



NEWTON OPTIIKAN LAADUN SELVITTÄMINEN

Mittaamisen sietämätön vaikeus

Ari Haavisto

21.03.2026



VISIO JA MISSIO

Missio: Ottaa kuvia, joissa näkyy mahdollisimman tarkkoja/pieniä yksityiskohtia. Löytää Suomen seeingin rajat.

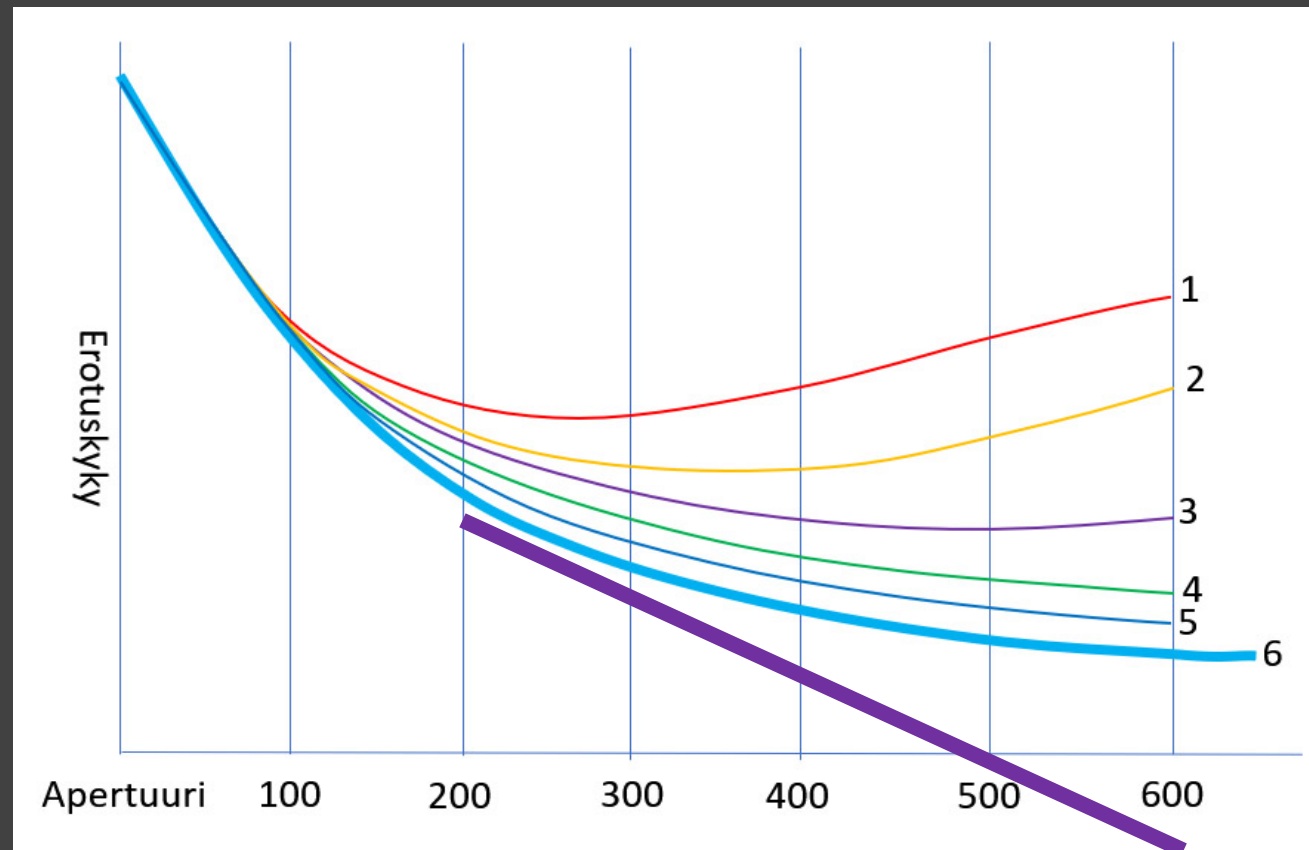
Visio: Tämä onnistuu käyttämällä alati kehittyvää kuvaustekniikkaa ja optimaalisen suurta kaukoputkea.

Lähtötilanne: 400mm:n Newtonilla tuntuu, että k.o. putken maksimi Suomen seeingissä on saavutettu. Ollaan rajoitinta vasten, joka tuntuisi olevan putken erotuskyvyn ja seeingin yhdessä muodostama yläraja.

Oletuksena isompi, esim. 500mm tai 600mm:n putki joko tuottaa uuden, tarkemman yhdistelmätason, ja paljastaa mahdollisen jäljellä oleva parannuspotentialin, tai parannusta ei tapahdu ja paljastuu, että maksimaalinen yhdistelmä on jo saavutettu.

Mutta optiikan laatu on jokeri tässä kysymyksessä

Lähtekäämme siis vuosikymmenen, tai yli, matkalle selvittämään nettoerotuskyvyn, suurenevan apertuurin ja optiikan laadun kauhunkolmiota!



ALUSSA OLI 400MM:N KIINAPUTKI JA JÄLKEÄ SYNTYI!

Metodi 1. Kuvaa, beibi, kuvaa!

- Vuosi on 2011. Villen kellosta nettiostona ostettu edullinen massa-Kiinaputki (SW400P) tuottaa oikein säädettynä ja varusteltuna erinomaista kuvaa. Ei ole mitään syytä epäillä optiikan laatua.
- Ensimmäinen laadunarviointimetodi onkin vain yksinkertaisesti kokeilla, mitä putkella saa aikaan. Ja jos kelin parantuessa jälkikin samaa rataa paranee ja esiin saa kontrastikasta kuvaa ja yksityiskohtia aivan teoreettisen erotuskyvyn rajoille, voi arvella optiikan olevan melko hyvää, eikä erityistä tarvetta enemmille selvityksille ole.



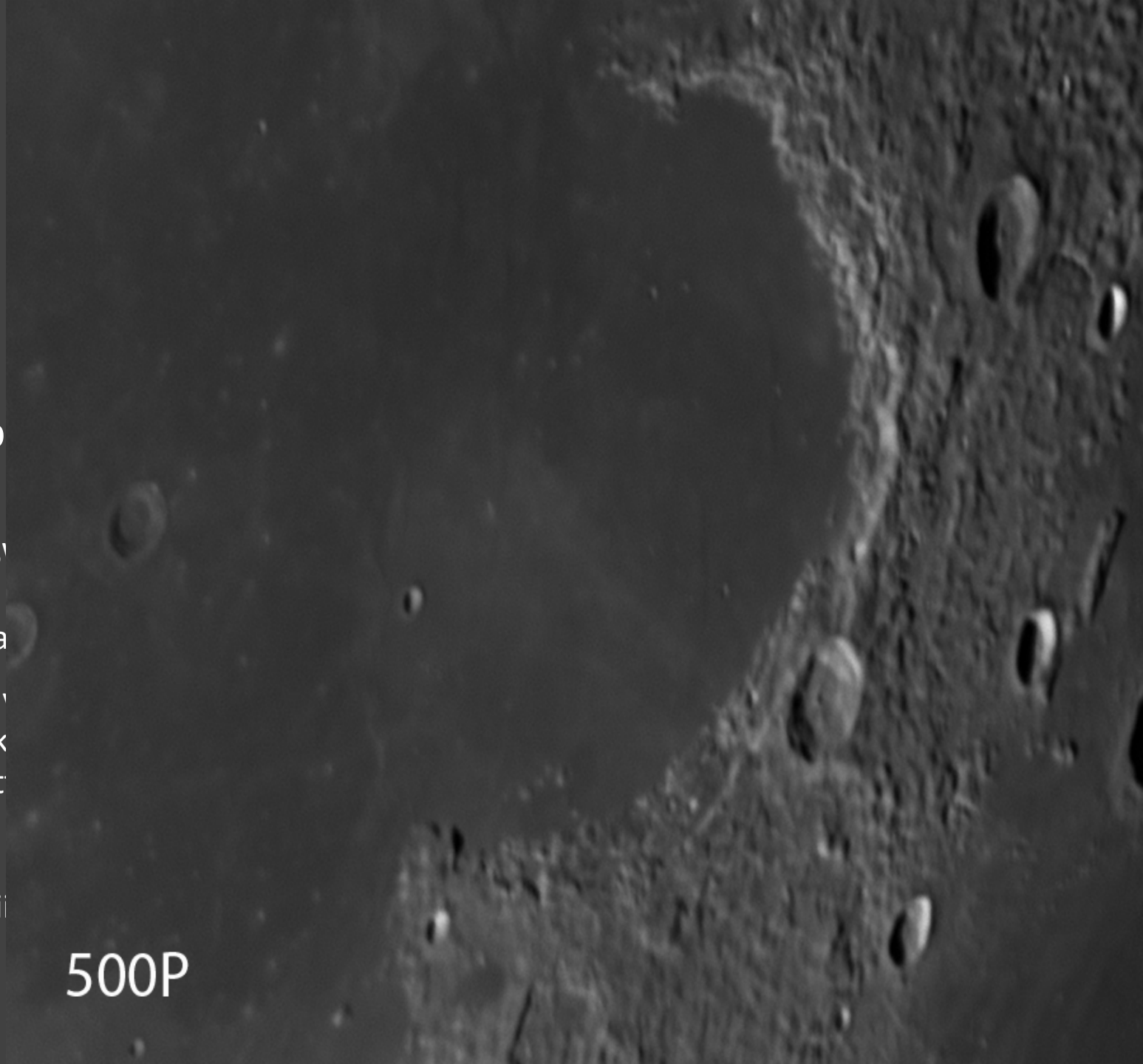


500MM:N KIINAPUTKI JA TAIVAALLISET HAMMASPYÖRÄT

Metodi 2. Tee tähtitesti, se on helpo
Vai onko?

