

DSO Astrofotografering

Peter Folkesson 2015

Kursplan Dag 1

- ✦ **1. Utrustning**

Kamera, Montering, Objektiv, Teleskop, Filter, Guidning, Programvara

- ✦ **2. Datainsamling**

Tidpunkt, Objekt, Kamerainställningar, Styrprogram, Metodik

- ✦ **3. Förbearbetning**

Stackning

- ✦ **4. Efterbearbetning**

Brusreducering, Signalförstärkning, Bildbehandling, Metodik med PixInsight

Kursplan Kväll

- ✦ **Datainsamling - Fotografering 2-4 timmar**
Val av tidpunkt, objekt, utrustning (egen eller lånad)

Kursplan Dag 2

- ✦ **Förbearbetning**

Stackning av egna astrofoton

- ✦ **Efterbearbetning**

Brusreducering, Signalförstärkning, Bildbehandling i PixInsight (gratis demo-version för MacOS X, Linux, Windows på: <https://pixinsight.com/trial/index.html>)

Utrustning - DSLR-kamera

- DSLR (Digital Single-Lens Reflex)-kameror
- Canon EOS, Nikon D -serierna
Likvärdiga - Canon EOS anses (försumbart) bättre (litet mindre brus vid mörkerfoto)
- Digitala sensorer: CMOS- (aktiva pixelsensorer (fotodioder), vanligast) eller CCD (charged-couple device (kondensatorer), dyrare men känsligare)
- För astrofotografering är det viktigt att bildtagning sker externt (fjärrutlösare eller via USB)

Omodifierad DSLR-kamera

- ✦ Digitala spegelreflex-kameror (systemkameror) av standardtyp
- ✦ Stödjer vanligtvis utbytbara objektiv eller adaptrar för teleskopanslutning
- ✦ T ex Canon EOS 600D

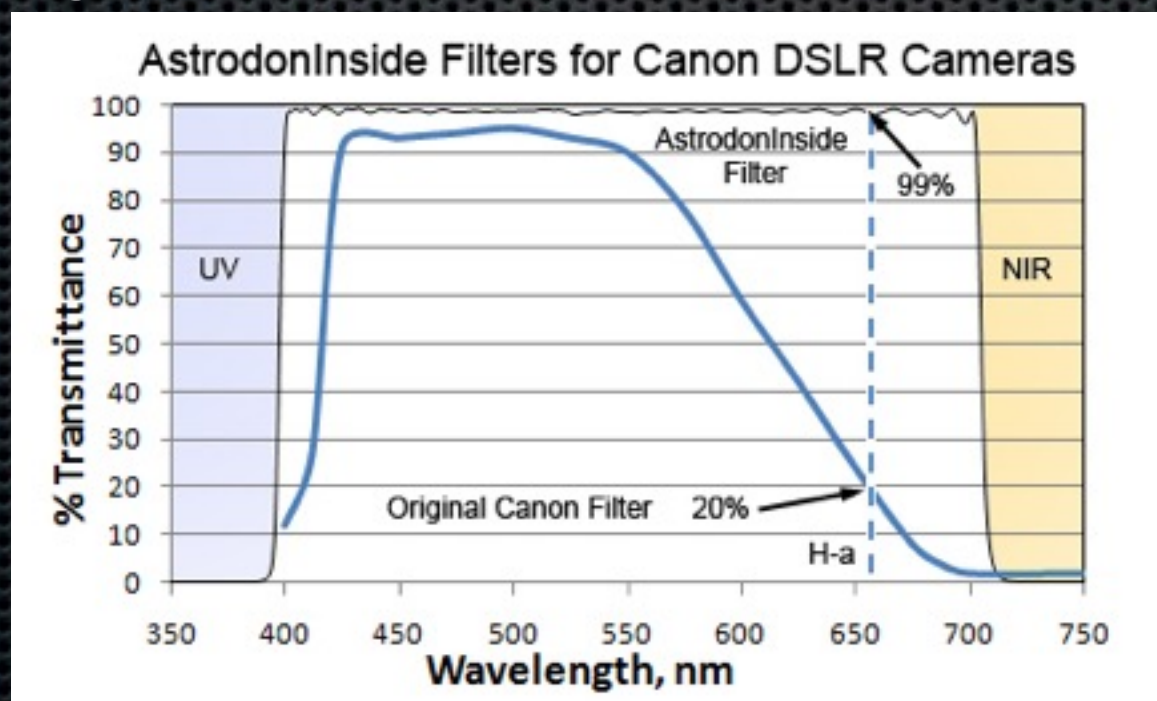
Ca pris 5000 SEK



Modifierad DSLR-kamera

- ✦ "Astro-modifierade" DSLR-kameror
- ✦ Interna UV/IR filter borttagna och eventuellt ersatta av glas eller filter
- ✦ Kräver manuell vitbalansinställning för vanlig fotografering
- ✦ Tex Canon EOS 60Da eller egenmodifierade

Ca pris 10000 SEK



Utrustning - CCD-kamera

- ✦ Kamerahus med ljuskänsliga CCD-chip och kylning speciellt avsedda för astrofotografering
- ✦ Kräver oftast datoranslutning t ex via USB för styrning och lagring
- ✦ Färg CCD vs Monokrom CCD:
Färg mindre flexibel (filter/våglängder)
ENKLARE hantera färg CCD och BILLIGARE än monokrom

Färg CCD

▪ QHY 12

Total pixel : 4640 x 3160

Active pixels: 4610 x 3080

Effective Area: 24mm*16.4mm

Pixel Size: 5.12um x 5.12um square

Color method: RGB BAYER film on CCD

Sony Super HAD CCD sensor

Readout noise: 8-10 e- @600 Kpixel/s

System Gain: 0.5e-/ADU

Fullwell:32ke-

Dynamic Range: 71dB

Support Binning: 1*1,2*2,4*4

Download speed: 25sec/6sec for full image

Preview speed: 2sec for 4*4binning image

Microlensing on chip

ABG: -100dB

16bit ADC with CDS and Preamp

USB2.0 High Speed interface

Two Stage TEC, Low power consumption

Build in Active Fan

Max Delta T=43-45 degree below ambient

Center and Tilt Adjustable construction

Build in temperature sensor

Ca pris 20000 SEK



Monokrom CCD

▪ SBIG STF-8300M+filterpaket (LRGB)

CCD Kodak KAF-8300

Pixel Array 3326 x 2504 pixels

CCD Size 17.96 x 13.52 mm

Total Pixels 8.3 Million

Full Well Capacity ~25,500 e-

Dark Current 0.002e-/p/s @ -10C

Antiblooming 1000X

Shutter Even-Illumination, Mechanical

Exposure 0.09 to 3600 seconds

A/D Converter 16 bit

Gain 0.37e-/ADU

Read Noise ~9.3e-;

Binning Modes 1x1, 2x2, 3x3, etc. - 15x15

Digitization Rate 10 Megapixels / Second

Full Frame Download Less than 1 second

Cooling -40C max. from ambient

Temp. Regulation +/- 0.1 degree

Power 12VDC, 3 amps max

Interface USB 2.0

Computer Compatibility All Windows O/S, 32-bit and 64-bit, Mac OSX

Camera Body Size 2 x 4 x 5 in (50x100x127mm)

Mounting T-thread, 2" Nosepiece

Weight 1.8 pounds (0.8 kg)

Backfocus 0.69 inches (17.5 mm)

Ca pris 40000 SEK



Utrustning - Montering

✦ **Kamerastativ:**

Stjärnljusspår

Korta (10s) exponeringar

Månen/stjärnbilder/
kometer/norrsken



Ca pris 500 SEK

Teleskopmontering

- ✦ **Altazimut montering**

Likvärdigt med kamerastativ för astrofoto men DYRARE

Teleskop kan användas som kameralins



Ca pris 1000 SEK

Teleskopmontering

✧ Ekvatoriell montering

Kan med rätt polinställning
följa objekt med en axel
(underlättar längre exponeringar)

Polsökare (inbyggd kikare)
rekommenderas



Ca pris 2000 SEK

Teleskopmontering

- ✦ **Motorstyrd ekvatoriell montering**

Nödvändig för långtids-exponeringar ($>20s$)

Guideport krävs för exponeringar $>120s$



Ca pris 4000 SEK

Teleskopmontering

✦ **GOTO-montering**

Motorstyrd ekvatoriell
montering med inbyggd
objektdatabas för att enkelt
lokalisera himmelsobjekten

Stöd för 1-4 stjärnors
positionsinställning
rekommenderas



Ca pris 8000 SEK

Utrustning - Objektiv

- ✦ Teleobjektiv

Istället för teleskop med kortare brännvidder (<600mm)

Vidvinkel-astrofotografering

Dyra men behändiga



Ca pris 10000 SEK

Utrustning - Objektiv

- ✦ Vidvinkelobjektiv

Extremt stora himmelsområden
(upp till hela himlavalvet)

Övervakning/norrsken/stjärnfall



Ca pris 5000 SEK

Utrustning - Objektiv

- ✦ Zoomobjektiv

Variabel brännvidd

Prisvärda

Sämre ljusstyrka, skärpa

Svårt behålla zoomläge

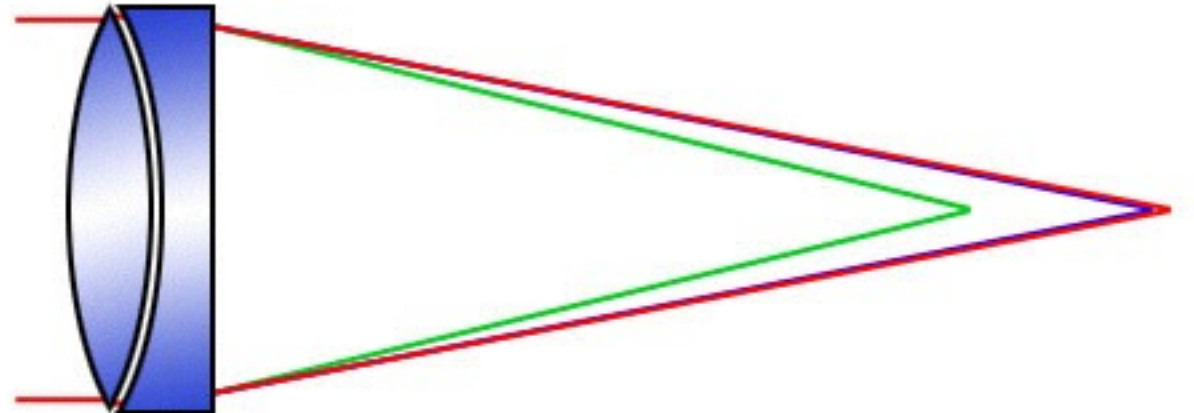
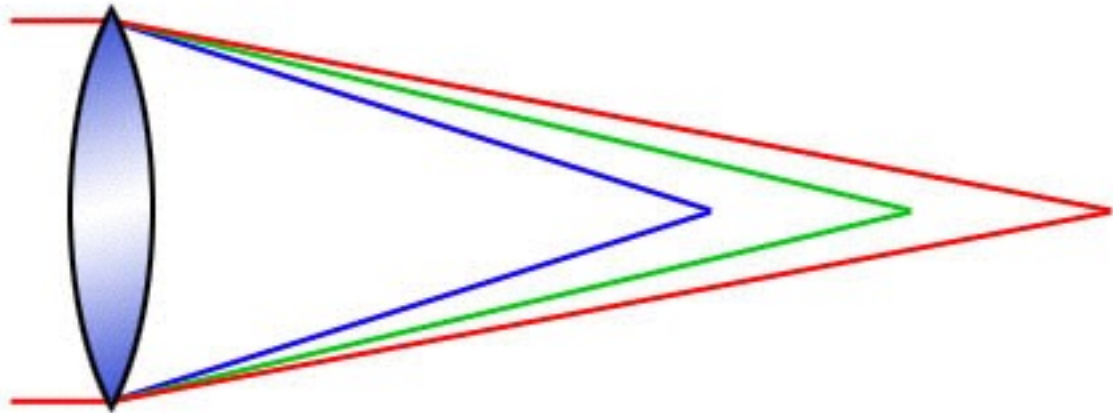


