt i IR ligger forskudt for fokuspunktet for den visuelle del af spektret, hvis der er linseelementer i lysgangen. Et planetfoto optaget uden IR cut filter vil derfor virke mere eller mindre uskarpt. Nogle RGB filter sæt har indbygget IR cut i filtrene, andre har det ikke, hvorfor det kan være nødvendigt at supplere med et IR cut filter. Det samme gælder hvis vi optager i luminance, altså uden farvefilter. Farvekameraer har ofte et IR cut filter siddende foran chippen fra fabrikken. Separate IR cut filtre skærer ofte også ultraviolet lys, og sælges under betegnelsen UV/IR cut.

IR pass. Et IR pass filter er på sin vis det modsatte af et IR cut filter. Det skærer hele det visuelle spektrum plus UV bort, og lader nær infrarød og infrarød passere. Hvad skal man så bruge det til? Hovedårsagen er den at seeingen ofte er mere stabil i NIR end den er i synligt lys, således at vi kan få skarpere planetfotos med et IR pass filter. Særligt Mars er et taknemmeligt mål med IR pass filter, fordi planetens overfladedetaljer træder tydeligere og mere kontrastrigt frem i IR. En meget anvendt teknik til Mars, er at optage serier i IR pass, grøn og blå, og konstruere et RGB billede hvor IR pass erstatter rød. Endnu bedre bliver det hvis IR pass anvendes som luminance i et LRGB billede.

Teleskopets opløsningsevne er egentlig ringere i IR end i synligt lys, men gevinsten i form af bedre seeing, overgår næsten altid det lille tab i opløsningsevne.

Venus filter. Venus er altid dækket af skyer og viser ingen detaljer på billeder, udover fasen som skifter. Men ved hjælp af et filter der lader violet eller ultraviolet lys passere, kan detaljer i skydækket fotograferes. Schüler og Baader laver filtre til formålet. Teknikken er den samme som ved de andre planeter, men det er nødvendigt at bruge et monokromt kamera.

Solfiltre. Solen fortjener et afsnit for sig selv, idet de filtre der bruges til den er forskellige fra dem der bruges til planeterne og Månen. Det er meget vigtigt at bruge de rigtige filtre, og bruge dem på den rigtige måde. Fejltagelser kan medføre permanente øjenskader eller blindhed.

Den mest almindelige metode til at fotografere Solen, er med et frontmonteret filter med Baader Solar film. Sådanne filtre kan købes færdige til de fleste teleskoper, eller man kan lave et selv, ved at købe Baader film i ark og konstruere en filterholder der passer på fronten af teleskopet. Det anbefales at købe et færdigt filter der passer til teleskopet. Baader film består af en tynd folie der reducerer Sollysets intensitet med 99,999 % inden det kommer ind i teleskopet. Det gør at det er sikkert for både øjne og kamera. Baader film viser Solen i hvidt lys, og det er muligt at observere og fotografere Solpletter og granulation på Solen. Til fotobrug er det en god ide at kombinere det frontmonterede filter med et grønt filter, monteret på kameraet. Et grønt filter forbedrer kontrasten i hvidlys Sol billeder. Monokrome kameraer er bedst, men farvekameraer kan også sagtens bruges. Hvis vi bruger et grønt filter sammen med et farvekamera vil Solen selvfølgelig se ud som om den er blevet forgiftet, men billederne kan bare konverteres til sort/hvid, og gives en mere "rigtig" farve.

Der findes også glasfiltre til frontmontering på teleskopet. De fungerer på samme måde som Baader film filtret, men flere tests har vist at Baader faktisk er bedre, og som regel også billigere.

I stedet for at bruge et frontmonteret filter til Sol observationer i hvidlys, kan vi bruge et såkaldt Herschel prisme, også kaldet en Herschel wedge. Et Herschel prisme er en diagonal til montering på en refraktor. Den bruges uden et frontfilter. Det er altså ufiltreret sollys der kommer ind i teleskopet. Diagonalen ligner en almindelig diagonal, som dem man bruger på SCT'er og refraktorer. Men Herschel diagonalen indeholder et kileformet prisme som sender det meste af sollyset bagud, ned mod jorden, og kun en lille smule op til okularet. Dog stadig alt for meget til at det er sikkert for øjnene, og der suppleres derfor med ND og/eller polariserings filtre. Herschel prismet giver nok det bedst mulige billede af Solen i hvidt lys, visuelt og fotografisk. Men da der er tale om ufiltreret Sollys i teleskopet, skal det behandles med den største respekt. Og kun refraktorer kan bruges med Herschel prisme. Herschel prismen laves blandt andet af Baader. Herschel diagonalen tilføjer ganske meget ekstra længde til systemet, og på nogle refraktorer er det ikke muligt at nå ind til fokus. Spørg derfor producenten inden køb.

En særlig spændende måde at fotografere Solen, er gennem et h-alpha filter. Vel at mærke et h-alpha filtersystem som er specielt designet til Solobservation og foto. Deepsky h-alpha filtre kan og må ikke bruges til Solen. H-alpha filtre til Solen lader 656nm linjen passere, typisk med mindre end en Ångstrøms nøjagtighed, hvor deepsky filtre er meget bredere. H-alpha filtre til Sol observation fås i forskellige udgaver, som desværre næsten alle koster en mindre formue. De fås som komplette Solteleskoper, eller

filtersystemer til at montere på eksisterende teleskoper. Selve filtret kan enten sidde frontmonteret, eller bagmonteret med et energy rejection filter på fronten af teleskopet. Den billigste måde at komme i gang med h-alpha, er med Coronados PST – Personal Solar Telescope. Det er et meget lille, men godt h-alpha Solteleskop. PST er et komplet Solteleskop som også kan bruges til foto. PST kan dog ikke i kvalitet måle sig med de store dyre systemer. En anden mulighed er Thousand Oaks Optical's 0,9 Ångstøm filter system, som er beregnet til at montere på en række teleskoper. Også det er godt til prisen, men langt fra high-end filtrene. High-end h-alpha filtre fås fra Coronado, Daystar og flere andre. Ny på markedet er Lunt Solar Systems, som ser ud til at have nogle spændende produkter. Når h-alpha systemet først er kørende optages og behandles billederne på samme måde som Månen og planeterne.

Bag monterede h-alpha filtre skal som regel bruge et f/forhold på 15 eller mere for at virke ordentligt, hvorfor det kan være svært at fotografere Solen i hel figur. De har så til gengæld den fordel at de er mere eller mindre uafhængige af teleskopet: Vi kan købe et større teleskop, og opnå bedre opløsning. Men brændvidden bliver let meget lang, på grund af kravet om højt f/tal. Frontmonterede filtre kan arbejde ved kortere brændvidder, og fotografere hele Solen på en gang, men de har den apertur de nu engang har, og et frontfilter med stor apertur koster en formue.

Solen kan også fotograferes i kalcium linjerne 393nm og 396nm. Det giver billeder der minder lidt om hvidlys billeder, men er mere kontrastrege, og viser et lidt andet aspekt af Sol overfladen. Igen findes der kalcium sol teleskoper, og kalcium filtre til at montere på eksisterende teleskoper. Den billigste måde at komme i gang med kalcium Sol fotos er med Baaders K-line filter, som er ganske udmærket.

Optagelse

Når vi optager planetfotos, herunder også Månen og Solen, skal vi bruge en masse billeder med kort eksponeringstid, typisk 1/5 – 1/100 sekund. Det sker ved at optage en billedserie, eller en avi film, gerne med flere hundrede, eller tusinde enkeltbilleder. Grunden til at der skal så mange enkeltbilleder til, er at der skal foretages en sortering af billederne. Alle de uskarpe frames skal sorteres fra. Fidusen ved planetfoto er dels at den meget korte eksponeringstid giver mulighed for at "fryse" atmosfæren i de meget korte øjeblikke hvor seeingen er bedst, og dels at vi stacker hundredvis af frames til et færdigt billede af stor skarphed. Vi har kun begrænset tid til rådighed til at optage den eller de serier der skal indgå i samme billede. Planeterne roterer, Solens overflade ændrer sig hele tiden og Månens fase skifter. Men inden vi kan optage noget som helst, skal vi jo have objektet centreret i kameraets billedfelt, og fokuseret.

Centrering. Det kan godt være vanskeligt at få centreret et af Solsystemets medlemmer i kameraets billedfelt. Webcams og andre planetkameraer har et ret lille synsfelt, og vi arbejder ofte med meget lange effektive brændvidder. Begge dele gør det sværere at ramme målet.

Månen er det mindst vanskelige objekt at ramme. Brug søgekikkerten. Når blot den er indenfor billedfeltet bruges teleskopets håndkontrol på laveste hastighed, til at centrere det ønskede område.

Solen centrerer ved at observere teleskopets skygge på jorden, eller bedre; på et stykke pap holdt op bag teleskopet. Når tubusens skygge er mindst, er Solen i synsfeltet. Centrér aldrig Solen med søgekikkerten, medmindre denne er udstyret med et Solfilter.

