

Der ADC

(atmosphärischer Dispersions-Korrektor)

notwendiges Zubehör oder purer Luxus ?

Was tun für ästhetischere kontrastreichere Bilder ?



ohne ADC



mit ADC

Saturn Juni 2015 (Jörg Mosch, TEC 180mm)

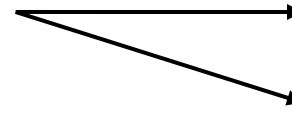
- **Einfluß-Faktoren auf die Beobachtungs-Qualität**
- **Was ist atmosphärische Dispersion**
- **Wie kann man „Bildschärfe“ beschreiben**
- **Warum ist der ADC erst jetzt in Diskussion ?**
- **Performancegewinn durch einen ADC**
- **Anforderungen an den ADC**
- **Technik und Handhabung von ADC's**
- **Performance Vergleich der verschiedenen ADC-Typen**
- **ADC in der Astrophotographie**
- **Ergebnisse und Fazit**

Optimierung der Einflußfaktoren I

ADC 4

Luftturbulenzen

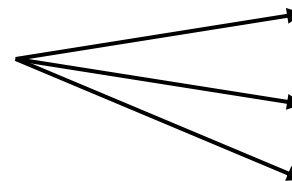
Atmosphäre



Standort

Adaptive Optik nur NIR

Kuppel



Kuppelöffnung

Isolation

Klimatisierung

Teleskop



Geschlossener Tubus

thermische Masse
Spiegel-Kühlung

Farb-Dispersion in der
Atmosphäre

Abhängig von der Objekt-
Höhe über dem Horizont



ADC Korrektor

Teleskop Performance

Durchmesser

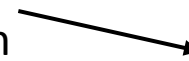


Durchmesser größer

Obstruktion

optische Korrektion

Farb-Korrektion



optische Qualität
verbessert

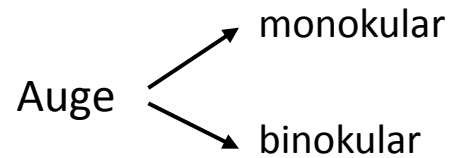
Okular Performance

Design



qualitativ hohe
Okulare verfügbar,
bessere Vergütungen

Mensch



Binokulartubus

bequemer Einblick



Okular-Design,
Typ Nagler...

Astrofotografie

Kamera-Systeme



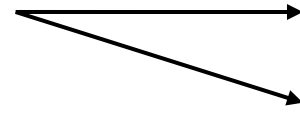
CCD, CMOs,



Filterrad

Luftturbulenzen

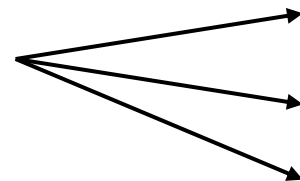
Atmosphäre



Standort

adaptive Optik nur NIR

Kuppel



Kuppelöffnung

Isolation

Kühlung

Teleskop



geschlossener Tubus

Spiegel-Kühlung

Farb-Dispersion in der Atmosphäre

Abhängig von der Höhe über dem Horizont



ADC Korrektor

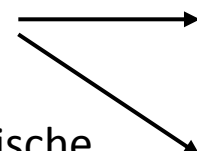
Teleskop Performance

Durchmesser

Obstruktion

Farbkorrektion optische

Korrektion



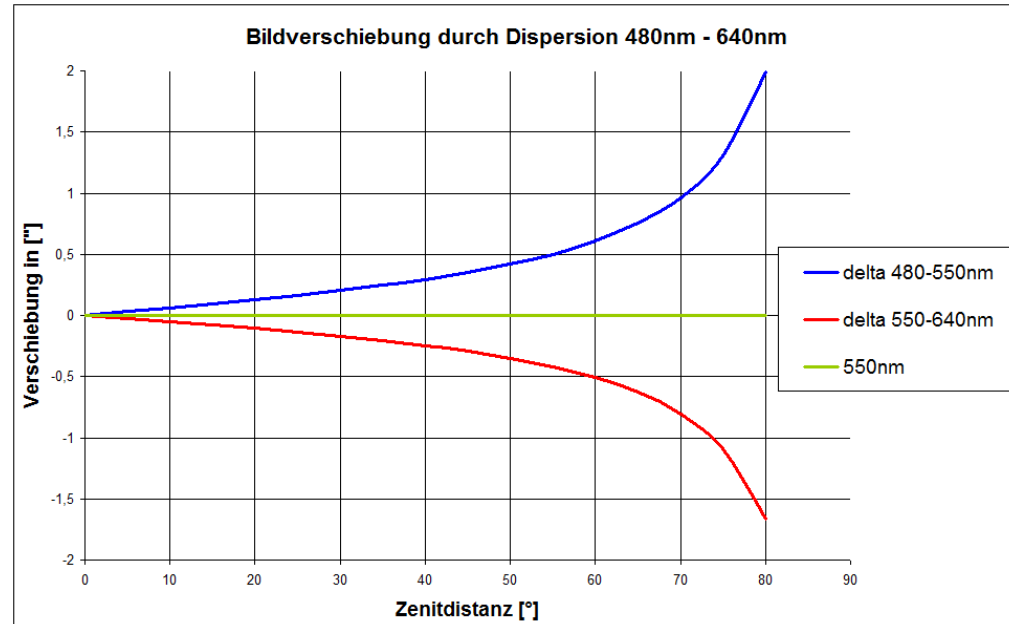
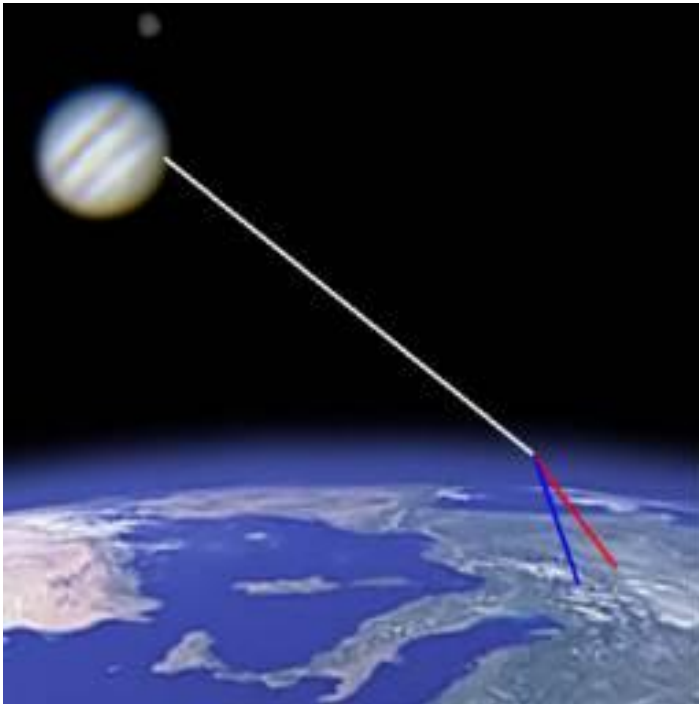
Durchmesser größer

optische Qualität verbessert

Eigenschaften der Atmosphäre: Dispersion: „Farbbrechung“ der Atmosphäre

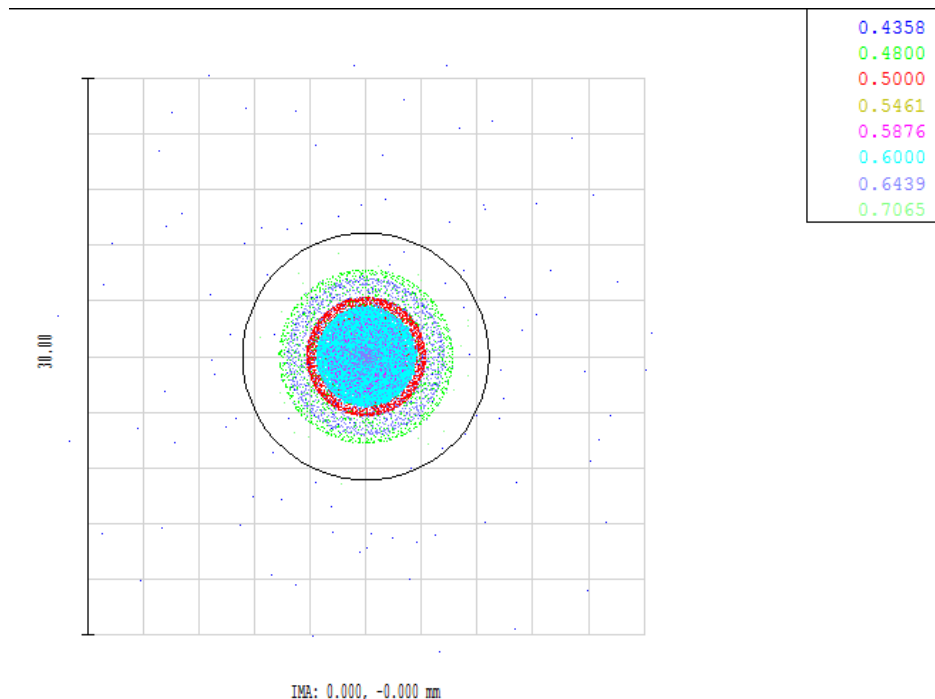
Dispersion: blaues Licht wird stärker gebrochen als rotes Licht

Folge davon ist, dass in vertikaler Richtung das Punktbild in die Länge gezogen wird:
Das Diagramm (berechnet mit Zeemax) zeigt, daß bei 60° Zenitdistanz blaues Sternbild mehr als $1''$ vom roten Sternbild entfernt ist.

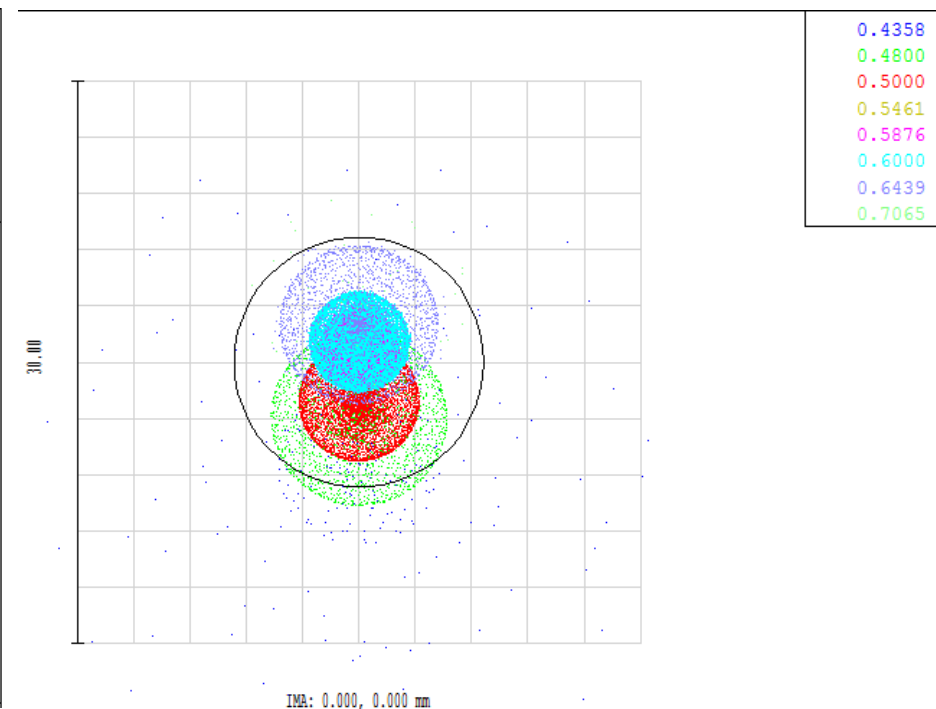


Eigenschaften der Atmosphäre: Dispersion: „Farbbrechung“ der Atmosphäre:

„Aufspreizen des Punktbildes in „vertikaler Richtung“



Im Zenit



APO 150mm F 7.5

45° über Horizont

**Eigenschaften der Atmosphäre:
Dispersion: „Farbbrechung“ der Atmosphäre:**



Beispiel Ganymed:

**Aufgenommen von
Wolfgang Paech**

**Namibia,
Chamäleon Observatory
C14, Canon ES 60DA**

**Dispersion der
Atmosphäre führt
zu Farbsäumen
und somit zu
Kontrastverlust !**



Mond mit Petavius

(Wolfgang Paech 2015)

Wie können wir **Schärfe, Kontrast** eines **Bildes** oder **Teleskopes** beschreiben ?



