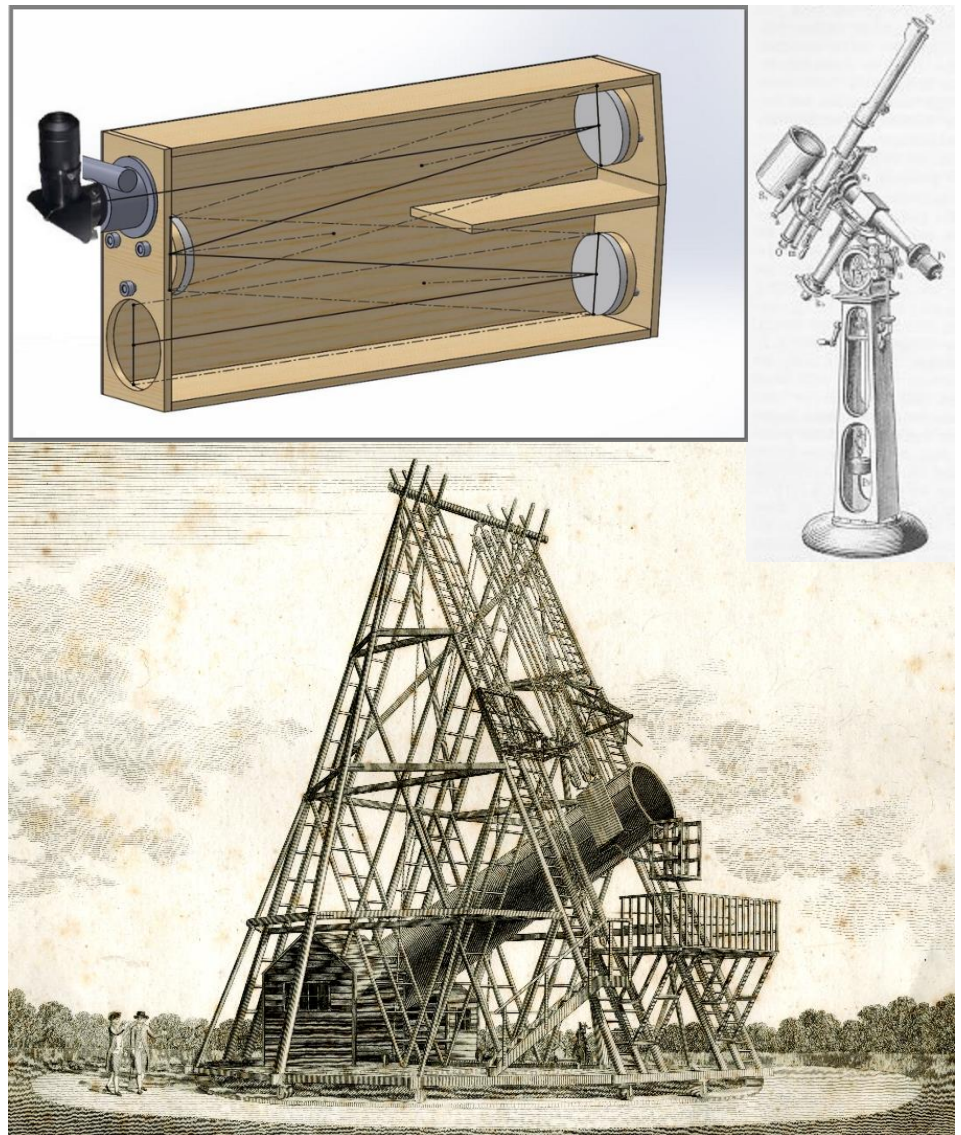
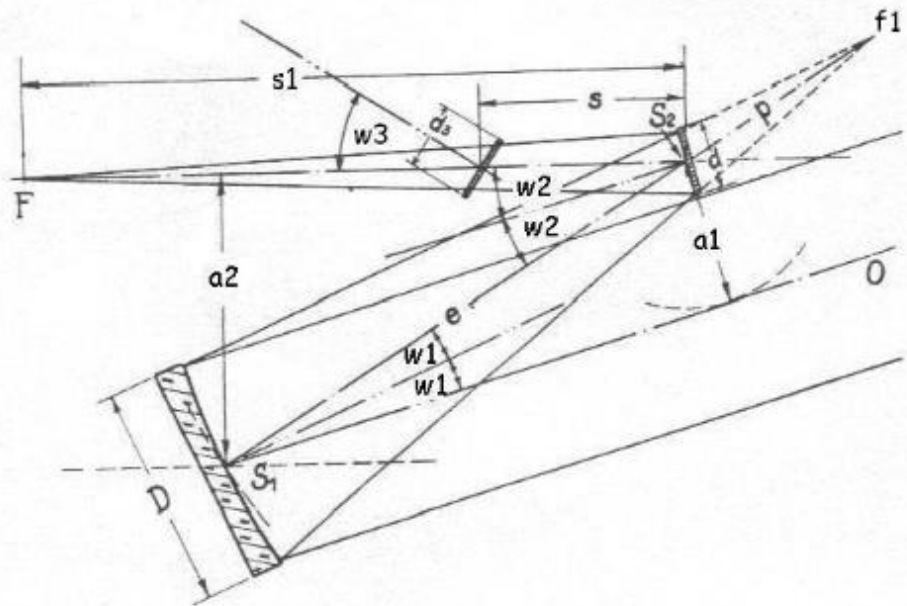


# Schiefspiegler



# Enkele bijzondere aspecten van schiefspiegler ontwerpen

- De Kutter telescoop
- Toepassen van een correctielens
- De heliostaat van de Leidse Sterrewacht
- Vergelijken van diverse ontwerpen
- Stevick-Paul telescoop
- 3 spiegel schiefspiegler
- Een grotere telescoop bouwen



## Origineel ontwerp van Anton Kutter's telescoop.

Wat opvalt is dat hierin geen gegevens over de correctielens vermeld zijn.

Met het optisch ontwerp-programma ZEMAX zijn deze gegevens berekend.

Katadioptrische Schiefspiegelsysteme nach Kutter:

Typ	150:f20	200:f20	250:f20	300:f20	400:f20
D	150mm	200mm	250mm	300mm	400mm
f ges	3000mm	4000mm	5000mm	6000mm	8000mm
f1	-	-	-	-	-
N	f20	f20	f20	f20	f20
e	1025mm	1366mm	1707mm	2050mm	2732mm
s1	1283mm	1717mm	2145mm	2576mm	3434mm
s	550mm	746mm	932mm	1120mm	1492mm
a1	120mm	159mm	188mm	226mm	300mm
a2	341mm	425mm	532mm	638mm	850mm
w1	3°22'	3°09'	3°09'	3°09'	3°09'
w2	9°43'	9°04'	9°04'	9°04'	9°04'
w3	28° (+/- 8° Justiertoleranz)				
d	70	95	115	140	190
d3	65	85	105	125	170
Quelle	1	1	1	1	1

# Ontwerp correctielens (ZEMAX analyse)

Alle vermelde waarden gelden voor Anton Kutter's telescoop

- **Ontwerp 1 (het klassieke ontwerp)**

Dit betreft een platbolle lens met een kromtestraal van 26,8 m en een wighoek van 0,11 graden. Deze lens is moeilijk te maken en te justeren.