Ca pris 5000 SEK

Utrustning - Teleskop

- ✦ Refraktorteleskop
System av enbart linser
Dyra men bra skärpa
- ✦ Reflektorteleskop
System av speglar och linser
Större ljusinsläpp till lägre kostnad
Sämre skärpa

Akromatisk refraktor



- ✦ Konvex lins huvudelement
(Galileo Galilei 1609)

Bra nybörjarteleskop

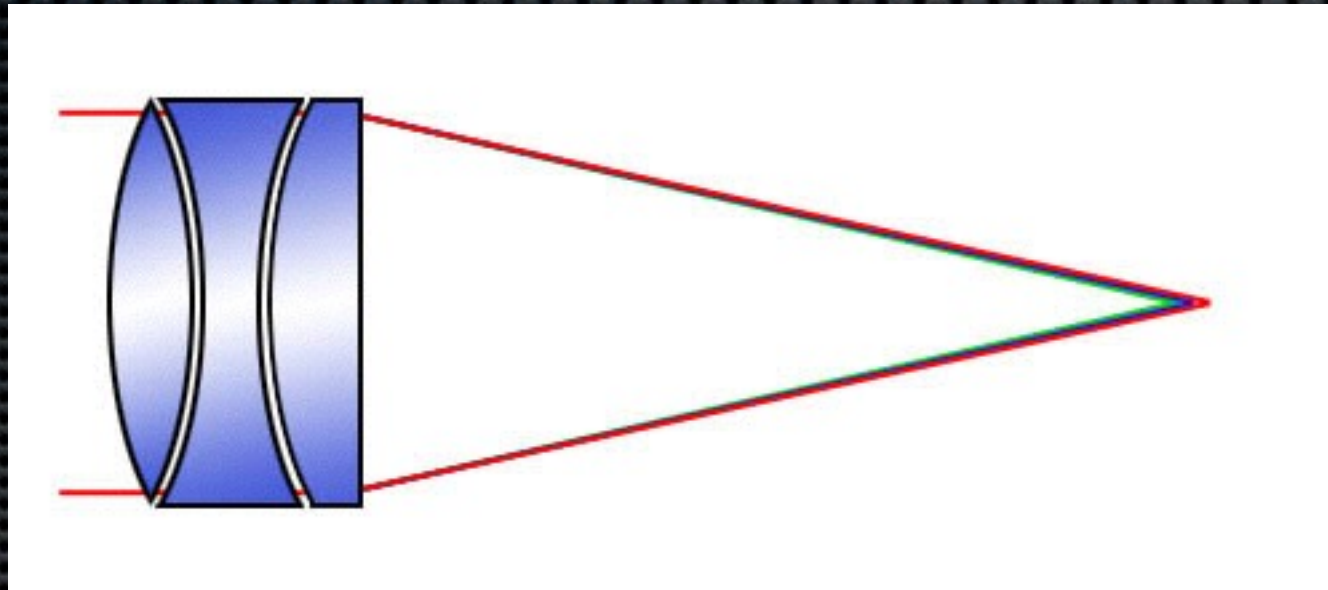
Relativt billiga

Färgfel vid hög kontrast och kanter



Ca pris 1000 SEK₂₀

Apokromatisk refraktor



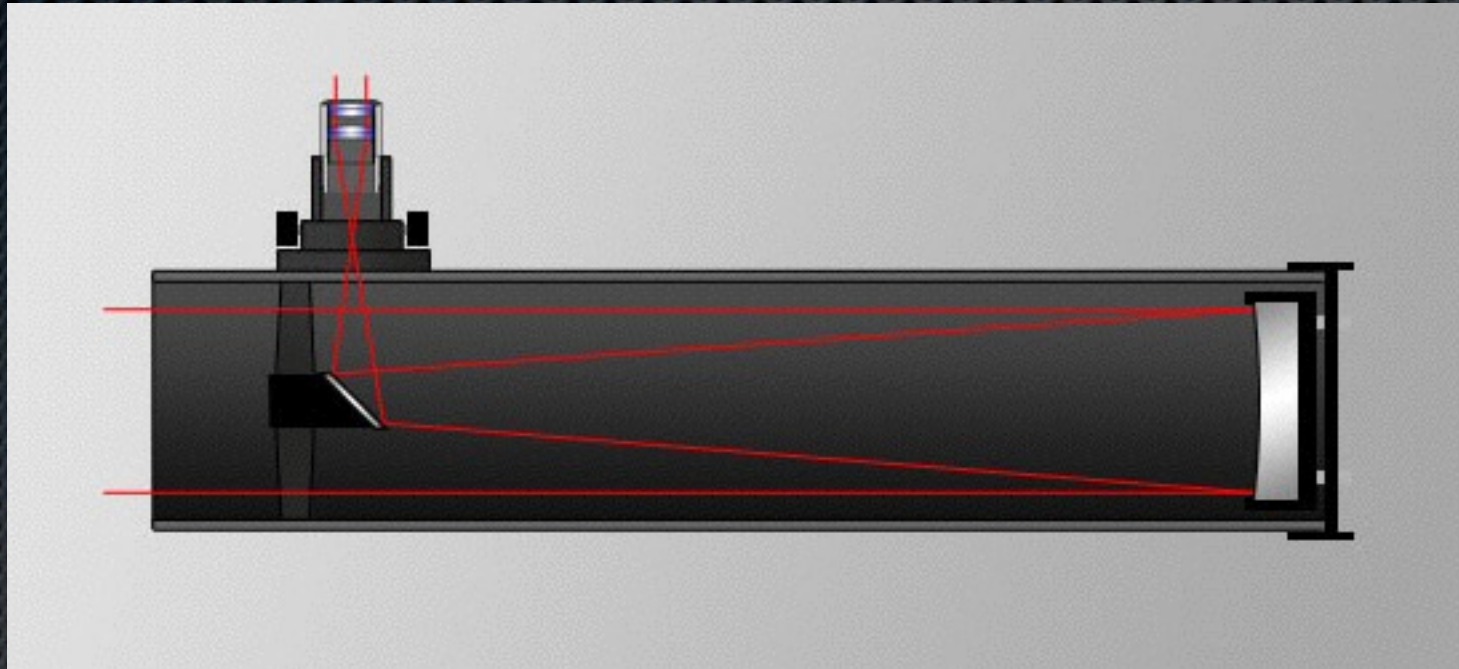
- ✦ System av tre linser (eller två hyperboliska linser)

Dyra men i stort sett fria från färgfel
Utmärkta för astrofoto

Ca pris 6000 SEK



Newton reflektor



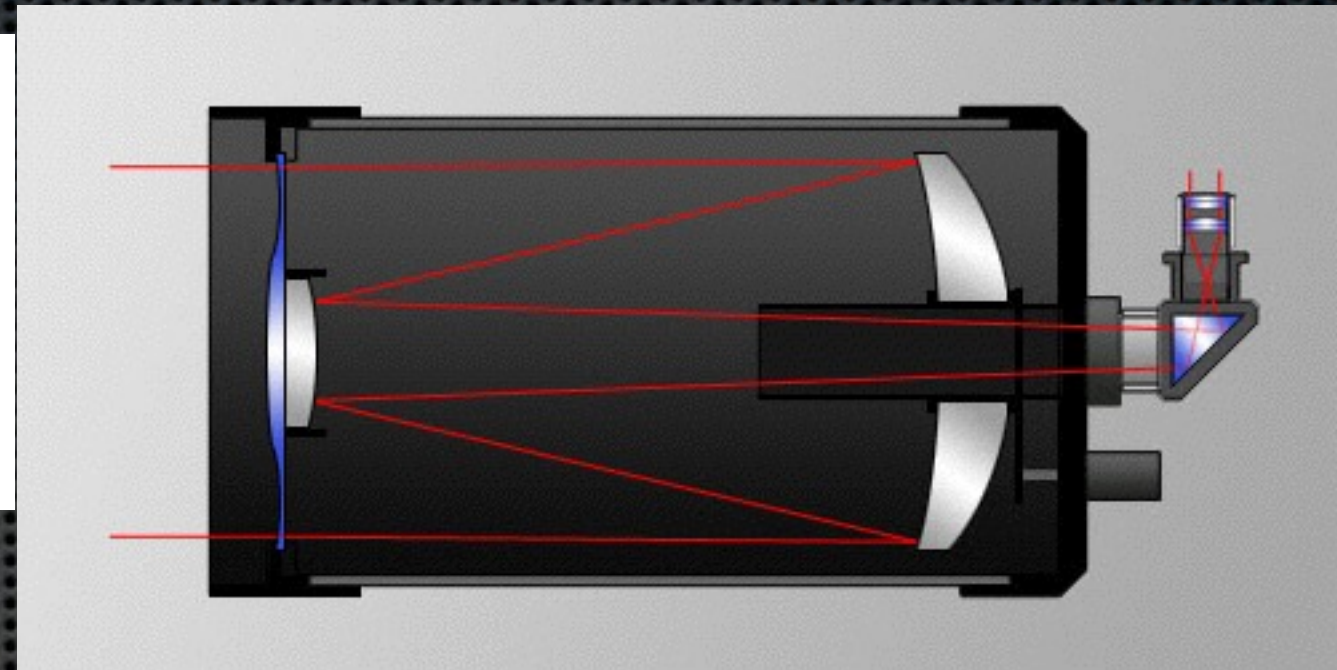
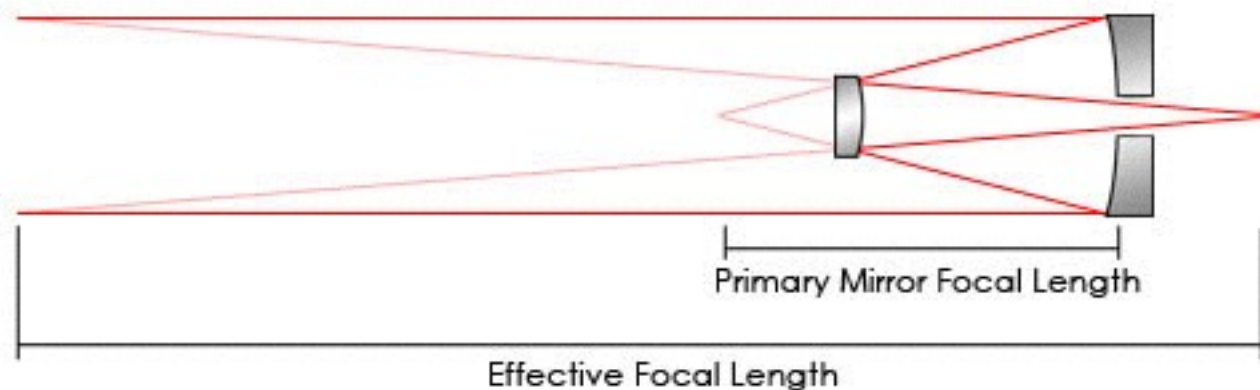
- System av två speglar
(Isaac Newton 1668)