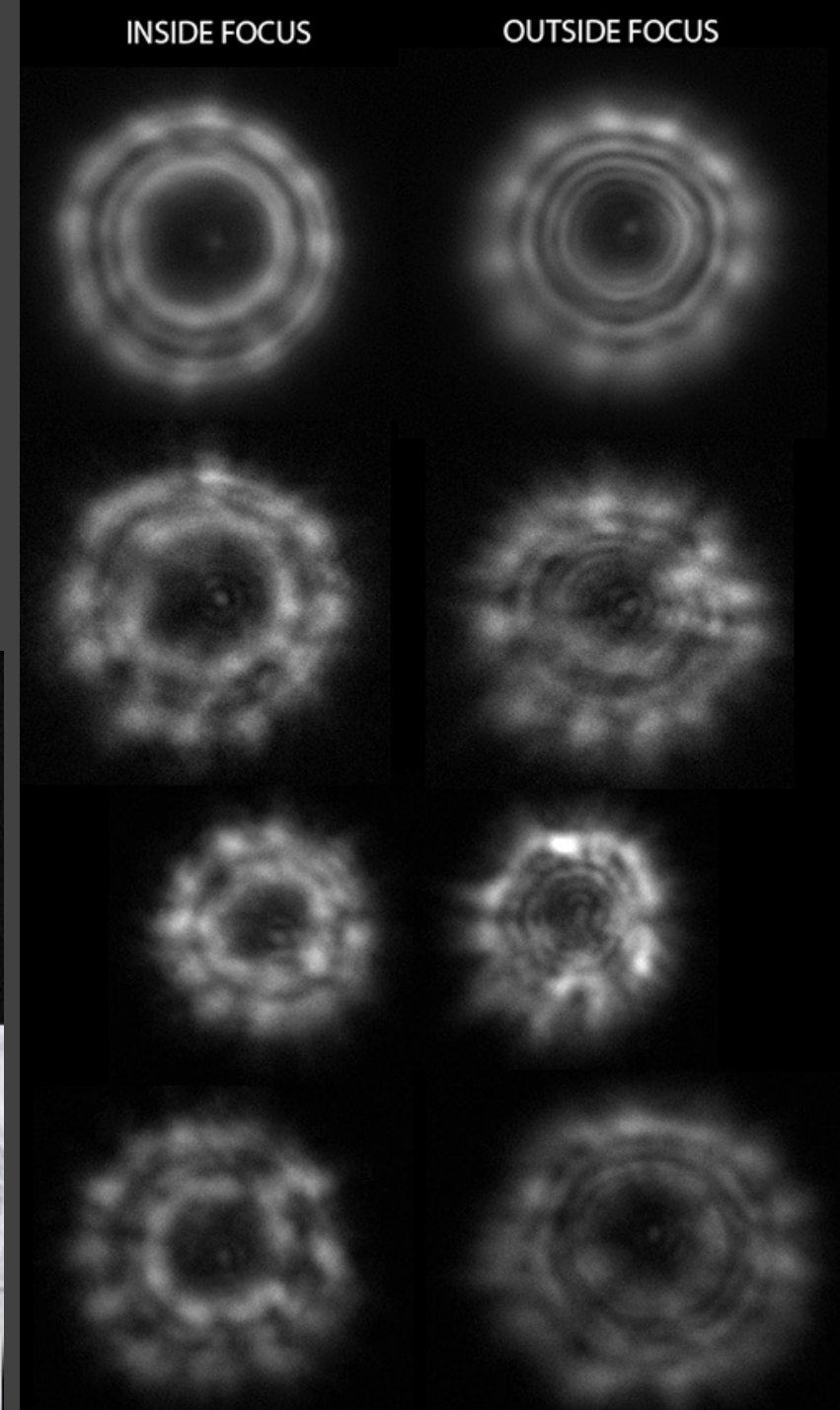
- Vuosi 2018. Edellisenä syksynä on siirrytty S
Stargate 500mm Newtoniin. Koko talven
kuvausyritysten jälkeen tulokset ovat laihoja
- Onneksi vanha putki on edelleen tallella. Ku
Kuuta hyvissä olosuhteissa molemmilla putk
käytännössä samaan aikaan. Ero on huomatt
100mm:n lisäys apertuuriin ei voi aiheuttaa
massiivista romahdusta nettoerotuskykyyn.
epäilyksi optiikan laatu-ongelmista. On aika si
tähtitestaukseen.

500P



Metodi 2. Tähtitestausta, 500mm #1

- F4 putkelle defocusta n. 0,6-0,7mm
- Kuvaus planeettakuvauskalustolla: Powermate, ir-pass ja monokamera. Videolta sitten yksittäiskuvia rauhallisista hetkistä näyttämään yksityiskohtia. Pinottu video taas näyttää luotettavammin yleiskuvan pinnan poikkeamista paraboloidista.
- Todennus vielä visuaalisesti lyhytpolttovälisellä ortoskooppisella okulaarilla, että visuaalisesti näkyvät samat ilmiöt kuin kuvissa i.e. kuvauskalusto ei aiheuta ylimääräisiä vääristymiä tai virhettä.
- Ja kas kummaa, 500mm:n peilin kuviot eivät olleet symmetrisiä eri puolin fokusta. Jotain havaittavaa muotovirhettä siis oli, astigmatismia hiukan myös ja pahimpana kaikista massiivinen "print-through", eli peilin kennorakenne toistui suoraan pinnan muodossa ja siten defocus-valokuviossa.
- Lopputulos: Tämä peili ei ollut kelvollinen planeettakuvaukseen, ei tähtitestin mukaan eikä myöskään käytännön kuvaamisessa. Peili päättyi vaihtoon. Mutta kvantitatiivista tietoa laadusta ei tällä metodilla saatu, vain go/no-go.

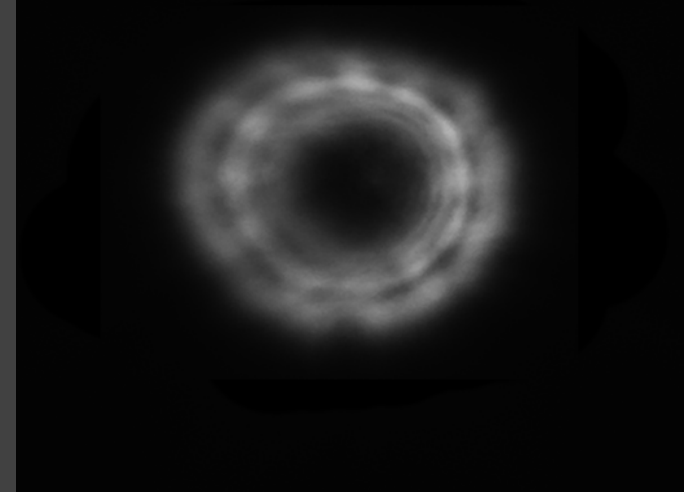




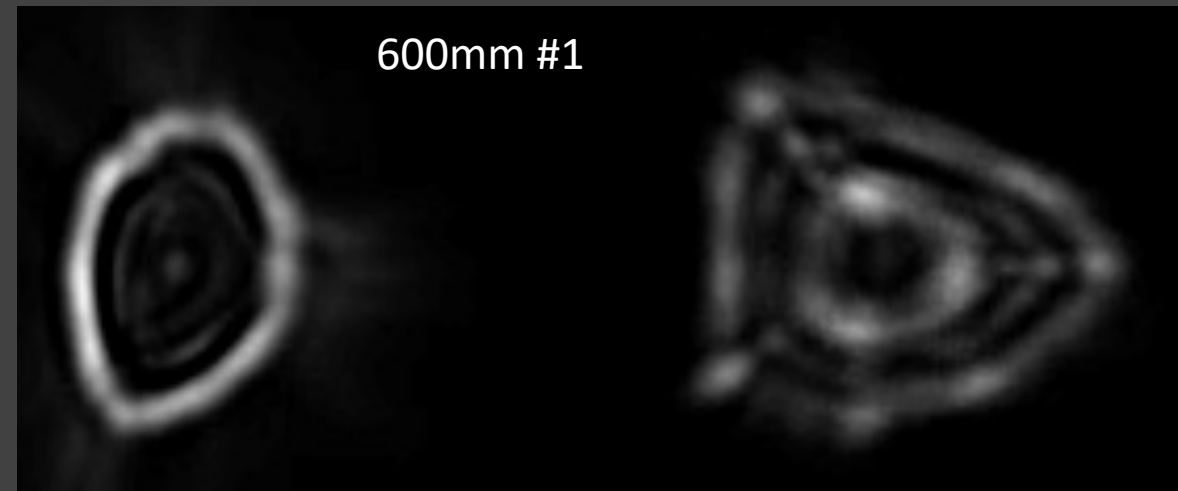
Lisää tähtitestausta, 500mm #2, 600mm #1

- Vaihtona saatu 500mm:n peili ei tuonut parannusta tilanteeseen ja vuonna 2019 putki rakentuu kokonaan uudelleen ja saa peilikseen Nichollin 600mm F4 optiikan. Edellisestä oppineena nyt tähtitesteihin edetään melko ripeästi ja tulokset ovat jälleen karuja. Nyt saadaan nauttia kolmiomaisista tähdistä.
- Ensimmäisenä tietenkin pitää poissulkea mahdolliset virheet putken mekaniikassa, peilin ja apupeilin tuennassa jne., ennen kuin hyvämaineista peilin valmistajaa kontaktoidaan.