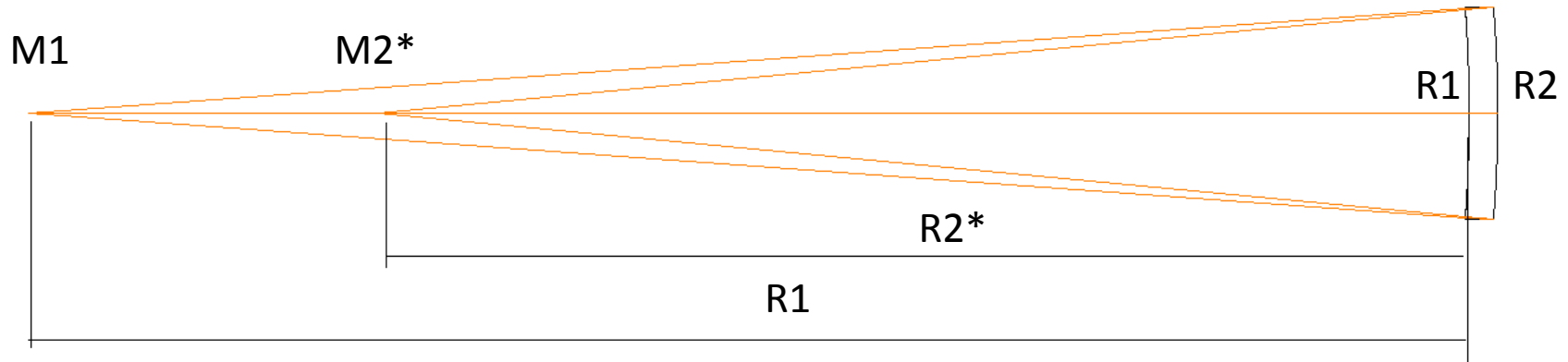
- **Ontwerp 2 (meniscuslens)**

Uit de ZEMAX analyse blijkt dat een meniscus lens (hol-bol) dezelfde of betere resultaten geeft als het klassieke ontwerp. De kromtestralen zijn 3,33 m en 4,13 m. Deze lens heeft geen wighoek! De lens is gemakkelijker te maken en te justeren.

**Aanbeveling:** In het algemeen kan voor Kutter telescopen met een lichtsterkte van  $F/20$  of minder met succes een meniscus correctielens worden gebruikt.

# Ronchi of Foucault test van een meniscuslens

We beschouwen het voor en achtervlak van de meniscuslens als een sferische spiegel, waarop we de test kunnen toepassen.



$M1$  kromtemiddelpunt voorvlak, straal  $R1$

$M2^*$  geconjugerd kromtemiddelpunt achtervlak, straal  $R2$  (Dit is niet het echte kromtemiddelpunt omdat we 2x breking hebben door het voorvlak).

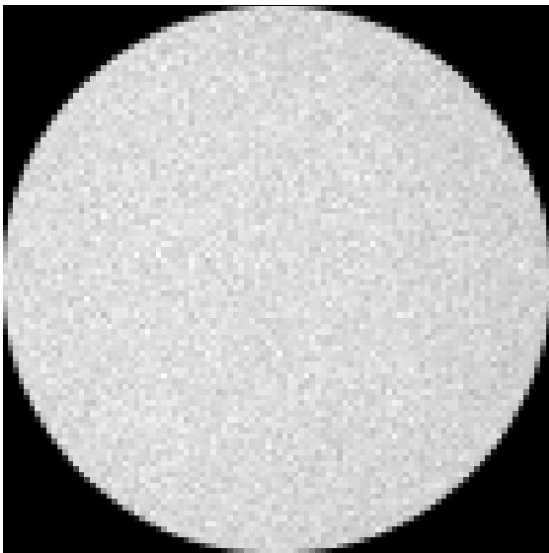
De testopstelling wordt achtereenvolgens in positie  $M1$  en  $M2^*$  geplaatst.

De afstand  $M1$ -  $M2^*$  kan vantevoren worden berekend met b.v. OSLO of ZEMAX.

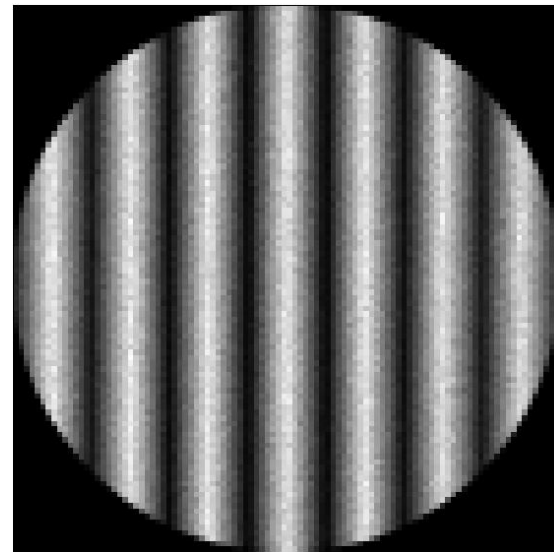
# Testen van een sferisch oppervlak met de Ronchi tester

Hierbij wordt in het kromtemiddelpunt van een sferische spiegel een rooster geplaatst met b.v. 5 lijnen/mm. Een lichtbron verlicht de spiegel door het rooster heen.

De terugkerende bundel wordt ook door het rooster waargenomen. Bij een perfecte sfeer zien we een egaal verlicht spiegeloppervlak, of bij defocuseren een recht lijnenpatroon.



Ronchi beeld in focus



Uit focus

# Heliostaat voor de Leidse Sterrewacht



Het zonlicht wordt geleid vanaf het dak naar het bezoekerscentrum in de kelder. Daar staat een bijzondere Kutter telescoop, die het zonsbeeld op een scherm projecteert.