Jupiter ohne ADC



Jupiter mit ADC Compact

Martin Kaiser 2015, TEC 180 FL, F=5940mm, 7.3.2015

Durch den Kontrast mit denen man Strukturen sehen kann

Die MTF = Modulare Transfer-Funktion

beschreibt den Kontrast in Abhängigkeit der Strukturgröße

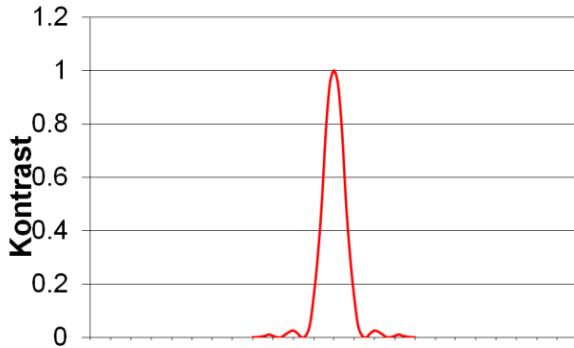
Kontrast = $(\text{max Signal} - \text{min Signal}) / (\text{Max Signal} + \text{min Signal})$

Strukturgröße wird angegeben in **Linienpaare /mm** (in Bildebene)

Teleskop Kontrast III

ADC 13

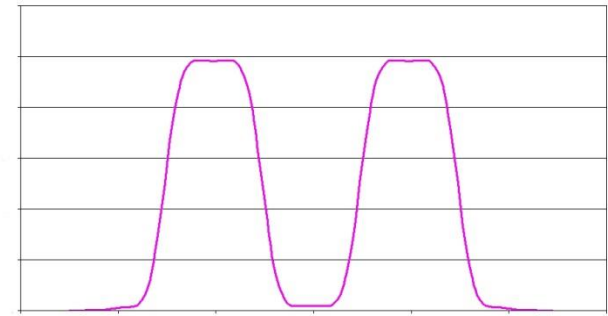
0,15 mal Grenzfrequenz: Kontrast 0.97



Beugungsbild eines Punkts

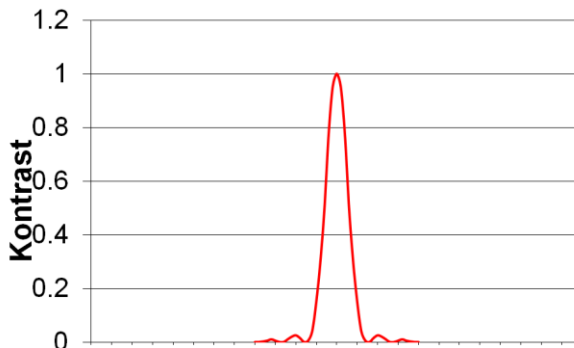


Gitter als Bild

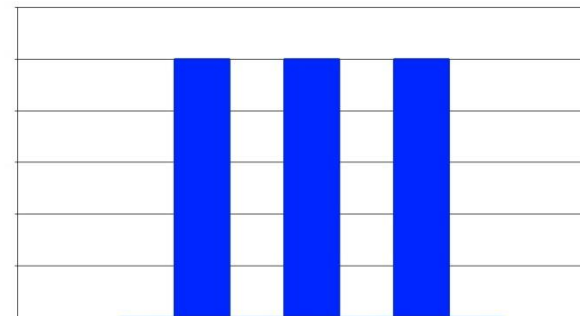


MTF der Grenzfrequenz x 0,15

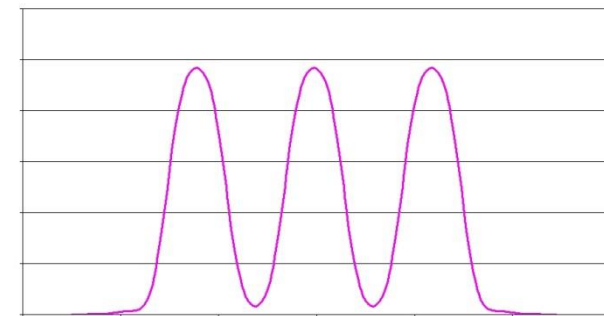
0,25 mal Grenzfrequenz: Kontrast 0.93



Beugungsbild eines Punkts

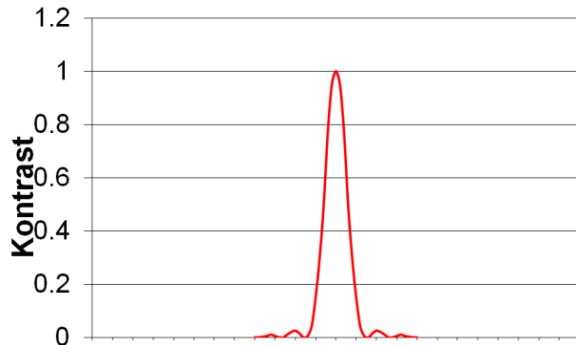