Planeterne er de sværeste at centrere i synsfeltet, da de er små, og den effektive brændvidde højest. Sørg for at søgekikkerten er helt præcist justeret, sådan at teleskopets synsfelt svarer nøjagtigt til krydsets midte i søgekikkerten. Brug ikke diagonal når søgekikkerten justeres. Kig "straight through" med samme barlow som skal bruges til optagelsen og brug et okular med relativt lav forstørrelse. Hvis det er for svært at finde planeten med barlow, kan denne fjernes og planeten centrerer med okularet alene, hvorefter barlowen genindsættes og planeten centrerer igen. Juster nu søgekikkerten så planeten sidder lige i krydset, og check

at den stadig er centreret i hoved teleskopet. Med en således præcist justeret 50mm søgekikkert kan det godt lade sig gøre at centrere en planet, selv ved meget lang brændvidde på hoved teleskopet.

Fokusering. Når teleskopet er sat op til planetfoto, kigger vi først gennem det, med et okular for at centrere planeten. Derefter skiftes okularet ud med kameraet. Planetkameraer bruger næsten altid 1.25" næsestykke, så det er ligetil at bytte de to. Vi vil nu sandsynligvis opdage at okularets og kameraets fokuspunkter er forskellige. Når planeten er fokuseret i okularet, er den ude af fokus når der skiftes til kamera. Det kan gøre det vanskeligt overhovedet at se om planeten er i kameraets synsfelt, ligesom kameraets indstillinger for eksponeringstid, gain og så videre også har betydning for om planeten kan ses. Første gang en planet skal centreres og fokuseres, må vi prøve os lidt frem, men når det rent faktisk er lykkedes at fokusere planeten med kameraet, kan vi genindsætte okularet i teleskopet *uden at justere på fokuseringen*. Sandsynligheden taler nu for at okularets fokuspunkt ligger længere ude end kameraets. Hvis det er tilfældet kan okularet gøres "parfokalt" med kameraet, ved hjælp af en parfokal ring til at spænde om okularets 1.25" rør. Næste gang bruges det parfokale okular til at centrere planeten, hvorefter kameraet er tæt på fokus når det sættes i. Et parfokalt okular kan ikke bruges til fin fokusering. Den skal foretages bagefter, mens man ser planeten live på computerskærmen. Det parfokale okular er til grov fokusering.

Selve finfokuseringen er kritisk ved planetfoto. Nemmest er det med et motoriseret okularudtræk, så vi kan justere fokus frem og tilbage, mens vi stirrer stift på planeten på computerskærmen. Som tidligere nævnt kræver planetfoto god seeing. Er seeingen dårlig er det helt umuligt at finde fokuspunktet.

Filterhjul. Hvis kameraet er et webcam eller et andet farvekamera, skal der bare optages en billedserie til hvert færdigt foto. Hvis et monokromt kamera benyttes til farvebilleder skal der skiftes filter to eller tre gange. Det tager tid at skrue filtre af og på kameraet, så et filterhjul eller en filterskinne er næsten uundværlig til RGB billeder med monokromt kamera. Der er kun en meget begrænset tid til rådighed til at optage de serier der skal indgå i billedet (se lidt senere).

Optagelse af planeter, Sol og Måne. Selve optagelsen af billedserier til planetfotos er som oftest en øvelse i tålmodighed. Vi sidder ved computeren med kameraets preview kørende på skærmen, alt imens vi venter på en periode med god seeing – som alt for tit aldrig kommer. Kun et fåtal af nætter om året kan teleskopet få lov at yde sit bedste. Dårlige atmosfæriske forhold bør dog ikke betyde at en fotosession helt opgives. Nogle gange bliver resultatet bedre end man tror.

Eksponeringstid kan der ikke siges noget præcist om, bortset fra at den, så vidt muligt, bør holdes under 1/5 sekund for at kunne fastfryse de korte øjeblikke med god seeing. Men eksponeringstiden vil variere efter objekt, teleskopets apertur og den effektive brændvidde. Det er en god ide at skrue op for gain, trække histogrammet sammen om signalet eller hvordan det nu gøres i det pågældende program, for at booste signalet og få mulighed for at reducere eksponeringstiden. Prisen for at gøre det, er at billedet bliver mere støjfuldt. Kunsten er at finde den længste eksponeringstid hvor seeingen stadig kan fastfryses godt, for dermed at kunne få det bedst mulige signal/støjforhold i billederne. I Danmark kan vi sjældent fastfryse seeingen med eksponeringer der er længere end 1/5 sekund. Ofte er det nødvendigt med 1/50 sekund. Her kommer teleskopets apertur også ind i billedet: Et stort teleskop samler mere lys, og en passende pixelopløsning kan opnås ved et mindre f/forhold. Eksponeringstiden kan derfor reduceres mere med et stort teleskop, før støjen bliver uacceptabel. Det er altså ikke kun med hensyn til opløsningsevne at et stort teleskop er en fordel for planetfoto.

Her kommer nogle anbefalinger om optagelse af de forskellige objekter i Solsystemet. Det anbefales at bruge et planetarieprogram til at finde de bedste observations perioder for Solsystemets medlemmer. Det vi skal gå efter er at fange planeten når den står højest omkring syd – eller rettere i timerne omkring tidspunktet hvor den krydser syd meridianen. Venus, Merkur og en ny eller gammel Måne, står aldrig i syd om natten, så her må vi gå på kompromis.

Planeterne. Planeterne roterer, og der er derfor kun en begrænset tid til rådighed for optagelse af den, eller de billedserier der skal indgå i et færdigt billede. Bruger vi for lang tid, vil overfladedetaljerne i første og sidste billede i serien være forskudt for meget i forhold til hinanden, og billedet bliver udtværet. Den maximale tid vi kan bruge afhænger af seeingen og pixelopløsningen. Dårlig seeing tværer detaljer ud, og undersampling fjerner ligeledes detaljer fra billedet. Anbefalingerne her gælder for god seeing og en pixelopløsning i omegnen af 1/8 buesekund. Hvis der skal optages serier i RGB, til et farvebillede med monokromt kamera, kan den samlede tid, for alle serierne der skal indgå i billedet godt strækkes lidt mere, da farvelagene til en vis grad kan justeres ind i forhold til hinanden. **Jupiter** kan tåle omkring 4 minutter før rotationen begynder at degradere billedet. **Mars** kan klare ca. 5 minutter. **Venus** viser faser, men ingen detaljer i hvidt lys, så her kan der kombineres enkeltbilleder som er optaget indenfor en time eller længere. Venus kan vise detaljer i skydækket, i violet eller UV, men det er lidt uklart hvor hurtigt disse skyer ændre sig. 10 minutter burde ikke give problemer. **Merkur** viser også faser, og det er muligt – men meget svært – at fotografere grove overfladedetaljer. 10-15 minutter er rimeligt. **Saturn** er et specielt tilfælde. Egentlig gør dens hurtige rotation at vi bør begrænse tiden til 4-6 minutter, men Saturns ringe og skybånd er som regel helt jævne rundt om planeten. Vi kan derfor godt kombinere frames optaget over et par timer eller mere. Det skal dog siges at Saturn somme tider fremviser storme, der ses som små pletter i skybåndene. Disse storme kan fotografere under de bedste seeing forhold, og de vil selvfølgelig blive tværet ud hvis serien strækker sig over lang tid. **Uranus** og især **Neptun** viser sjældent andet end meget grove detaljer i teleskoper fra Jorden, og serierne kan derfor strække sig over et kvarters tid eller mere. **Pluto** er så svag at den skal optages med deepsky teknik.

Vi går desværre ind i en periode hvor Jupiter og Saturn står lavt på himlen i Skandinavien. Lav højde er temmelig fatalt for planeter, da vi så skal se gennem meget mere atmosfære, og chancerne for god seeing derfor reduceres. I 2009 kan vi dog se frem til at Jorden krydser Saturns ringes plan, således at ringene ses lige fra kanten. I 2009 har Saturn stadig en rimelig højde, og der skulle være chance for at tage billeder af denne begivenhed.

Mars ses bedst i nogle måneder hvert andet år, hvor den kommer tæt nok på jorden til at overfladedetaljer kan ses. Der er forskel på afstanden under hver Mars opposition, og de næste af slagsen vil ikke være de bedste.

Uranus og Neptun står ret lavt på himlen, men de kravler ganske langsomt højere op.

Venus og Merkur kan ses skiftevis om morgenen før solopgang, og om aftenen inden solnedgang. Venus og til dels Merkur kan fotografere om dagen, men det er selvsagt svært at finde dem på daghimmelen.

Månen. Månen kan fotografere på flere måder. Vi kan lave et billede af hele Månen, eller vi kan zoome ind på kratere og bjerge. Vi er altså ikke bundet af at optimere pixelopløsningen til at vise de finest mulige detaljer seeingen og teleskopet tillader. Det kommer an på hvad vi vil med billedet. Hvis vi vil tage nærbillede ved lang brændvidde, er teknikken den samme som for planeterne. Altså: Vent på god seeing og tag en billedserie eller avi. Hvis vi går efter detaljer i omegnen af ¼ buesekund, sådan som det en gang imellem er muligt, er tommelfinger reglen om mindst 8" apertur den samme som for planeterne. Hvis vi fotografere Månen i hel figur kan stort set alle teleskoper være med. Månen roterer ikke set fra vores synspunkt, og fasen ændrer sig kun langsomt, så billedserien kan strække sig over en halv times tid. Brug gerne et grønt filter eller IR pass hvis kameraet er monokromt. Det forbedrer kontrasten, og reducerer effekten af seeing og atmosfærisk dispersion.