# Heliostaat Leidse Sterrewacht



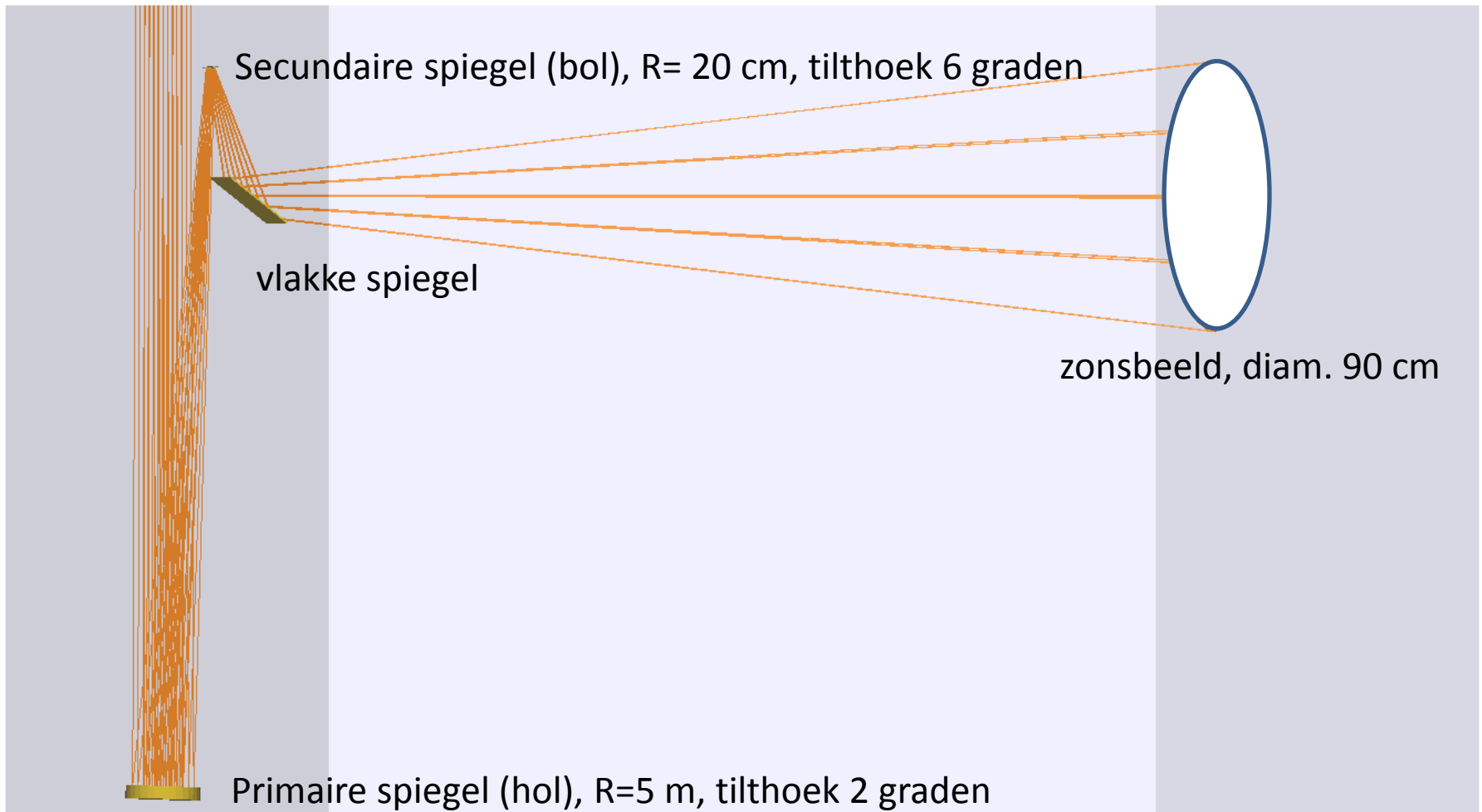
Dakopstelling met 2 vlakke spiegels

Kutter telescoop  
in glazen vitrinekast →



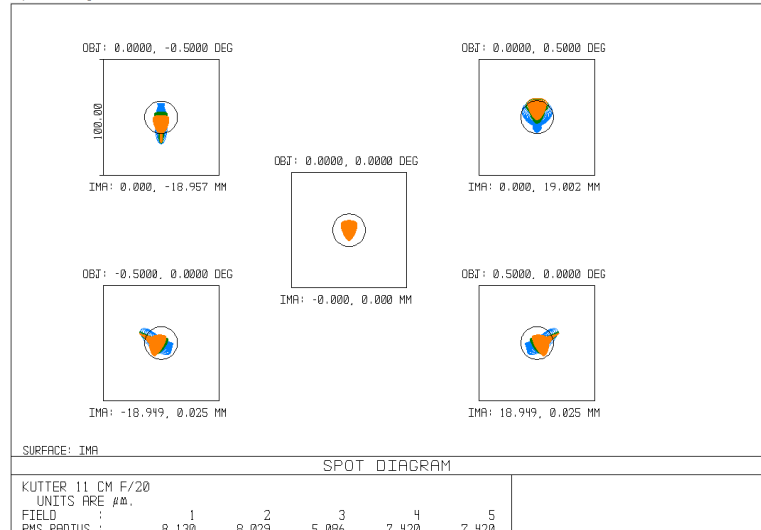
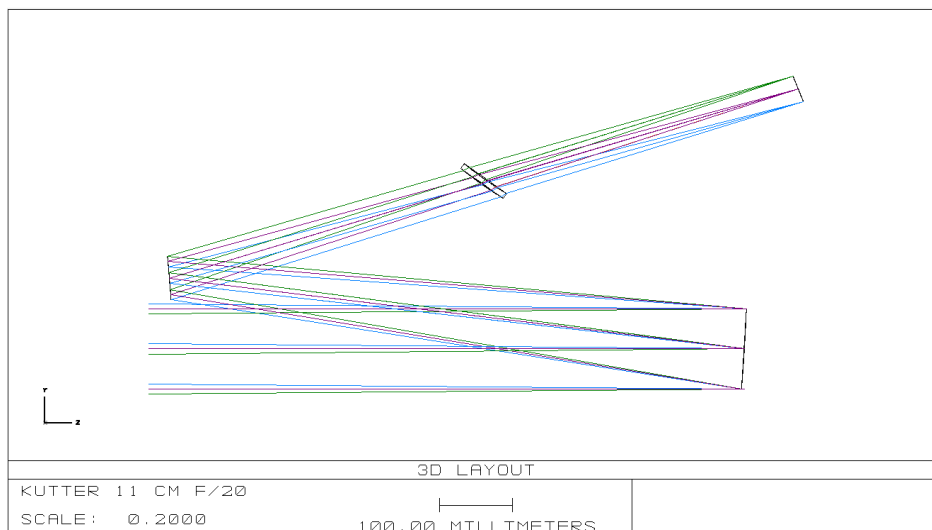
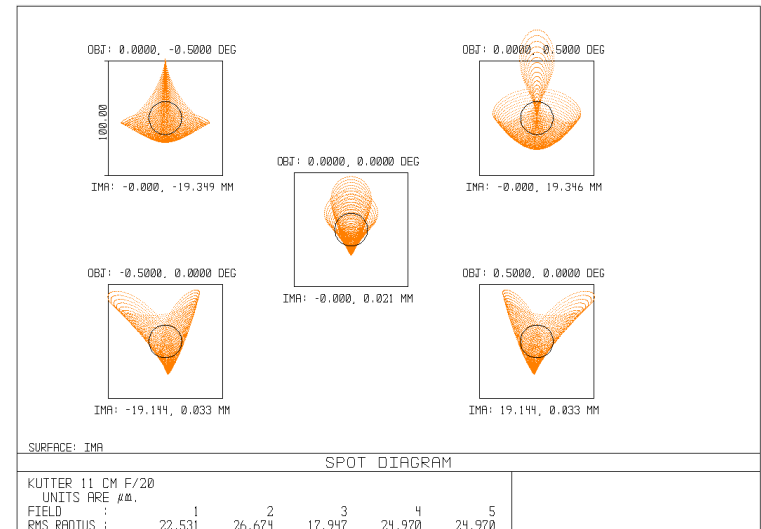
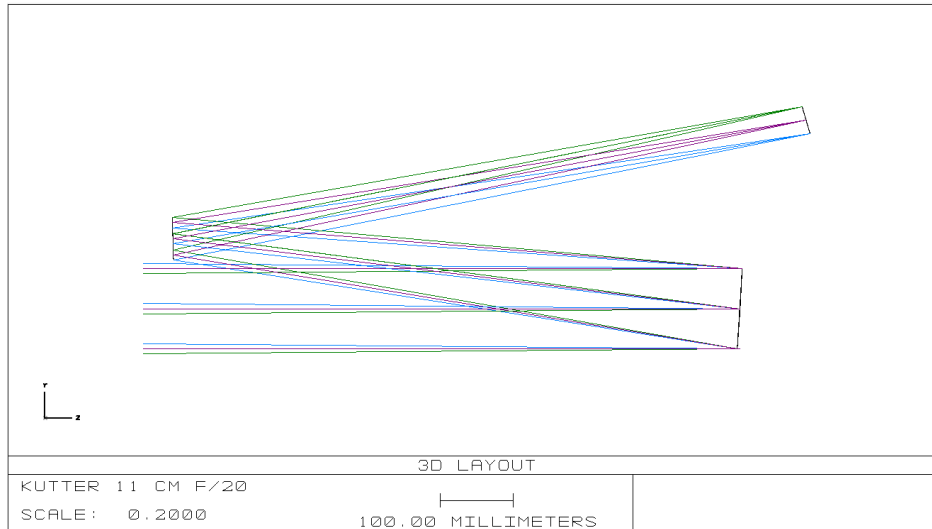