500mm #2

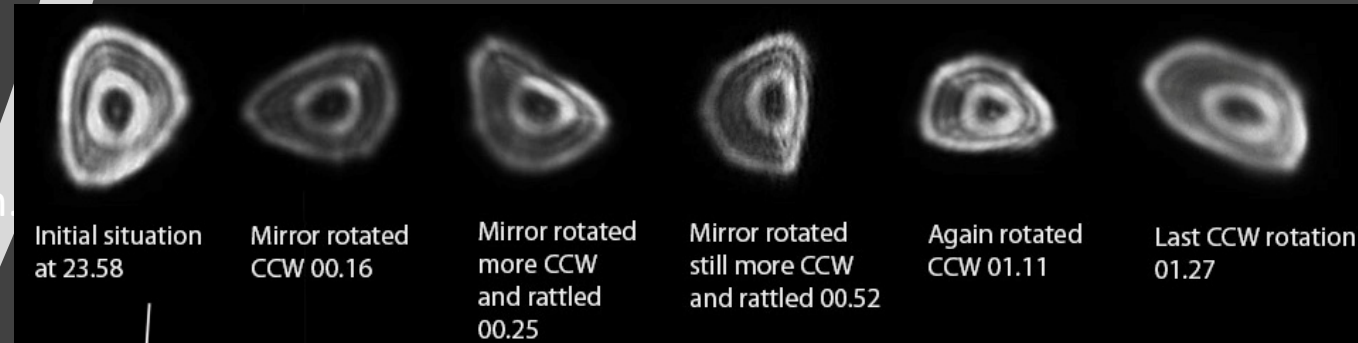
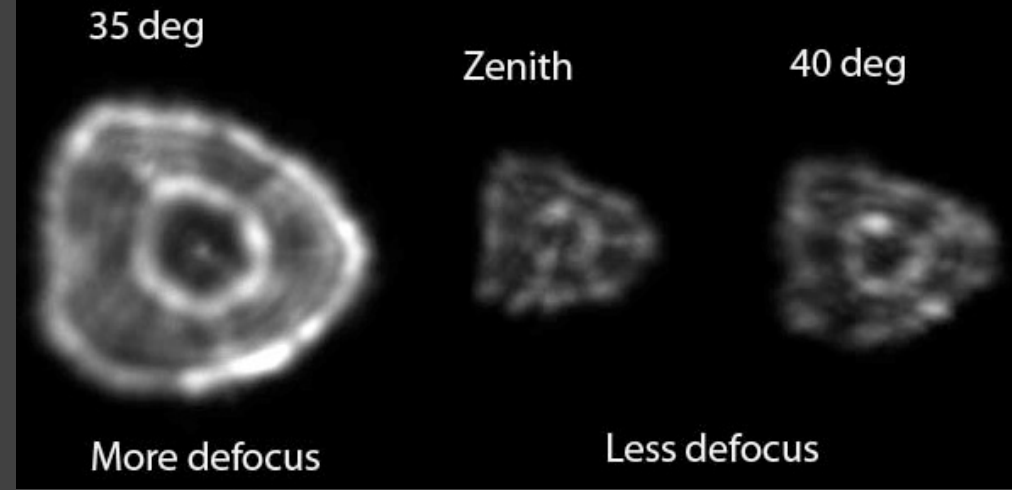


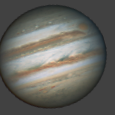
600mm #1



Mekaniikan poissulku virhelähteistä

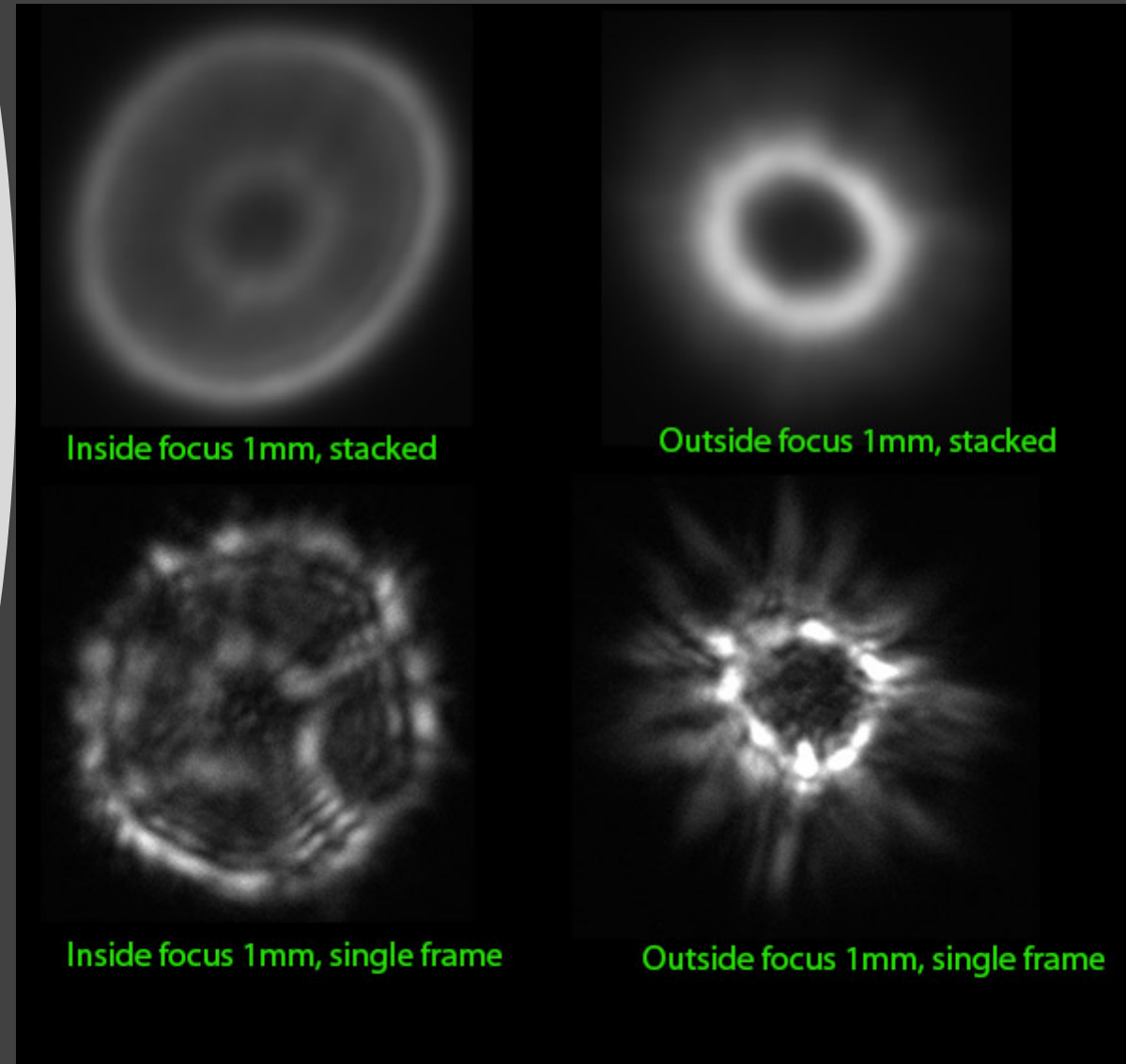
- Ensin tehdään tähtitesti zeniittiin, jolloin pääpeili makaa pelkästään taustatuennan varassa. Sitten testi toistetaan matalalle osoittaen, jolloin peili lepää pelkästään reunatuennan varassa.
 - Jos virhe aiheutuu vain toisesta tuennasta, virhe katoaa toisessa asennossa
 - Jos virhe aiheutuu molemmista, sen pitäisi vaihtaa luonnettaan ja suuruuttaan asentojen välillä
 - 600mm:n peilin virhekuvio ei muutu testissä, kyseessä ei ole peilin tuennan aiheuttama virhe
- Seuraavaksi putki pidetään samassa kohteessa, mutta testien välillä peiliä kierretään pitimessään
 - Jos virhekuvio ei pyöri peilin mukana, virhe johtuu apupeilistä tai pääpeilin tuennasta (joka suljettiin jo pois edellisellä testillä)
 - Mutta tässä tapauksessa virhekuvio pyörii peilin mukana, jolloin aiheuttaja on pääpeili itse.
 - Vielä olisi mahdollisuus, että kyseessä olisi esim. jäädytyspuhaltimien peiliin aiheuttama tilapäinen lämpötilaerovirhe. Testiä on jatkettava riittävän pitkään, jotta mahdolliset lämpövirheet voidaan sulkea pois.
- Tässä tapauksessa virheen lähteeksi varmistui peilin muotovirhe. Peili lähtee tekijälleen uudelleenmuotoiluun





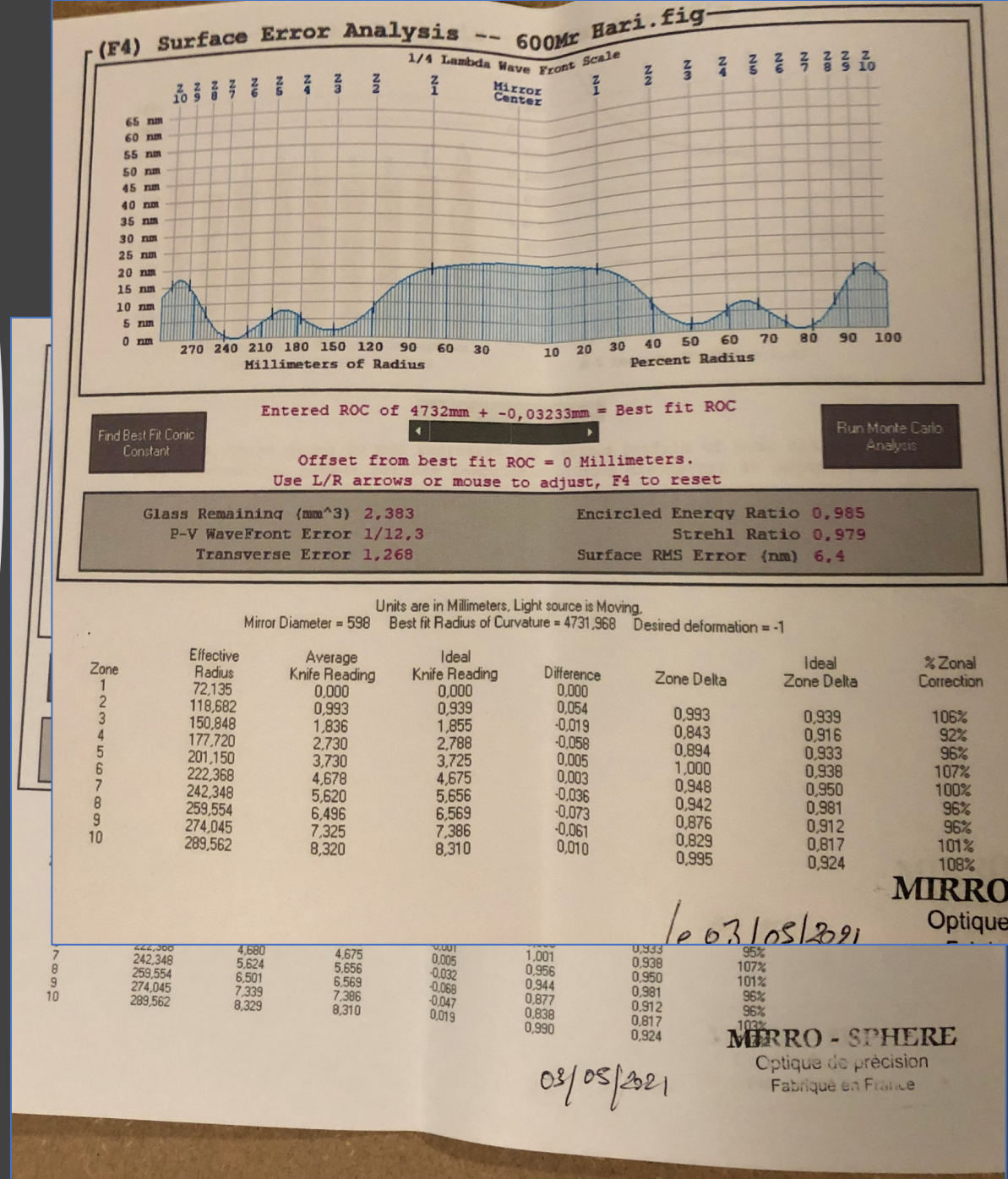
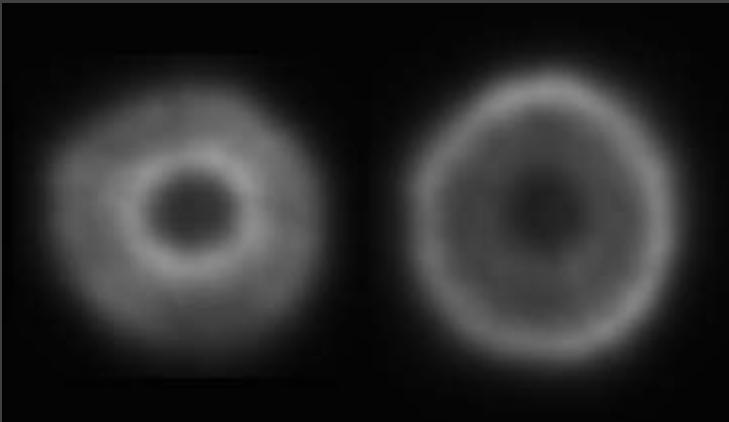
Ja vielä tähtitestausta, 600mm #2