Solen. Solen kan fotografere i hvidt lys, calcium eller h-alpha. Den kan også fotografere i andre bølgelængder, men de tre er hvad amatører normalt har mulighed for. Solen kan, ligesom Månen, fotografere i hel figur eller som nærbilleder. Vi går normalt ikke helt så langt op i brændvidde som ved planetfoto. Seeingen er anderledes om dagen; den kan sagtens være god, men den kan ikke altid bære de helt store brændvidder, og Solteleskoper har ofte mindre apertur. Detaljer på Solens overflade kan ændre

sig meget hurtigt, især i h-alpha lys, hvor der somme tider kun er 20-30 sekunder til rådighed når en serie skal optages. I hvidt lys og kalcium kan vi strække serien til et minut eller to.

Vi har nået Solplet minimum i 2008, og udsigten til interessante Sol billeder skulle blive bedre i de kommende år.

Billedbehandling

Kalibrering. Kalibrering er ikke lige så vigtigt for solsystem fotos, som for deepsky. Eksponeringerne er jo meget korte, og der vil derfor ikke opbygges meget dark current. Vi stacker også normalt mange flere frames til et planetfoto, hvorfor støj bedre kan jævnnes ud. Endelig har vi ofte et bedre signal/støjforhold i billederne, da Månen og planeterne lyser klart. Vælger vi alligevel at kalibrere er en darkframe i alt væsentligt det samme som en bias frame, på grund af den korte eksponeringstid.

Flatfield frames kan der være fornuft i at tage, hvis der er tale om billeder af Månelandskaber, eller Solbilleder, altså billeder der har lidt mere udstrækning end en lille planet midt på chippen. På den anden side bruger vi jo sjældent store chips til planetfoto, men vignettering kan somme tider være et problem alligevel, f.eks ved brug af h-alpha filter. Støv på chippen, eller tæt på denne, bør undgås ved planetfoto. Det er mere ødelæggende for planetfotos end det er for deepsky.

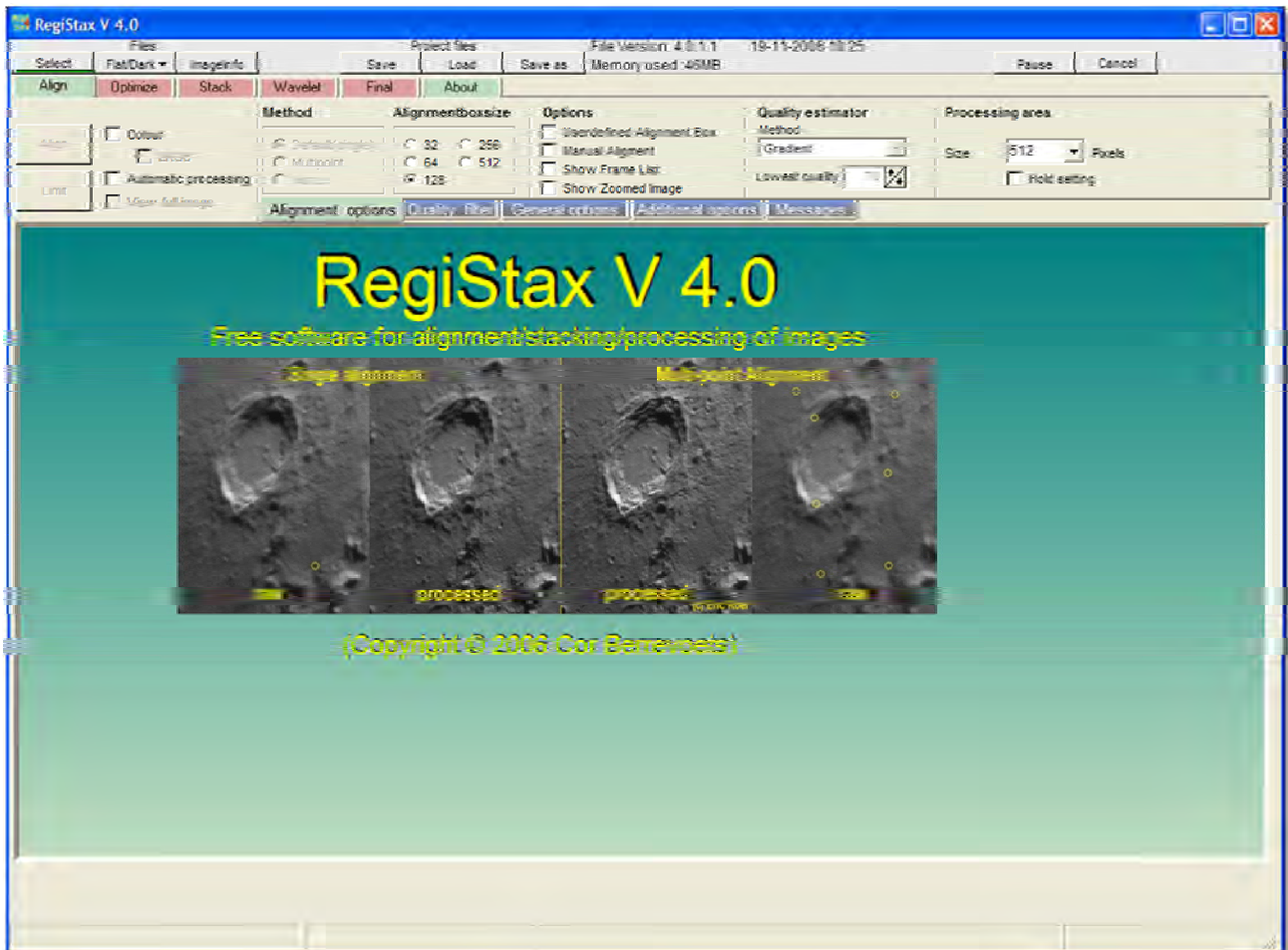
Udvælgelse af gode frames. Når vi har fået nogle gode billedserier eller avi'er i kassen skal de uskarpe frames kasseres. På en rigtig god nat kan op til halvdelen af billederne i en serie bruges, men det normale er at langt færre er skarpe nok til at indgå i stakken til det færdige billede. Programmet Registax, som bruges til at stacke billederne, kan automatisk sortere enkeltbillederne efter kvalitet. Det fungerer, men ikke nær så godt som hvis vi sorterer billederne manuelt. Registax forfatter, Cor Berrevoets siger selv at det menneskelige øje (og hjerne) er bedre til at sortere billeder efter kvalitet, end software. Registax giver mulighed for at gennemgå frame listen og fjerne afkrydsning ud for de frames der ikke duer. En anden mulighed er at bruge en viewer, som for eksempel ADSee, til at gennemgå billederne. Det giver mulighed for at se billederne i fuldskræms visning, med sort baggrund, så der ikke er noget der distraherer øjet. Hvis vi bruger et kamera der optager avi film, skal filmens frames konverteres til bitmap billeder før vi kan bladre igennem dem med de fleste viewere. Det lille gratis program Avi2bmp er perfekt til formålet. Programmets hjemmeside er død, men det kan downloades her: http://www.astrofoto.dk/astrofoto/avi2bmp_0_49c_us.zip . Et andet program, som har lidt flere funktioner, men til gengæld er shareware, kan findes her: <http://www.am-soft.ru/aviedit.html> . Avi2bmp er dog alt hvad der er brug for, til lige netop det formål.

Programmet Lucam Recorder, <http://www.lucamrecorder.de/> som bruges til Lumenera kameraer, har sit eget SER format. Det er en slags 16 bit avi, som kan loades direkte i Registax.