# Kutter telescoop voor de Leidse heliostaat.

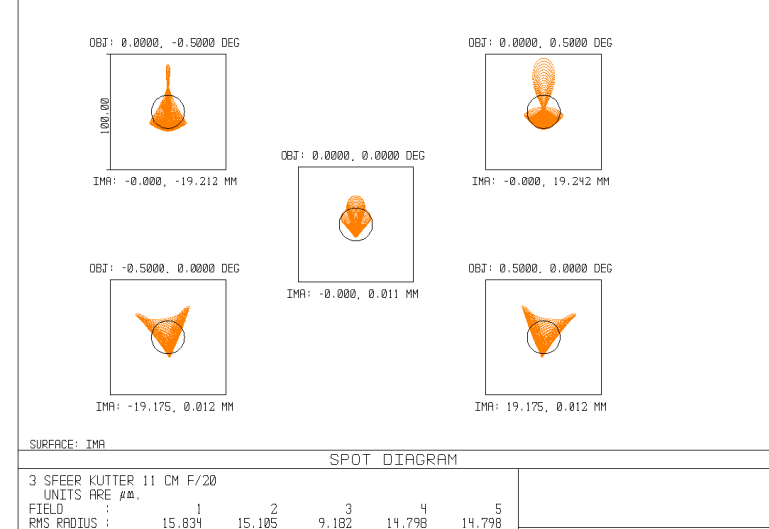
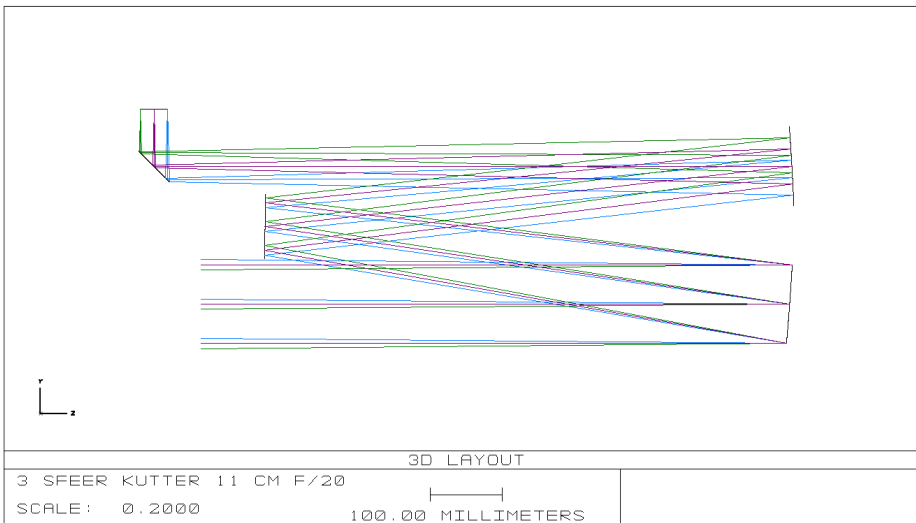
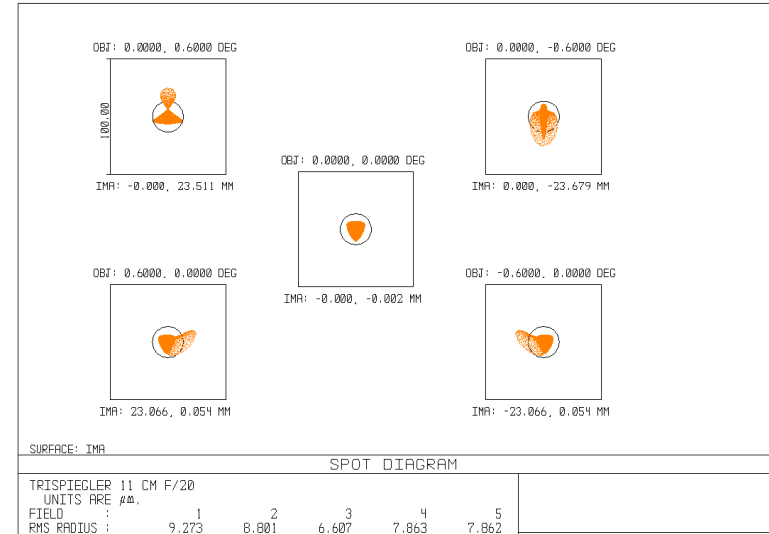
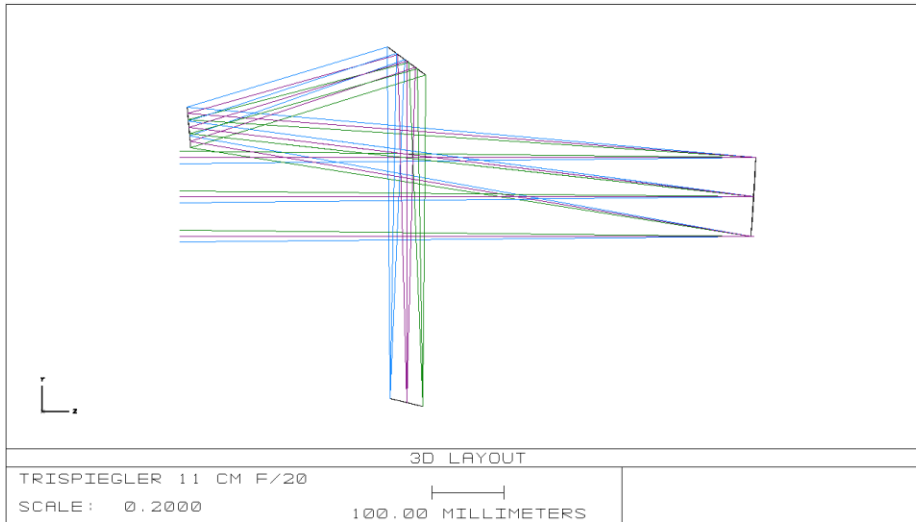