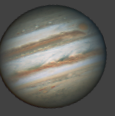
- 600mm:n peili palaa uudelleenmuotoilusta syksyllä 2020
- Ilmeisesti valmistaja oli alun perin hionut peilin niin, että se oli liian kireällä jännitettynä alustaansa. Nyt tämä asia olisi korjattu.
- Peili pääsee välittömästi tähtitestiin ja ”pinnekolmio” on todellakin poissa. Valitettavasti muuten peilin muoto on todella karmea. Jopa 1mm defokuksella tähtitestikuvio on poskettoman kamala.
- Valmistaja vetää peilinsä takaisin.
- Tilaan uuden peilin erittäin hyvämaineiselta tekijältä.



Ja taas mennään, 600mm #3

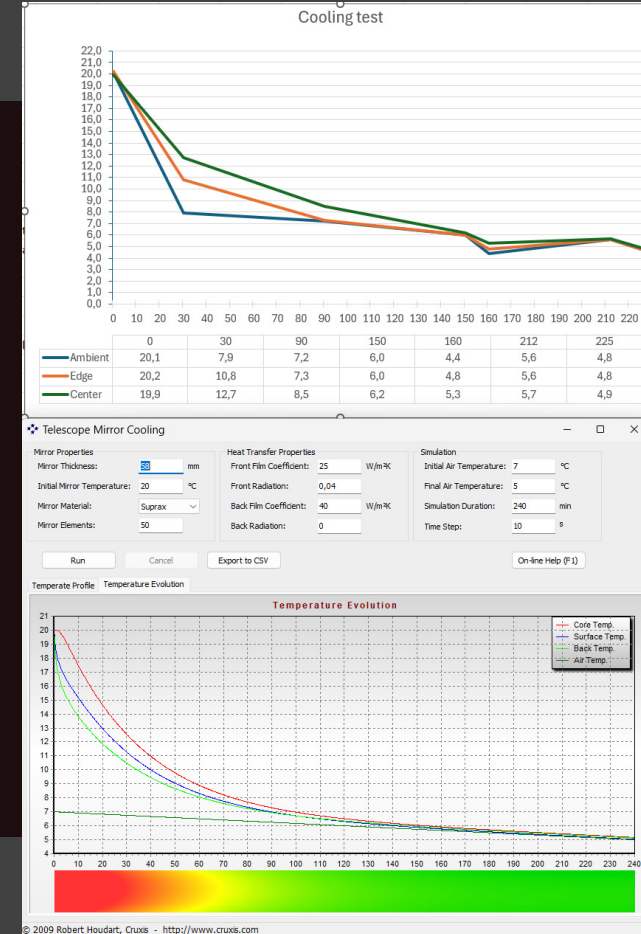
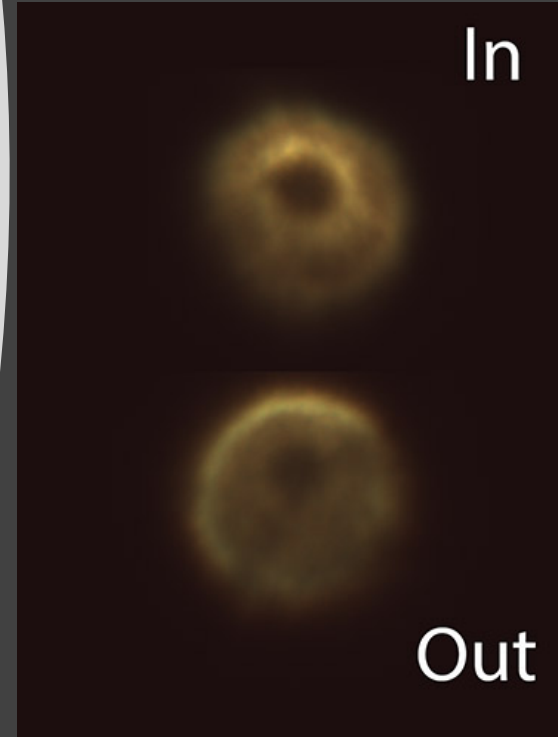
- Kesäkuussa 2021 saapuu 600mm:n peili Mirrosphereltä Ranskasta. Peilin mukana tulee mittausraportti, joka on laadittu foucault-mittausten perusteella. Raportti lupaa erinomaista laatua.
- Syksyn aikana on muutaman kerran kuvauskeliä, mutta jotenkin tulokset ovat jälleen epämääräisiä. Ikään kuin jokin olisi vialla. Joulukuussa 2021 on tähtitestin aika.
- Tulokset ovat jälleen epämieluisia. Mutta tästähän on raportti ja sen mukaan kaikki on kunnossa ja tekijä on alansa tunnustettu huippu. Pakkohan sen vian on olla jossain omissa rakennelmissa tai omissa testeissä...





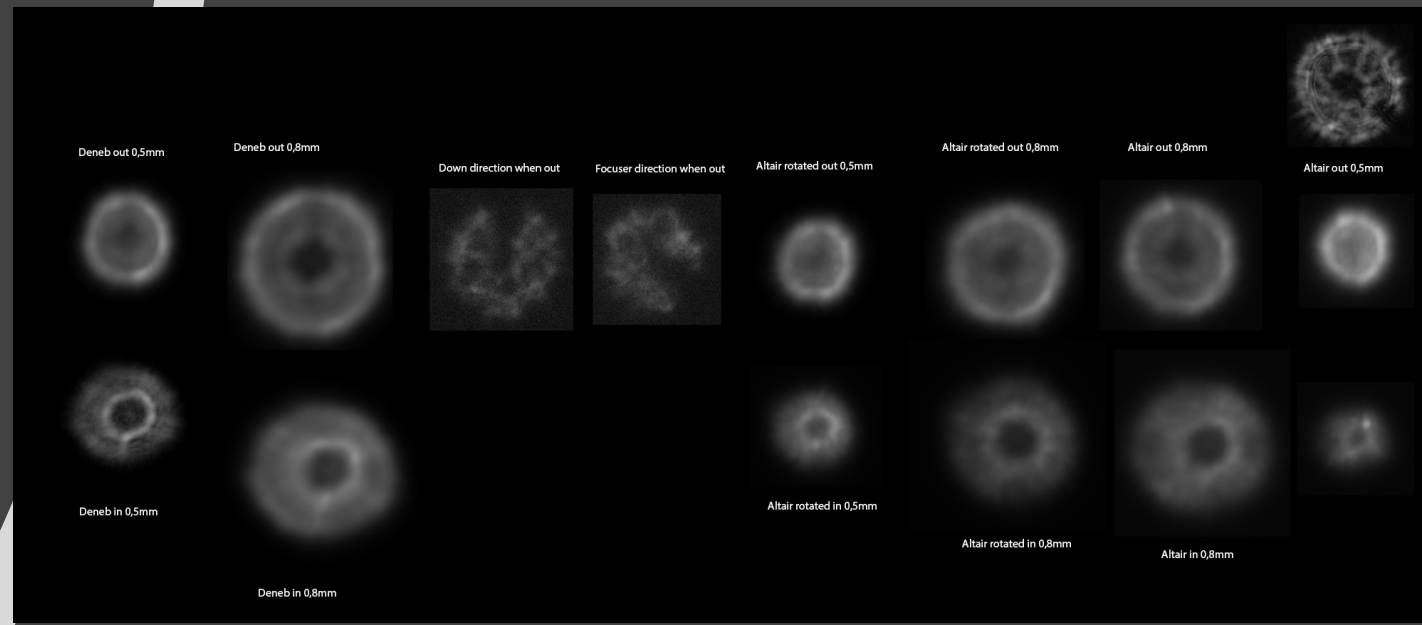
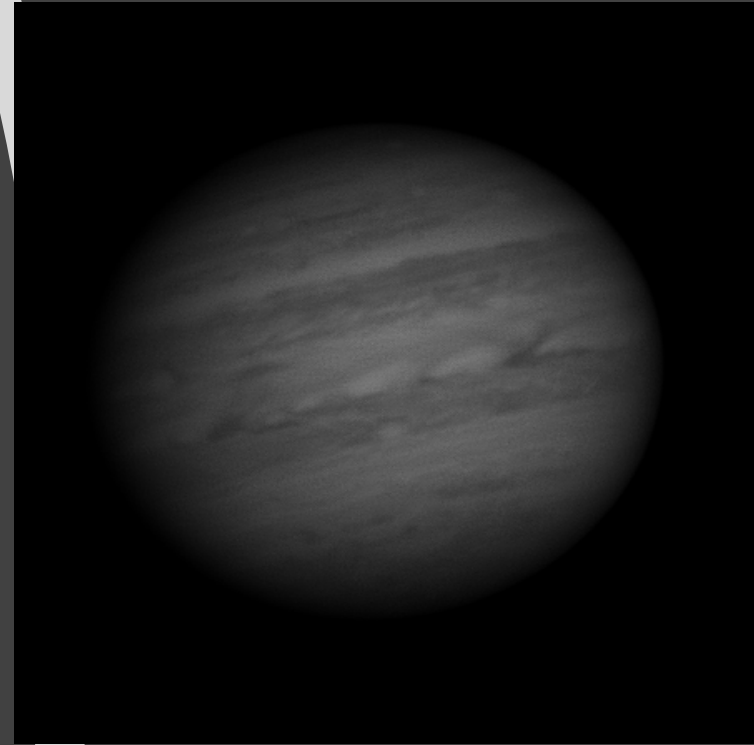
Mekaniikan poissulku, 600mm #3

