

Sonnenteleskope

Frage: Wie viele Photonen werden von einem 230×230 km großen Teil der Sonnenoberfläche (0.3×0.3 Bogensekunden) detektiert, wenn ein Spektrograph mit einer Auflösung von $R=500000$ und einer Effizienz von 1%, bei einer Wellenlänge von 500 nm verwendet wird und die Belichtungszeit nur 0.001 Sekunden beträgt?

Antwort: Nur 400 Photonen ($S/N=20$)!

Neue Projekte: Gregor (1.5m), Advanced Technology Telescope (AST) (4 m).

Das theoretische
Auflösungsvermögen ist:

$$\textit{theoretischesAufloesungsvermoegen}["] = 2.44 \cdot 10^{-4} \lambda[\text{\AA}] / D[m]$$

Das Seeing

- Ein schwieriges Problem bei der Beobachtung der Sonne sind turbulente Schichten in der Erdatmosphäre (Seeing): Turbulenz entsteht, wenn der Temperturgradient größer ist, als der adiabatische Temperturgradient:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_2}^{1 - \frac{c_p}{c_v}}$$

Unter solchen Bedingungen bilden sich Blasen die mit wärmerer Luft gefüllt sind. Blasen mit warmer Luft wirken wie Linsen. Mit einer optischen Weglängendifferenz ΔL ergibt sich:

$$\Delta l \approx 8 \cdot 10^{-7} \Delta T \Delta L$$

Mit realistischen Werten von $\Delta L = 2.4 \cdot 10^{-5}$ und $L = 30 \text{ m}$ ergeben sich etwa 0.3 Bogensekunden.

..aber das theoretische Auflösungsvermögen ist nicht die ganze Wahrheit. Stellen wir uns einmal ein Bild vor, das in der x,y -Ebene eines Teleskops entsteht. An jedem Punkt ist dann die Intensität gegeben durch (wobei PSF die Punktverbreiterungsfunktion des Teleskops ist):

$$I(x, y) = \int \int_{-\infty}^{\infty} I_0(\xi, \eta) PSF(x, y, \xi, \eta) d\xi d\eta$$

Die Faltung wird häufig abgekürzt mit
 $I = I_0 * \text{PSF}$

Da die Verschmierung über das ganze Bild erfolgt, ist es sinnvoll gleich mit der Fouriertransformierten des Bildes zu arbeiten. Der Modulus der Fouriertransformierten der PSF wird Modulationstransferfunktion (MTF) genannt:

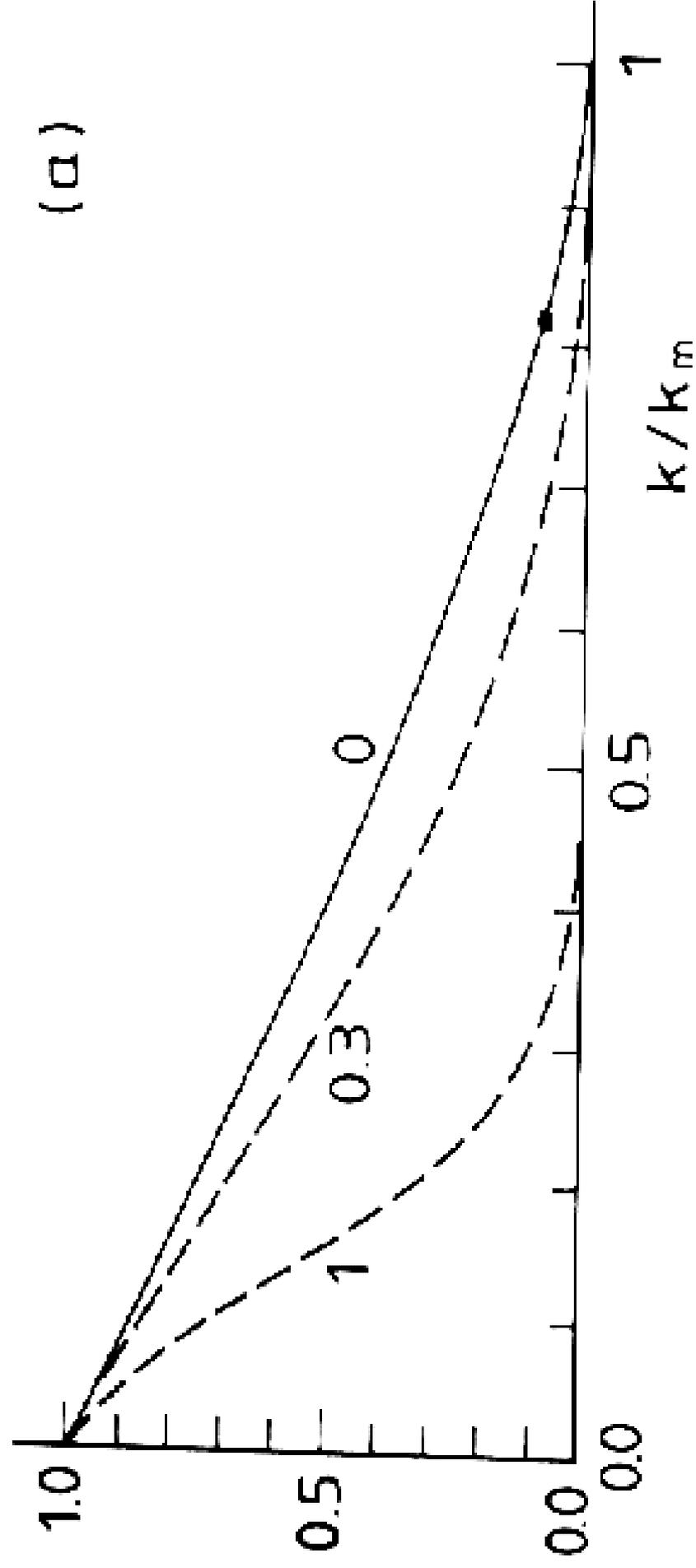
$$MTF_s(k) = \exp(-2\pi^2 s_0^2 k^2)$$

Wobei $s_0 k = S/L$, S der „Dispersions-Parameter“ (2.4 S = FWHM einer Punktquelle) und L die Größe der Struktur ist.

Vereinfacht ausgedrückt gibt die MTF den Verlust des Kontrastes bei einer bestimmten „Wellenzahl“ des Bildes an. Die MTF hängt vom Seeing und dem Teleskop ab.

Ein kleines Beispiel: Die FWHM des Seeings sei 0.72“ und die Größe der Struktur 1.5“. Dann werden nur 20% des ursprünglichen Kontrastes beobachtet. Kleine Strukturen, die nur wenig heller sind als die Umgebung können nicht beobachtet werden.

MTF (k)