Prisvärda och bra ljusinsamling
Inte alltid lämpliga för astrofoto

Ca pris 4000 SEK



Cassegrain reflektor

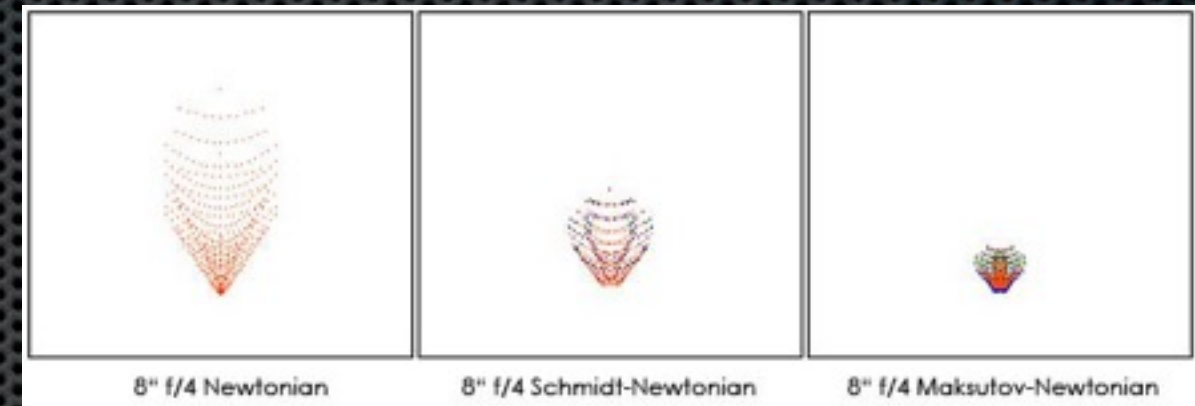
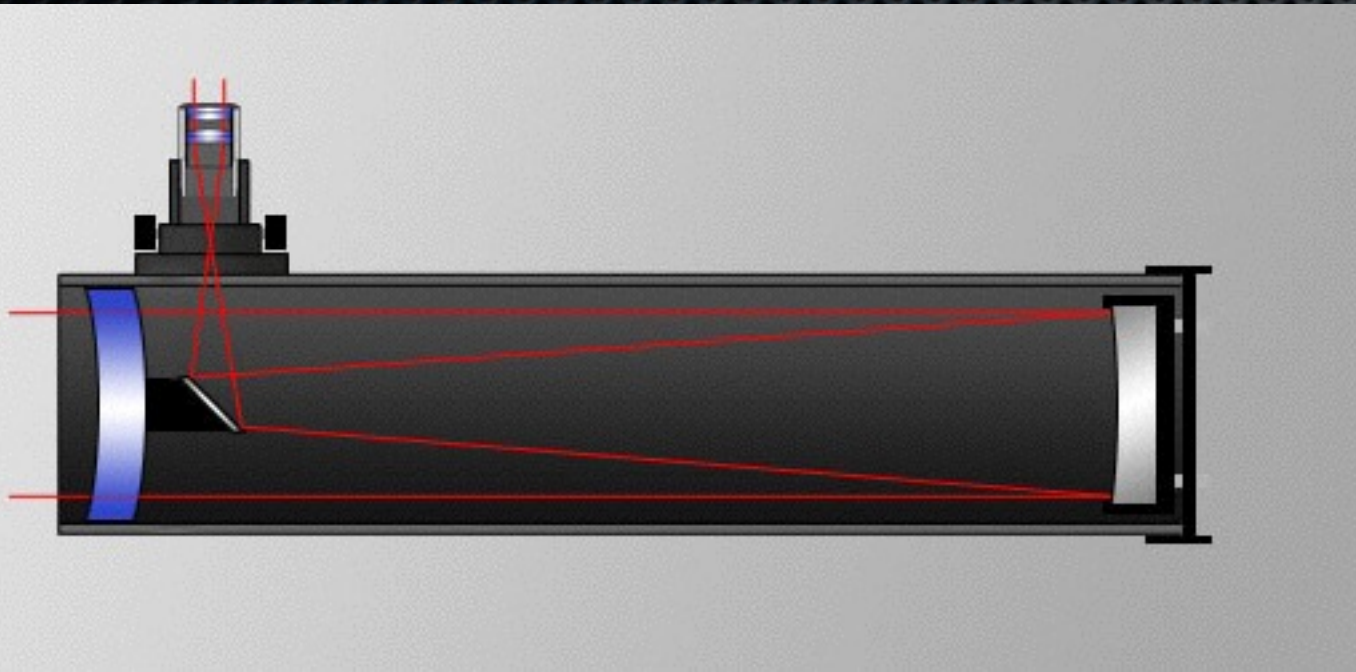


- ✦ Hål i primärspegel ger kompakt design
- ✦ Schmidt-Cassegrain vanligast
Lins och hyperbolisk spegel för bättre färgåtergivning/kanter
Utmärkt för astrofoto, speciellt med fokalreducerare



Ca pris 10000 SEK₂₃

Maksutov reflektor



- ✦ Newton eller Cassegrain teleskop med hyperbolisk lins ger bra färgåtergivning samt reducerar koma (kantfel)

Mycket bra för astrofoto men hög vikt

Ca pris 10000 SEK



Utrustning - Fokalreducerare

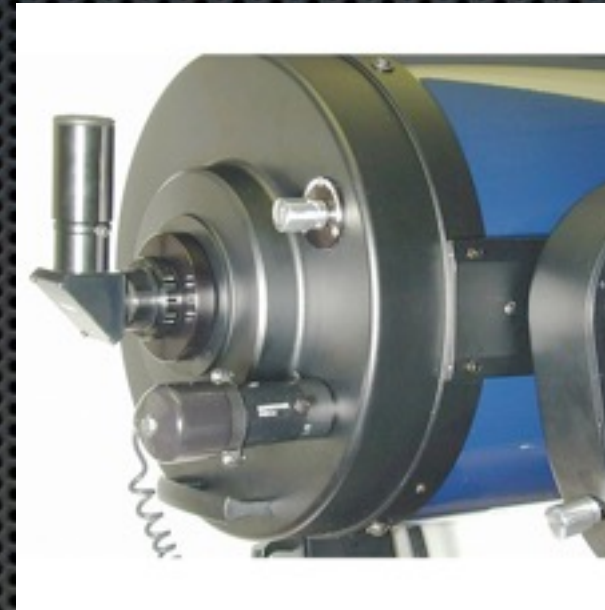
- ✦ Lins som reducerar brännvidden
- ✦ Finns för både refraktorer och reflektorer
- ✦ Ger mer vidvinkel och ljusare bild

Ca pris 1000 SEK



Utrustning - Fokuserare

- ✧ Fokusering viktigt - använd kamerans "liveview"
- ✧ För bästa resultat rekommenderas elektroniskt styrd fokusering (handkontroll eller datorstyrd via USB)

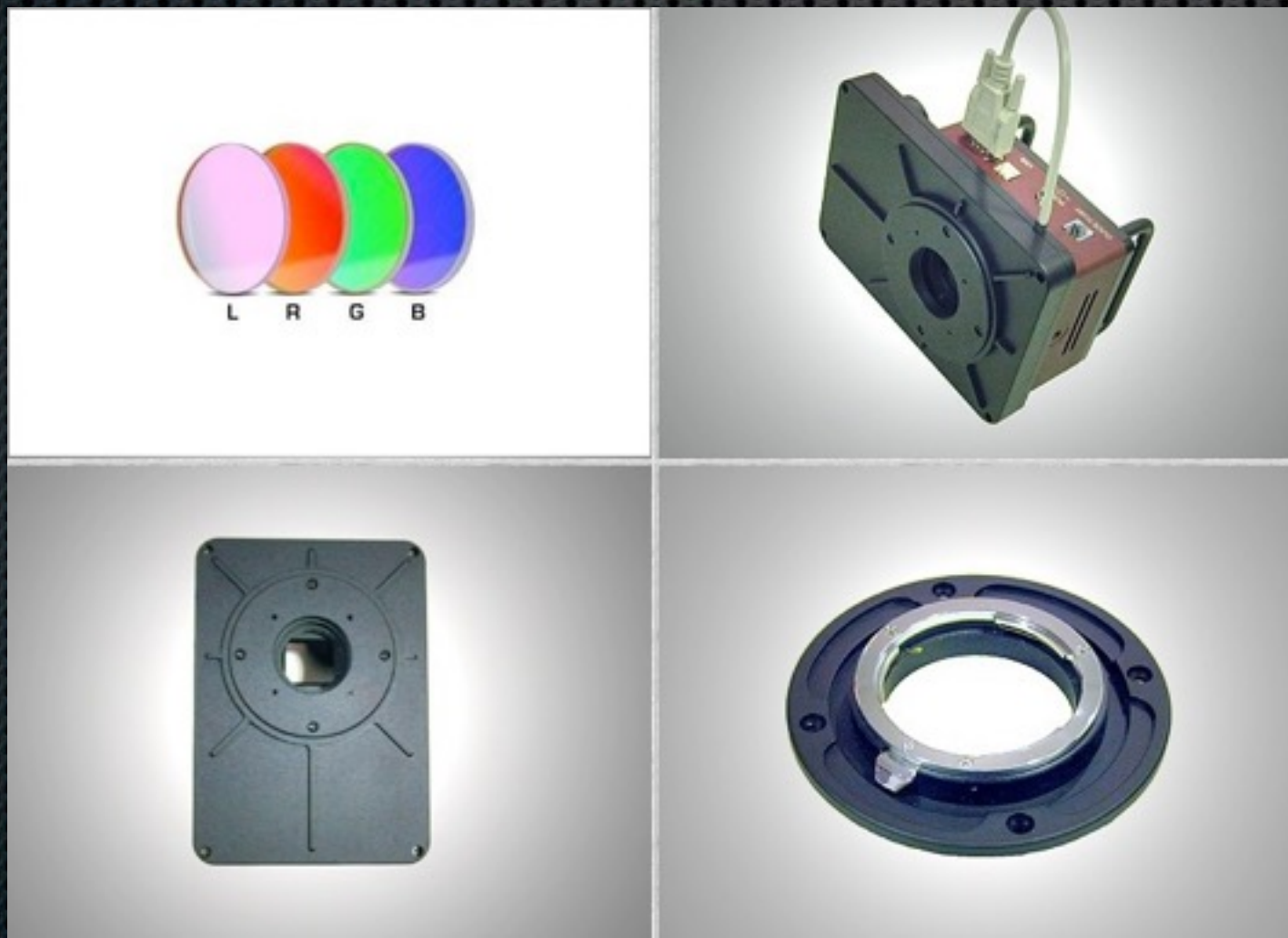


Ca pris 1000 SEK

Utrustning - Filter

- ✦ Färgfilter med filterhållare (filterhjul)