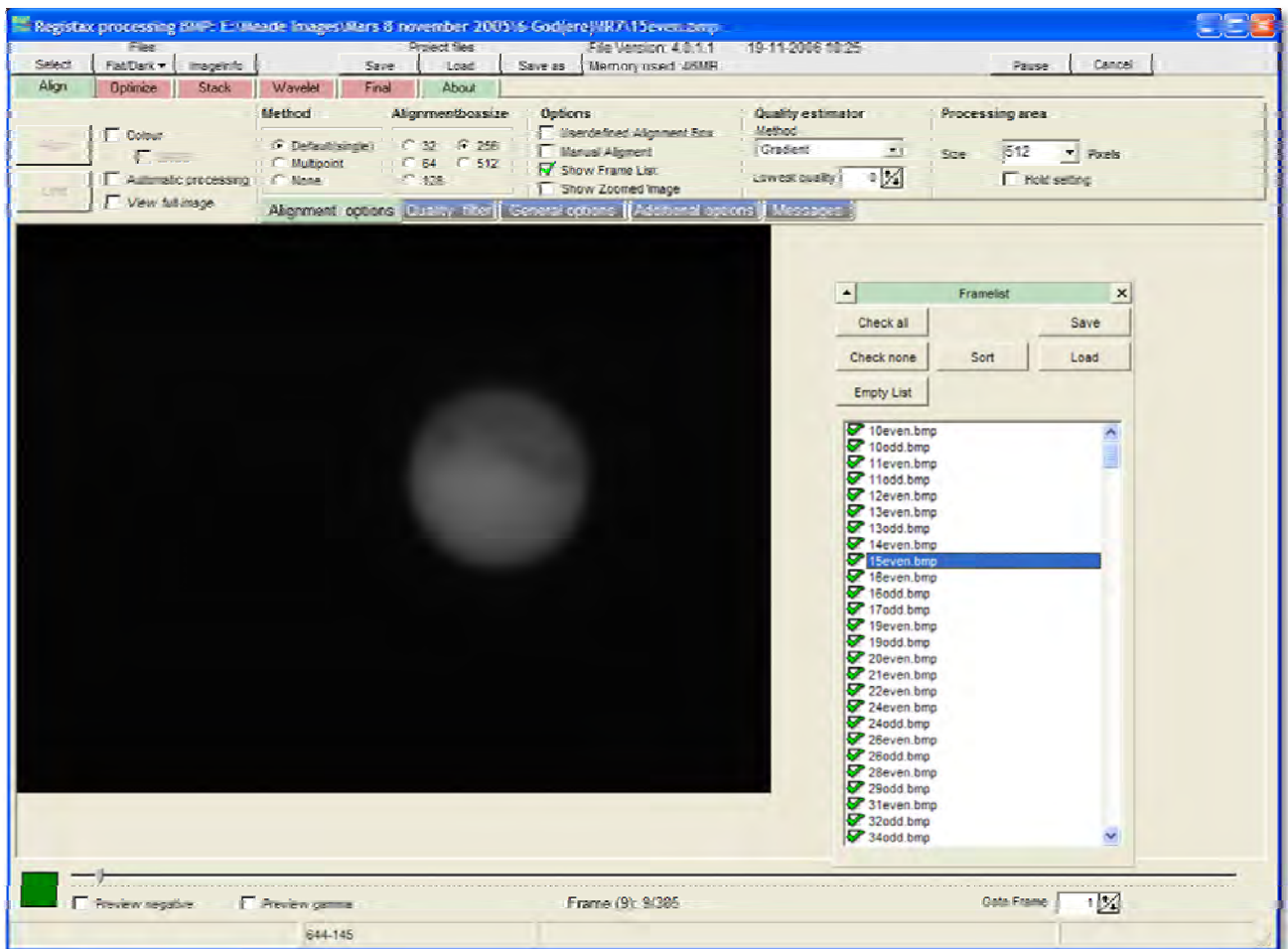
Resize. Der er også en anden god grund til at konvertere avi'er til bitmap billeder. Det giver mulighed for at resize enkeltbillederne til f.eks. dobbelt størrelse. Enkeltbilleder i dobbeltstørrelse kan betyde at Registax har lettere ved at aligne på en eller flere detaljer i billederne, særligt hvis enkeltbillederne gives en mild gang sharpening inden stacking. Slutresultatet efter stacking kan blive et skarpere billede, som eventuelt kan downsizes, hvis det trods alt er for stort. Mange billedbehandlingsprogrammer, som for eksempel Paintshop Pro, har en batch funktion der giver mulighed for at resize en masse billeder i et hug. Brug bicubic eller lignende algoritme der gør det forstørrede billede mere jævnt, og gem billederne som bitmaps, ikke jpeg eller andre komprimerede formater. Registax har det normalt også bedst med bitmap billeder.

Ved resizing kan det være en god ide at bruge et skævt tal, f.eks. 187 %, eller noget i den stil. Det kan i nogle tilfælde hjælpe med at undgå pixelering og andre artefakter

Stacking i Registax. Registax <http://www.astronomie.be/registax/> må siges at være standard programmet til at producere færdige planetfotos, ud fra en masse enkeltbilleder eller en avi. Programmet har en ikke uvæsentlig del af æren for planetrevolutionen i de senere år, og så er det endda gratis. Registax er nu nået til version 4, og udviklingen af v. 5 er i gang. Programmet har en glimrende manual, som det anbefales at læse grundigt, men den er dog på Engelsk. Her kommer en kort gennemgang af stacking proceduren i Registax:



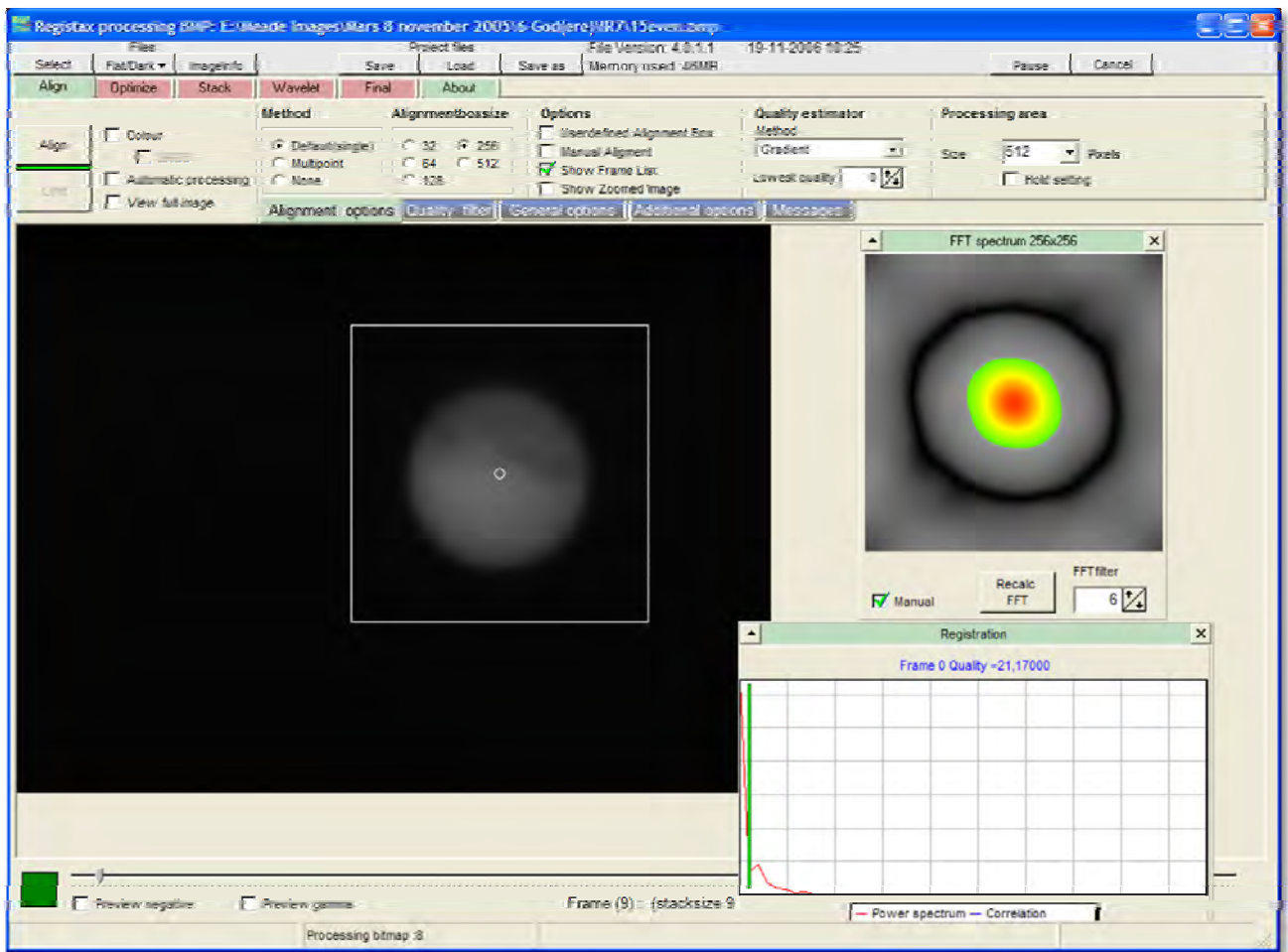
1. Åbningsbilledet i Registax version 4. Klik på Select i øverste højre hjørne for at åbne en avi, eller en serie billeder. Billedfiler fra en eller flere mapper kan også trækkes direkte over i vinduet, men avi'er skal åbnes via Select.



2. Klik på Show Frame List, for at få vist alle billederne i listeform. Pil ned, på tastaturet bladrer igennem billederne. Her kan billederne sorteres manuelt, ved at fjerne hakket ud for billeder af dårlig kvalitet. Hvis vi gør det, eller hvis billederne er sorteret på forhånd, skal vi huske at sætte Lowest Quality til nul. Det vil forhindre Registax i at kassere nogle af billederne automatisk. Men det er kun hvis billederne sorteres manuelt, hvad der som sagt anbefales. Ellers kan vi lade Lowest Quality stå på den værdi Registax foreslår.