De brandpuntsafstand van deze telescoop is 100 m, zodat een zonsbeeld van 90 cm op een scherm wordt geprojecteerd. De intreepupil is 10 cm rond, deze bevindt zich op het dakniveau.

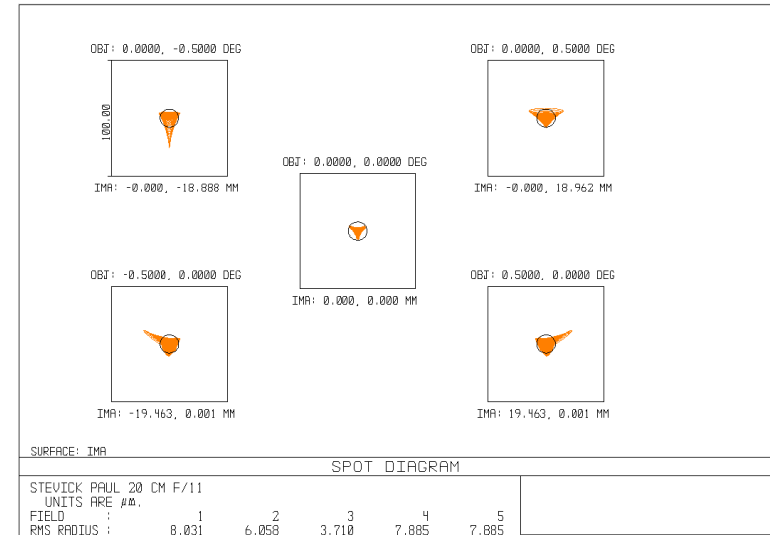
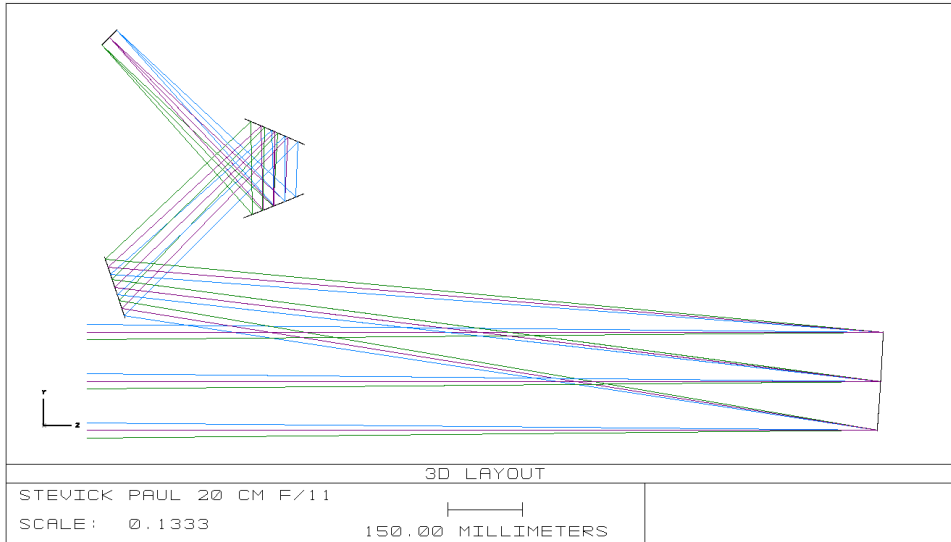
Vergelijk van een Kutter telescoop zonder en met correctielens.  
 Beide telescopen zijn 11 cm F/20, F=2,2 m.  
 De cirkel in de spotdiagrammen is de Airy disk (buigingsgrens).



# Een tweetal tri-schiefspieglers 11 cm F/20



# Variant op het Stevick-Paul ontwerp 20 cm F/11, F=2,2 m.



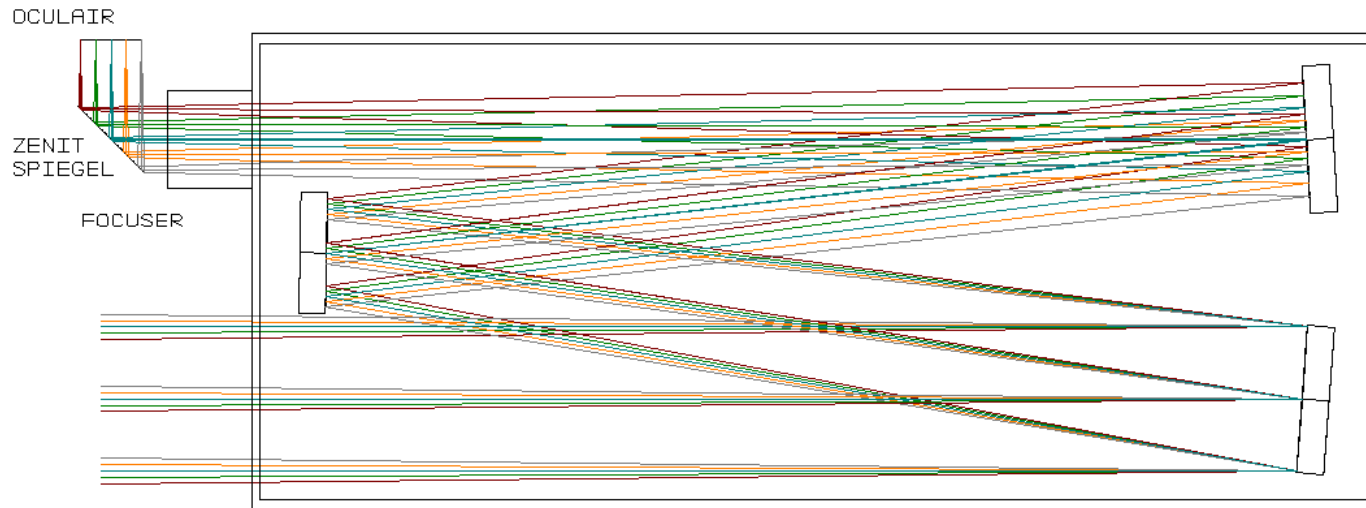
Deze telescoop is superieur wat prestaties betreft:

- Grotere lichtsterkte, dus kleinere Airy disk.
- Beeldkwaliteit is buigingsbegrenst.
- Het beeldvlak staat loodrecht op de optische as.