Primärt för färgåtergivning med monokroma kameror



Ca pris 5000 SEK

Smalbandsfilter

- Släpper igenom ett smalt band av färgspektrum för att öka kontrasten hos nebulosor, t ex OIII eller H-alfa



Ca pris 1000 SEK

Real Filter-Spectrum, taken with MPI-DADOS-Spectrograph

Ca Hg H β OIII Hg Na H α O $_{2\text{em}}$ O $_{2\text{em}}$

Comparison Solar-Spectrum (incl. Solar absorption lines)

BAADER O III
Narrowband 8,5nm
CCD-Filter

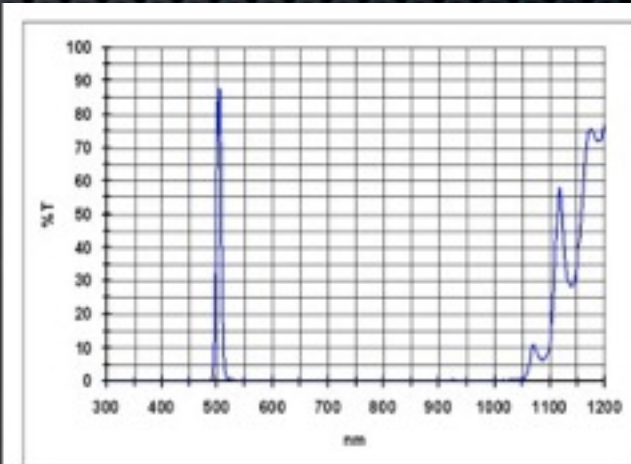
2"

planeoptically polished/hard coated Item No. 2458436

Premium grade OIII-CCD-Filter for fast optical systems
f10 to f2.8, IR-blocked, NO halos, NO reflections

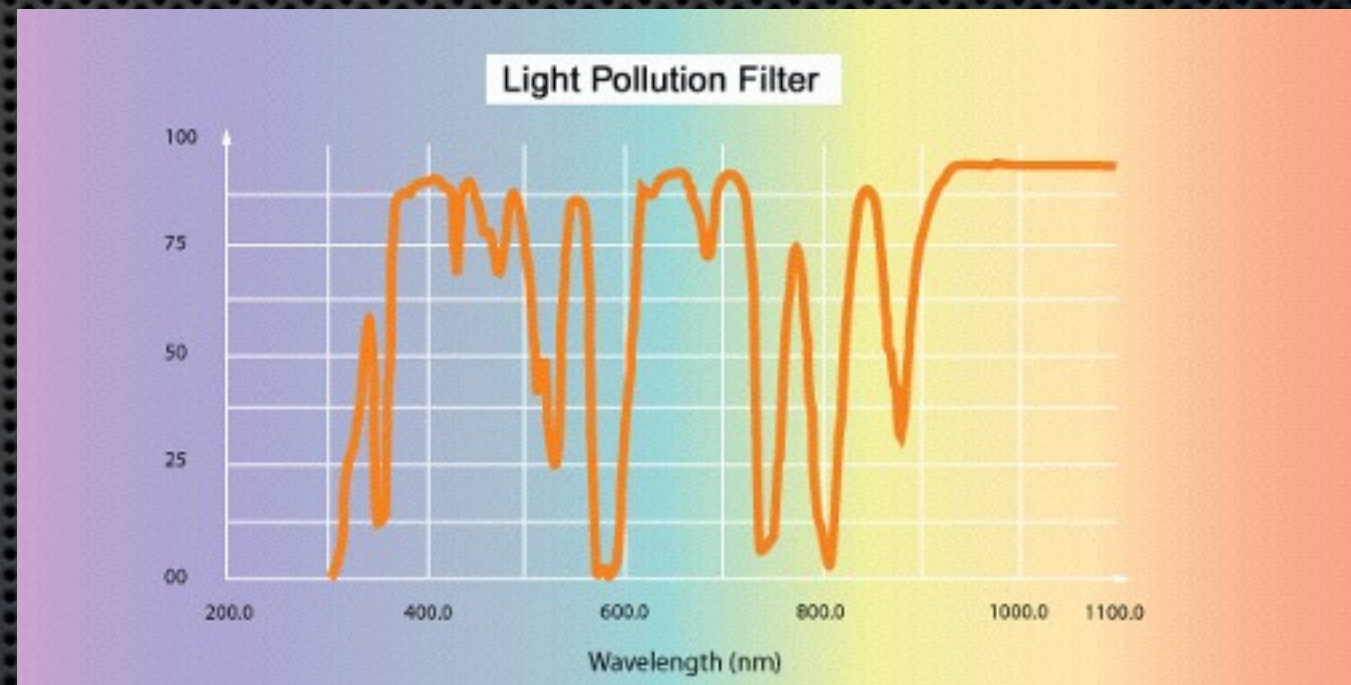
BAADER O III CCD 2"

Non aging - sealed coating edges



Ljutförroreningsfilter

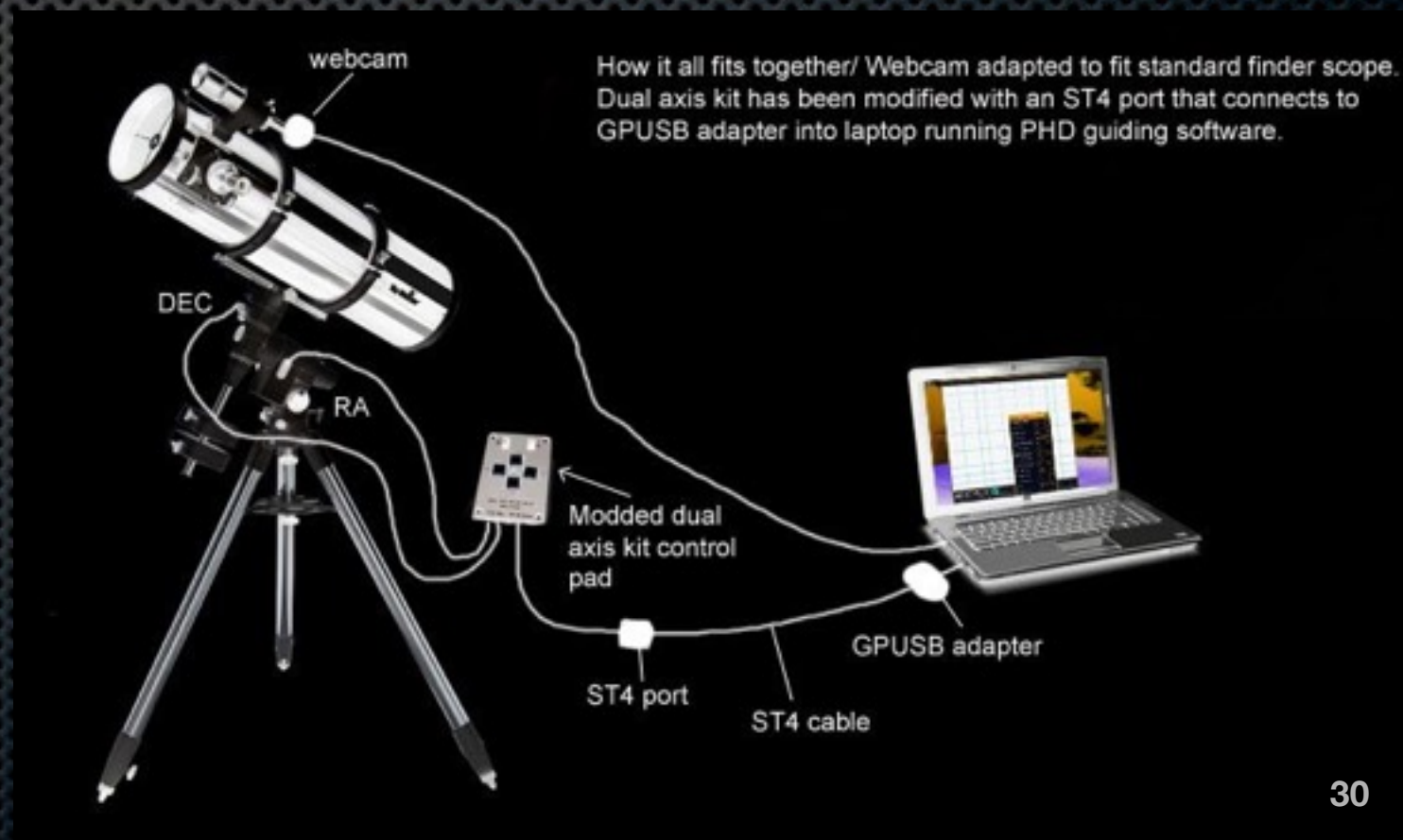
- ✦ Ökar kontrasten vid ljutförroreningar eller månsken
OBS! Alla filter klipper bort en del av ljuset (längre exponeringstider krävs)



Ca pris 500 SEK

Utrustning - Guidning

- Sekundär kamera riktad mot ljusstark stjärna
- Skicka styrsignaler till monteringen om stjärnan driver
- Möjliggör mycket långa exponeringar (>5 minuter)



Guideteleskop

- ✦ Separat teleskop för sekundär kamera
- ✦ Oftast akromatisk refraktor
- ✦ Monteras på eller vid sidan av huvudteleskopet

Ca pris 1500 SEK



Off-axis guider

- ✦ Spegel riktar del av ljuset mot guidekamera
- ✦ Monteras oftast intill huvudkameran
- ✦ Smidigare än guideteleskop men svårare hitta guidestjärna