Den lange slider nederst kan også bruges til hurtigt at køre billederne igennem. Det er nyttigt til at danne sig et overblik over kvaliteten af billederne. Vi kan også fjerne hakket ud for billeder der hopper for voldsomt rundt i feltet, og som Registax vil have svært ved at aligne. Desværre følger frame listen ikke med når slideren flyttes.

Kør ned gennem listen til et billede af god kvalitet. Billedet skal bruges som udgangspunkt for stackingen, så det er vigtigt at vælge et godt billede.

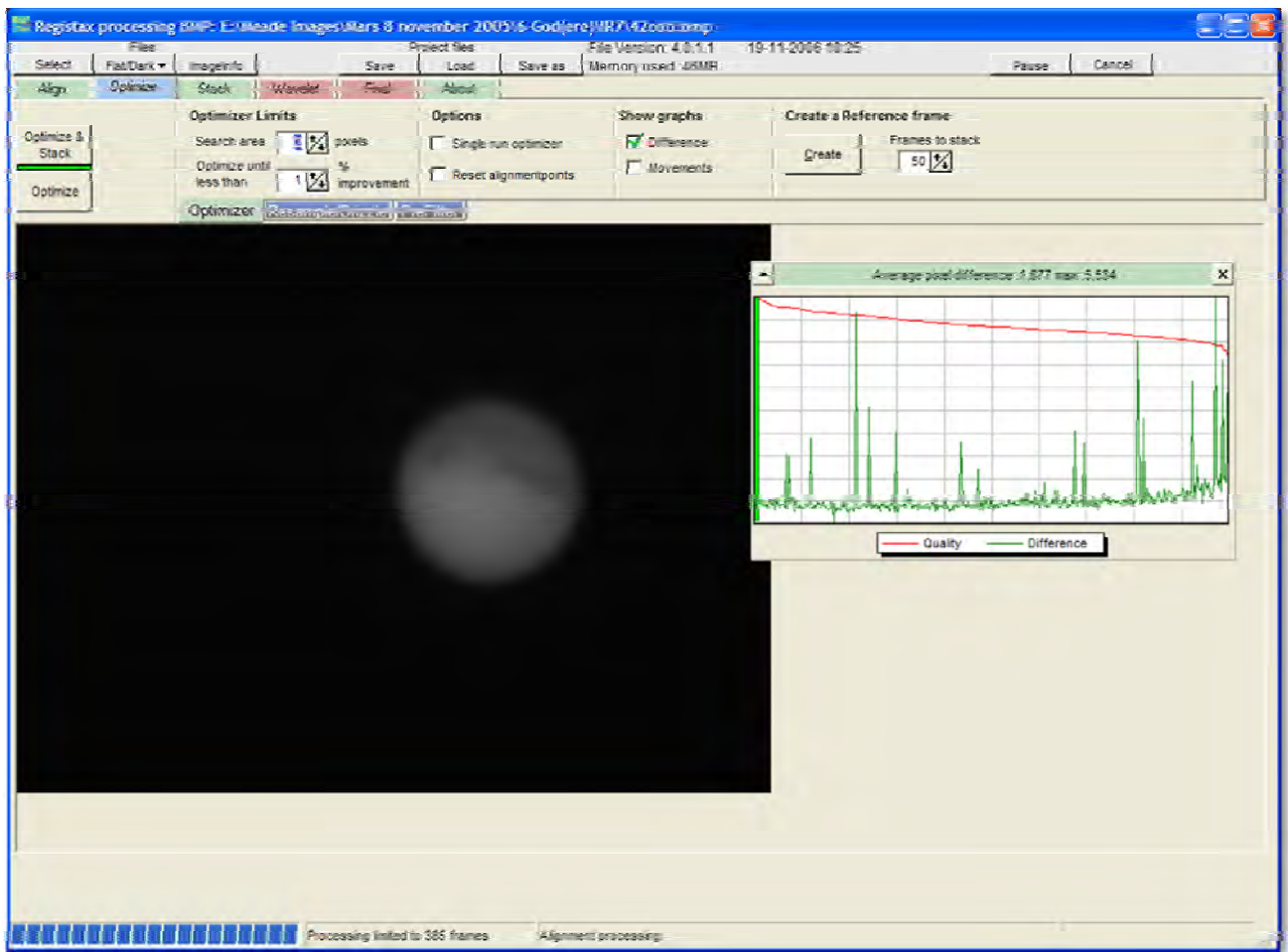


3. Hvis motivet er en planet, som i eksemplet, vælges en Alignmentbox size der dækker hele planeten. Hvis det er et Månebillede er 128 eller 256 et godt udgangspunkt. Klik på midten af planeten, eller på en lille, kontrastrig feature på Månen. Solen udfordrer Registax, men Solpletter er gode at aligne på.

Kig nu på det lille FFT Spectrum vindue. Et udseende som i eksemplet giver god chance for at Registax aligner billederne korrekt. Pletten skal være ret koncentreret mod midten af vinduet. Hvis der er rød/gul/grønne plamager over det hele kan det give problemer. Udseendet ændres ved at forhøje værdien for FFT filtret.

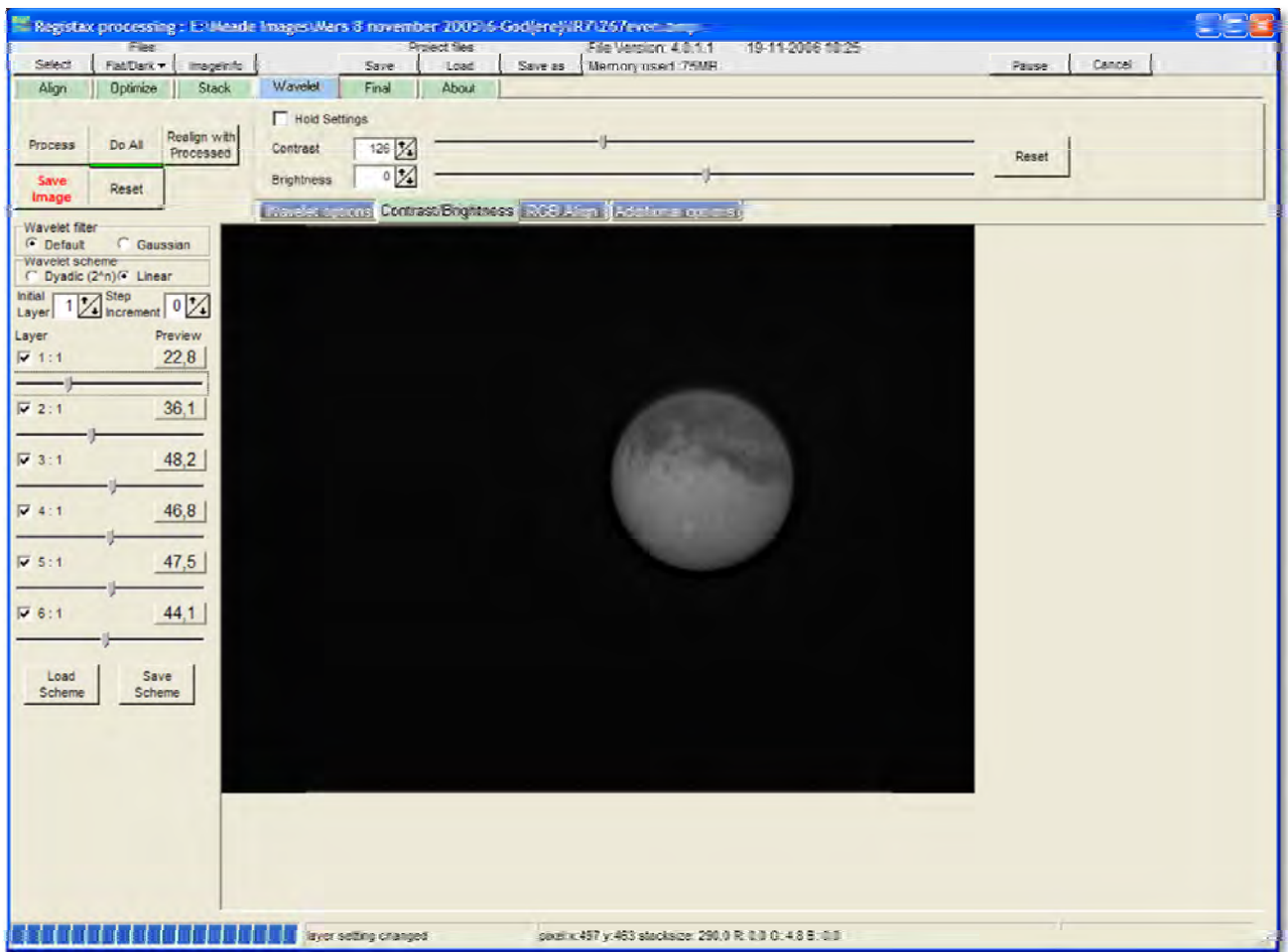
Klik på Align. Registax kører nu igennem den første alignment rutine. Hvis billedet hopper meget rundt kan der opstå alignment fejl. Så kommer Registax med en besked om at den ikke kan finde alignment punktet. Her kan vi klikke OK, og derefter selv klikke på det rigtige punkt i det aktuelle billede, hvorefter Registax fortsætter. Vi kan også klikke Ignore, så sætter Registax punktet der hvor den tror det er. Den sidste mulighed, All, Betyder at alle den slags frames bliver udeladt fra stakken.