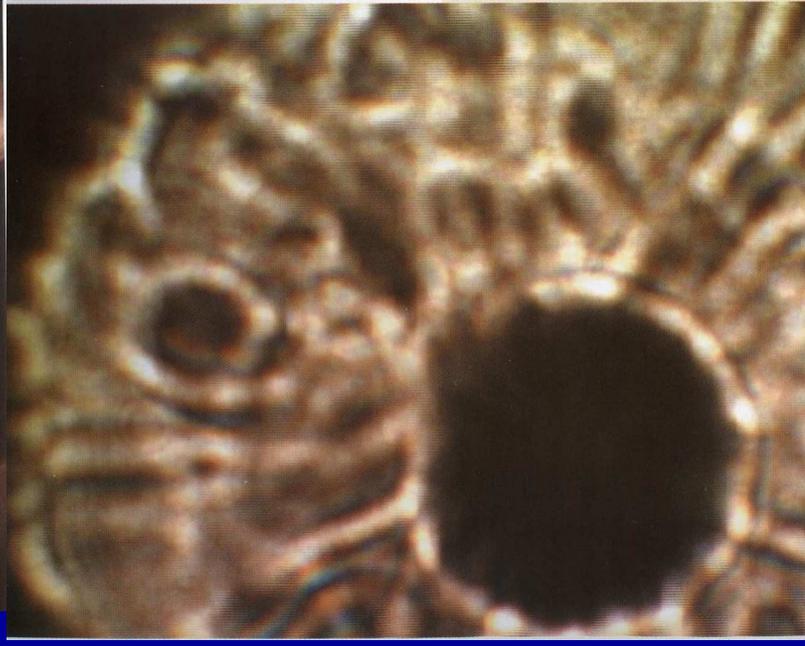
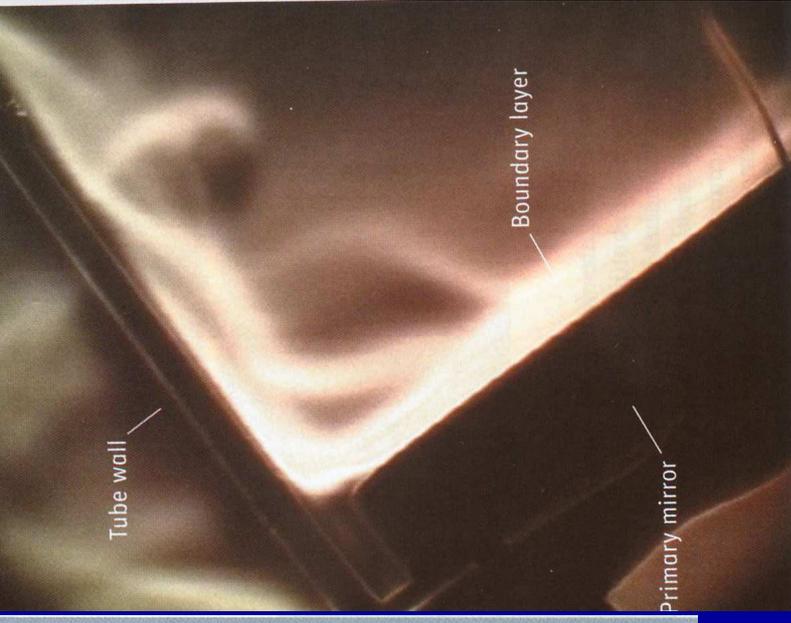
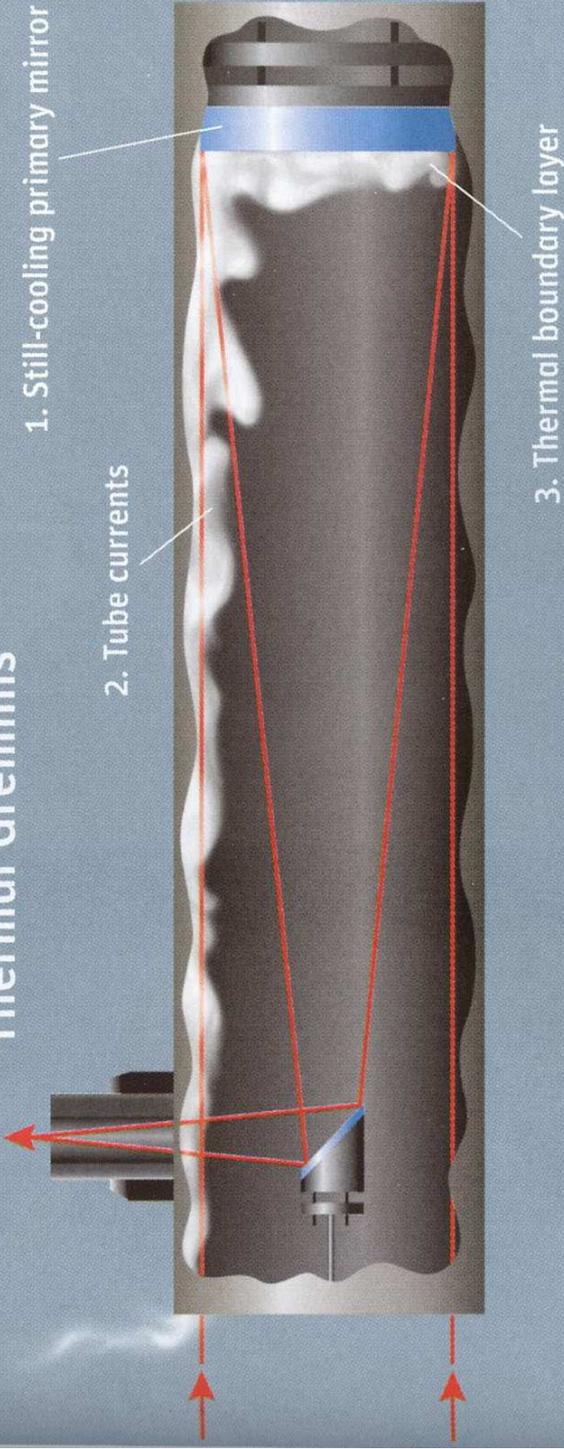
(α)