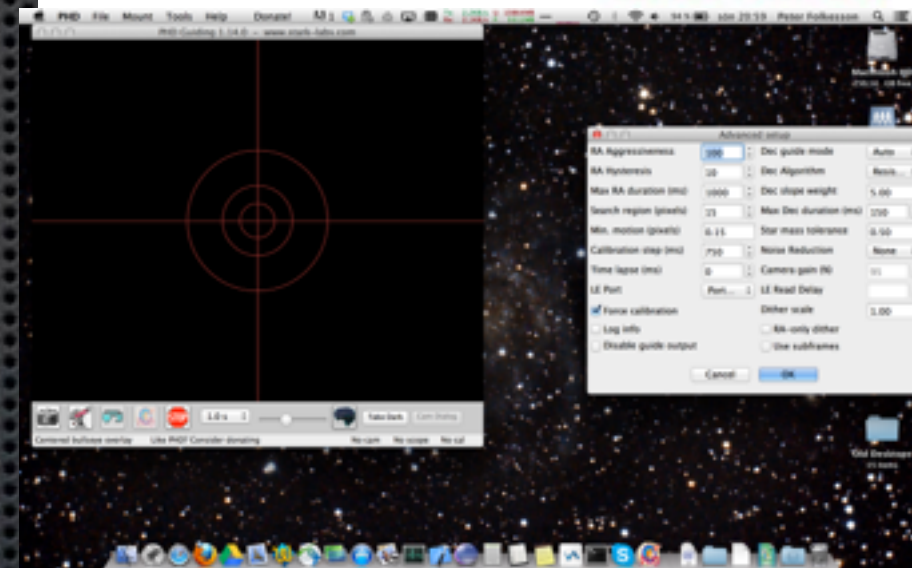
Ca pris 1000 SEK

Guidekamera

- ✧ Enklare CCD kamera för stjärnor/planeter
- ✧ Kan ofta ta enklare foton (planeter)
- ✧ Skickar bild till dator som sedan styr monteringen

Way One

Guide Camera

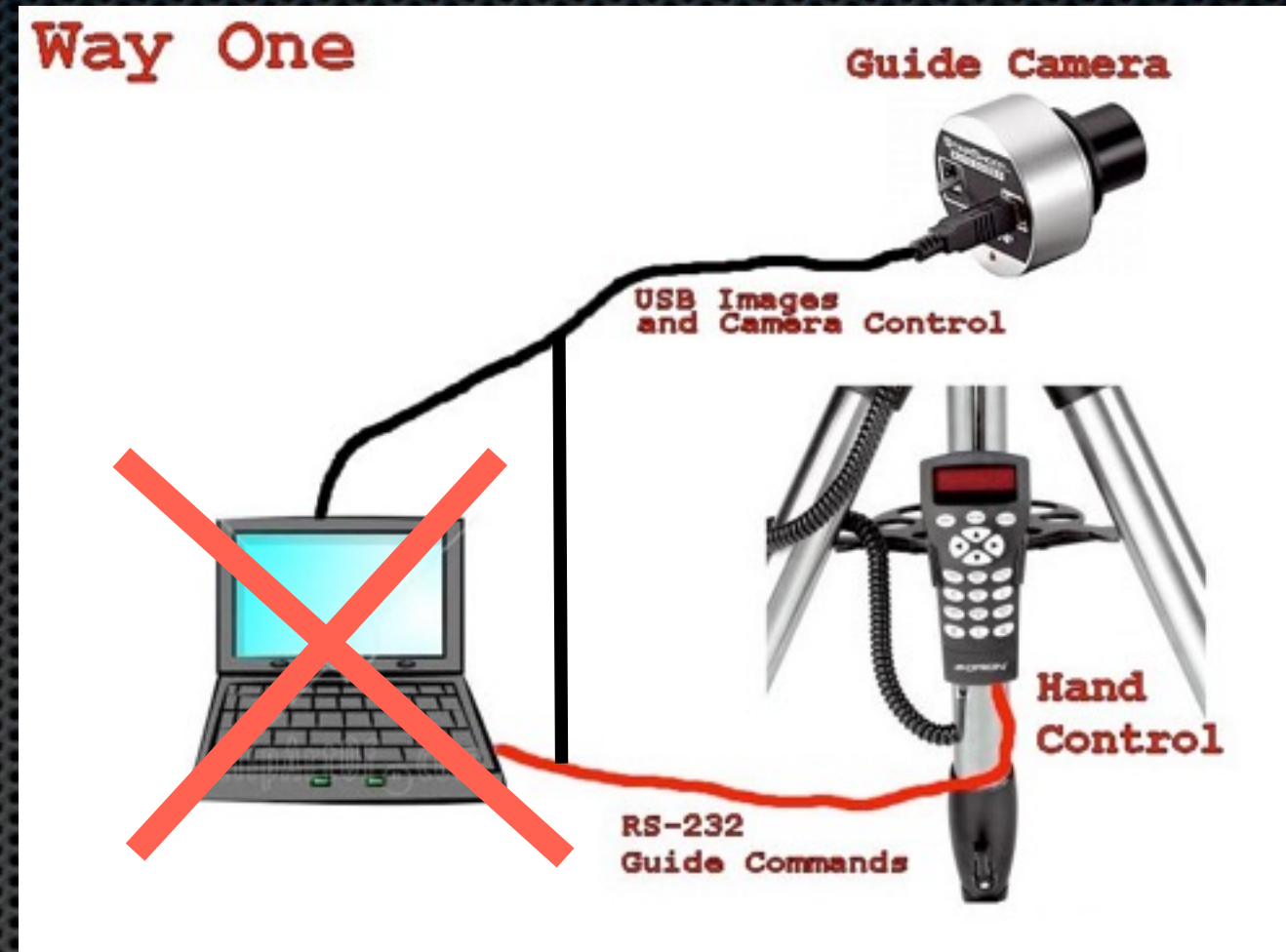


Ca pris 2000 SEK

Autoguider

- ✦ Kameran styr själv montering
- ✦ Eliminerar dator
- ✦ Kan ej användas för fotografering

Ca pris 2500 SEK



Utrustning - Programvara

- ✦ **Styrprogram**

 - Kamera

 - Montering

 - Fokusering

 - Guidning

- ✦ **"Framkallning"**

 - Förbearbetning

 - Efterbearbetning

Kamerastyrning

- Backyard EOS, Backyard NIKON (ca \$30)

Ställ in
sekvens/
tid/
kamera/
typ/
fokus.
Övervaka
bild/
temperatur/
bilddata
i realtid.