Alle spiegels zijn sferisch!

Nadeel is de bouwlengte t.o.v. de brandpuntsafstand, in dit geval ca. 1,7 m.

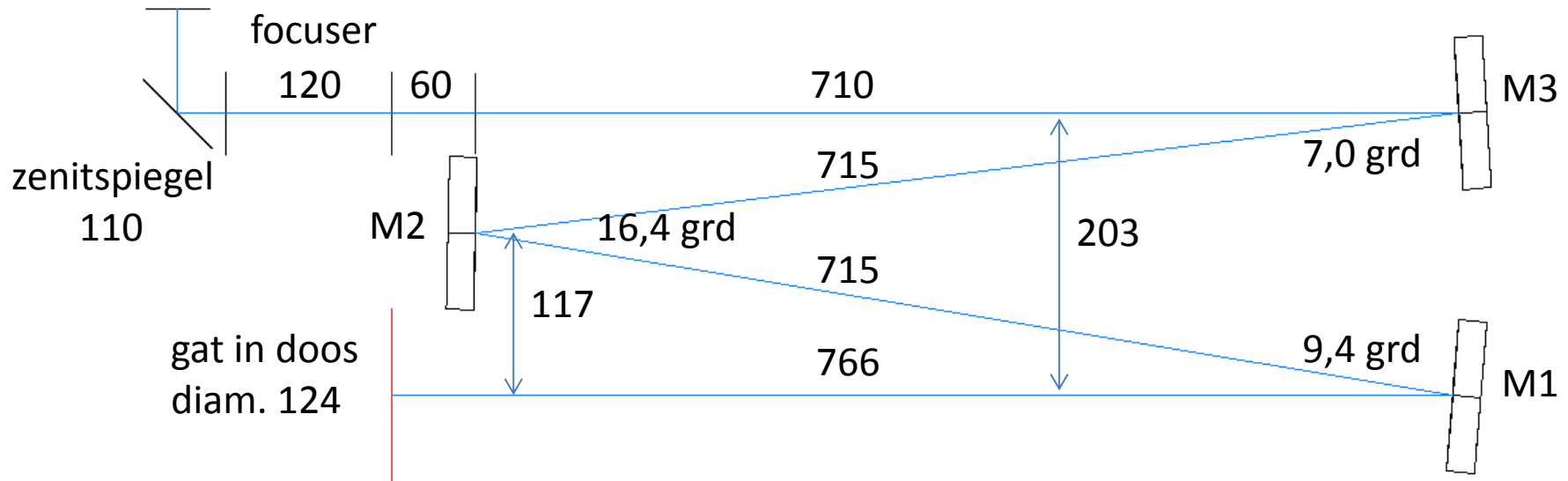
# Tri-schiefspiegler 11 cm F/20, F=2,2 m.



## Eigenschappen:

- 3 spiegel systeem, hol-bol-hol. De spiegels zijn alle sferisch en hebben dezelfde kromtestraal,  $R=3685$  mm.
- Het gezichtsveld is 1,2 graden. Een 2 inch oculair is goed toepasbaar.
- Het beeldvlak staat loodrecht op de optische as!
- De zenitspiegel is optioneel maar is toegevoegd voor comfortabele inkijk. Deze spiegel zorgt ook dat het beeld in het oculair niet spiegelverkeerd is. Fotograferen kan zonder zenitspiegel gebeuren.
- Gemakkelijk te bouwen, ook zeer geschikt als Dobson telescoop.
- De collimatie is niet moeilijk.

# Bouwplan tri-schiefspiegler 11 cm F/20



## Collimatie:

- Teken een nauwkeurige plattegrond van het systeem op de bodem van de box die als behuizing voor de telescoop gaat dienen.
- Plaats alle componenten nauwkeurig volgens deze plattegrond.
- Collimatie kan gebeuren met een laseroculair. De spiegels moeten in hoekstand goed ingesteld worden. De laserbundel moet overal volgens de plattegrond en op gelijke hoogte door de box lopen. Het is geen probleem als de spiegels zelf iets gedecentreerd zijn, omdat het sferische spiegels betreft.

# ZEMAX data

Tri-schiefspiegler 11 cm F/20. F=2,2 m. Gezichtsveld 1,2 graden.

Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic	Par 0 (unused)	Decenter X	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		Infinity	0.0000				
1	Standard	INTR.OPENING	Infinity	766.0000		62.0177	0.0000				
2	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	4.7000
*	Standard	M1	-3685.000	0.0000	MIRROR	55.0000 U	0.0000				
4	Coordina..			-715.2180	V	0.0000			0.0000	0.0000	4.7000 P
5	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-8.1761 V
6*	Standard	M2	-3685.000	0.0000	MIRROR	55.0000 U	0.0000				
7	Coordina..			715.2180	P	0.0000			0.0000	0.0000	-8.1761 P
8	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	3.4761 P
9*	Standard	M3	-3685.000	0.0000	MIRROR	55.0000 U	0.0000				
10	Coordina..			-710.2180	P	0.0000			0.0000	0.0000	3.4761 P
11	Standard	AFST.M2-DOOS	Infinity	-60.0000		28.5539	0.0000				
12	Standard	FOCUSER	Infinity	-120.0000		30.0000 U	0.0000				
13	Standard		Infinity	-35.0000		30.0000 U	0.0000				
14	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-45.0000
15	Standard	ZENITSPIEGEL	Infinity	0.0000	MIRROR	34.9948	0.0000				
16	Coordina..			75.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-45.0000
IMA	Standard	BEELDVLAKE	Infinity	-		22.8314	0.0000				

# Een grotere telescoop bouwen

Als het bestaande ontwerp wordt opgeschaald, dan schalen de afbeeldingsfouten mee (coma en astigmatisme). Dit wordt voor een deel gecompenseerd doordat het gezichtsveld in hoekmaat kleiner wordt (het oculair schaalt niet mee). De hoeken tussen de spiegels kunnen dan ook kleiner worden.