k/k_m

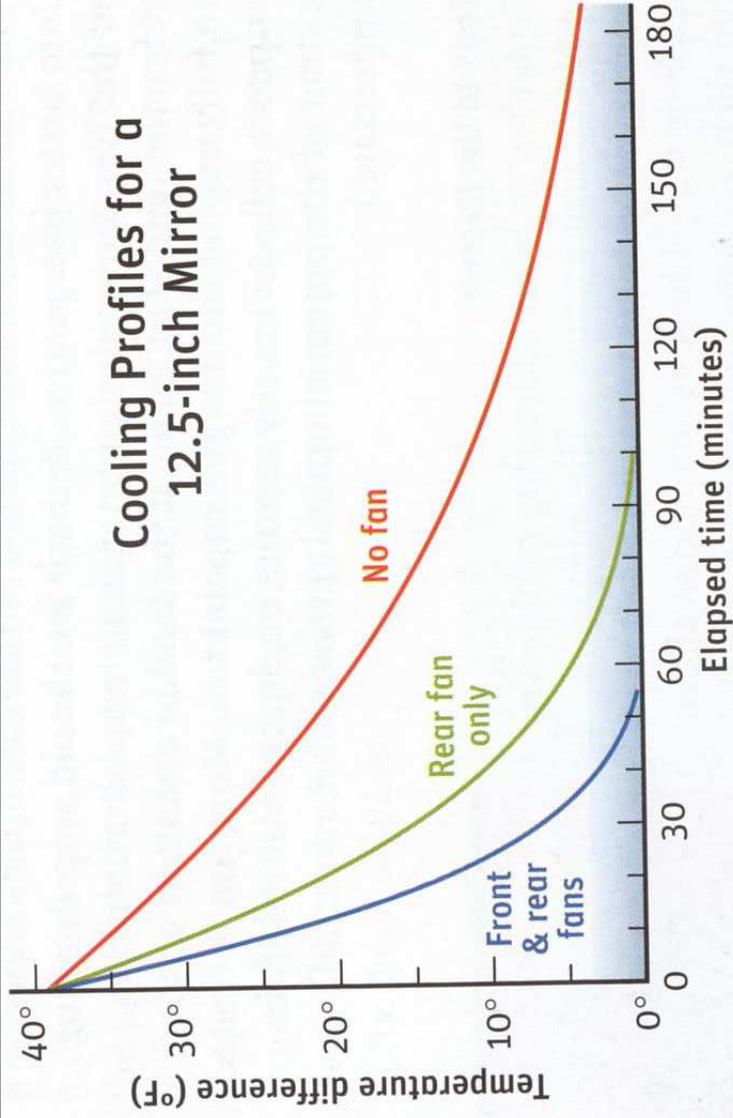
Leben mit dem Seeing

- Spiegelseeing (Abhilfe: Teleskop evakuieren, oder inovative Spiegeltechnik)
- Kuppel-Seeing: (Abhilfe: Kuppel weglassen)
- Boundary-Layer-Seeing: (Turmteleskop bauen, Standortwahl)
- Frei Atmosphäre (kein großer Effekt)
- Jet-Streams: entstehen in 10-20m km Höhe bei bestimmten geographischen Breiten

Thermal Gremlins



Cooling Profiles for a 12.5-inch Mirror



Thick mirrors benefit from having fans blowing on both the rear and front faces. Using front and rear fans, this 12.5-inch diameter, 2-inch-thick Pyrex mirror cools to near equilibrium twice as fast as it would with a single fan.