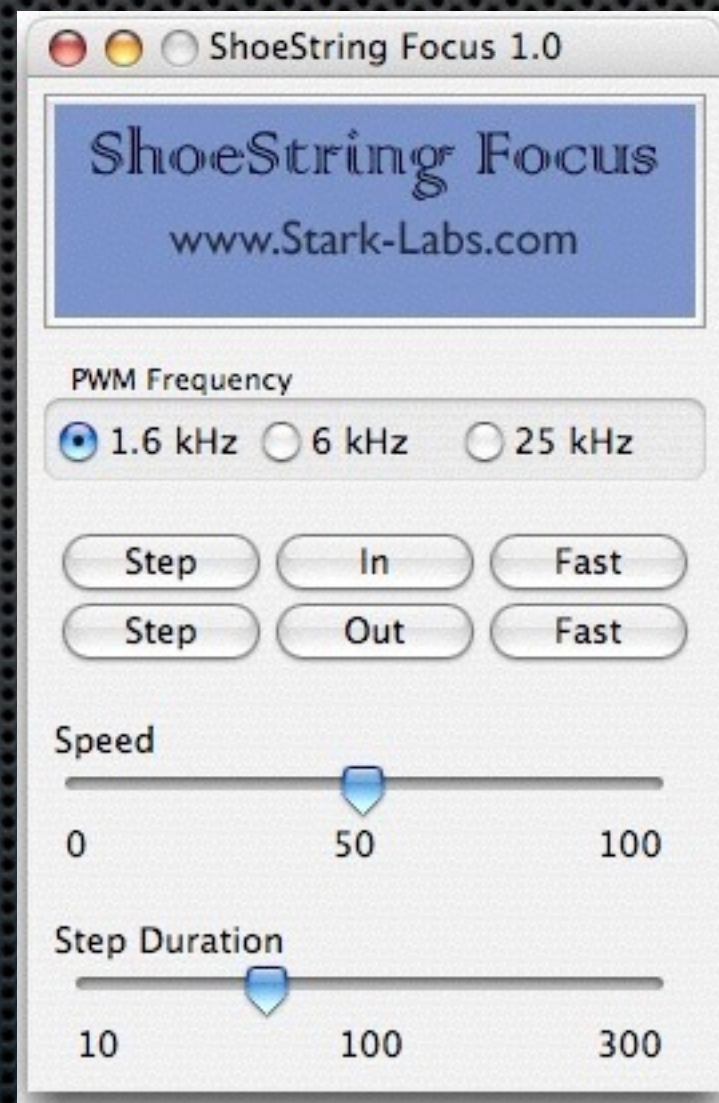
Monteringsstyrning

- SkySafari (\$15) + SkyWire (\$60)
MacOS X, iOS, Android



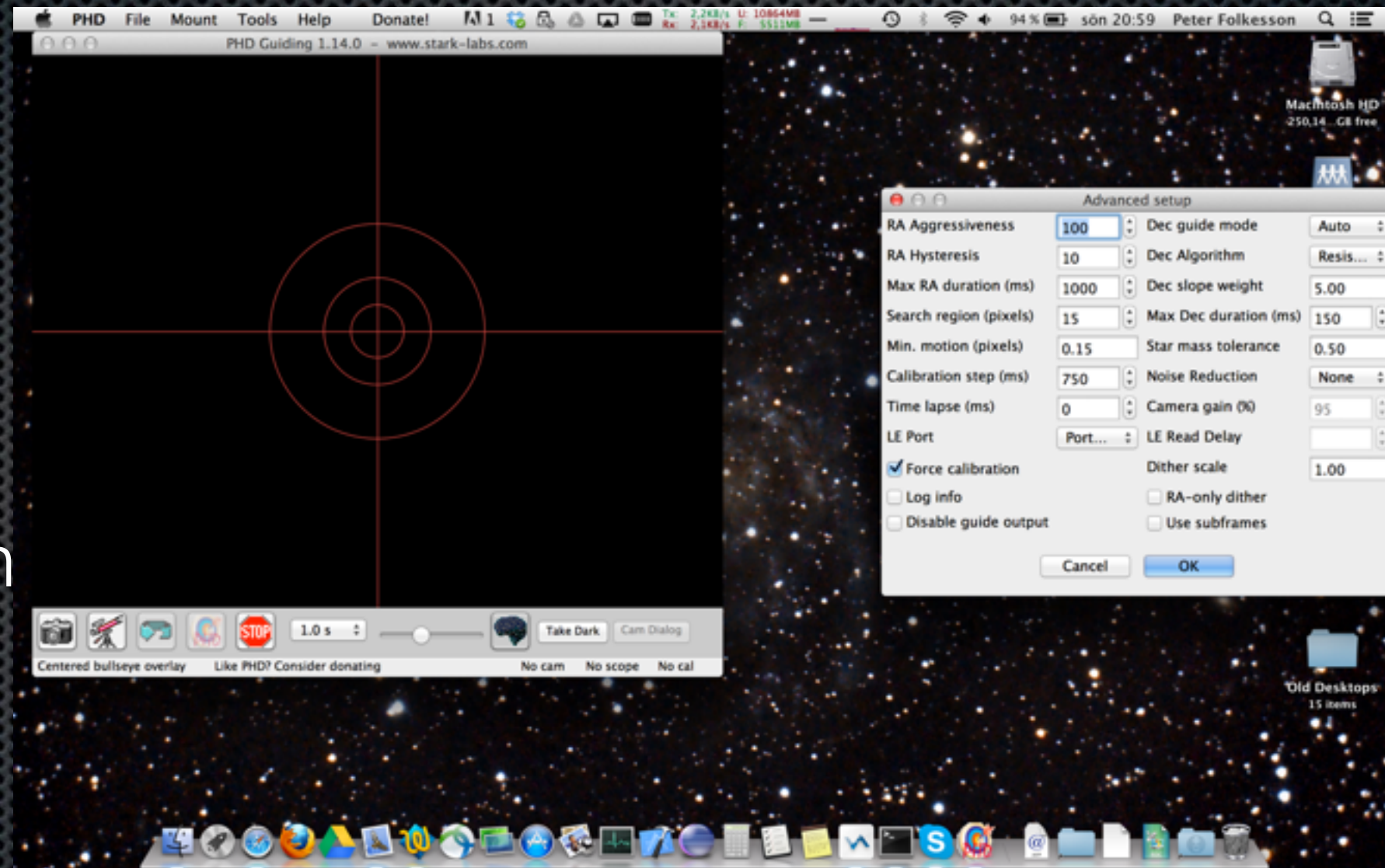
Fokuseringsstyrning

- Medföljer gratis med många elektroniska fokuserare - Windows/MacOS X



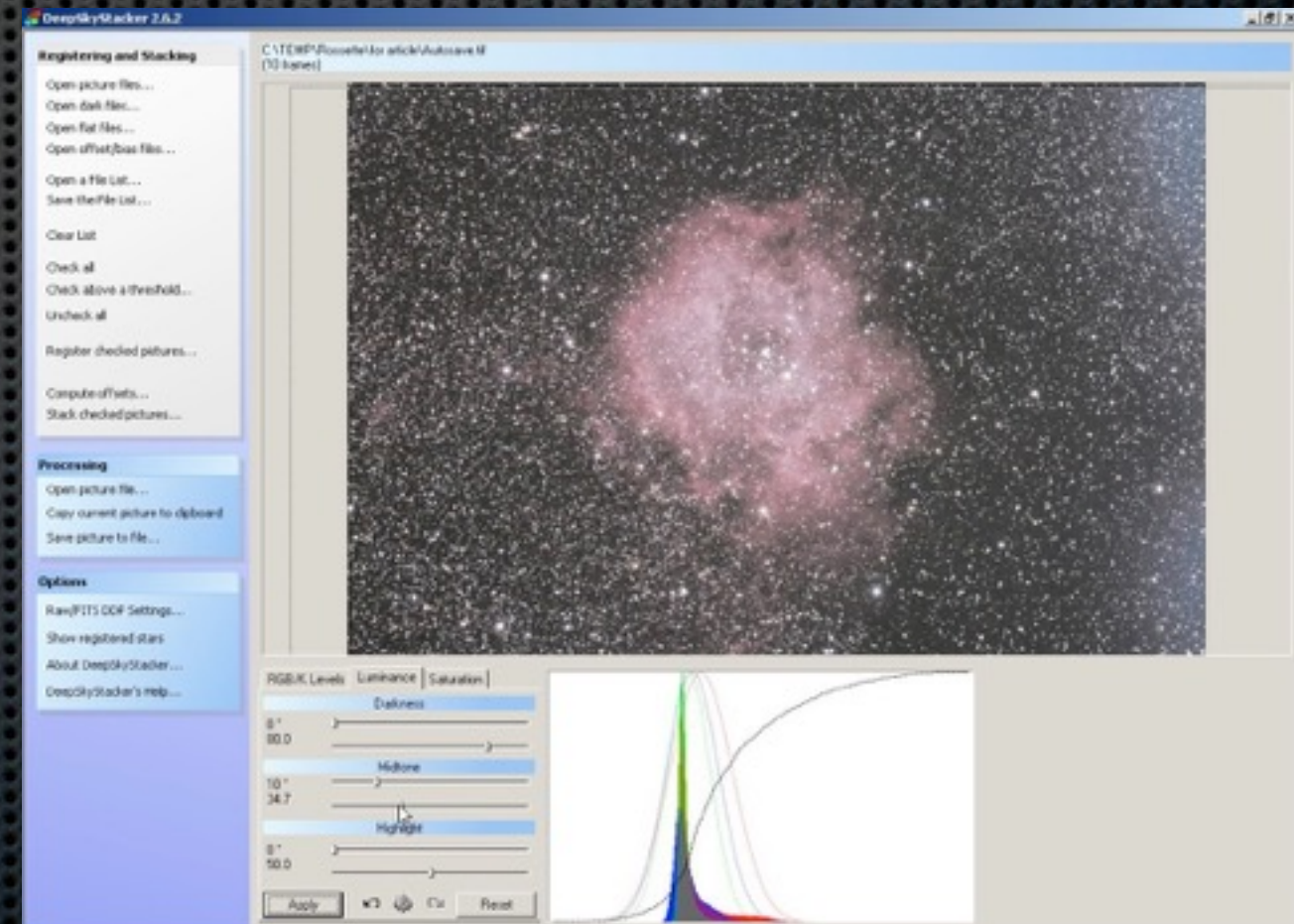
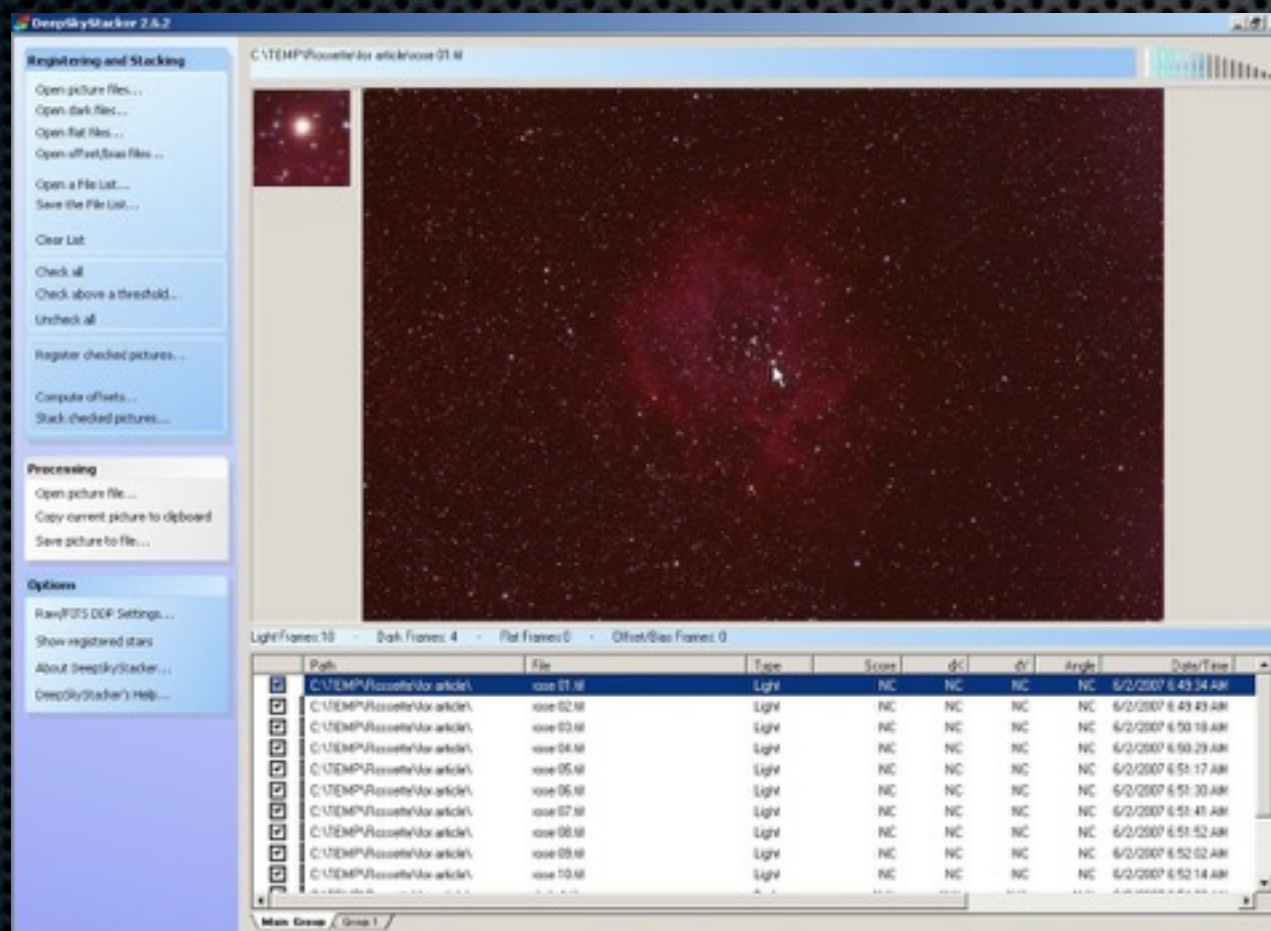
Guidning

- PHD (gratis) - Windows/ MacOS X
 1. Läser guidekamerans bild.
 2. Beräknar hur monteringen ska styras.
 3. Skickar motsvarande styrsignaler till den.
 4. Börjar om från 1.