Gitter als Bild

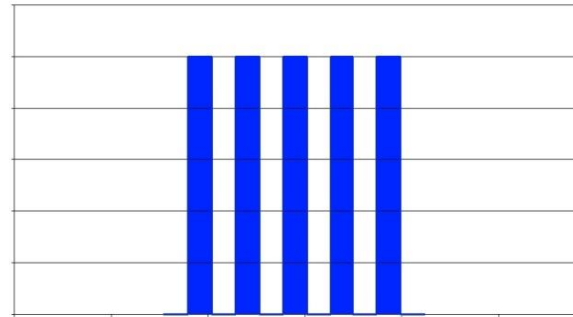


MTF der Grenzfrequenz x 0,25

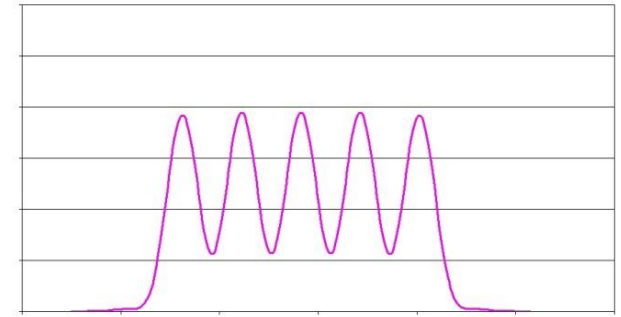
0,50 mal Grenzfrequenz: Kontrast 0.54



Beugungsbild eines Punkts

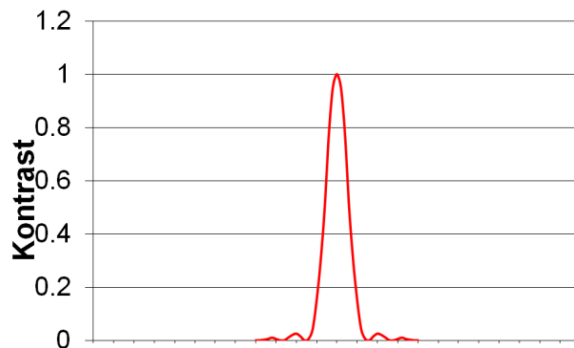


Gitter als Bild

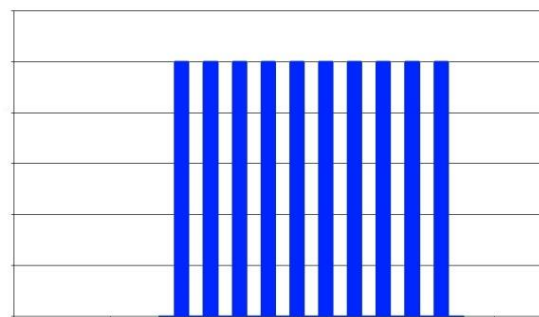


MTF der Grenzfrequenz x 0,50

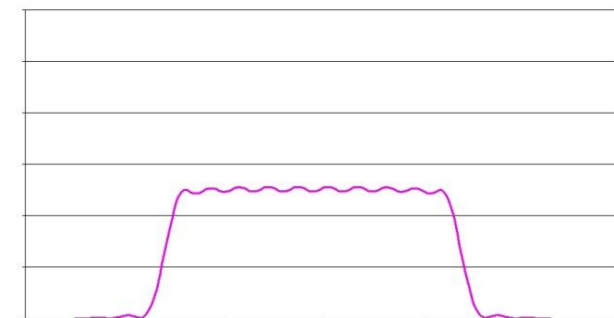
Grenzfrequenz: Kontrast 10%



Beugungsbild eines Punkts

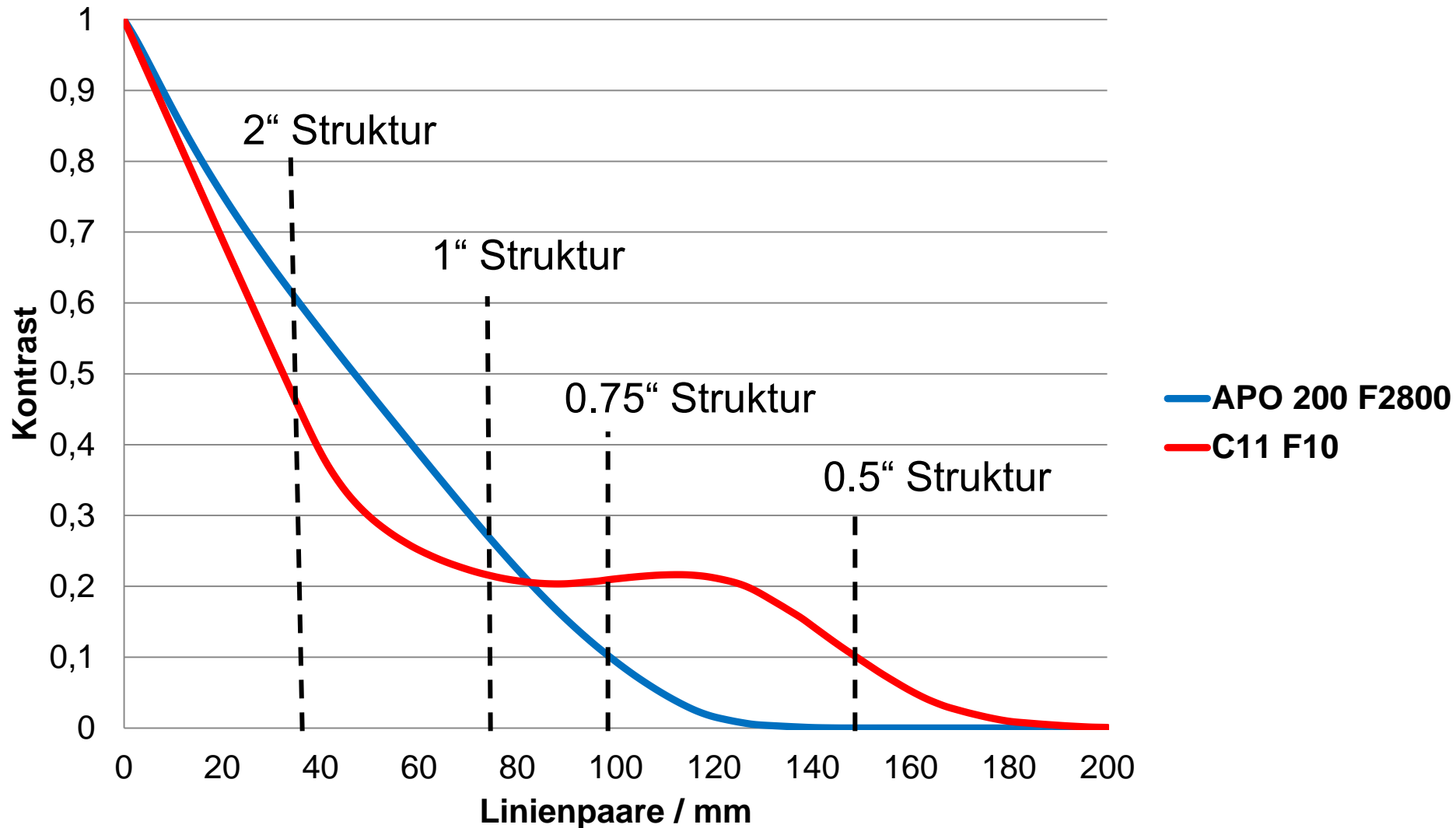


Gitter als Bild des Bildes

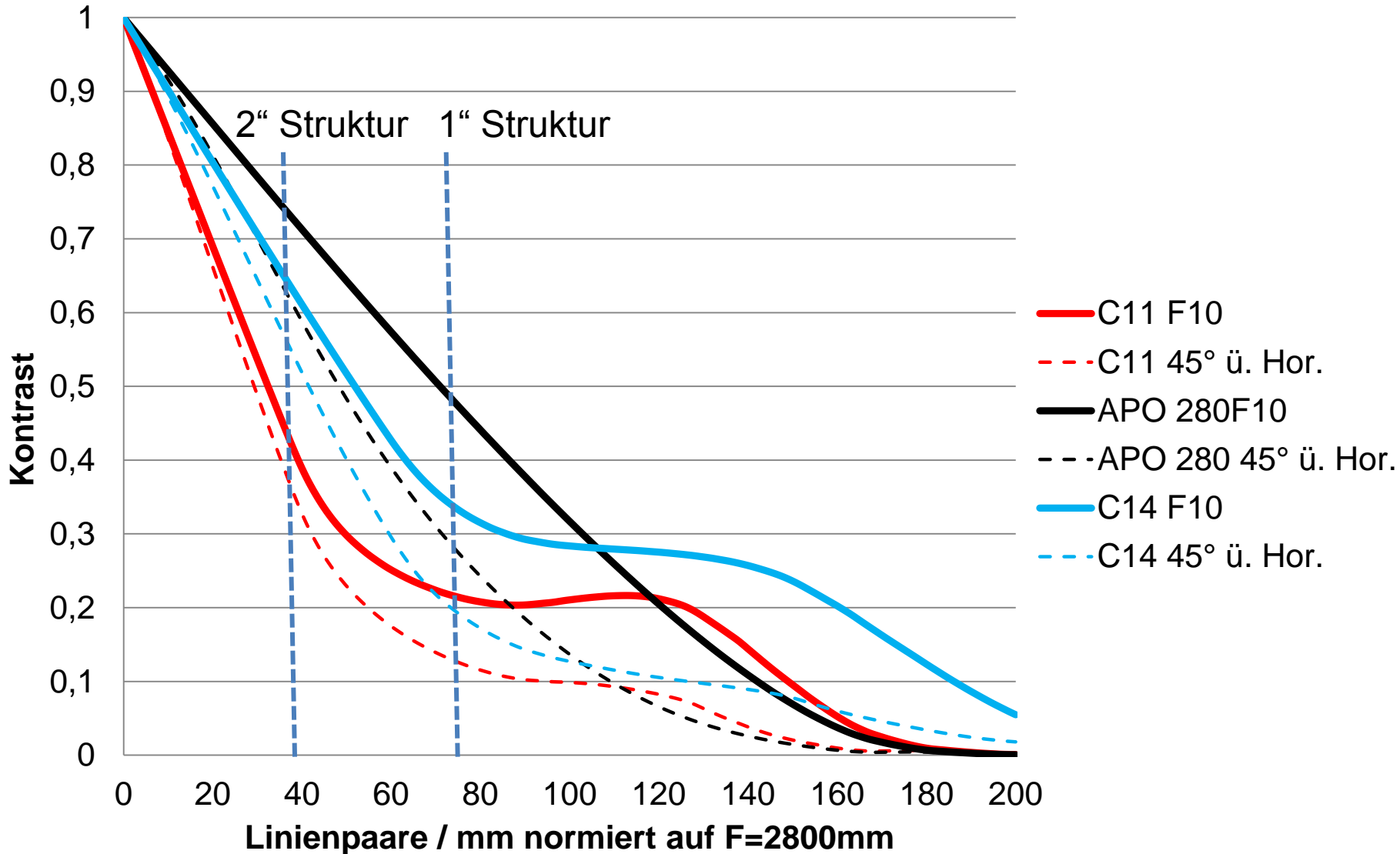


MTF der Grenzfrequenz

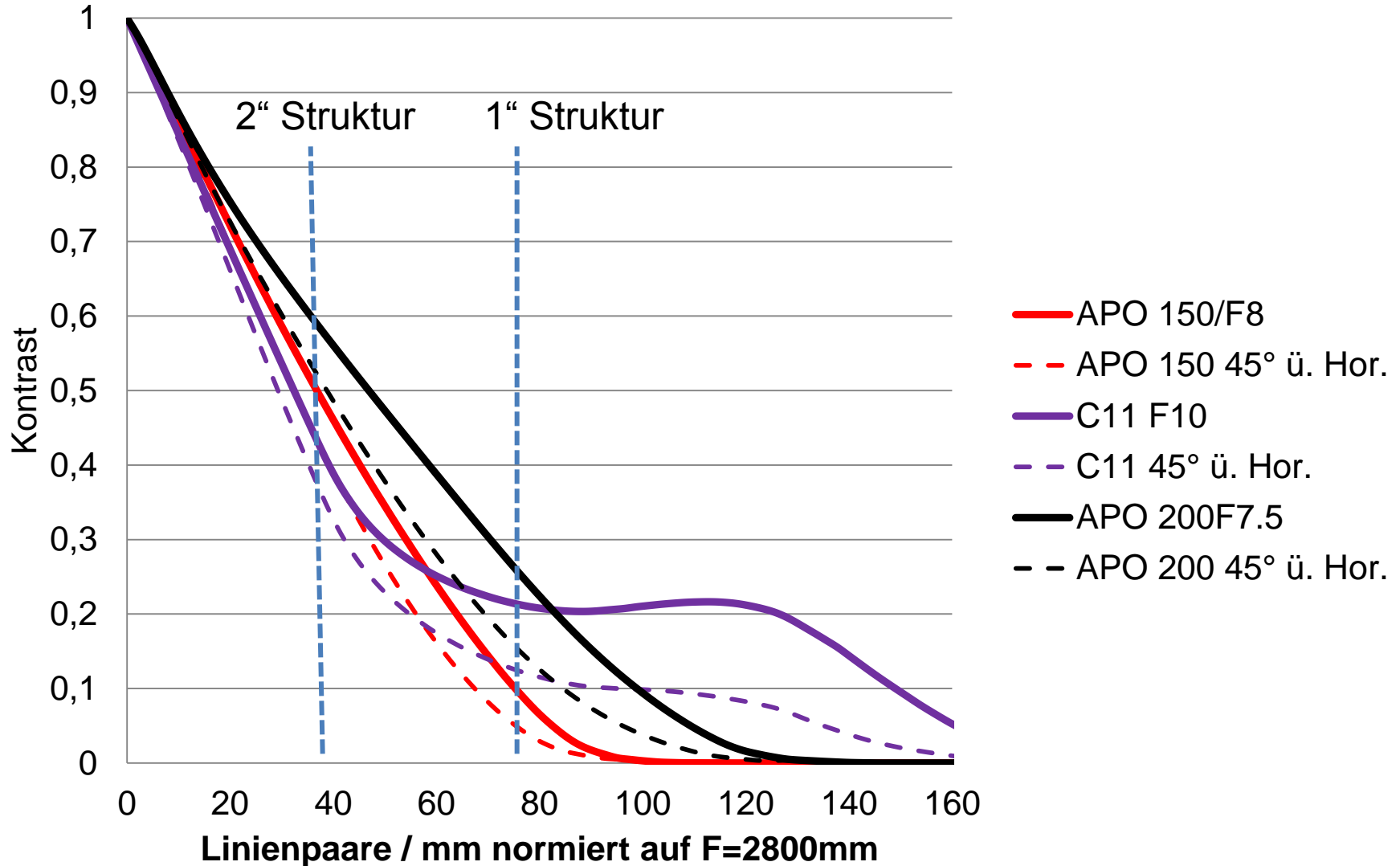
Beispiel für MTF von einem APO 200/2800 und einem C11 F10



**Neue Teleskope haben größere Öffnung, bessere Farbkorrektur
(Objekte in 45° über Horizont)**

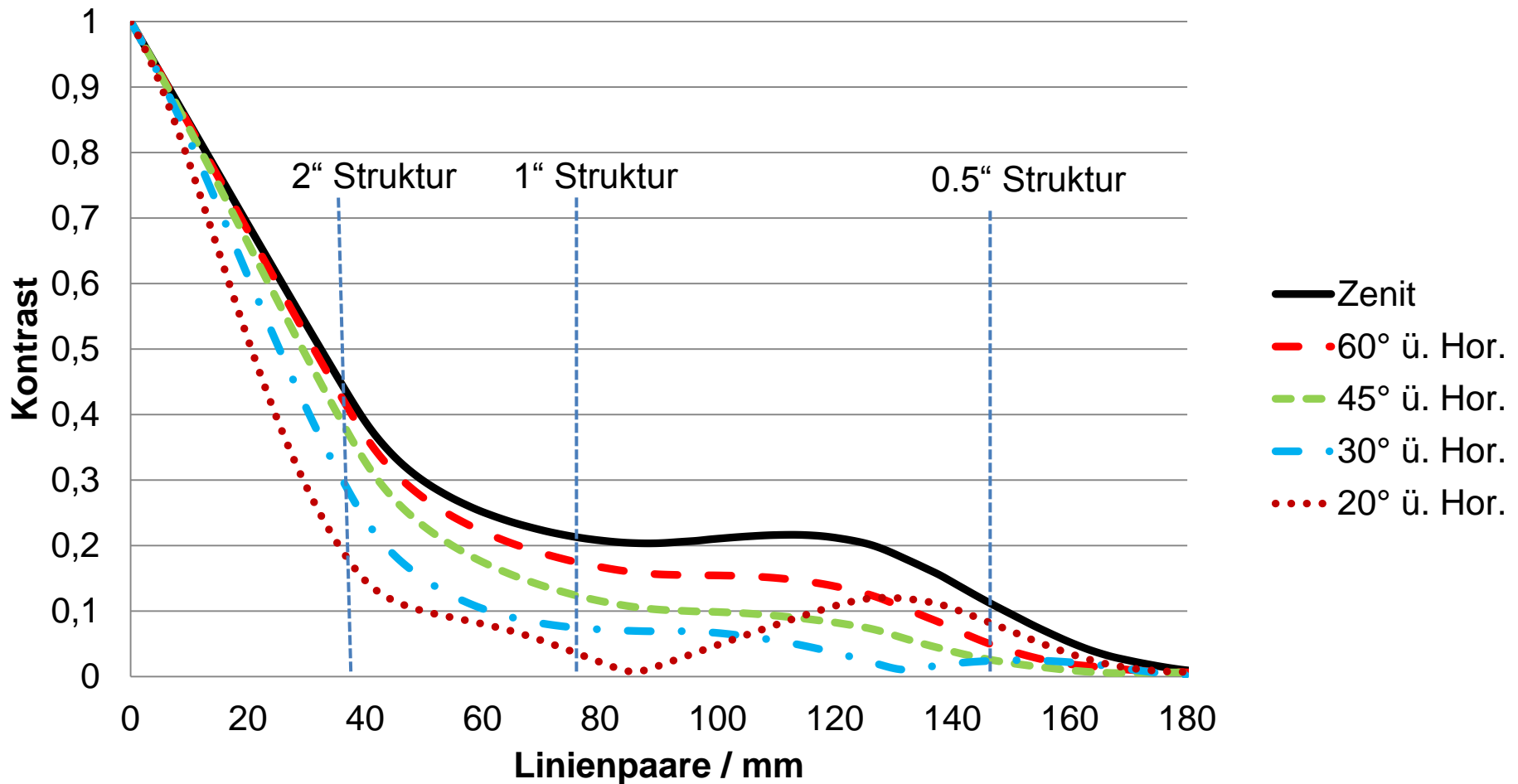


Neue kleinere Teleskope mit bessere Farbkorrektur (Objekte in 45° über Horizont)