Når den første alignment er færdig klikkes på Limit. Limit begrænser antallet af frames til dem Registax synes er af god kvalitet, alt efter indstillingen i Lowest Quality. Hvis vi på forhånd har udvalgt de frames vi vil have med, og derfor har sat Lowest Quality til nul, kommer alle frames med.



4. RegiStax skifter nu til Optimize fanen. I det lille Average Pixel Difference vindue, Kan vi se på de mange spidser at nogle af billederne er dårligt alignede. Det sker fordi planeten normalt – på grund af vind og trackingfejl - hopper lidt rundt fra billede til billede i serien. RegiStax kan have svært ved at følge den, også selv om vi har hjulpet til. Det er derfor nødvendigt at optimere billedernes alignment yderligere. Hvis første alignment resulterer i en meget god alignment, uden spidser, kan optimize stadiet helt springes over, og vi kan gå direkte til stack fanen. Jeg vil dog anbefale at man altid kører optimize.

Vi kan vælge hvor meget RegiStax skal optimere billedernes alignment, under Optimizer Limits. Lad bare værdierne stå på 2 og 1, og klik på Optimize and Stack.



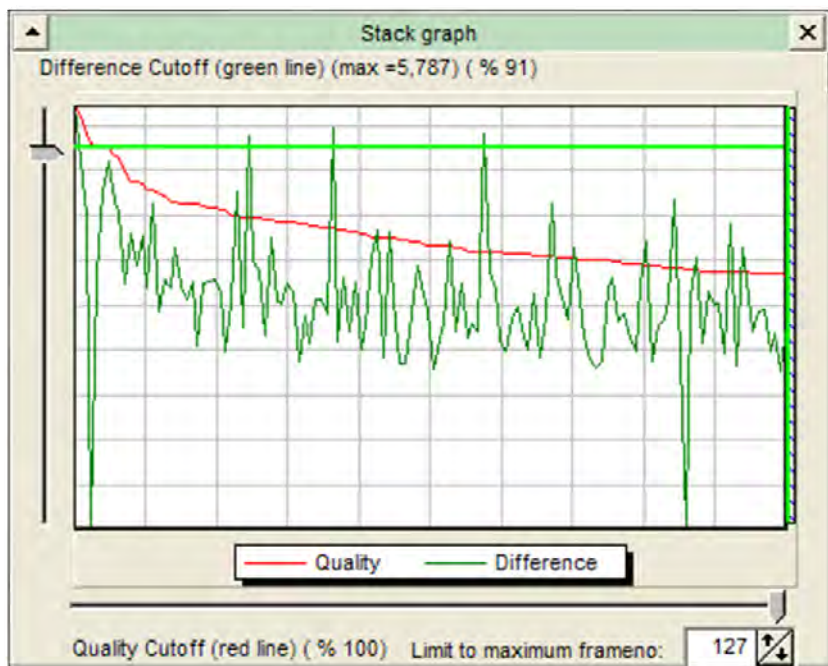
5. Nu optimerer Registax billedernes alignment, indtil der er mindre end en procent forskel i alignment. Registax skifter derefter til Stack fanen, hvor billederne stackes. Når stackingen er færdig skifter Registax til Wavelet fanen.

I Wavelet fanen når vi til det magiske øjeblik hvor Registax viser os om det hele har været besværet værd. De seks Wavelet filtre i venstre side, er inddelt efter størrelsen af de detaljer de påvirker. De mindste detaljer øverst og de største nederst. Eksperimenter med at trække sliderne mere eller mindre til højre, indtil der er en god balance mellem skarphed og støj i billedet. Prøv eventuelt også Gaussian Wavelet filter i stedet for Default. Klikker man på de små knapper over Wavelet sliderne, vises hvilke detaljer de hver især påvirker i billedet.

I underfanen Contrast/Brightness kan billedets lys og kontrast ændres, om nødvendigt.

Klik på Do All, for at give hele billedet de valgte wavelet filtre, og klik på Save Image, for at gemme resultatet.

Flere muligheder i Registax. Det var den korte version, men Registax gemmer på mange flere muligheder, som vi her kun har plads til at skrabte lidt i overfladen af.



Stack Graph. Hvis vi går tilbage til Stack fanen og sætter hak i Show Stack Graph, får vi dette vindue frem. Her vises Registax's kvalitetsbedømmelse af billederne som den røde linje, og alignment kvaliteten som den grønne graf.

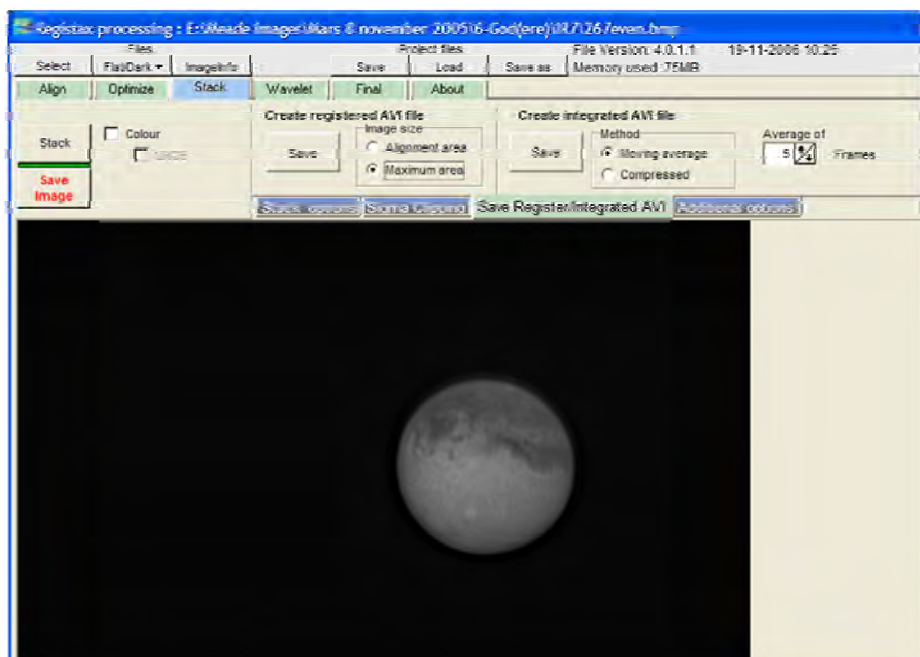
Ved at trække i den nederste slider kan vi scrolle igennem billederne og se hvordan Registax har bedømt kvaliteten. De dårligst bedømte frames findes i højre side. Erfaringsmæssigt gør Registax et nogenlunde godt arbejde i kvalitetsbedømmelsen, men der er mange "smuttere", billeder af god kvalitet som hører til i venstre side. Det er årsagen til at det anbefales at kvalitetssortere billederne

manuelt, og sætte Lowest Quality til nul når billederne alignes.

Men hvorom alting er så kan vi begrænse de dårlige frames, ved at trække slideren mod venstre. På den måde udelades disse frames når stackingen gentages.

Den lodrette slider kan bruges til udelade frames der af en eller anden grund ikke er blevet alignet godt nok. De ses som høje spidser på grafen.