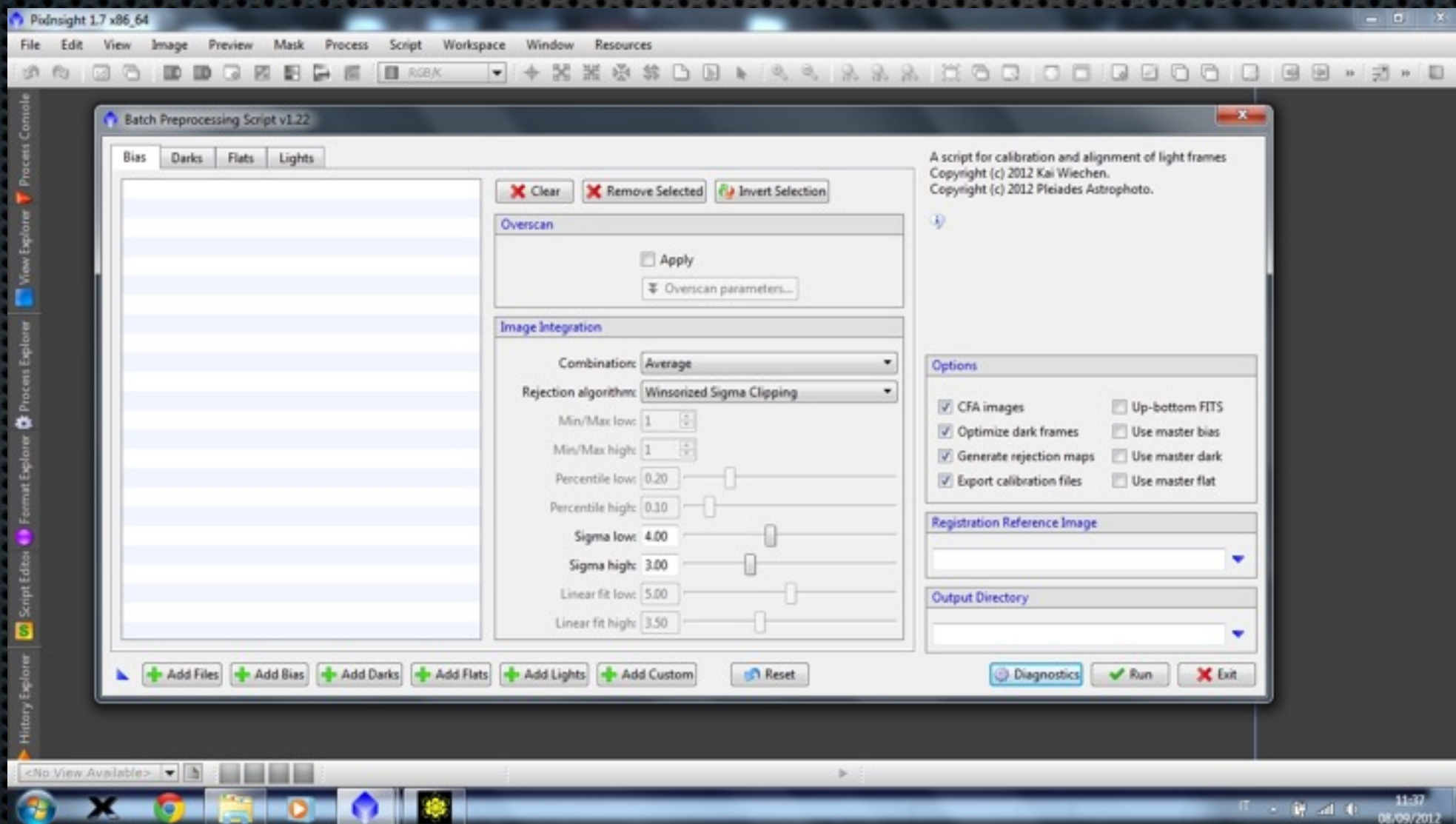
Förbearbetning - Stackning

- ❖ Deep Sky Stacker (gratis) - Windows buggig men kapabel



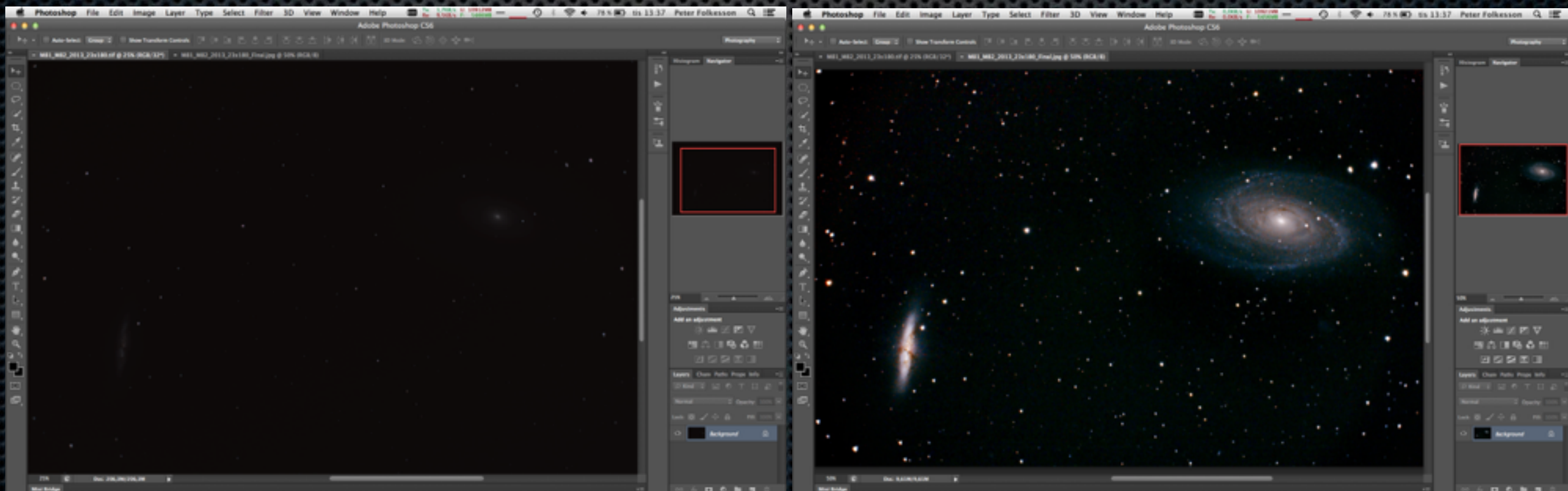
Förbearbetning - Stackning

- ✦ PixInsight Batch Preprocessing Script - Windows/MacOS X/Linux (hela PixInsight kostar ca €200) enkel och ger mycket goda resultat (även med default)



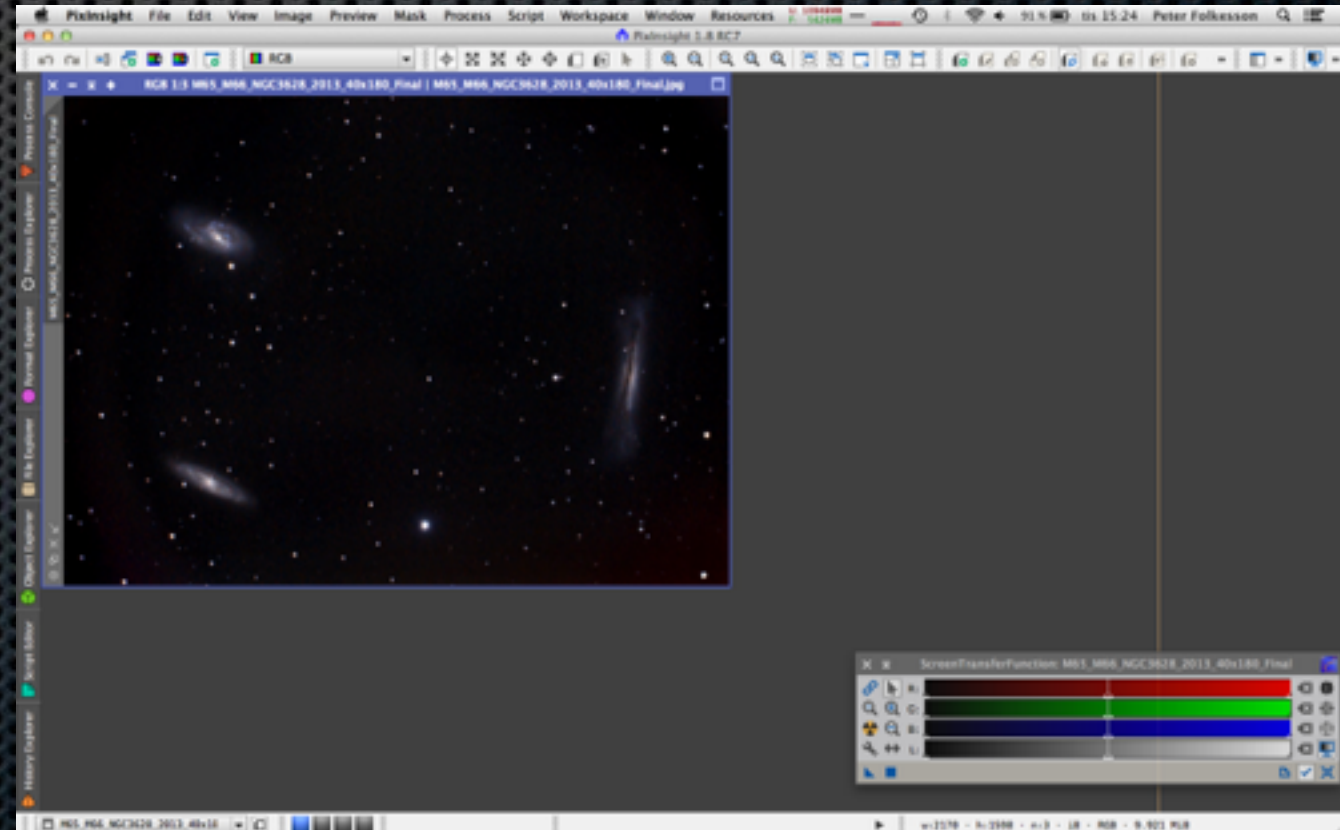
Efterbearbetning - Photoshop

- ✦ Photoshop (100 SEK/mån) - Generell och därför svår för astrofoto
- ✦ Pro Digital Astronomy Tools (\$20)
Tillägg som förenklar (rekommenderas)



Efterbearbetning - PixInsight

- ✦ PixInsight (€200) - Mycket svår men specialanpassad för astrofoto, inbyggt stöd för stackning

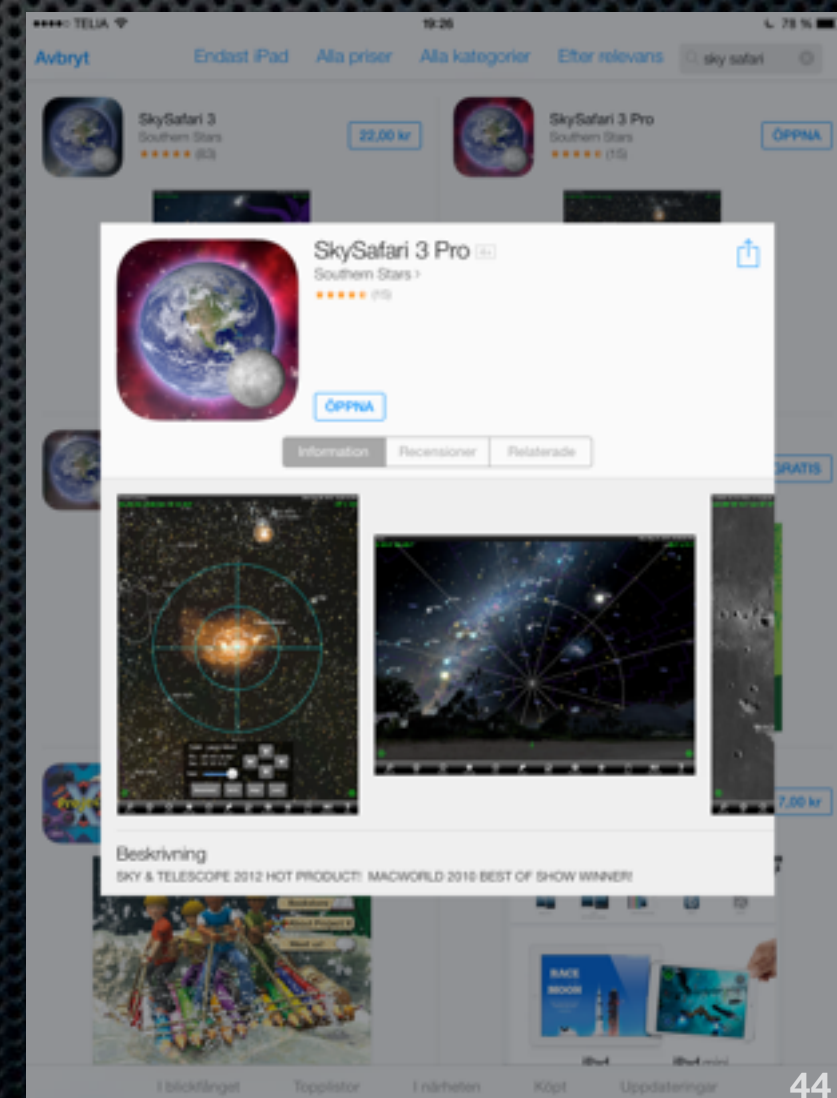


Datainsamling - Tidpunkt

- ✦ Astronomisk natt (solen $>18^\circ$ under horisonten, ej möjligt under sommar)
- ✦ Månfritt ($<$ halv eller lågt mot horisonten)
- ✦ Kalendrar, astronomi-programvaror

August 2013						
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Moon calculations are based on your time zone. Check your computer time to ensure accuracy.
(c) 2013 MoonConnection.com. All Rights Reserved. Please report unauthorized use.