Vakuump-Turm-Teleskop

38 m hoher Turm.

Zwei bewegliche Coelostaten-Spiegel bringen das Licht in ein fest montiertes Teleskop.

Das Teleskop ist evakuiert.

Die Spiegel bestehen aus Zerodur.

Hauptspiegel:
70cm, Brennweite
45m

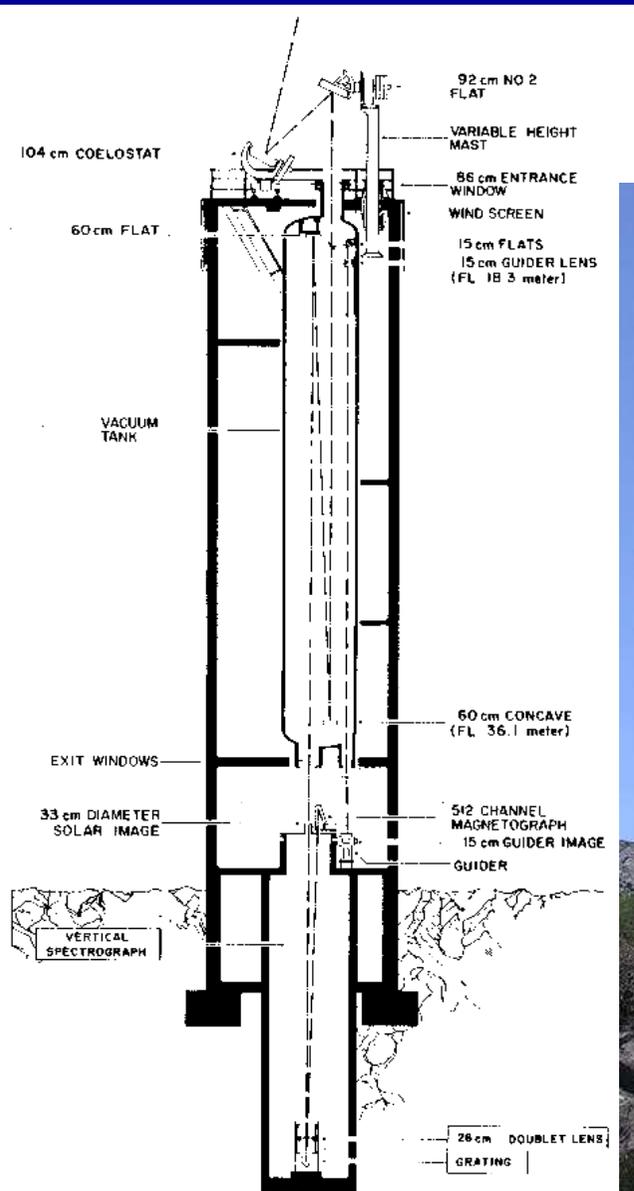
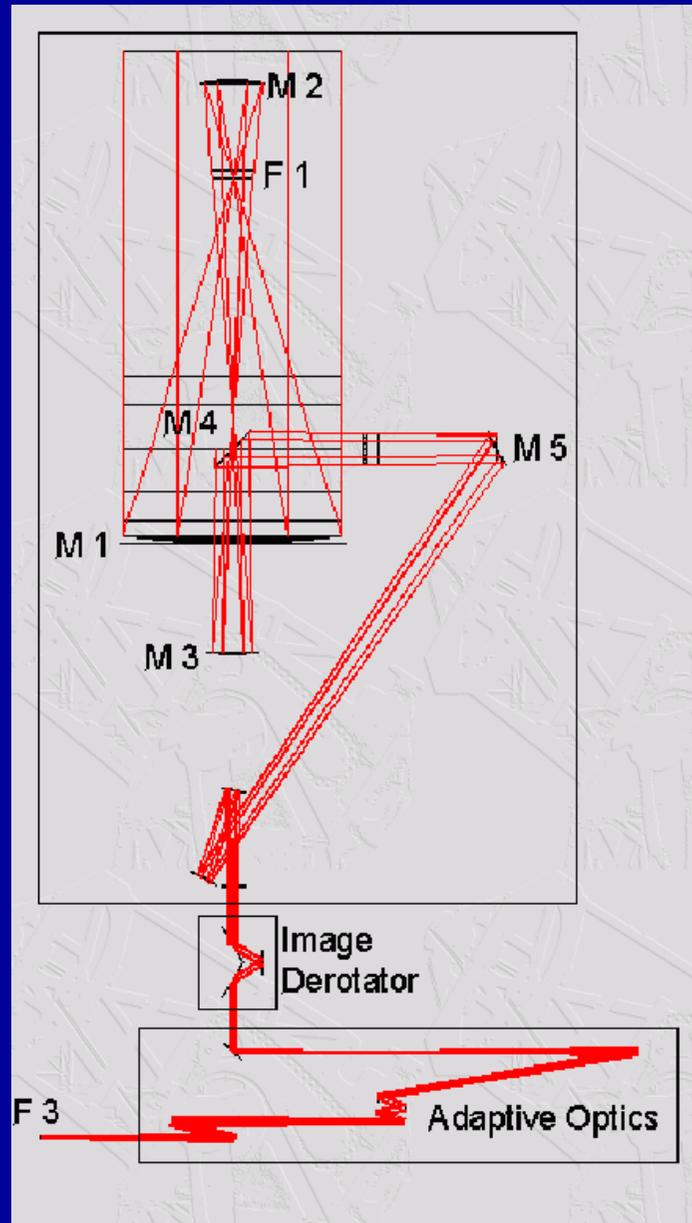