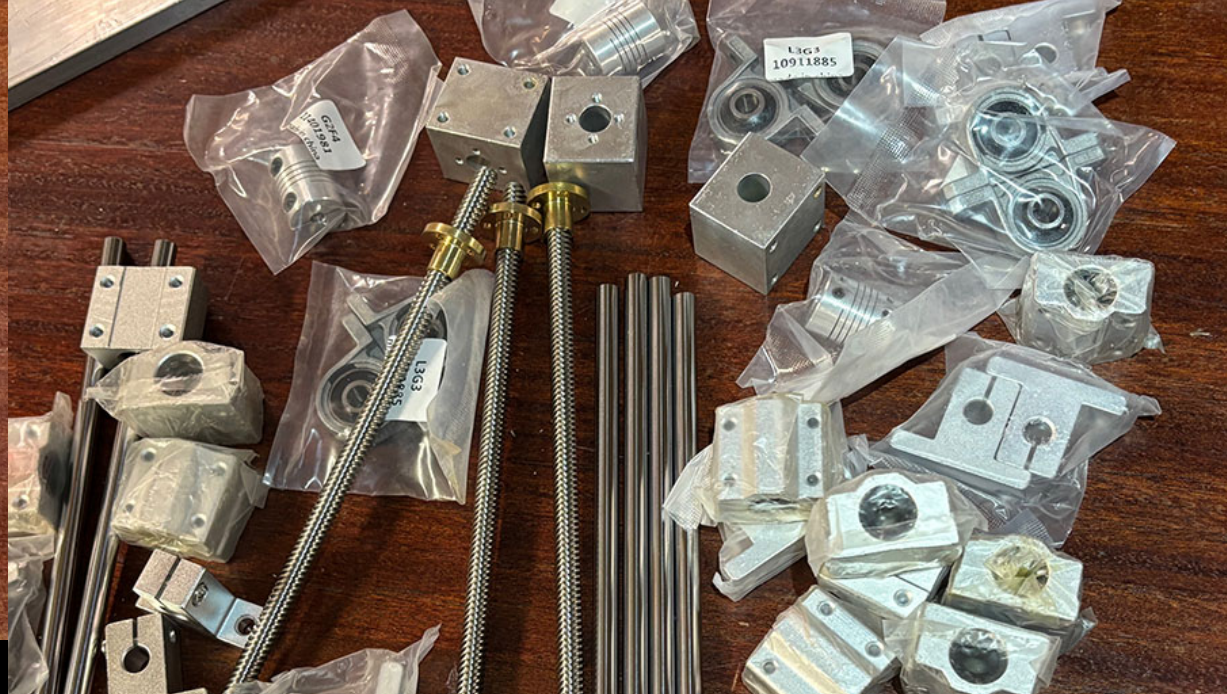
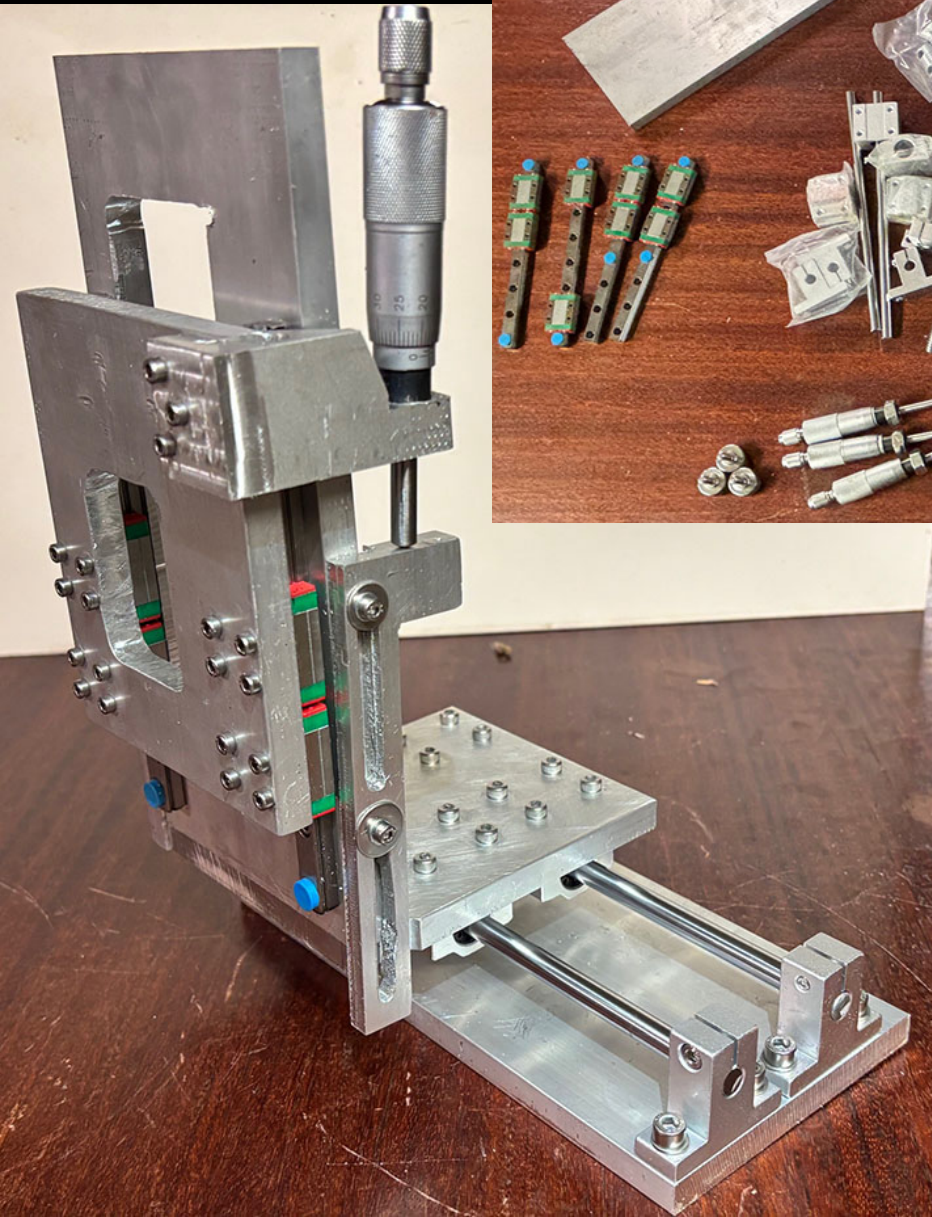
- 2022 ja 2023 menevät kuvaamisen ohella virhelähteiden poissulun parissa.
- Peilin huonoa jäähtymistä tarjotaan syylliseksi
 - Putkessa on 7 puhallinta takana ja 4 puhallinta etupinnalla
 - Jäähdytys­simulointi ja todellinen jäähtymismittaus antavat yhteneväiset tulokset. Peili jäähtyy kyllä hyvin.
 - Keinotähtitesti vakaassa lämpötilassa vahvistaa tuloksen
- Jälleen vertailu visuaalinen ortoskooppi v.s planeettakuvaus setup. Yhteneväiset tulokset.
- Putken mekaniikasta ei kerta kaikkiaan löydy mitään vikaa...



Mekaniikan poissulku, 600mm #3

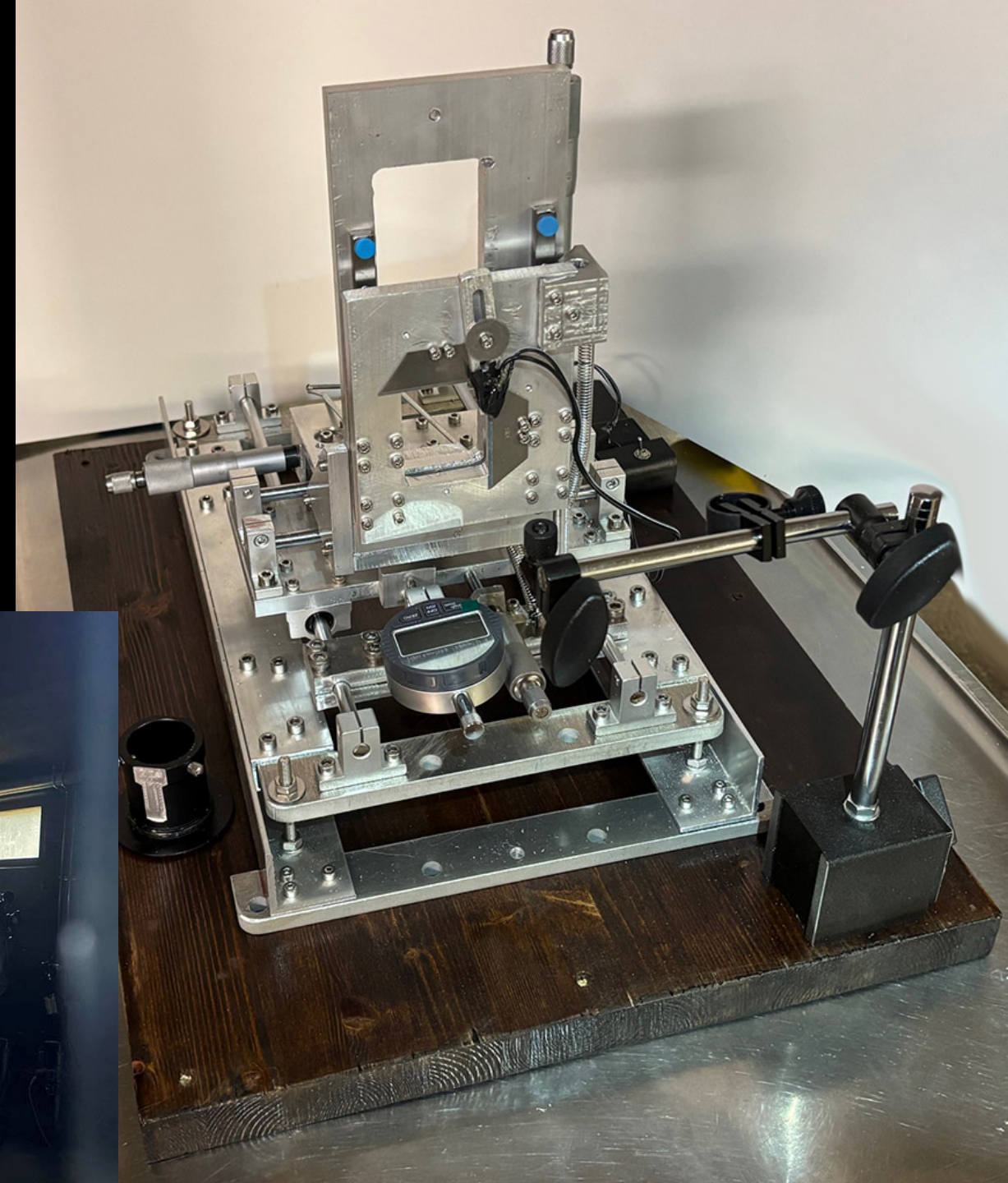
- Laajamittaiset tähtitestit ja vertailu vanhaan putkeen johtavat lopulta siihen vääjäämättömään lopputulokseen, että tässäkin peilissä on jotain häikkää. Mutta jotain kvantitatiivista tarvitaan.
- Lopulta rohkaistun Kantolan Timon ehdotuksesta rakentamaan Foucault-mittalaitteen. Ajatuksena toistaa peilin valmistajan tekemä mittausta ja edetä sitten siitä sen mukaan, mitä tulokset näyttävät.
- Foucault mittalaite valmistuu keväällä 2025 ja mittauksiin pääsen sitten syksyllä 2025.