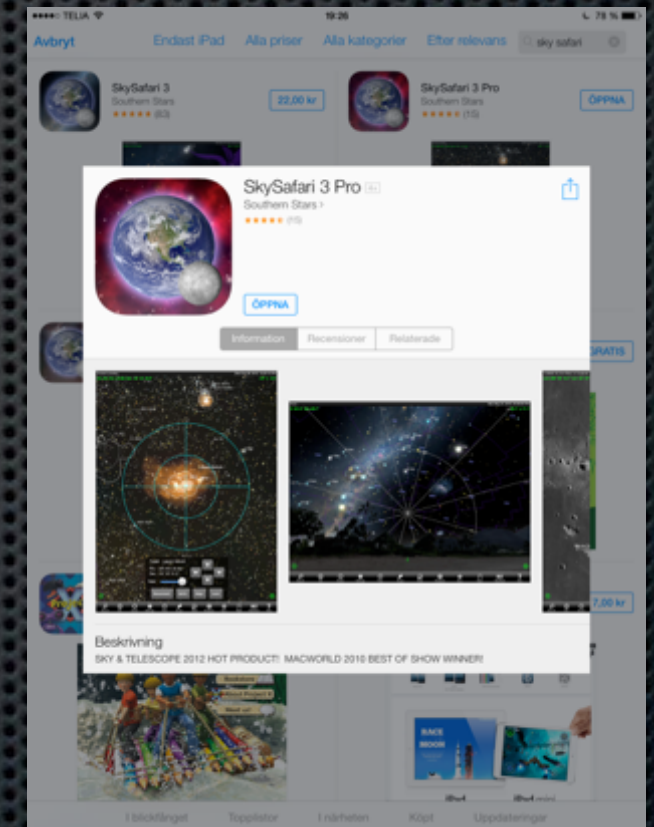


Tidpunkt

- Månfria nätter 2015-2016:
7-23 aug, 6-21 sep
4-19 oct, 3-18 nov
2-17,30-31 dec,1-14,29-31 jan
1-12,27-29 feb,1-11,27-31 mar
1-9,25-30 apr, 1-5 maj
- Molnfria nätter:
klart.se (app+webbsida) - molnkarta, yr.no, smhi.se,
clearoutside.com
- Borås: 1-3 optimala nätter per månad (i medeltal)

Datainsamling - Objekt

- ✦ Astronomi-programvaror:
SkySafari Pro (~30 miljoner objekt)
- ✦ Böcker:
Ruben Kier - The 100 Best Targets for
Astrophotography
- ✦ Internet:
www.astronomyforum.net
astronet.se
www.cloudynights.com
stargazerslounge.com
astrobin.com



Nybörjarobjekt



Hantelnebulosan (M27) - Sommar



Andromedagalaxen (M31) - Höst



Plejaderna (M45) - Vinter



Orionnebulosan (M42) - Vinter/vår

Val av objekt inför Del 2

✦ **Lämpliga för kameraobjektiv (10 st 60s exponeringar):**

Vintergatan (vidvinkelobjektiv)

Stjärnspår med eventuella meteoror (normalobjektiv)

Nordamerikanebulosan (NGC 7000) (teleobjektiv)

Andromedagalaxen (M 31) (teleobjektiv)

Dubbelhopen (NGC 869, NGC 884) (teleobjektiv)

✦ **Lämpliga för teleskop (10 st 60s exponeringar):**

Hantelnebulosan (M 27)

Ringnebulosan (M 57)

Stjärnhopen Vildanden (M 11)

Herkuleshopen (M 13)

Virvelgalaxen (M 51)

Kamerainställningar

- ✦ Manuellt läge (M)
- ✦ Slutartid i läge BULB
- ✦ ISO 800 till 1600
- ✦ Kvalitet i läge RAW (eller RAW+JPEG)
- ✦ Manuell fokus (MF)
- ✦ Använd Liveview med 10x zoom för fokusering!
- ✦ Matningsmetod: Självutlösare:10s/Fjärrkontroll

Styrprogram

- ✦ Håll reda på exponeringstid/antal foton:
GymTimer iOS app

BackyardEOS, Astro Photography Tool



Datainsamling - Metodik

- ✦ 1. Välj tidpunkt och objekt
- ✦ 2. Montera all utrustning i god tid!
Balansering (kamera, teleskop, guideutrustning, daggskydd (vår/höst/mark))
Polinställning (kan ta tid)
2-3 stjärnors fininställning för GOTO
- ✦ 3. Fokusering på ljusstark stjärna i närheten av valt objekt (använd GOTO)
- ✦ 4. Använd GOTO för valt objekt
- ✦ 5. Vrid kameran och använd monterings handkontroll för att rama in objektet med några kortare exponeringar (10-30s), jämför med stjärnkarta
- ✦ 6. Sök upp lämplig gudestjärna i guideteleskopet
- ✦ 7. Ställ in guidekamera och slå på guidning. Stå eller sitt stilla!
- ✦ 8. Fota (håll reda på tid och antal exponeringar), 3 minuter per foto optimalt för himlen i Borås (1-2 minuter OK). Backyard EOS förenklar!

“Nybörjar”-misstag

- ✦ Imma - Imskydd vår/höst! Elektriskt imband mycket bra!
- ✦ Fokus - Mycket noga, ganska ofta!
- ✦ JPG - RAW bilder viktigt!
- ✦ Polinställning - Rätt polstjärna, riktning!
- ✦ Åtdragning/kontakter - Dra åt ordentligt! Undvik ihoptrasslade kablar!
- ✦ Komfort - Utvilad, varma kläder, drycker!
- ✦ Rörelse - Minimera vibrationer (motsv. hårstrås tjocklek ger grova stjärnspår)!
- ✦ "Aperture fever" - Mindre o lättare utrustning används mer!
- ✦ Batterier - Fulladdade! Eller använd batteriadapter!
- ✦ Väderlek - Kolla innan!
- ✦ Tidestimering - Börja i god tid!
- ✦ Testa - Bekanta dig med ny utrustning i dagsljus!

Förbearbetning - Stackning

- ✦ **LIGHT**

Fotografier av objektet, ju fler desto mindre brus

- ✦ **DARK**

Fotografier med locket på vid samma temperatur som LIGHT för att reducera brus (termiskt, elektroniskt, heta pixlar)

- ✦ **FLAT**

Fotografier tagna med samma optik i starkt ljus och AV läge (kort exponering) för att reducera vinjettering

- ✦ **BIAS**

Fotografier med locket på och kortaste exponeringstiden ($< 1/1000\text{s}$) för att reducera inläsningsbrus

Exempel - Stackning

- ✦ BatchPreprocessing script i PixInsight

Efterbearbetning

- ✦ Brusreducering
Utöver stackning krävs oftast brusreducerings-algoritmer (ACDNR, TGVDenoise generella SCNR för färgbrus (oftast grön färg))
- ✦ Signalförstärkning
Förstärka svaga områden (nebulositet, svaga stjärnor)
BackgroundExtraction, Masking, HistogramTransformation, HDRMultiscaleTransform, ExponentialTransformation, ColorSaturation
- ✦ Bildbehandling
Deconvolution, UnsharpMask, DynamicCrop, Resample

Efterbearbetning - PixInsight

- ✦ 1. sceentransferfunction:
no link rgb
autostretch
- ✦ 2. dynamiccrop
- ✦ 3. atrouswavelettransform on histogram stretched (non-linear) clone
used as mask (inverted) for the still linear image (3,2,1,0.5 for resp
layers, full amount except last: 0.66 or 3,2.5,2,1.5 full amount on all) or
3,2,1.5,1,0.5,0.2,0.1 full amount
alt.
MultiscaleMedianTransform on histogram stretched (non-linear) clone
used as mask (inverted) for the still linear image (10,5,3,1.5,1,0.7,0.4
with adaptive 3 on layer 2-5) or 5,2.5,1.5,0.7,0.4 with adaptive 3 on
layer 1-3. Also increase contrast on mask if faint. Note that this
alternative is much preferred over the above!

Afterbearbetning - PixInsight

- 4. backgroundneutralization
select small background preview image as reference image and apply
(now autostretch with rgb will be neutral with screentransferfunction)
- 5. colorcalibration
select background preview image as background reference
select object as white reference, use structure detection for starclusters
only (now autostretch with rgb should give correct colors)
- 6. screentransferfunction (link rgb) followed by
dynamicbackgroundextraction
select background evenly (30-70 points) alt.
automaticbackgroundextraction
target image correction: division (all three checkboxes checked)
Automatic works excellent! Use 4-8,1 for function and downsampling.
May do subtraction before division! Do NOT autostretch after!

Efterbearbetning - PixInsight

- ✦ 7. ACDNR with defaults!
- ✦ 8. histogramtransformation
 - zoom in graph
 - transfer autostretch parameters from screentransferfunction by dragging the new instance icon to histogramtransformation
 - disable stf visualization in toolbar above work area
 - apply histogramtransformation
- ✦ 9. HDRmultiscaletransform (if possible)
 - test with varying number of layers on different previews for example 6,5,4
 - activate lightness mask
 - apply on image when satisfied

Afterbearbetning - PixInsight

- 10. histogramtransformation
reset zoom
activate track view and real time view
move shadows balance point to beginning of peak in graph
adjust midtone point also
apply
- 11. scnr
choose average neutral on color which has noise and then
Color Saturation
- 12. Exponential transformation PIP followed by SMI 1 ,0 and then
histogram transform
- 13. Resample+greycstoration or deconvolution or unsharp mask

“Nybörjar”-misstag

- ✦ Skärpa - För mycket ser konstgjort ut!
- ✦ Brusreducering - För mycket gör att bilden blir "målad"!
- ✦ Färger - Dra på ordentligt med färg (men inte FÖR mycket)!
- ✦ Kontrast - Inte för mycket då ALLA stjärnor ska synas!
- ✦ Himmelsbakgrund - Efter tycke och smak (10% ljus ca.)
- ✦ Spara kopior - Skriv inte över originalet!
- ✦ Testa - Det går ju att ångra!