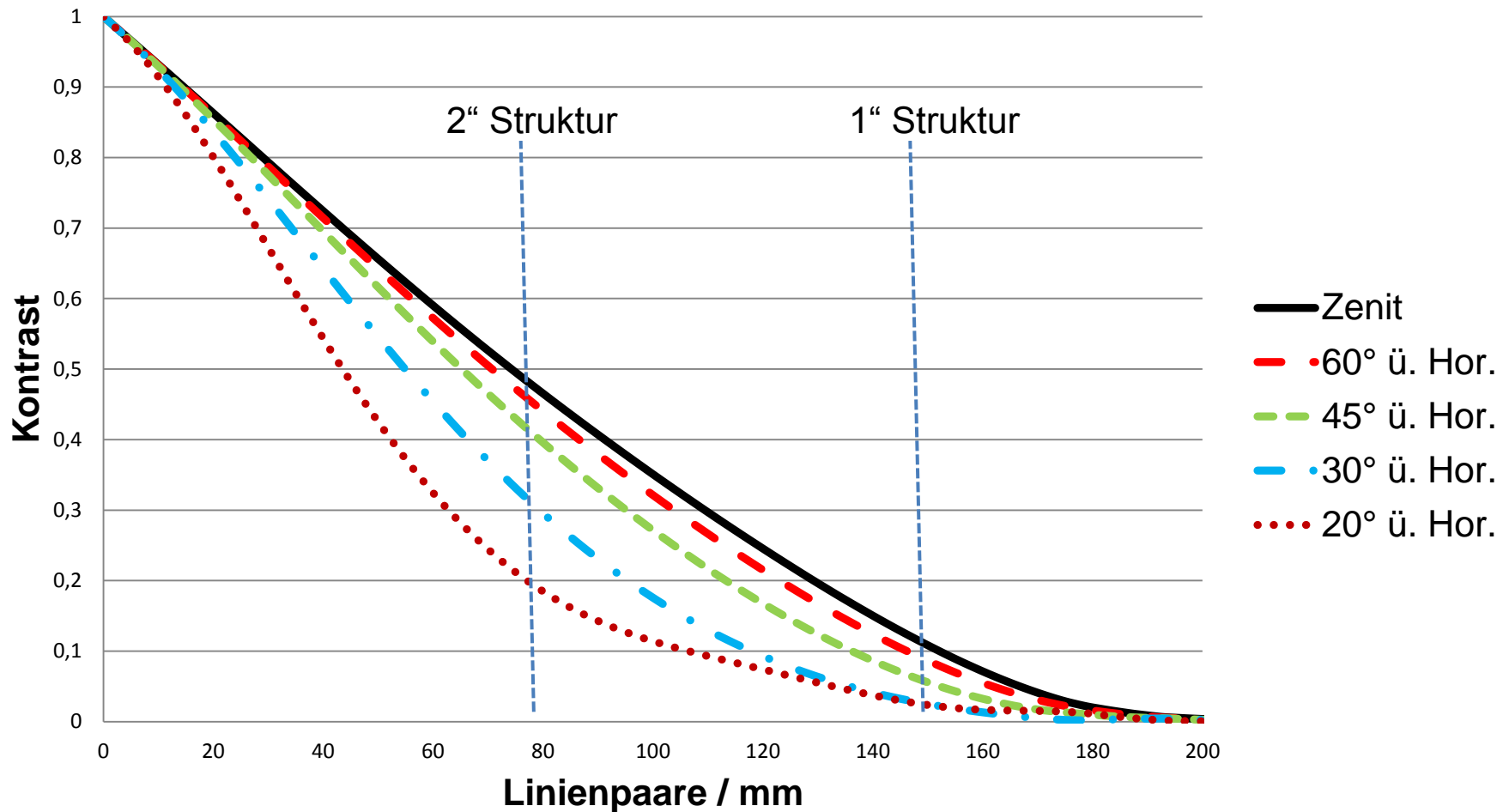
Kontrastverlust bei C11 F 10 Für verschiedene Horizonthöhen

C11 F = 2800mm



Kontrastverlust bei APO 150mm F 7.5 Für verschiedene Horizonthöhen

150 APO F = 1400mm



Kontrastverbesserung durch Korrektur der atmosphärischen Dispersion

Schmidt-Cassegrain 280 / 2800mm

Höhe Über Horizont	Kontrast 2"	Kontrast 2" mit ADC	Kontrast- gewinn 2"		Kontrast 1"	Kontrast 1" mit ADC	Kontrast- gewinn 1"
90°	0.431	0.431	1.00		0.216	0.216	1.00
60°	0.410	0.431	1.05		0.179	0.216	1.21
45°	0.372	0.431	1.16		0.128	0.216	1.68
30°	0.285	0.431	1.51		0.076	0.216	2.83
20°	0.179	0.431	2.40		0.042	0.216	5.11

Kontrastverbesserung durch Korrektur der atmosphärischen Dispersion

APO 150 / 1400mm

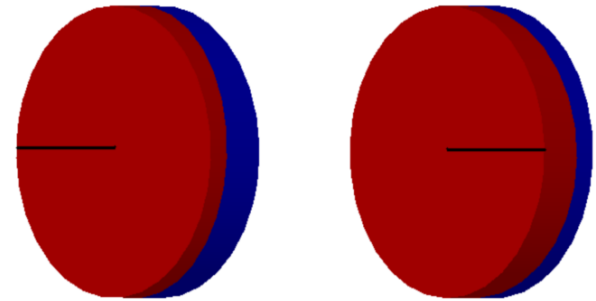
Höhe Über Horizont	Kontrast 2"	Kontrast 2" mit ADC	Kontrast- gewinn 2"		Kontrast 1"	Kontrast 1" mit ADC	Kontrast- gewinn 1"
90°	0.502	0.502	1.00		0.120	0.120	1.00
60°	0.479	0.502	1.05		0.097	0.120	1.24
45°	0.437	0.502	1.15		0.064	0.120	1.88
30°	0.339	0.502	1.48		0.029	0.120	4.11
20°	0.218	0.502	2.30		0.027	0.120	4.44

Fazit:

- Die Störung durch die atmosphärische Dispersion ist bei den heutigen Teleskopen mit hoher Performance nicht mehr zu vernachlässigen !
- Das gilt nicht nur für tief stehende Objekte, sondern insbesondere auch für hochstehende Objekte !
- Daher ist der Einsatz eines ADC's bei **gutem Seeing** eine zwingende Voraussetzung zum Erreichen der möglichen optischen Performance

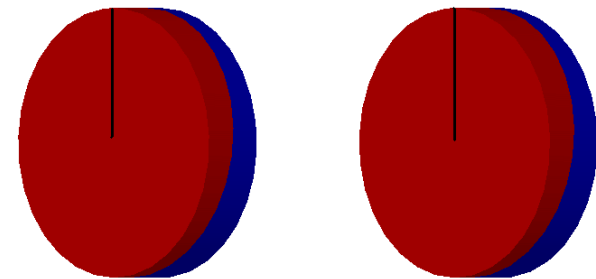
Funktionsprinzip des ADC's

Dispersive Elemente
entgegengesetzte
Richtung:
keine Wirkung



↓ Horizont

Dispersive Elemente
gleiche Richtung:
volle Wirkung



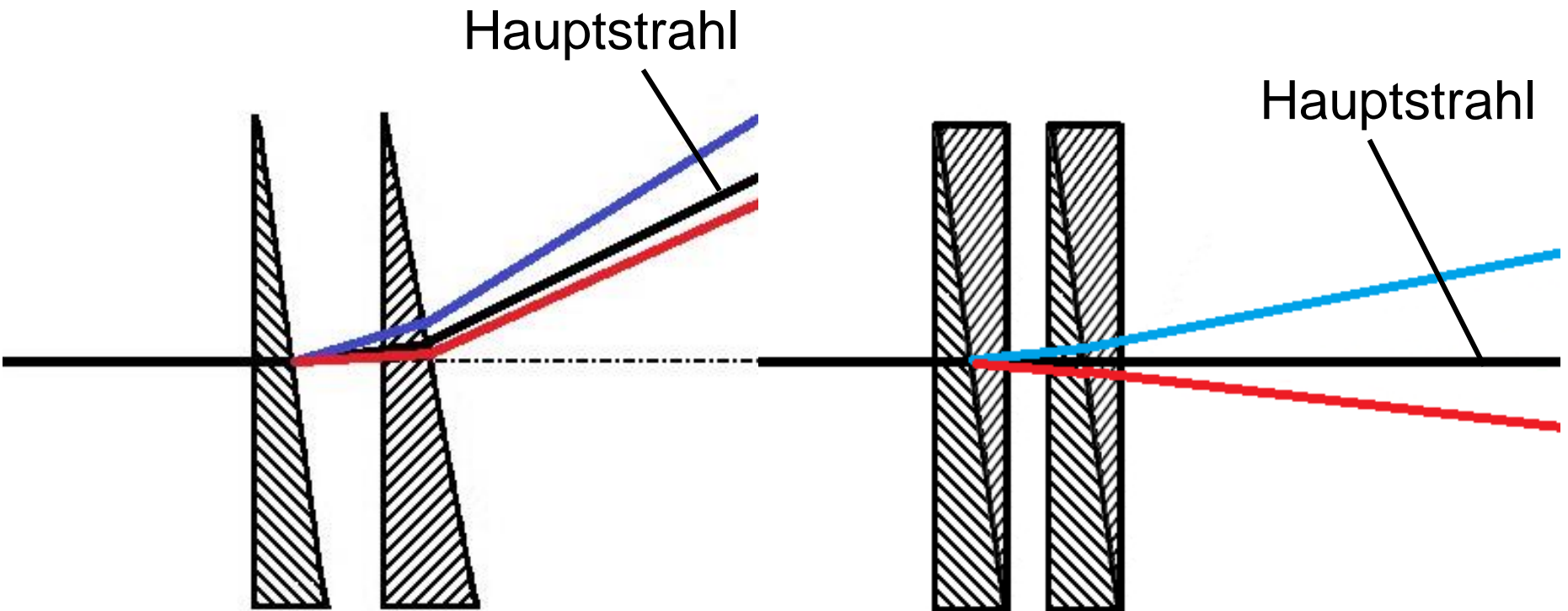
↓ Horizont

Wirkungsweise des ADCs:
ADC besteht aus 2
dispersiven Elementen.

Zwei Konzepte für den ADC

ADC mit einfachen Keilen

ADC mit dispersiven Planplatten



Zwei Konzepte für den ADC

ADC mit einfachen Keilen

- + kostengünstig
- Reduzierte optische Performance durch abgelenkten Hauptstrahl (Koma, Astigmatismus)
- Umständliches Einstellen der Dispersionskorrektur, da
 - sich Bild beim Verdrehen der Prismen sich verschiebt
 - Prismenbewegung nicht gekoppelt ist
 - Keine einfache Fernsteuerung möglich

ADC mit dispersiven Planplatten

- teures da aufwändiges System
- + Optische Performance des Teleskopes bleibt voll erhalten da Hauptstrahl ungebrochen bleibt
- + einfaches Einstellen der Dispersionskorrektur durch stehendes Bild und über eine einzige Stellschraube
- + Option für elektronische Fernsteuerung (mechanisch einfach: (Kupplung Schrittmotor – Kegelrad)

Zwei Konzepte für den ADC

ADC mit dispersiven Planplatten

ADC mit einfachen Keilen



Einstellung des ADC Compact



Bei Teleskopen und ADC vor Umlenkspiegeln:

1. Einstellknopf nach oben drehen
2. Am Stellknopf die Farbränder „verschwinden lassen“

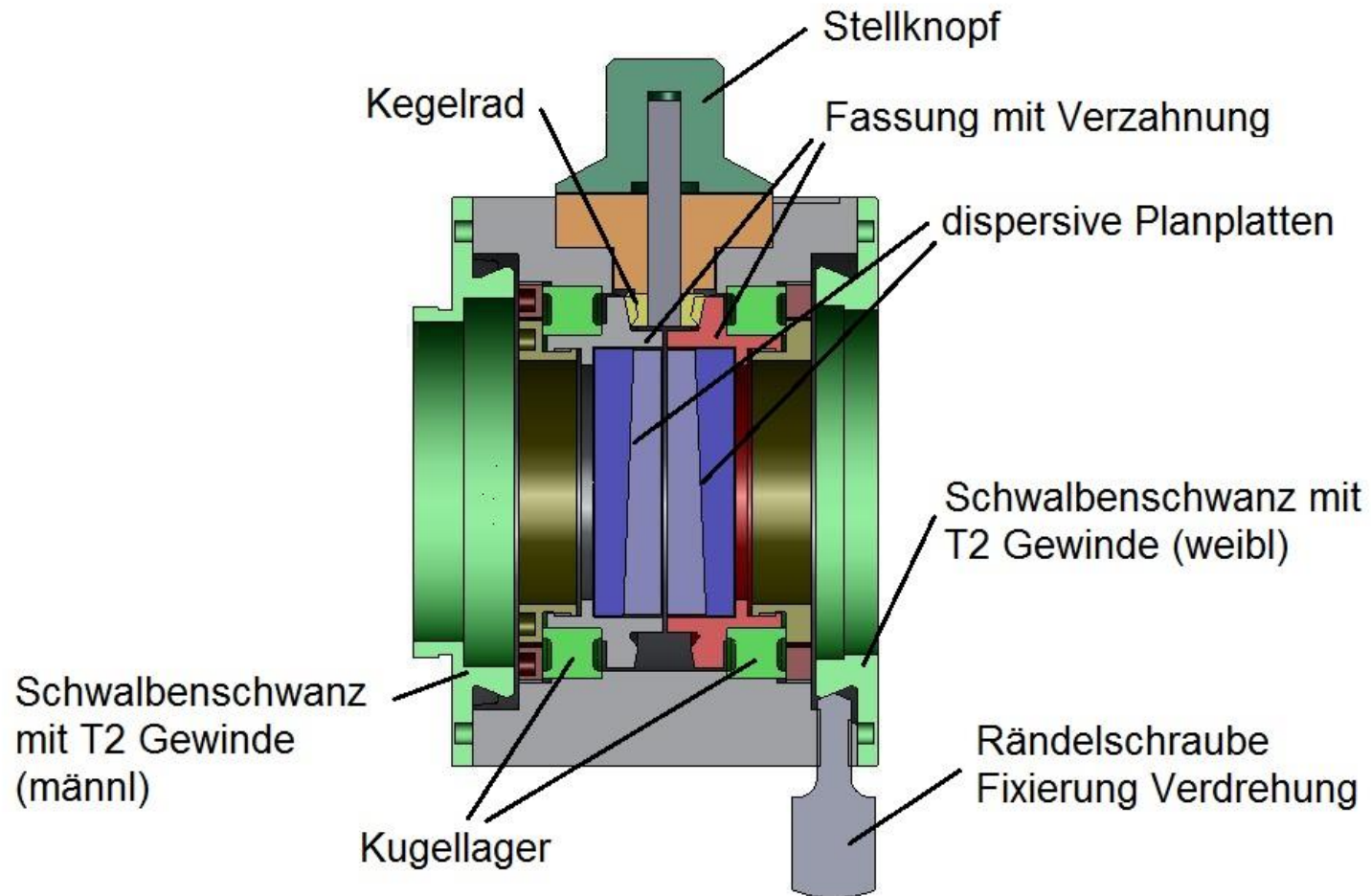
**Bei Teleskopen mit ADC nach Umlenkspiegel:
Notwendig: Azimutale Montierung !**