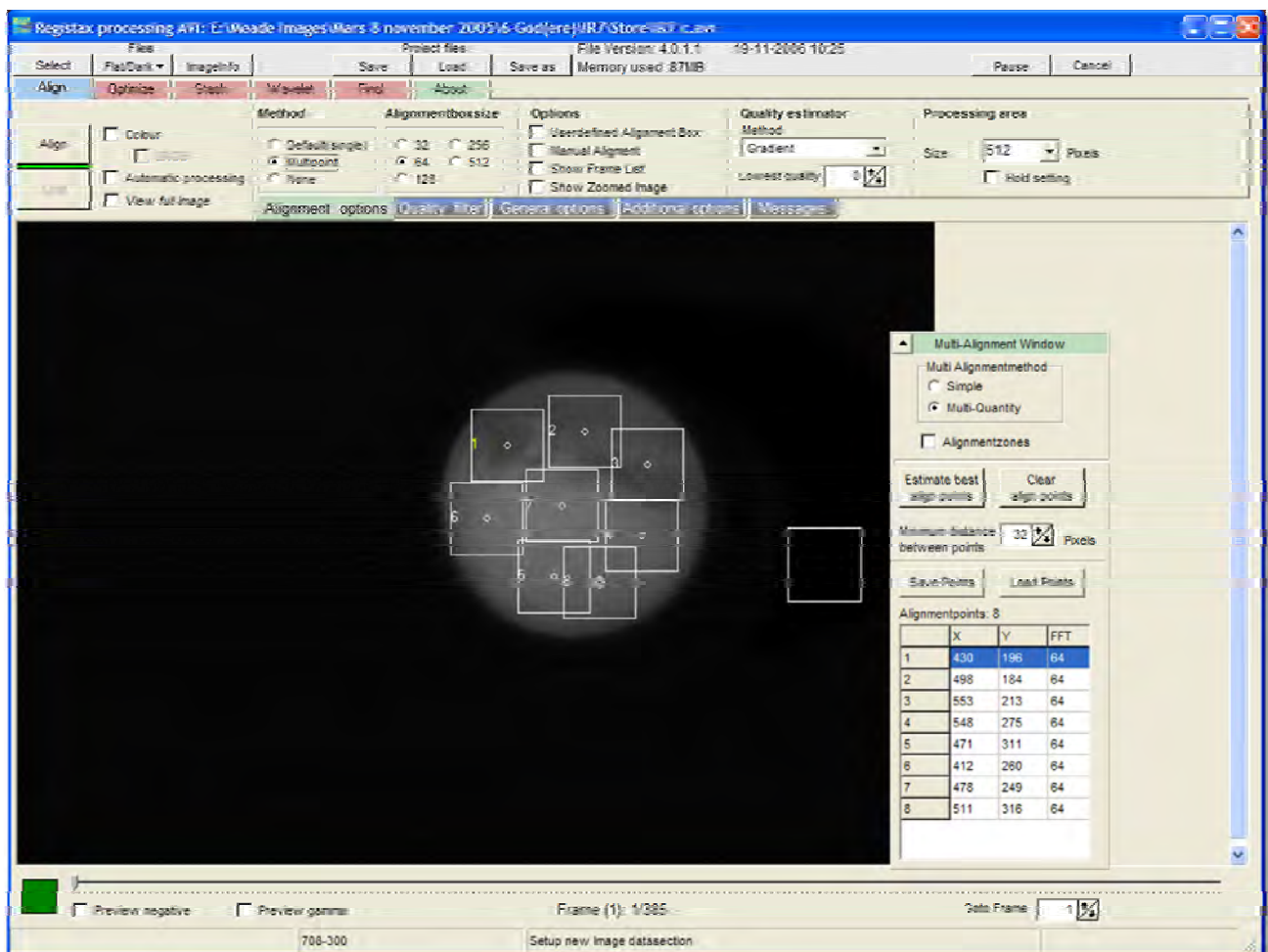
Save Registered Avi. I det følgende går vi ud fra at der er tale om stacking af planetfotos, men metoden virker også fint til Solen og Månen. Hvis vi bliver i Stack fanen og går ned til underfanen Save Register/Integrated Avi, åbner der sig en interessant mulighed. Sørg for at billedserien er alignet og optimeret. Vælg derefter indstillingen Maximum og klik på Save (under teksten Save registered avi). Registax gemmer nu en ukomprimeret avi, hvor planeten står fuldkommen stille, som om filmen var optaget med en high-end montering i stille vejr.



Denne avi kan åbnes i Registax, hvor alignment kan gentages med en af de mindste alignment boxe, for større præcision.

Det er også muligt at åbne denne avi i programmet AVI2BMP som blev nævnt tidligere. Der kan vi gemme alle aviens frames som bitmaps. Disse bitmaps kan resized til en større størrelse via en batch process i et billedbehandlings program. Så har vi en billedserie af planeten, i stort format, hvor planeten ikke hopper rundt, men står stille. Hele proceduren er tabsløs, med hensyn til billedkvalitet. Men hvorfor i alverden dog gå igennem alt det besvær vil læseren nu sikkert spørge. Jo pointen er at vi nu har en billedserie af en planet, som det er muligt at lave Multi Alignment Processing på.

MAP. Multi Alignment Processing er en af de spændende nyheder i Registax 4. Seeing påvirker skarpheden tilfældigt henover billedfeltet. Dele af billedet kan være skarpe og andre dele slørede. Vi har i Danmark også tit den slags seeing hvor hele billedet kan være skarpt, men detaljerne er warped og trukket ud af facon. Hvis vi stacker et sådant billede med et enkelt alignment punkt, f.eks. midt i billedet, bliver resultatet et fint, skarpt billede omkring alignment punktet, mens de andre dele af billedet er mindre skarpe.



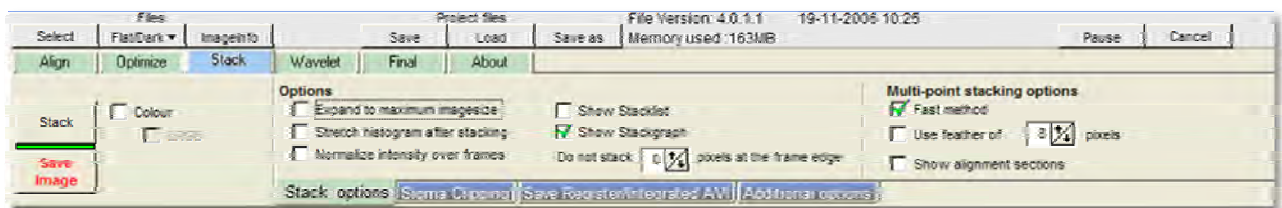
Vejen ud af det problem er at bruge mange alignment punkter og stacke af flere gange. Før Registax 4 var det besværligt, idet hele processen skulle gentages manuelt, og de resulterende billeder skulle stykkes sammen i et billedbehandlings program. Meget besværligt, men alligevel var det noget vi ofte gjorde, fordi resultatet bliver så meget bedre. Med Registax 4 er MAP rutinen blevet automatiseret.

Det siger sig selv at MAP virker bedst for udstrakt motiver, som Månen og Solen, men det virker faktisk også på planeter, og det var så årsagen til at vi brugte tid på at få gemt en registered avi og få dens frames resized. ovenfor kan vi se hvordan det er muligt at lave MAP på Mars, med mange små alignmentt boxe.

Og herunder ses resultatet af sådan en behandling.



Der er endnu et par pointer ved Multi Point Alignment.



Under Multi-point stacking options kan vi vælge Fast Method til eller fra. Hvis vi vælger Fast Method kvalitetsbedømmer Registax billederne for det første alignment punkt, og bruger det samme kriterium for resten af punkterne. Hvis vi fravælger Fast Method foretager Registax en ny kvalitets sortering for hvert nyt alignment punkt. Det sidste kan godt være en fordel, da der som nævnt ofte er forskel henover et billede.

Under Fast Method står der Use Feather Of - og så et valgfrit antal pixels. Det er et forsøg på at rette et af de største problemer ved MAP i sin nuværende inkarnation. Nemlig at der nogle gange kan ses streger i det færdige billede, der hvor alignment områderne er sat sammen. Ved at bruge en feather på 5-10 kan stregerne ofte reduceres. Der er dog ingen garanti for at de helt forsvinder, og dette problem er noget der forhåbentlig bliver rettet op på i næste version af Registax.

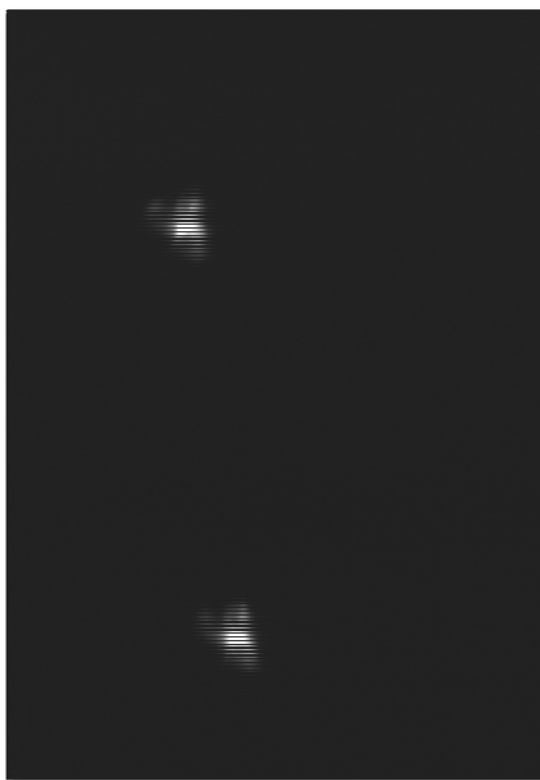
DSI Pro til planetfotos

Meades Deepsky Imager Pro I og II er deepsky kameraer, men hvis man har et af dem liggende, har man også et fremragende planetkamera. DSI Pro er 16 bit kameraer og det er en fordel at have en stor bit dybde, også ved planetfoto. De frygtede "rings of death" man somme tider ser i billeder fra 8 bit webcams, skyldes de trinvis gråtoneovergange der kommer når kun en del af dynamikområdet udnyttes.

Overgangene fremhæves af sharpen filtre, og ses som koncentriske ringe mod planetens rand. Det er lettere at undgå ringene når kameraet ser flere gråtoner. Et 8 bit kamera kan kun se 256 gråtoner, mens et 16 bit kamera kan se mere end 65.000. De mange gråtoner gør det muligt at lave en ret kraftig stretch af histogrammet allerede i optagefasen. Det øger kontrasten i preview billedet og gør det nemmere at fokusere, og det gør det muligt at gemme billederne som en serie af bitmaps uden risiko for ringe, idet billederne gemmes som de vises i preview. Bitmaps er nemmere at arbejde med i den nødvendige efterbehandling af billederne. DSI Pro benytter også Sonys Exview chip, som er en af de bedste planet chips. Af de grunde er DSI Pro *potentielt* et af de bedste planetkameraer.