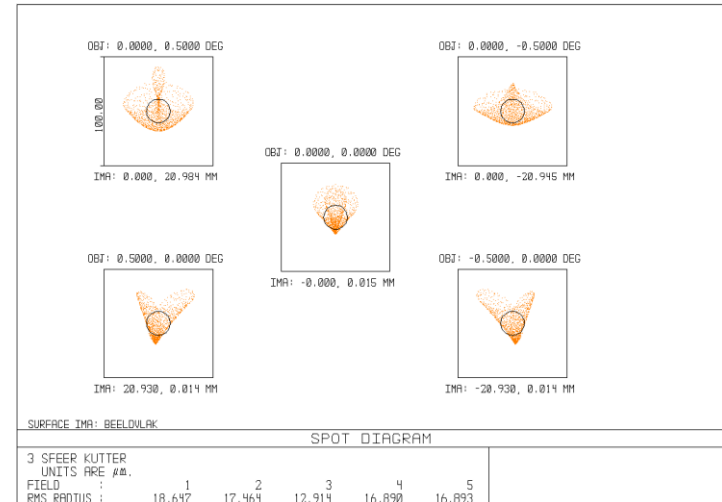
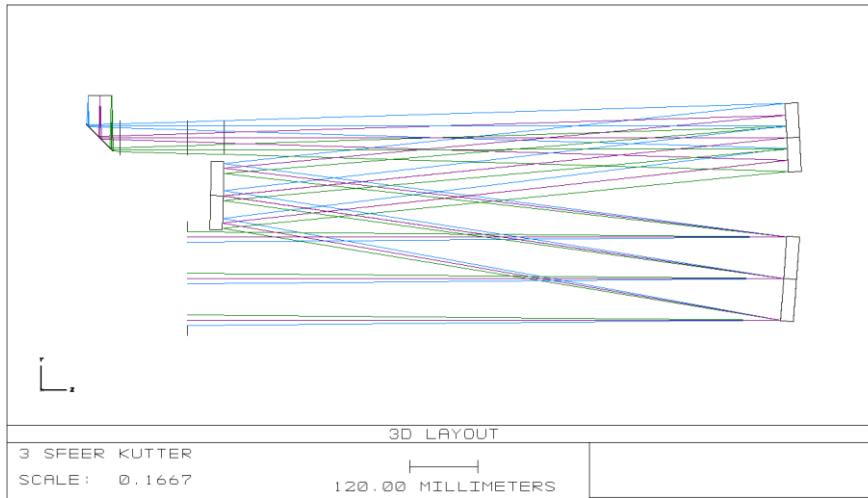
De Airy disk (buigings grens) schaalt niet mee, zodat bij een te grote opschaling de beeldfouten de overhand krijgen. De beeldkwaliteit is dan niet meer optimaal.

## Voor de trispiegler geldt:

- Een F/20 systeem kan zonder noemenswaardig kwaliteitsverlies opgeschaald worden naar een apertuur van 20 cm. Een correctielens is dan niet nodig.
- Voor een F/16 systeem of minder is een correctielens vereist voor optimale beeldkwaliteit. Dit omdat de beeldfouten toenemen en de Airy disk kleiner wordt. Met correctielens is een apertuur van 30 cm haalbaar.
- De beeldkwaliteit kan ook nog worden verbeterd door de 3e spiegel (M3) een kleinere kromtestraal te geven. M1 en M2 hebben nog steeds gelijke stralen (hol en bol). De bouwlengte van de telescoop wordt dan wel iets langer. In dit geval is een 15 cm F/16 telescoop een goede keuze.



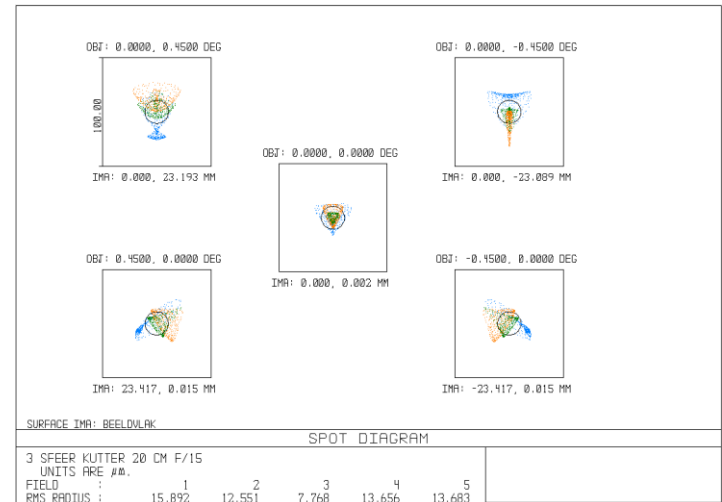
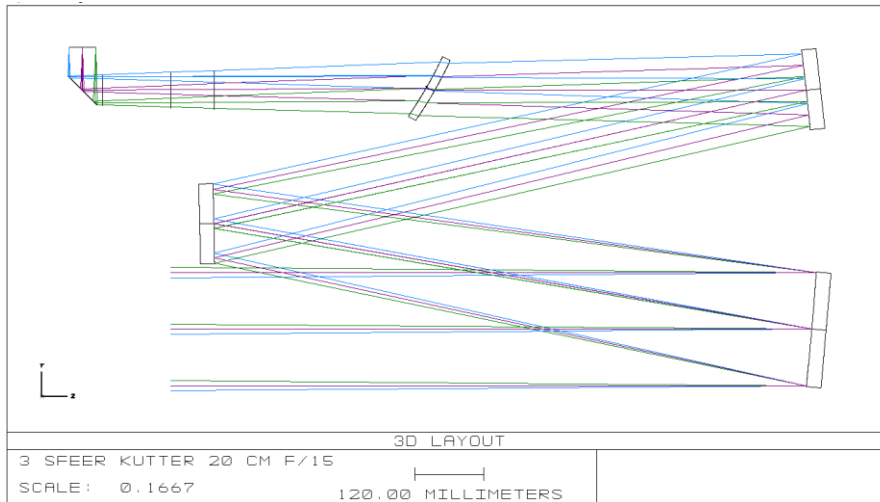
Gegevens van een 15 cm F/16 tri-spiegler zonder correctielens. F=2,4 m.  
 Gezichtsveld 1 graad. De 3<sup>e</sup> spiegel heeft een afwijkende kromtestraal.