1. Höhenachse bewegen
2. ADC Knopf in Richtung wie sich Sterne bewegen einstellen
3. Mit Stellknopf Farbränder verschwinden lassen

Ziel-Eigenschaften eines ADC's:

- **Freier optischer Durchlass 28mm Durchmesser** → nicht vignettierend für 1.25“-Okularsysteme inklusive Binoansatz.
- **Einfache Handhabung:**
 - Entkopplung der vertikalen Ausrichtung und der dispersiven Korrektur:
 - Stellknopf vertikal nach oben drehen.
 - Am Stellknopf solange drehen, bis Farbsäume verschwunden sind.
 - Beim Einstellen der Dispersionskorrektur soll Objekt absolut stehen bleiben
- **Keinerlei Einbußen der optischen Performance** durch entsprechendes optisches Design und hohe Qualität der einzelnen Komponenten.

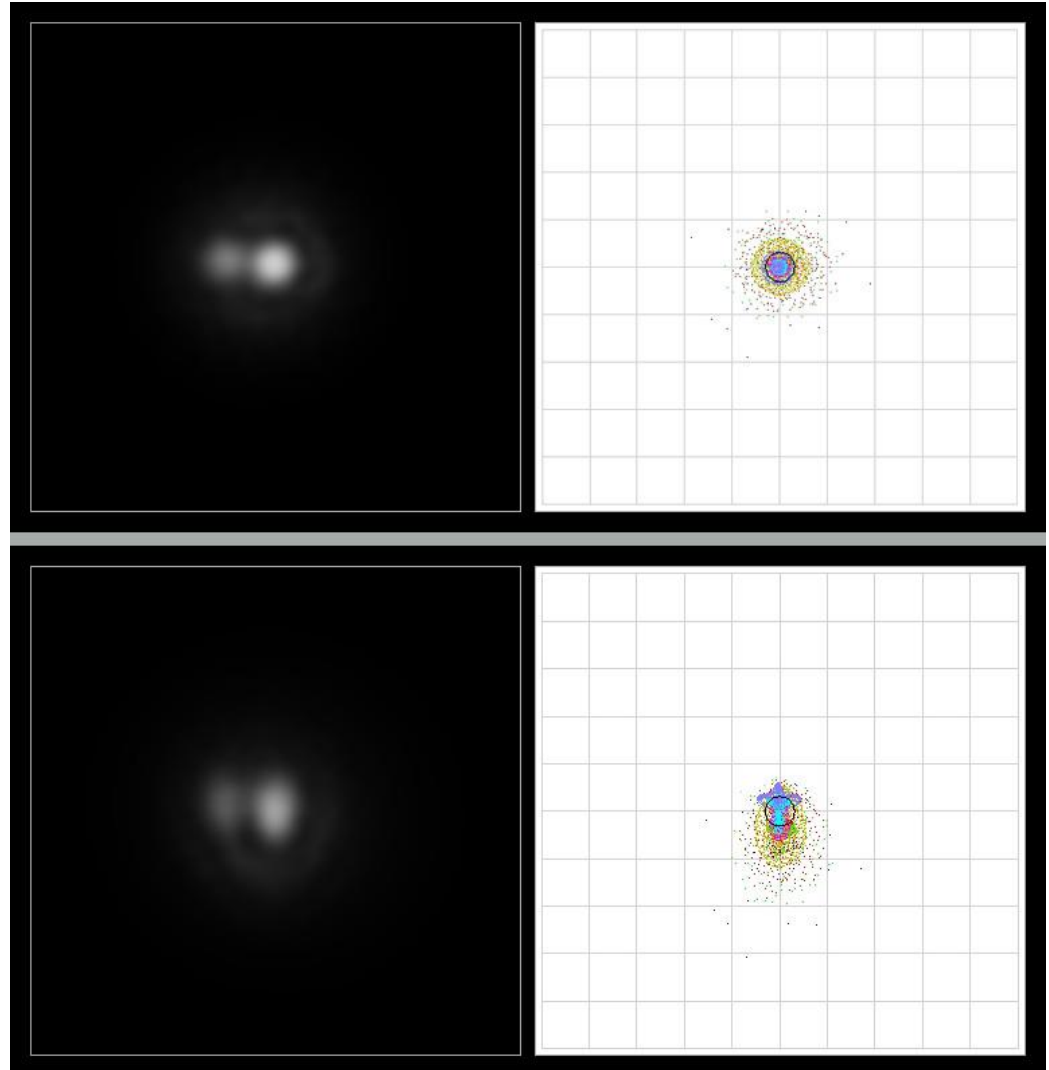
Aufbau des ADC Compact



Aufnahme Punktbild ohne / mit ADC

Vergleich ADC mit
einfachen Prismen und
ADC mit Planplatten als
Prismenpaare:
von Jörg Mosch

Der 0,96"-Doppelstern
14 Ori, aufgenommen am
17. 2. 2014 mit einer
Lumenera LU165M am
180-mm-Refraktor – oben
mit ADC von Gutekunst
Optiksysteme, unten mit
Pierro Astro ADC

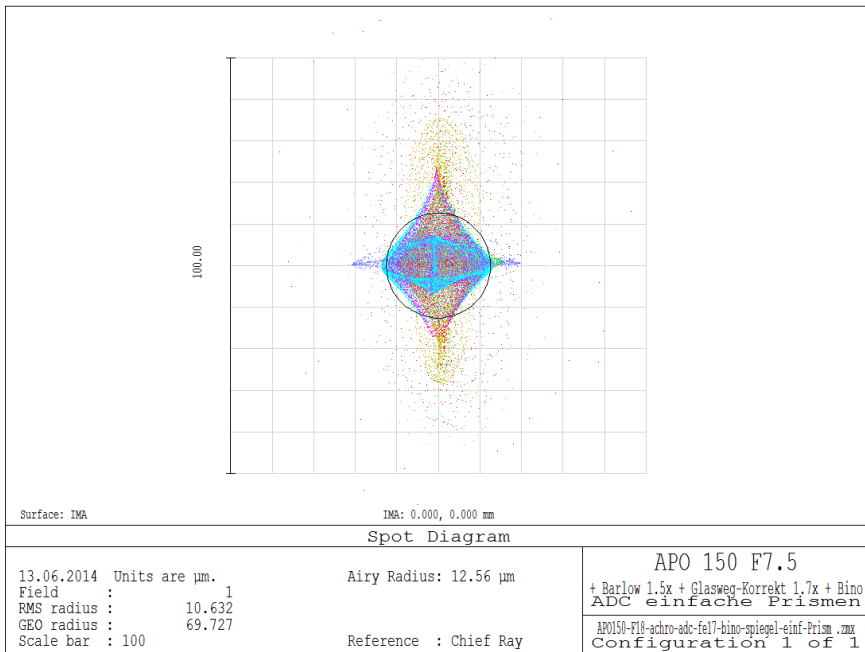


Optische Performance des ADCs I: Punktbildfunktion

Vergleich ADC mit einfachen Prismen und ADC mit dispersiven Planplatten:
 ADCs abgeglichen für **Objekt mit 45° über Horizont, APO 150mm mit Bino (F18.7)**

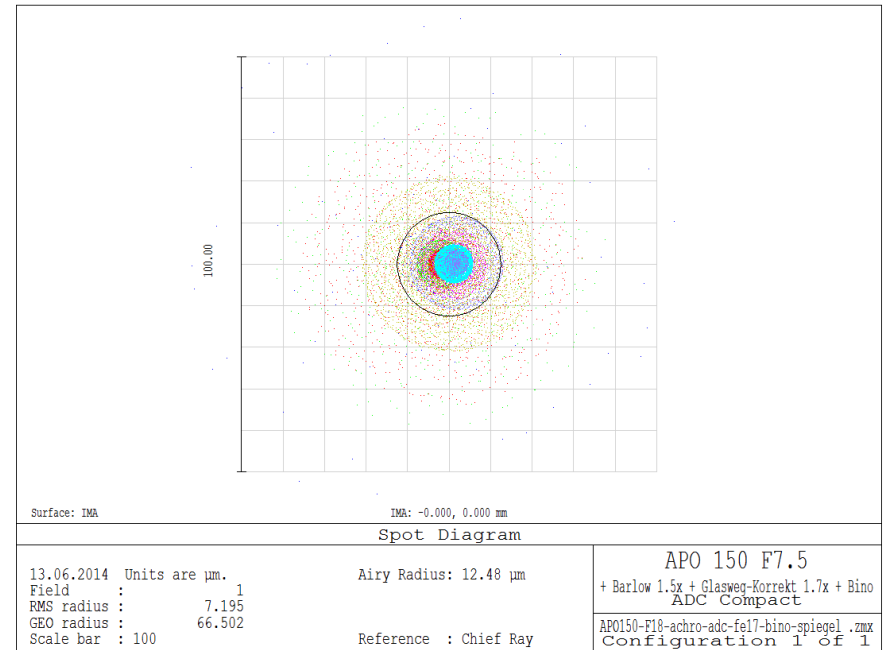
ADC mit einfachen Prismen

Einfache Prismen verursachen
 asymmetrische Effekte:



ADC mit dispersiven Planplatten

Planplatten lassen Optik fast unbeeinflusst.
 Minimaler Farbquerfehler.



Optische Performance des ADCs III: Auswirkung auf Strehl-Wert

Vergleich ADC mit einfachen Prismen und ADC von Gutekunst Optiksysteme:

Teleskop APO 150mm F7.5 +Barlow 1.5x + Glaskorr 1.7x + Bino **(F18.7)**

Die ADCs sind optimal eingestellt für **Objekte, die 45° über Horizont stehen:**

ADC mit einfachen Prismen

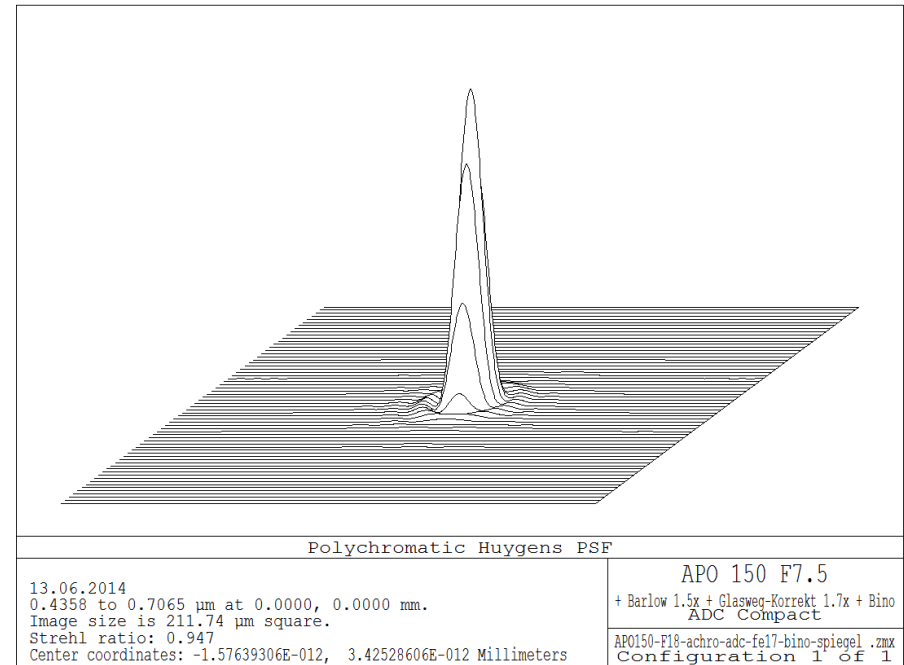
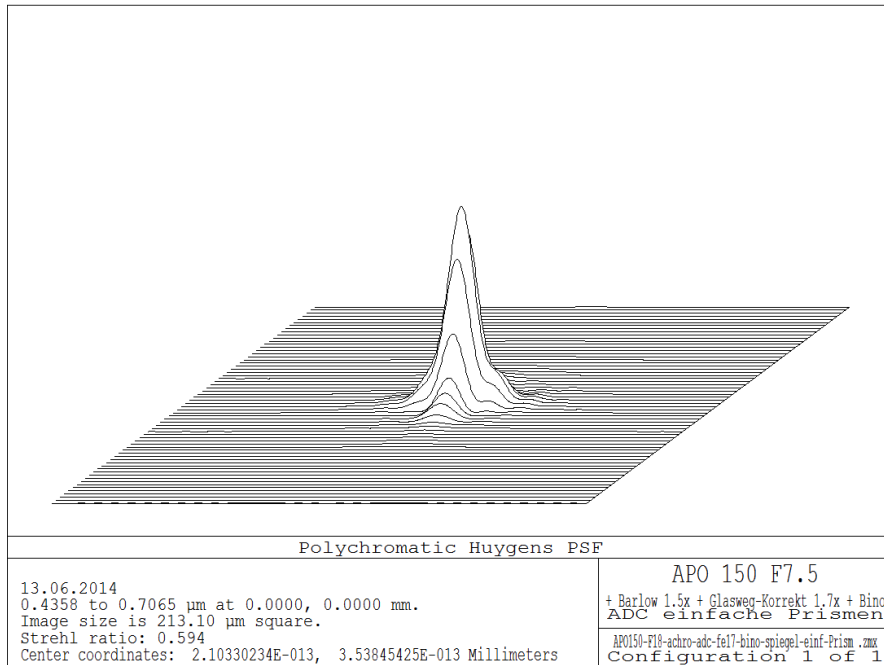
Punktbild für APO150 mit Bino-Ansatz

Ursprünglich 94.7% Strehl: **jetzt 59.4%**

ADC mit dispersiven Planplatten

Punktbild für APO150 mit Bino-Ansatz

Ursprünglich 94.7% Strehl: **jetzt 94.7% !**

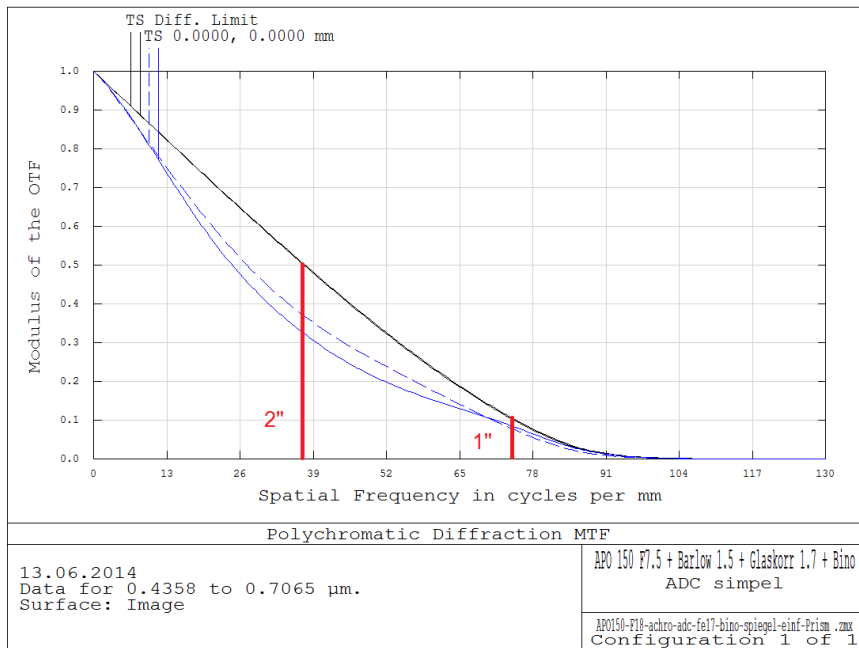


Optische Performance des ADCs IV: Auswirkung auf Kontrast

Vergleich ADC mit einfachen Prismen und ADC mit Planplatten als Prismenpaare:
 ADCs abgeglichen für **Objekt mit 45° über Horizont mit APO 150mm + Bino (F18.7)**

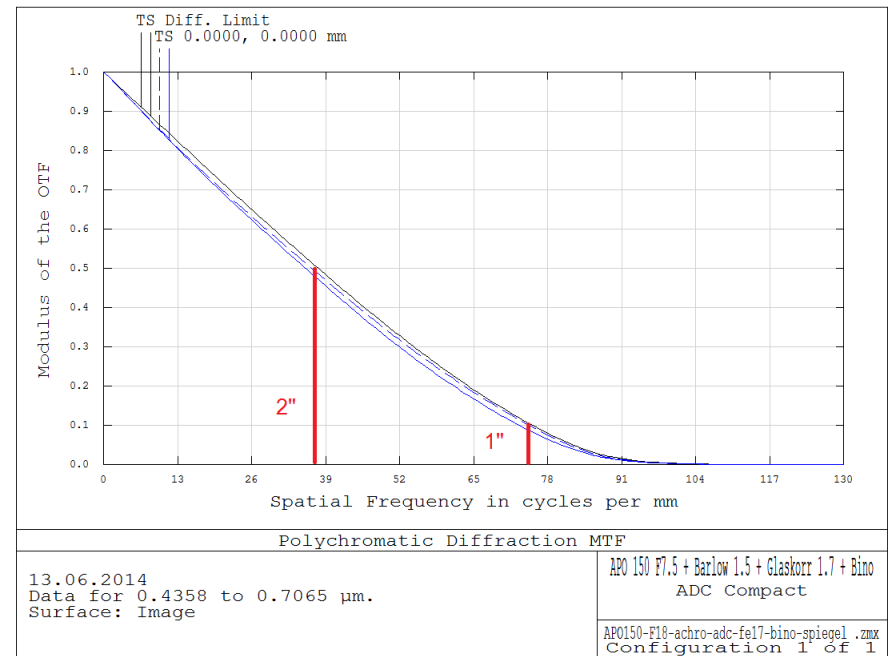
ADC mit einfachen Prismen

MTF für APO150 mit Bino-Ansatz:
 Insbesondere für Strukturen um 2“
 verursacht Kontrastverlust flauere Bilder



ADC mit dispersiven Planplatten

MTF für APO150 mit Bino-Ansatz:
 Für 1“ Strukturen (56lp/mm)
 ursprünglich 27.5% Kontrast: **jetzt 27.5% !**

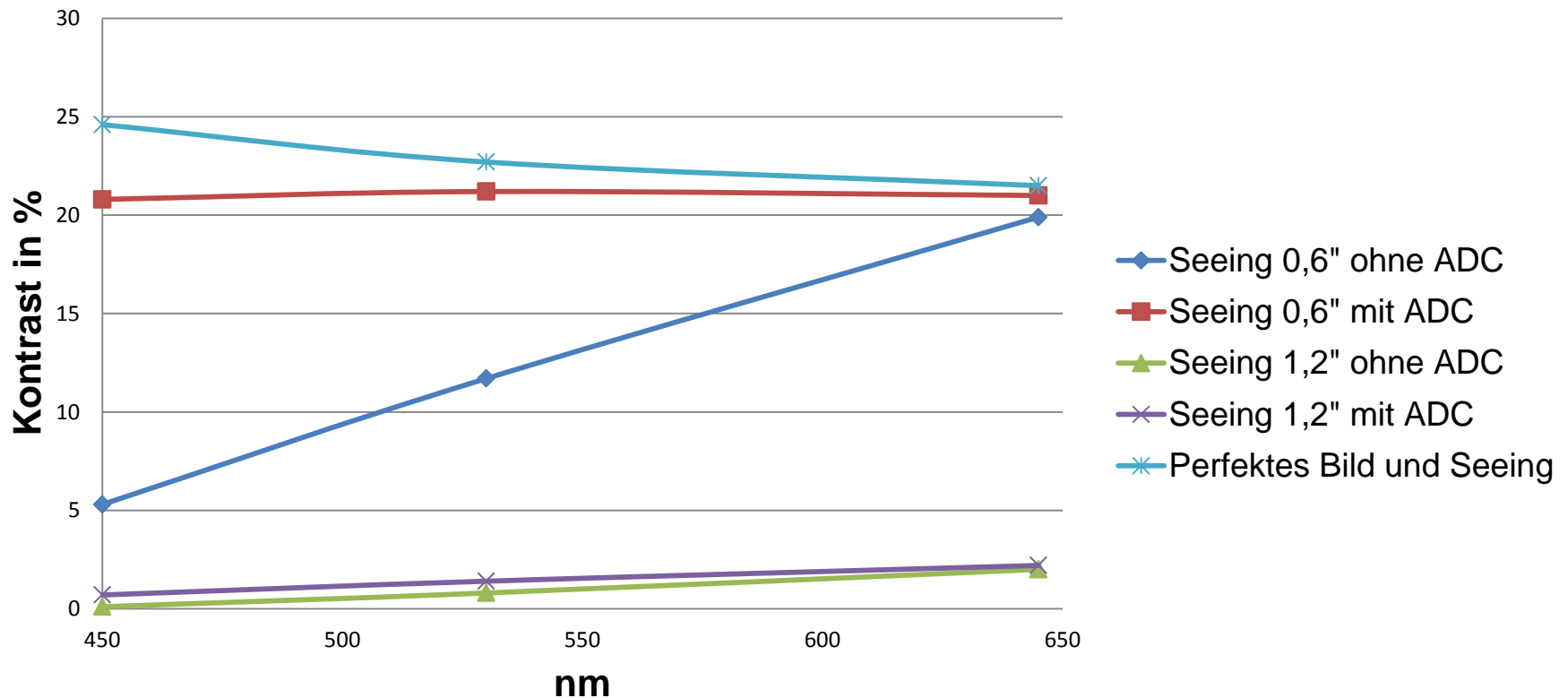


Generelle Regeln:

- Je weiter der ADC vor dem Fokus liegt, desto stärker die dispersive Korrektur:
 - Bei niedrigen Horizonthöhen ($< 15^\circ$) sollten Verlängerungshülsen eingesetzt werden
- ADC mit einfachen Prismen sollten nur mit $F > 20$ betrieben werden, da sonst Kontrastverlust zu hoch
- ADC mit dispersiven Planplatten können ab $F > 10$ betrieben werden
- Atmosphärische Dispersion macht sich nur bei gutem Seeing bemerkbar !

Kontrastverbesserung in Abhängigkeit von Seeing und der Wellenlänge (R, G, B – Filtersatz)

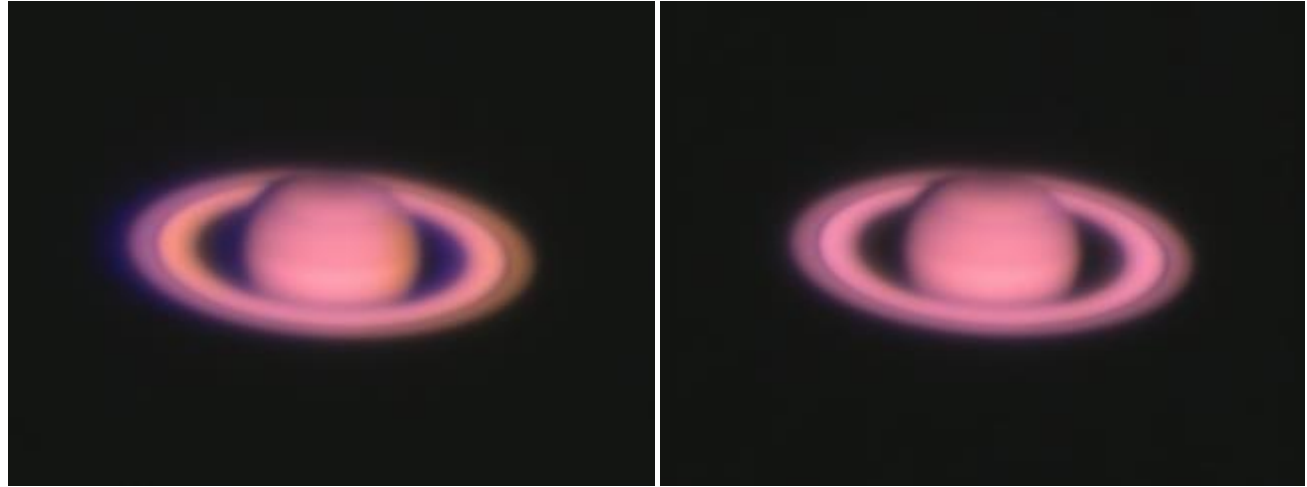
Kontrast für 1" Strukturen mit
Schmidt-Cassegrain 280/F10
und Objekt mit 45° über Horizont