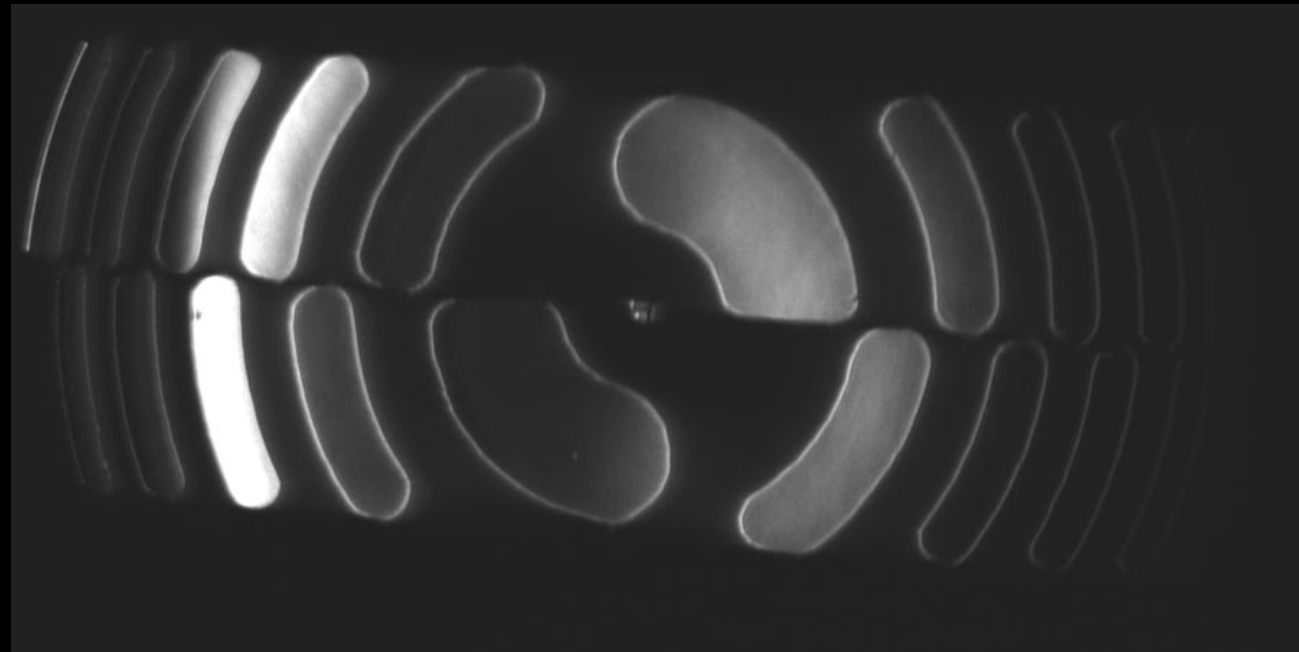
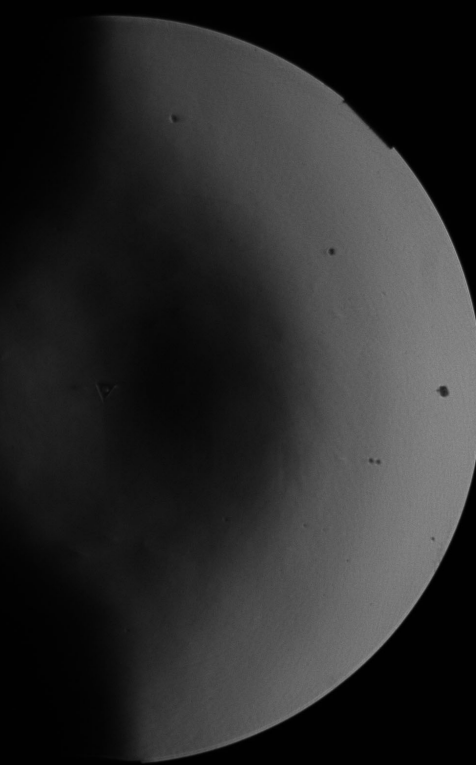
Foucault mittalaite

- Penkitön mittalaite i.e. peili pysyy putkessa omassa pitimessään ja mittalaite sijaitsee omalla pöydällään erillään.
 - Mittalaitteen jalustassa on säädöt, joilla laite suunnataan osoittamaan kohti peiliä ja kaukoputken hienoliikunnoilla peili puolestaan suunnataan kohti mittalaitetta.
 - Raakasuuntaus laserilla ja loppusuuntaus mittalaitteen valonlähteellä
- Mittalaitteessa teräkelkan mukana liikkuva valonlähde
 - 12v teholed integroidulla etuvastuksella
 - Ledin pitimessä 3mm reikä, jossa E27 ledilampun diffuusiokuoresta leikattu himmennin/diffuusori
 - Teräkelkassa pysty- ja vaakaterä, ledinpidin säädettävissä kummallekin terälle
- Joka liikkeelle tuplasäätö
 - Mekaanisesti lukittava karkeasäätö koko liikealueelle
 - Hienosäätö lukituksen suhteen mikrometriruuvilla mittausliikkeille
- Digitaalinen mittakello 0,001mm erottelulla



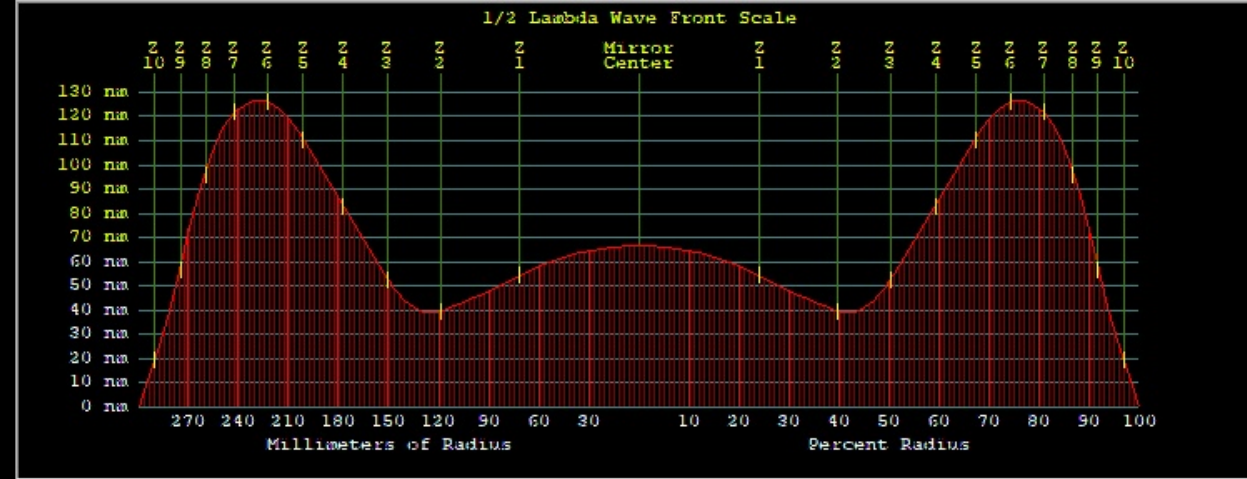
Coude-maski ja perusmittaus

- Ensin Mirrospheren testiraportin tietojen vienti FigureXp-ohjelmaan
 - Haetaan sopivat arvot maskin aukon säteille raporttia vastaavasti
- Sitten luodaan maskin grafiikka PDF tiedostoksi Coudemask-ohjelmalla
 - PDF printataan osissa laserilla, teipataan arkit yhteen yhdeksi isoksi paperiksi ja leikataan aukot auki viivoja pitkin
 - Liimataan paperi pahvin päälle ja leikataan aukot pahvinkin läpi
 - Maalataan spray-maalilla mustaksi
- Sitten perinteinen foucault mittaus, toistaen valmistajan raportin mukaisen mittauksen
 - Hae terän sivusäädöllä varjo keskelle
 - Hae kelkan eteen/taakse säädöllä kohta, jossa sisin aukkopari on tasaharmaa keskenään ja nolaa mittakello
 - Aja kelkkaa taaksepäin kunnes seuraava aukkopari on tasaharmaa ja ota mittakellon lukema ylös, toista joka aukkoparille
 - Toista sama useita kertoja, laske keskiarvot ja syötä FigureXP:hen



Coode-maski ja perusmittaus

- Harvoin huonot uutiset ja tulokset ovat hyviä uutisia, mutta nyt niin oli. Peili oli jotain aivan muuta, kuin mitä valmistajan raportti väitti ja käytännössä täysi susi. Mutta nyt lopultakin asia oli selvä.
 - Peilin muotoa hallitsi massiivinen "donitsivirhe"
 - X- ja Y-diagonaalit olivat reunamuodoltaan erilaiset
 - Ja tämän päälle tulee vielä tähtitestissä näkynyt astigmaattisuus, jota foucaultilla ei helposti saa näkyviin
- Toistin mittaukset useita kertoja ollakseni varma tuloksista ja jälleen Kantolan Timon ehdotuksesta vaihdoin vielä valokuvausmetodiin, jotta saisin itsenäisiä tuloksia varmistamaan mittausten oikeellisuus.