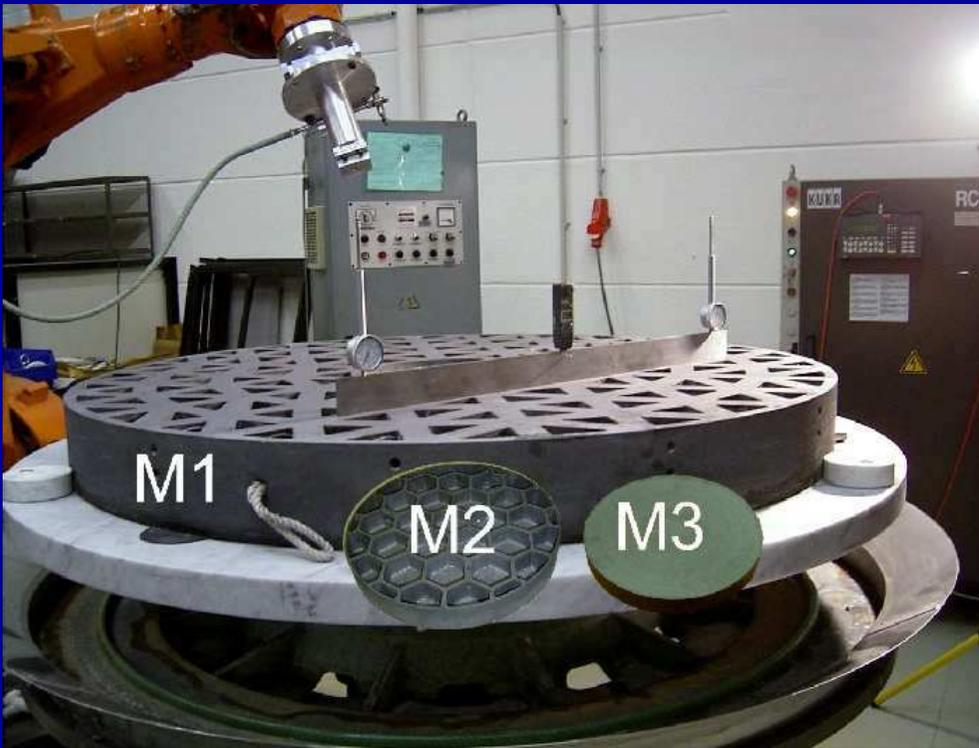
Fig. 3.13. The Kitt Peak 60-cm Vacuum Tower Telescope (Livingston et al. 1976)