DSI Pro'erne har dog også et par alvorlige ulemper: De kan kun tage 4-5 billeder i sekundet, og de er interlace kameraer. Det betyder at hvert billede fra et DSI Pro I eller II, faktisk er en dobbelteksponering. Der eksponeres to gange umiddelbart efter hinanden: Første gang bruges kameraets lige linjer og anden gang de ulige linjer. Der er kun en brøkdel af et sekund mellem de to eksponeringer i dobbeltbilledet, men det er nok til at ødelægge billedet. Seeing effekter, trackingfejl og vind gør at de to billeder stort set aldrig passer sammen. Selvom de hver for sig kan være gode begge to, resulterer sammenlægningen i et halv eller heldårligt billede.

Det der er brug for er at kunne skille dobbelteksponeringen ad i to enkeltbilleder. Det er heldigvis også muligt om end det giver en hel del ekstra arbejde. Programmet Paintshop Pro – og muligvis også andre programmer – har en funktion der hedder deinterlace. Den findes i menuen Adjust > Add/Remove Noise > Deinterlace. Med denne funktion kan vi dele et DSI Pro billede op i dets to komponenter, og gemme dem hver for sig. Hvert delbillede ses ved at klikke på odd og even. Nu er det jo ikke spændende at deinterlace 1.500 billeder manuelt og gemme dem med nye navne, men her kommer Paintshop Pro's fremragende batch funktion til hjælp. Her kan vi optage en makro af proceduren for et enkelt billede. Det gøres i menuen File > Script > Start recording. Det resulterende script kan senere afspilles på en masse billeder ved at vælge File > Batch Process. Sørg for at de interlacede billeder bliver gemt som nye bitmaps, de må ikke overskrive original filerne. Det er nødvendigt at lave to scripts som begge skal køres på original billederne. Det ene script skal deinterlace



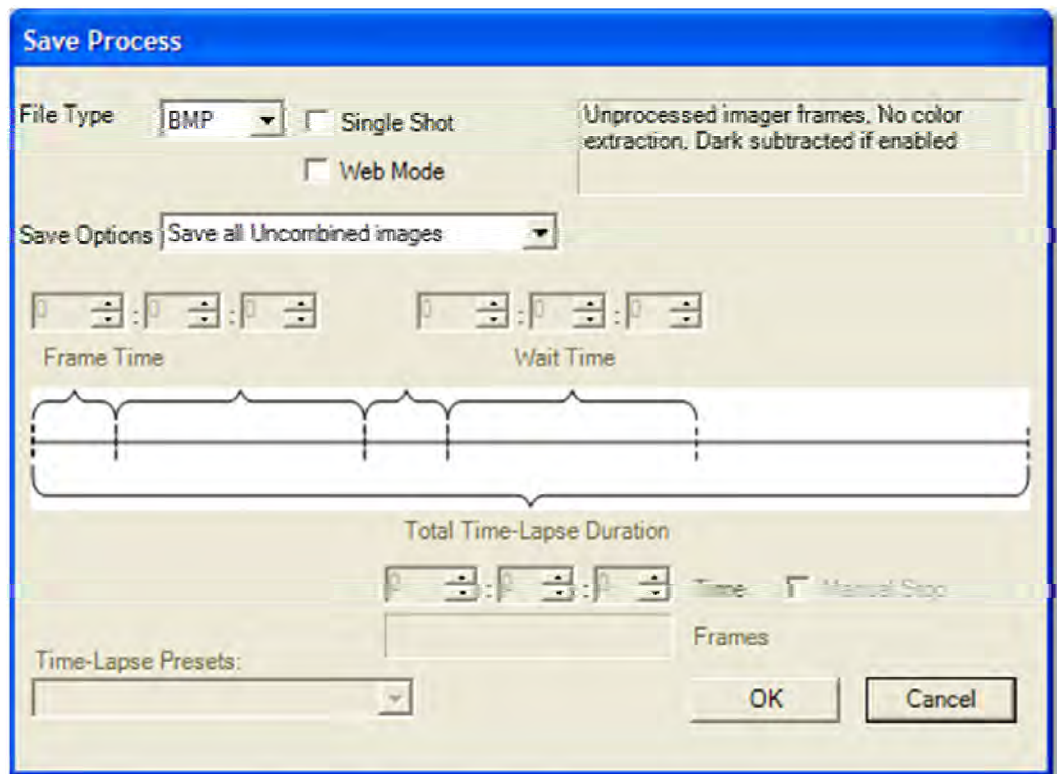
DSI Pro dobbelteksponering af ISS, den internationale rumstation.

odd, og det andet even. Slutresultatet bliver dobbelt så mange nye billeder som original billederne vi startede med.

Her: http://www.astrofoto.dk/astrofoto/Deinterlace_PSP_X2.zip findes en Zip fil med to scripts der passer til Paintshop Pro X2. Placer de to filer fra Zip filen på skrivebordet. I Batch Process dialog boksen I Paintshop Pro, findes en drop down menu der hedder Script. Åbn den og klik på File Location i højre side og tilføj skrivebordet, ved at klikke på Add, og navigere til skrivebordet. Efter det vil de to scripts kunne vælges i Batch Process dialog boksen.

Først når deinterlace proceduren er gennemført kan vi begynde at udvælge de skarpe billeder, og slette de dårlige. Det anbefales endnu engang at gøre det manuelt frem for at lade Registax bestemme kvaliteten.

For at kunne bruge DSI Pro seriøst til planetfoto må vi altså ikke lade Envisage stå for stackingen af billederne. Vi må have alle enkeltbillederne gemt som bitmaps i optagefasen, og bruge proceduren som er beskrevet ovenfor. Det gøres ved at vælge BMP og Save all uncombined images, som vist til venstre.



Den nye DSI Pro III laver ikke interlacede billeder, så dens output burde kunne bruges direkte uden alt besværet. Jeg har dog ikke testet dette kamera og ved ikke hvor godt det ellers er til planetfoto. Frame raten er for eksempel en vigtig ting.

RGB kombinerer

Når vi bruger monokromt kamera til farvebilleder bruges Registax til at stacke de tre serier optaget gennem RGB filtre. De tre billeder RGB kombineres i Photoshop til et farvebillede, på samme måde som beskrevet i deepsky delen. Også her kan det være nødvendigt at justere farvekanalerne, for at få en god farvebalance.

LRGB billeder, for eksempel med IR pass som luminance, laves også på samme måde som deepsky billeder.

Alignment og rotation er sjældent noget problem med planetfotos. Det er let nok at flytte lagene på plads manuelt

Efterfølgende billedbehandling

Registax kan klare det meste af hvad der skal til for at billedbehandle planetfotos. Alligevel kan det godt være nødvendigt at Photoshøpe lidt på dem. Photoshop har f.eks. bedre værktøjer til lys og kontrast, og mulighed for at RGB kombinere billeder. Der er også mulighed for at prøve sharpening på andre måder end Registax wavelets. Curves er godt til planet billeder der trænger til lidt mere smæld. Solbilleder kan farvelægges - og så videre.

En ting jeg særligt vil fremhæve er brugen af Shadows/Highligts værktøjet på Månebilleder i fuld figur. Det virker suverænt godt til at forbedre definition og detaljer i højlys områderne på Månens dagside.

En anden ting som Registax ikke kan er at reducere støj. Gaussian Blur med en radius under 1 virker ofte godt, især på Sol og Måne fotos. Det samme gør Despeckle filtret. Filtrene kan, som andre Photoshop filtre, efterfølges af kommandoen Fade i edit menuen, hvis en mildere effekt ønskes. Gaussian Blur, Despeckle og Smart Sharpen kan med fordel kombineres i flere omgange, eventuelt også selektivt. Man kan også prøve med de muligheder for støjreduktion der blev omtalt i Deepsky delen. Støjreduktion på planeter er og bliver ret svært.

Planetfotos til videnskabeligt brug

Når Hubble teleskopet planlægger en observation af en af planeterne, er det hændt man har bedt amatørerne om at overvåge og fotografere planet, op til den planlagte observation. På den måde kan det præcise tidspunkt for Hubbles fotosession lægges sådan at eventuelle interessante fænomener er synlige når billederne tages. Det er i det hele taget overladt mere eller mindre til amatørerne at overvåge planeterne. De professionelle observatorier har kun sjældent tid til planeter, og det kan derfor have stor værdi at tage gode billeder af planeterne. Der er forskellige steder hvor planetfotos kan sendes ind så de kan blive brugt videnskabeligt:

Association of Lunar and Planetary Observers: <http://alpo-astronomy.org/>

Alpo Japan: <http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/Latest/index.html>

Yahoo gruppen Mars Observers: <http://tech.groups.yahoo.com/group/marsobservers/>

ESA har et Venus Amatør observations Projekt her: <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=38833> som skal hjælpe deres Venus Express mission.

International Outer Planets Watch: <http://www.pvol.ehu.es/index.jsp?action=iopw>