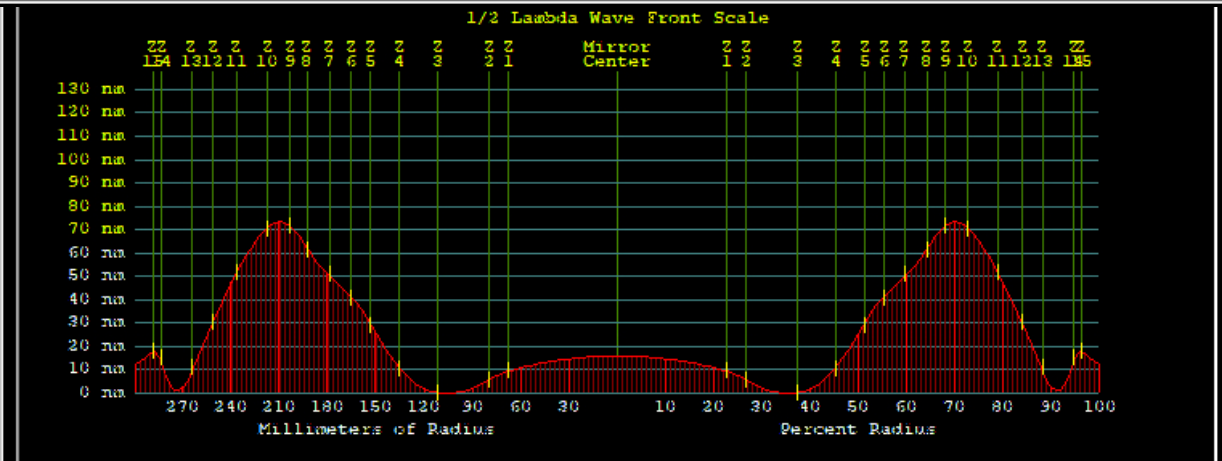
Entered ROC of 4732mm + 0,09457mm = Best fit ROC

Find Best Fit Conic Constant

Run Monte Carlo Analysis

Offset from best fit ROC = 0 Millimeters.
Use L/R arrows or mouse to adjust, F4 to reset

Glass Remaining (mm ³)	21,284	Encircled Energy Ratio	0,616
P-V WaveFront Error	1/2,17	Strehl Ratio	0,472
Transverse Error	6,615	Surface RMS Error (nm)	36,5



Entered ROC of 4732mm + 0,04021mm = Best fit ROC

Find Best Fit Conic Constant

Run Monte Carlo Analysis

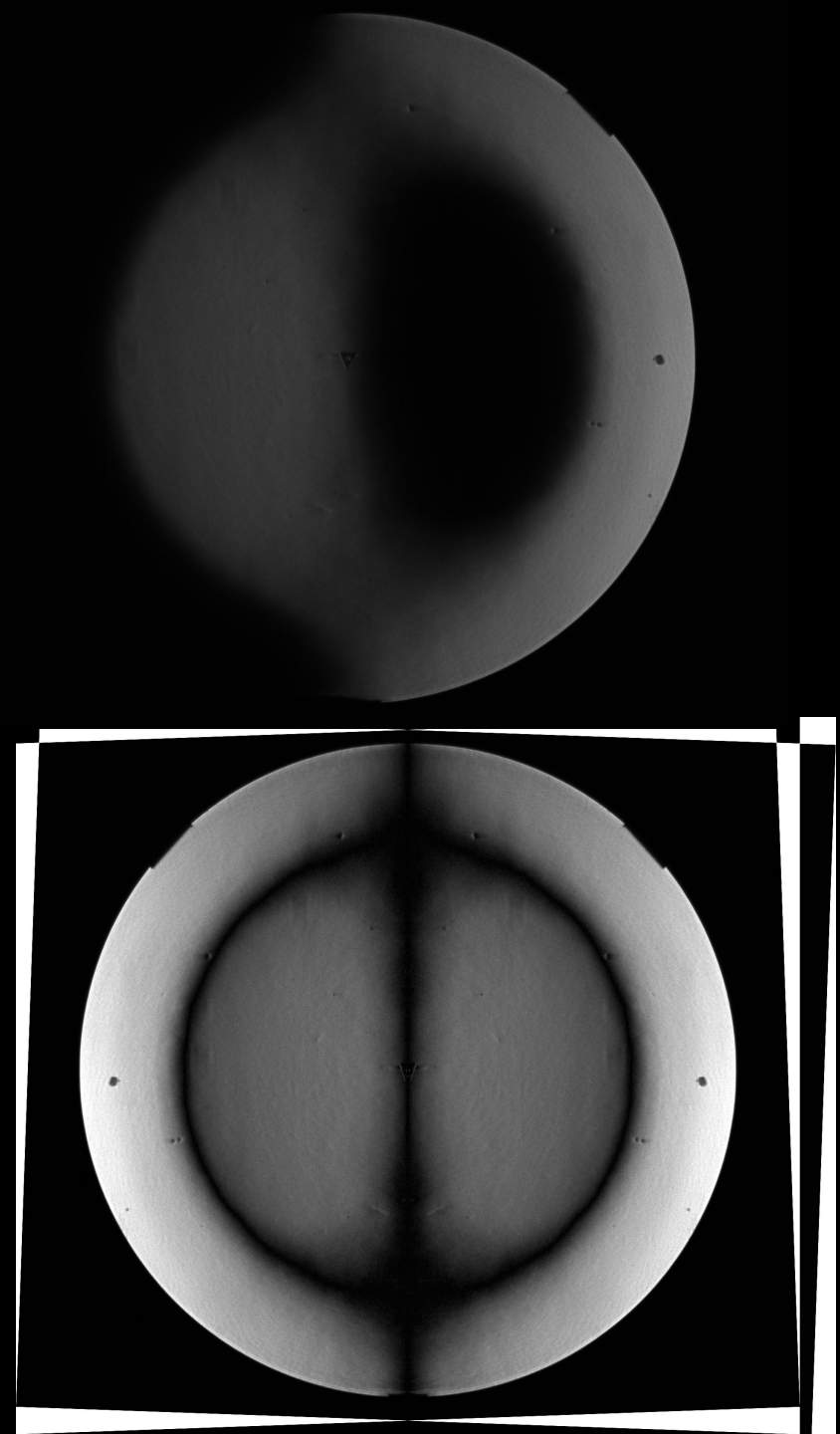
Offset from best fit ROC = 0 Millimeters.
Use L/R arrows or mouse to adjust, F4 to reset

Glass Remaining (mm ³)	8,367	Encircled Energy Ratio	0,768
P-V WaveFront Error	1/3,75	Strehl Ratio	0,726
Transverse Error	4,589	Surface RMS Error (nm)	24,4

Maskiton käänteinen foucault



- Kun maskillisessa foucaultissa aukot ovat kiinteitä ja niitä vasten luetaan mittakellon lukemia, käänteisessä foucaultissa kuvataan maskiton peili kiinteitä mittakellon lukemia vasten.
 - Ajetaan kelkkaa esim. 0,250 mm siirtymin (mittakellon lukema) ja otetaan aina kuva
 - Kuva tasoksi, tasosta kopio joka peilataan itsensä päälle
 - Tason tyypiksi erotus, jolloin yhtä kirkkaat alueet muuttuvat mustiksi
 - Mitataan kuvasta mustan rinkulan halkaisija, joka vastaa aukollisen maskin aukkojen väliahkaisuutta
 - Kuvan levels-säädöillä rinkulasta saadaan terävä ja mittauksesta tarkka
 - Syötetään FigureXP:hen mitatut "maskisäteet" ja niitä vastaavat mittakellonlukemat ja saadaan tulos
- Maskiton foucault vahvisti maskillisten mittausten tulokset