ADC Compact, auch eine Tool für RGB Fotografen

Aufnahme mit und ohne
ADC von Gutekunst
Optiksysteme
von **Wolfgang Paech**:

Oben:
Saturn Summenbild



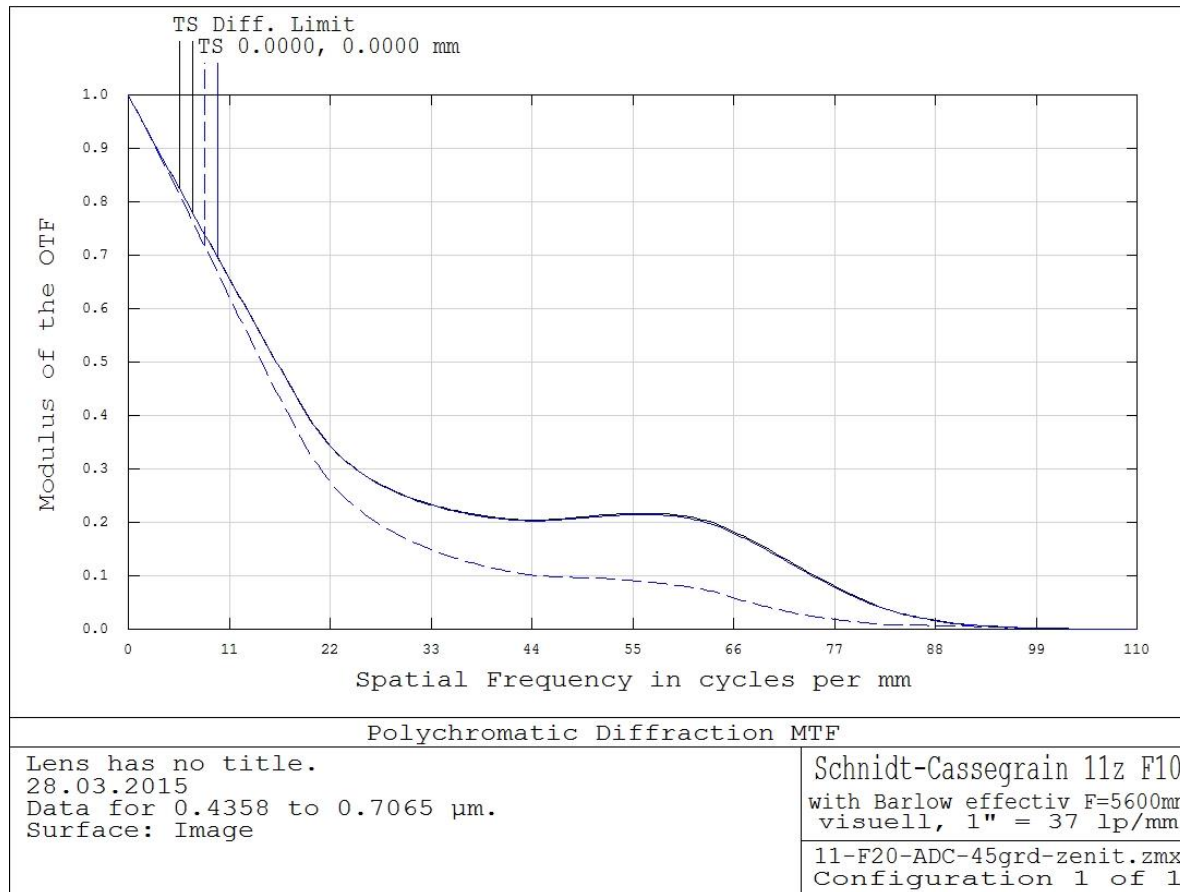
Unten
Saturnbild geschärft



Namibia
C14 F=3900mm
3.9.2015

ADC Compact, auch eine Tool für RGB Fotografen

MTF für visuelle Beobachtung für Schmidt-Cassegrain 280/F10.
 Systembrennweite 5600mm 1" = 37lp/mm; Objekt 45° über Horizont
 Kontrastverbesserung bis über Faktor 2!

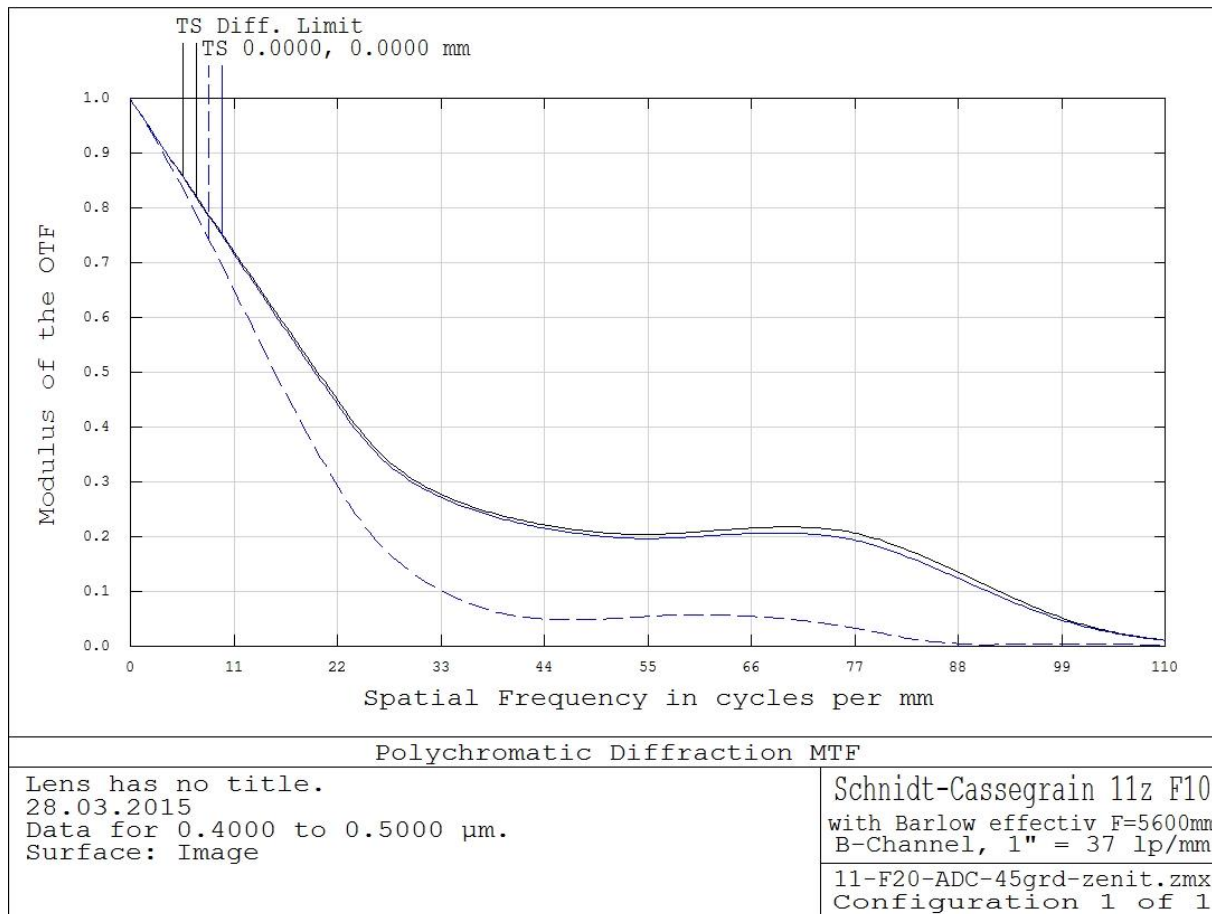


ADC Compact, auch eine Tool für RGB Fotografen

Schmidt-Cassegrain 280/F10 im B-Kanal

Systembrennweite 5600mm 1" = 37lp/mm; Objekt 45° über Horizont

Kontrastverbesserung bis über Faktor 4!

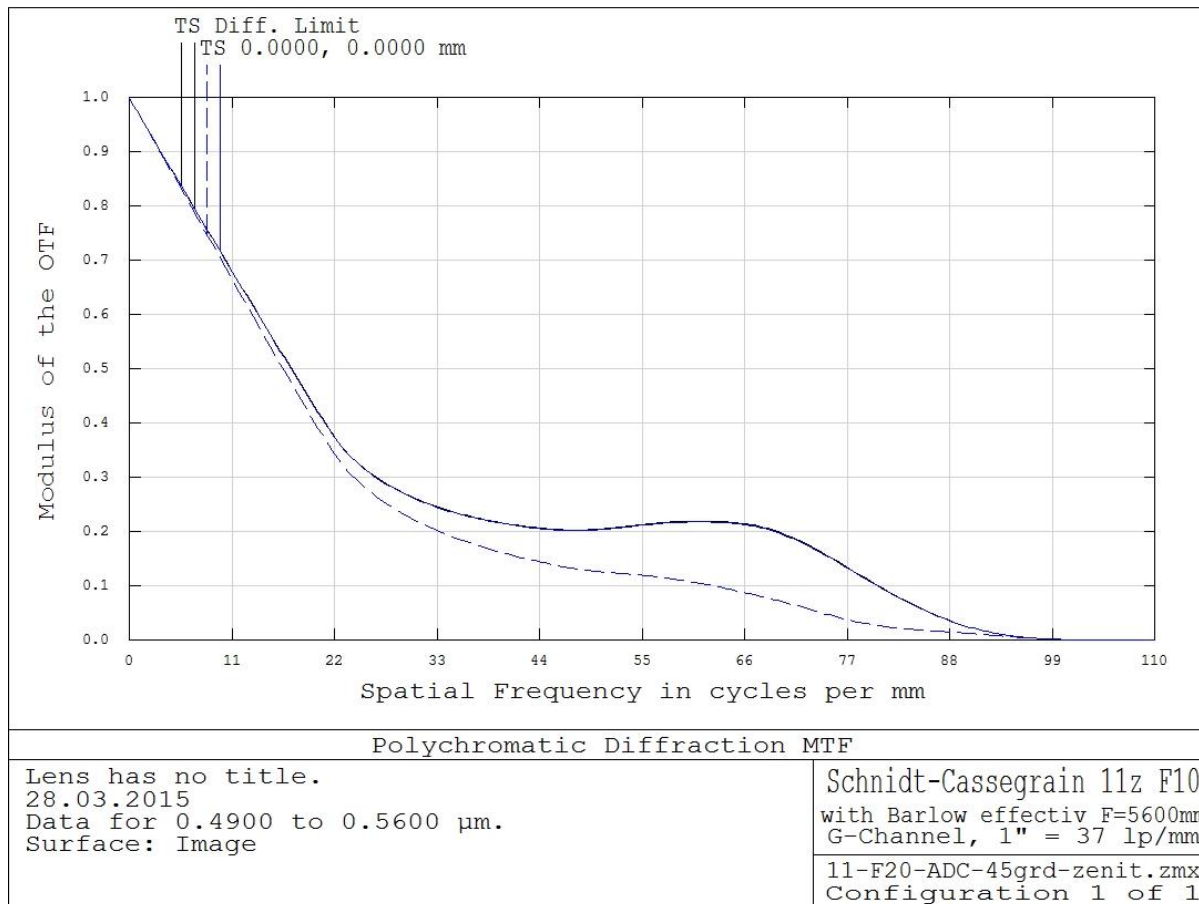


ADC Compact, auch eine Tool für RGB Fotografen

Schmidt-Cassegrain 280/F10 im G-Kanal

Systembrennweite 5600mm 1" = 37lp/mm; Objekt 45° über Horizont

Kontrastverbesserung bis über Faktor 1.5!