Surf:	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic	Par 0 (unused)	Decenter X	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		Infinity	0.0000				
1*	Standard		Infinity	1055.0000		83.2028	0.0000				
2	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	4.2000
*	Standard	M1	-5828.192	0.0000	MIRROR	75.0000	U	0.0000			
4	Coordina..			-1002.327	V	0.0000			0.0000	0.0000	4.2000
5	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-7.1405
6*	Standard	M2	-5828.192	0.0000	MIRROR	60.0000	U	0.0000			
7	Coordina..			1002.3270	P	0.0000			0.0000	0.0000	-7.1405
8	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	2.9405
9*	Standard	M3	-3601.294	0.0000	MIRROR	61.0000	U	0.0000			
10	Coordina..			-995.5088	P	0.0000			0.0000	0.0000	2.9405
11	Standard	AFST.M2-DOOS	Infinity	-65.0000		29.9751	0.0000				
12	Standard	FOCUSER	Infinity	-120.0000		30.0000	U	0.0000			
13	Standard		Infinity	-35.0000		30.0000	U	0.0000			
14	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-45.0000
15	Standard	ZENITSPIEGEL	Infinity	0.0000	MIRROR	33.8448	0.0000				
16	Coordina..			75.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-45.0000
IMA	Standard	BEELDVLAKE	Infinity	-		21.0258	0.0000				

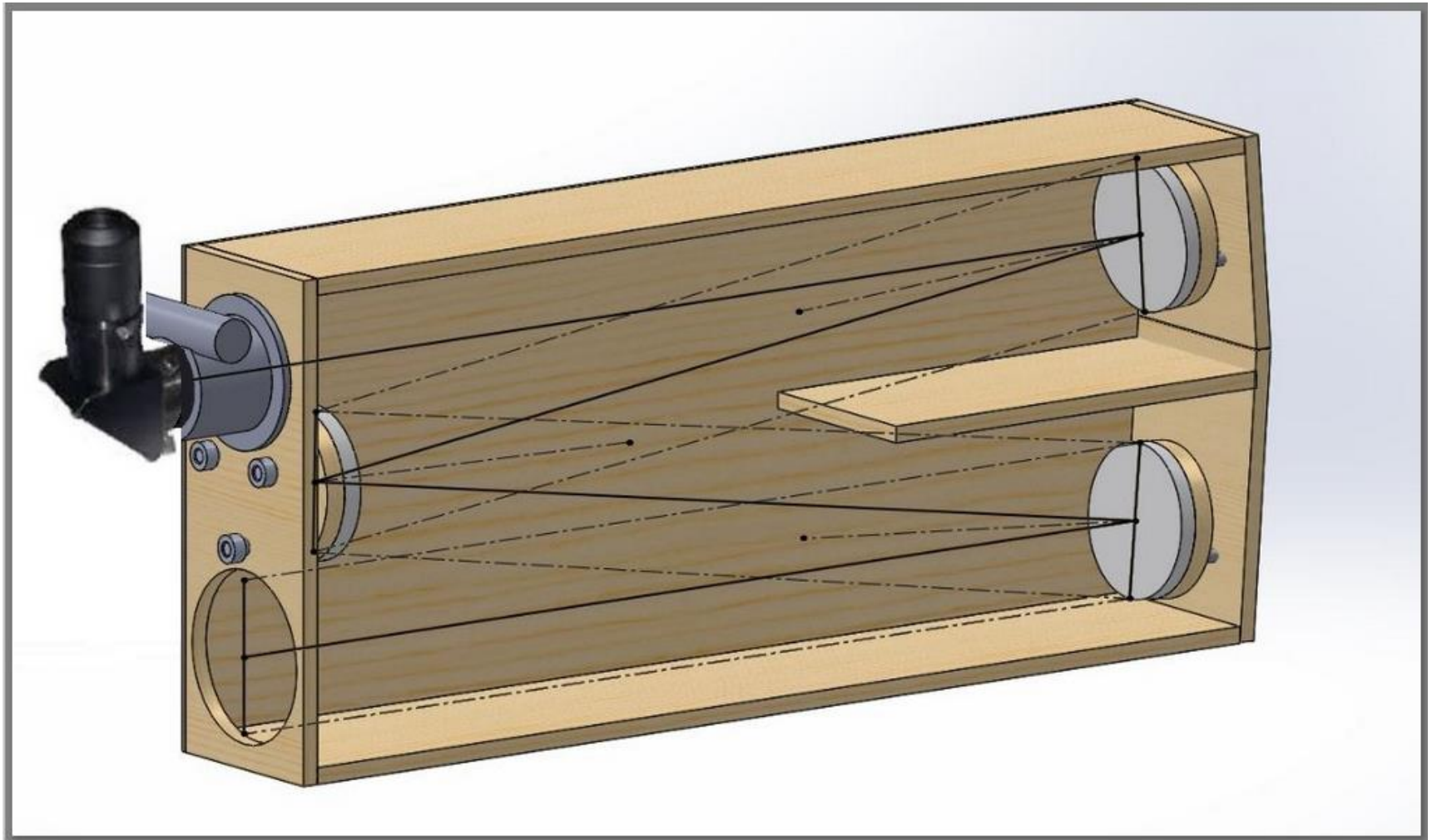
Dit ontwerp is zeer geschikt als Dobson telescoop!

# Voorbeeld van een 20 cm F/15 tri-spiegler met correctielens. F=3 m. Gezichtsveld 0,8 graden.



Surf:	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic	Par 0 (unused)	Decenter X	Decenter Y	Tilt About X
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		Infinity	0.0000				
1	Standard	INTR.OPENING	Infinity	1120.0000		106.8128	0.0000				
2	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	5.0000
*	Standard	M1	-5297.532	0.0000	MIRROR	100.0000	U	0.0000			
4	Coordina..			-1060.629	V	0.0000			0.0000	0.0000	5.0000
5	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-11.3326
6*	Standard	M2	-5297.532	0.0000	MIRROR	70.0000	U	0.0000			
7	Coordina..			1060.6295	P	0.0000			0.0000	0.0000	-11.3326
8	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	6.3326
9*	Standard	M3	-5297.532	0.0000	MIRROR	70.0000	U	0.0000			
10	Coordina..			-650.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	6.3326
11	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	-2.0000	30.0000
12*	Standard	CORRECTIELENS	-703.1110	V	N-BK7	60.0000	U	0.0000			
13*	Standard		-761.0717	V		60.0000	U	0.0000			
14	Coordina..			-371.6295	T	0.0000			0.0000	-5.7218	V
15	Standard	M2-DOOSWAND	Infinity	-75.0000		31.7690		0.0000			
16	Standard	FOCUSER	Infinity	-120.0000		40.0000	U	0.0000			
17	Standard		Infinity	-35.0000		40.0000	U	0.0000			
18	Coordina..			0.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-45.0000
19	Standard	ZENITSPIEGEL	Infinity	0.0000	MIRROR	32.8973		0.0000			
20	Coordina..			75.0000	-	0.0000			0.0000	0.0000	-45.0000
IMA	Standard	BEELDVLAK	Infinity	-		20.8368		0.0000			

# EINDE



?? Vragen ??