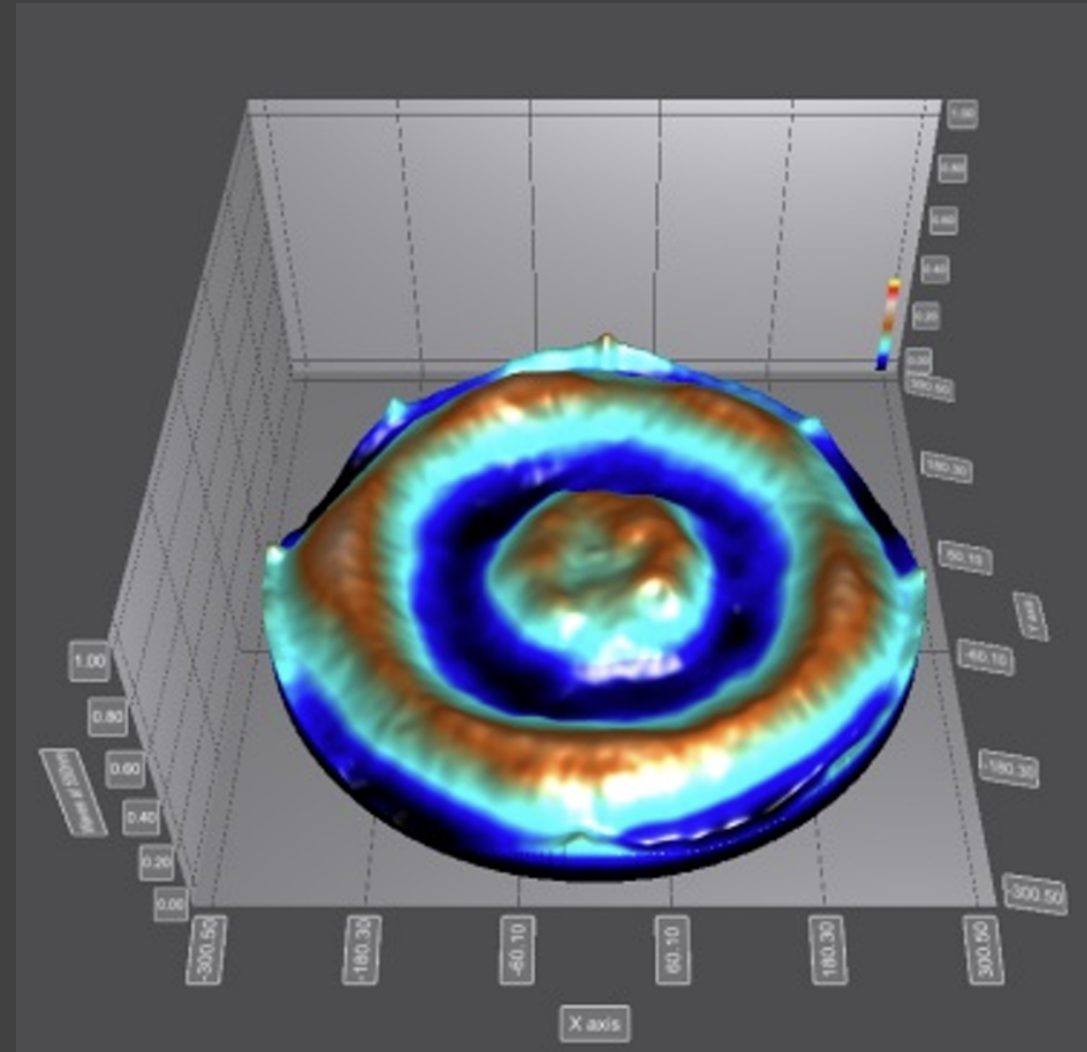
Uskomatonta, tarvitaan 600mm #4

- Pienen haeskelun ja viestinvaihdon jälkeen Bulgarianlainen AstroReflect vakuuttui mittauksistani sen verran, että otti peilin interferometri – mittapenkkiinsä
- Jos astigmatismia ei huomioida, tulokset todellakin muistuttavat foucault-tuloksiani. Sama donitsi näkyy ja samat reunamuodot.

Interferometry Report for default

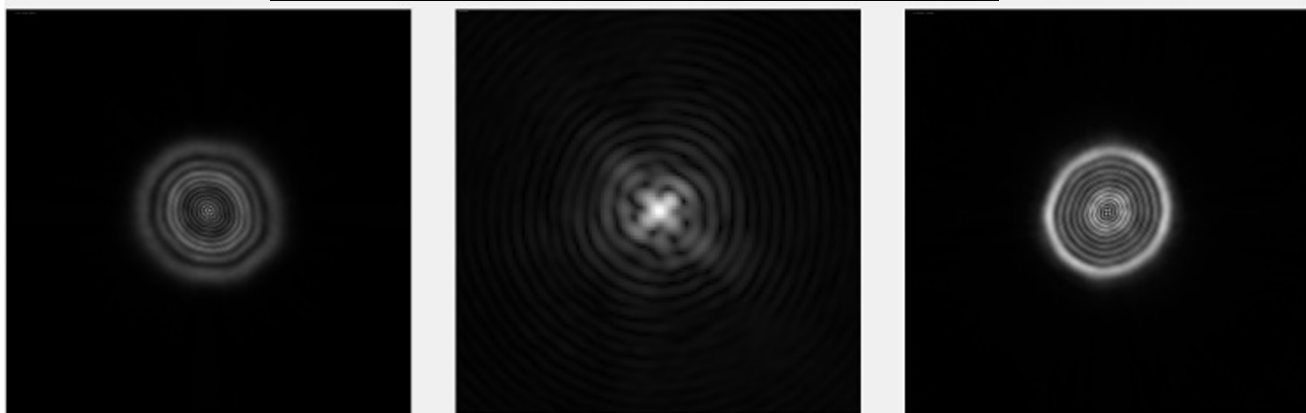
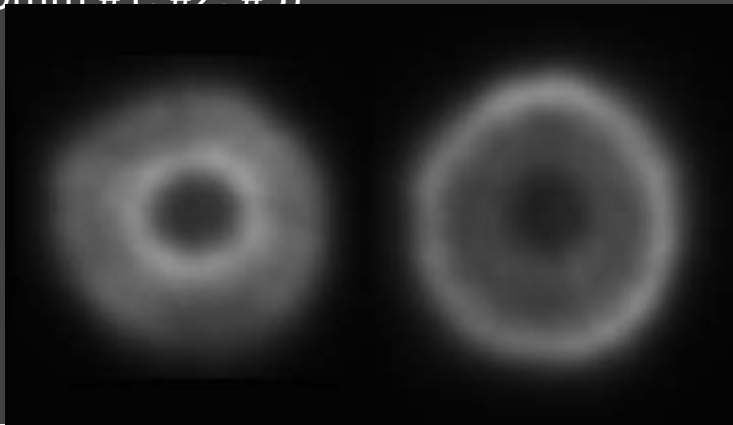
Fri Dec 19 2025 14:50:46
DFTFringe Version:v8.2.0

Diameter: 591.0 mm	ROC: 4706.0 mm	Fnumber: 4.0
RMS: 0.076 waves at 550.0 nm	Strehl: 0.796	Best Fit CC: -1.011
Desired Conic: -1	SANull: -4.6327	Waves per fringe: 1 Interferogram Wave length: 658nm



Kuinka huono se 600 #3 olikaan...

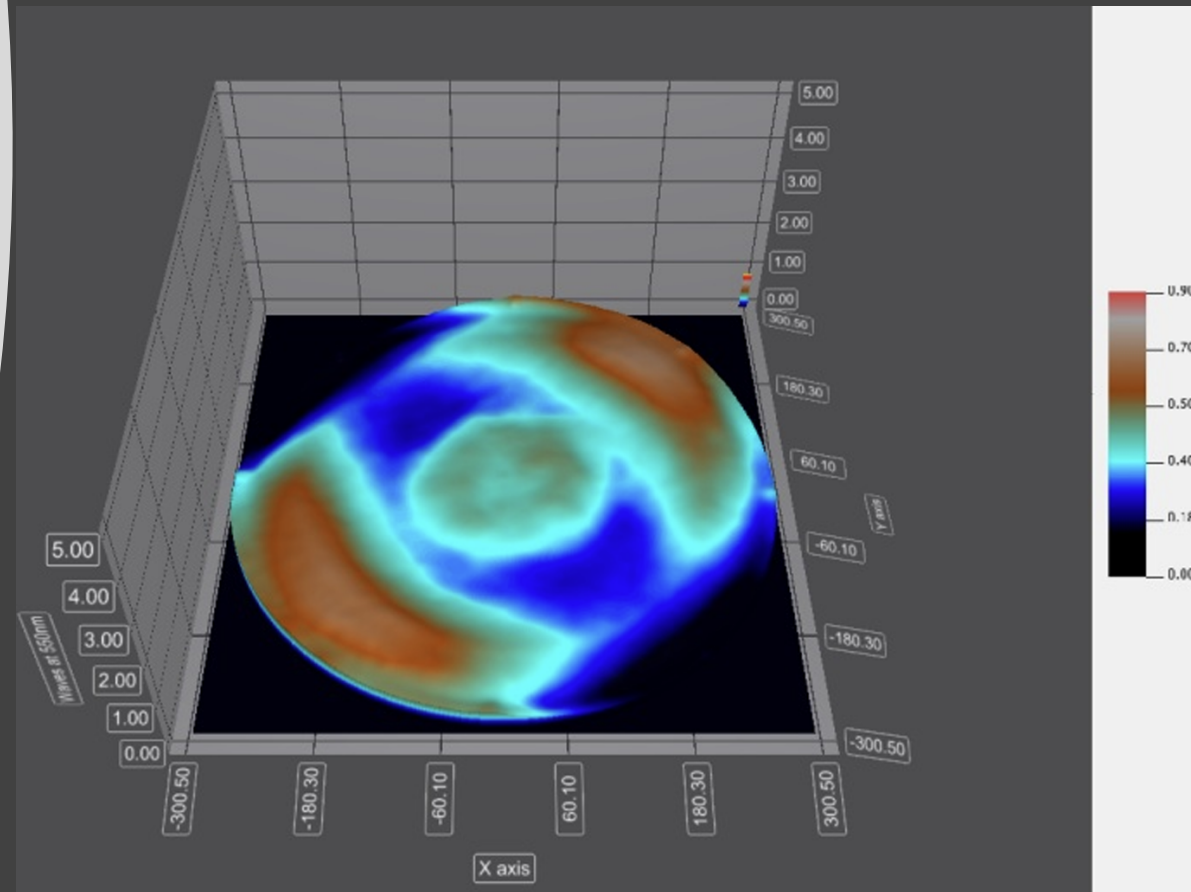
- Mutta tietenkin astigmatismi huomioidaan myös ja interferometrissä sen saa esiin. Kaikki virheet huomioiden peili on nettona kuvottavat 0,305 strehl
- Synteettinen tähtitestikuva vastaa tekemiäni tähtitestejä...
- Ja käytännön kuvaamisessa tämä 600 #3 oli paras kaikista viidestä tähänastisesta variantista (500mm #1 ja #2, 600mm #1 #2 #3)



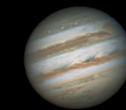
Interferometry Report for Ari Haavisto - 600mm

пет дек 19 2025 00:34:30
DFTFringe Version:v7.2.3

Diameter: 591.0 mm	ROC: 4706.0 mm	Fnumber: 4.0
RMS: 0.173 waves at 550.0 nm	Strehl: 0.305	Best Fit CC: -1.011
Desired Conic: -1	SANull: -4.6327	Waves per fringe: 1 Interferogram Wave length: 658nm



Ei ihme, että SW400P:llä saa tällaisia kuvia. Ja kun 600mm peili saadaan lopulta oikeaan muotoon, odotan todella mielenkiintoisia kuvia.



Sillä a.o. 400mm:n kuvat eivät todellakaan näytä siltä, ettkö seeing ei parempaakin sallisi, jos käytössä vaan olisi isompi peili kuin 400mm, kunhan peilin laatu on kelpollinen...