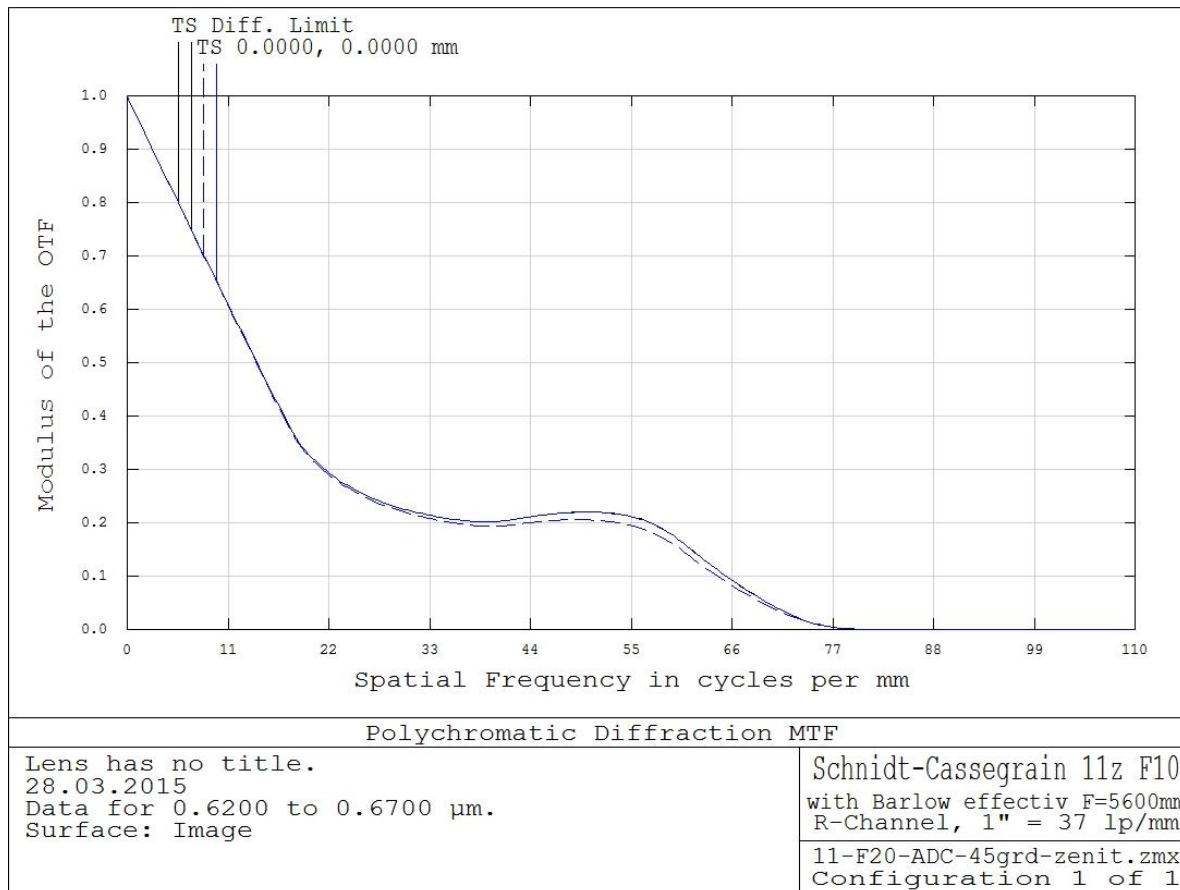


ADC Compact, auch eine Tool für RGB Fotografen

Schmidt-Cassegrain 280/F10 im R-Kanal

Systembrennweite 5600mm 1" = 37lp/mm; Objekt 45° über Horizont

Kaum Einfluß der atmosphärischen Dispersion !



ADC Compact, auch eine Tool für RGB Fotografen

- **R-Kanal ist der beste Kanal für Planetenphotographie in Bezug auf Kontrast**
- **Seeing deutlich besser (proportional $1 / \text{Wellenlänge}$)**
- **Atmosphärische Dispersion spielt keine Rolle**

Aufnahme Beispiele I



Venus mit ADC Compact



Venus ohne ADC Compact

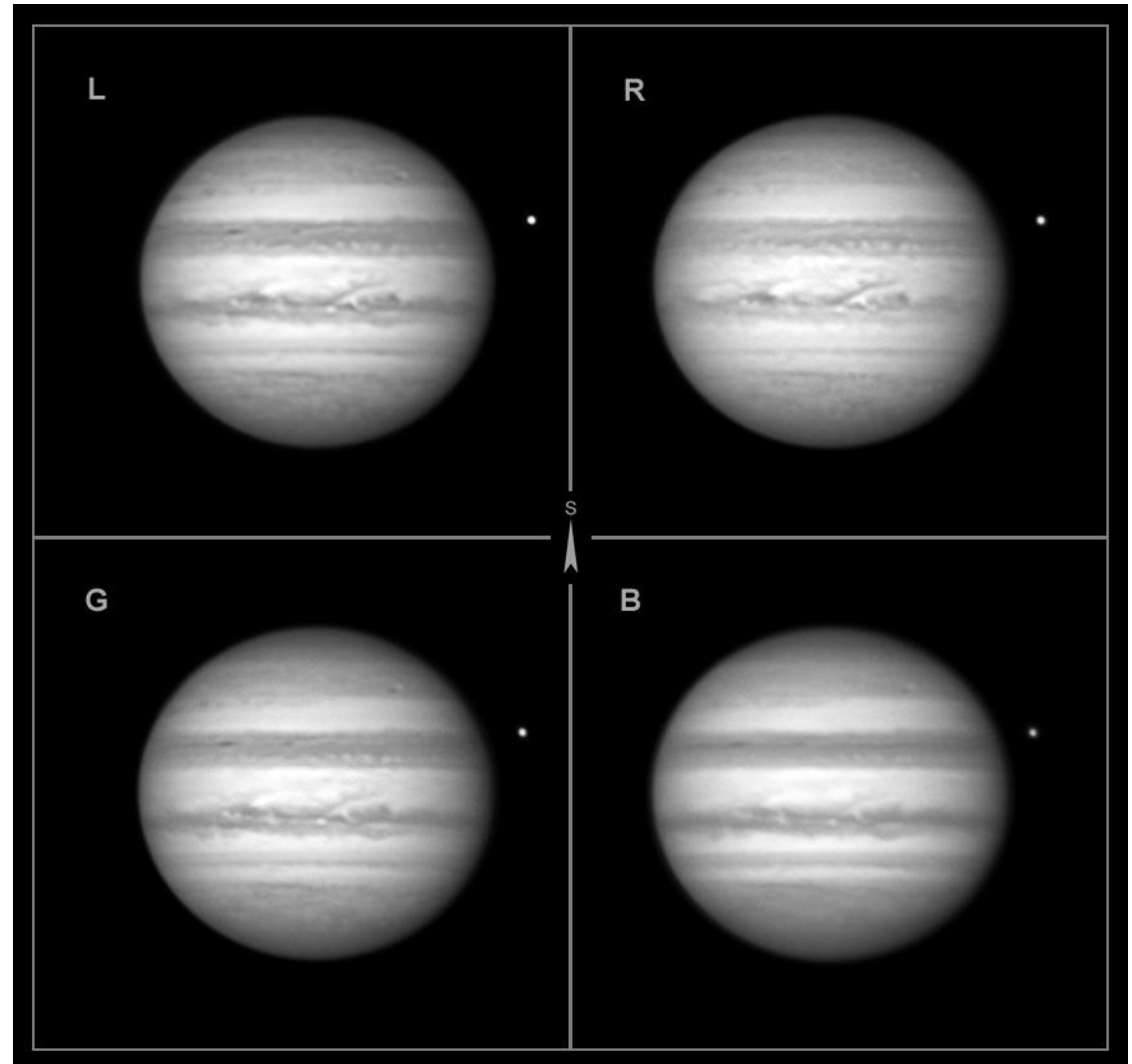
2015 Wolfgang Paech, Namibia C14, 23.7.2015

Aufnahme Beispiele II

Aufnahme mit ADC von
Gutekunst Optiksysteme
von Jörg Mosch:

Jupiter und Europa am 9.
2. 2014, aufgenommen
mit einer monochromen
Videokamera Lumenera
LU165M am 180-mm-
Refraktor.

**Man beachte die gute
Auflösung im L-Kanal!**

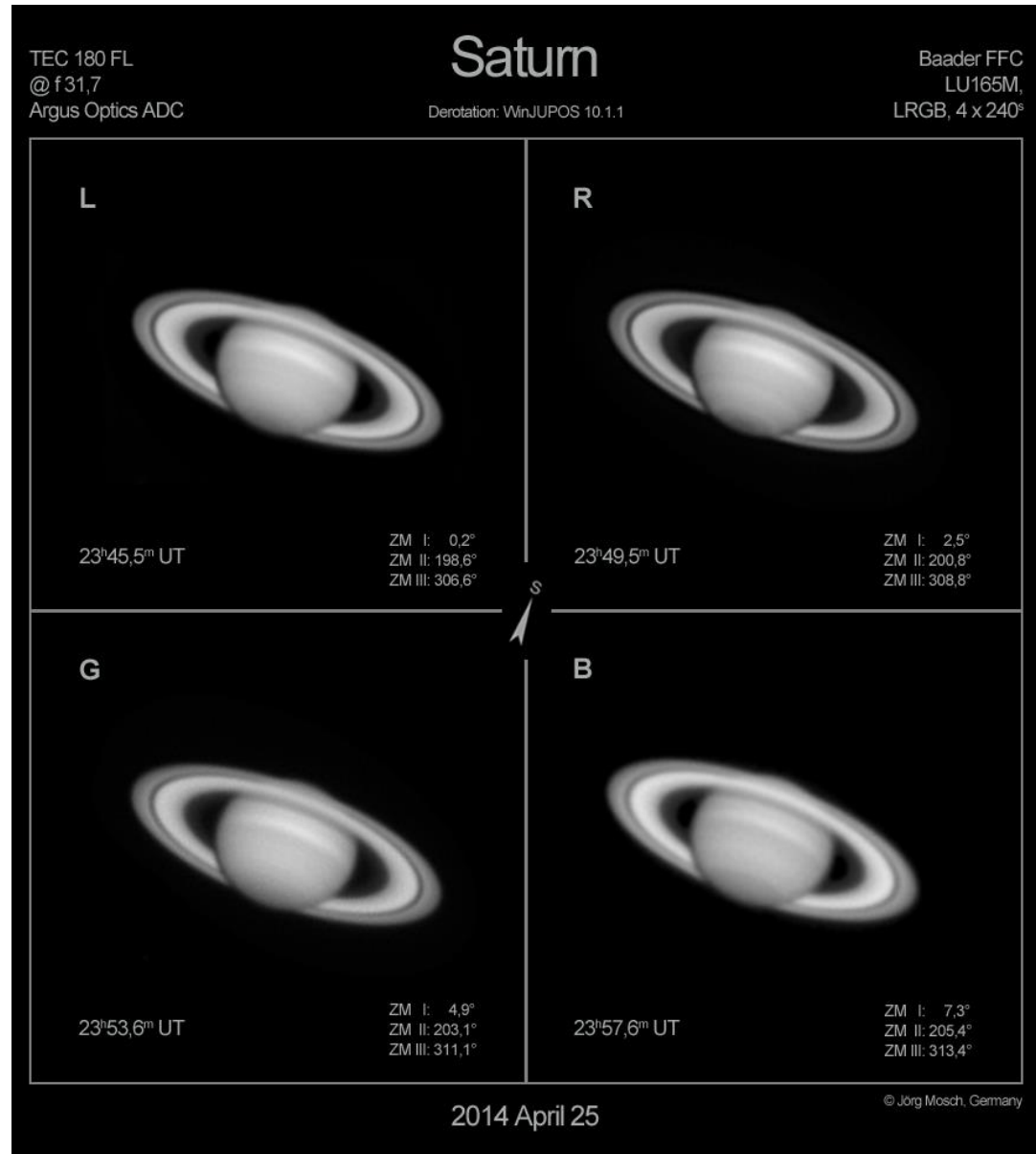


Aufnahme Beispiele III

Aufnahme mit ADC von
Gutekunst Optiksysteme
von Jörg Mosch:

Saturn aufgenommen am
25.4.2014 mit einer
monochromen
Videokamera Lumenera
LU165M am 180-mm-
Refraktor.

**Man beachte die gute
Auflösung im L-Kanal!**



Aufnahme Beispiele III

Aufnahme mit ADC von
Gutekunst Optiksysteme
von Jörg Mosch:

Gassendi aufgenommen
am 12.3.2014 mit einer
monochromen
Videokamera Lumenera
LU165M am 180-mm-
Refraktor. Im L-Kanal

1500 Frames von 5928



Abschließendes-Fazit:

- **Teleskope mit hoher Performance und Öffnungen über 150mm erreichen ihre volle Leistungsfähigkeit nur mit Hilfe eines ADC's**
- **Das Verwenden eines ADC's macht insbesondere für Beobachten von Objekten mit großen Horizonthöhen Sinn (bis 60°)**
- **ADC bringt hauptsächlich Vorteile bei hervorragendem Seeing**
- **Auch für Astrophotographie macht der ADC Sinn: vorzugsweise im Blaukanal**
- **Teurere Designs (Planplatte mit dispersiven Elementen) bringen erheblich Vorteile bezüglich schnellem Einstellen und optischer System-Performance**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

**Dr. Martin Gutekunst
Sternwarte Eberfing**

www.gutekunst-optiksysteme.de