GREGOR: Optik



- Spiegel aus Silikon-Karbit (Cesic) mit aktiver Temperaturkontrolle ($\Delta T < 0.2\text{K}$)
- Gregory-Strahlengang: Blende im Primärfokus lässt nur kleinen Teil des Sonnenbildes durch (5 Bogenminuten, Reduktion der Lichtmenge: Faktor 36).
- Öffnung 1.5m, Brennweite 55.6 m
- Adaptive Optik
- Polarisationsoptik bei F2

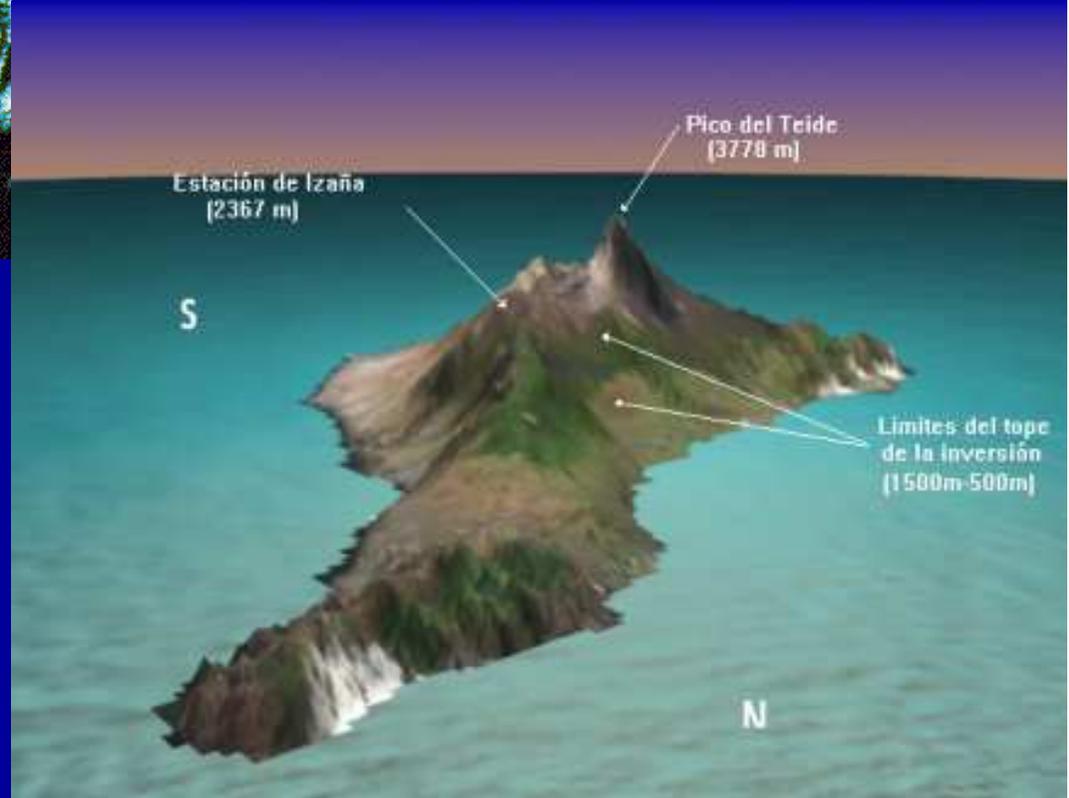
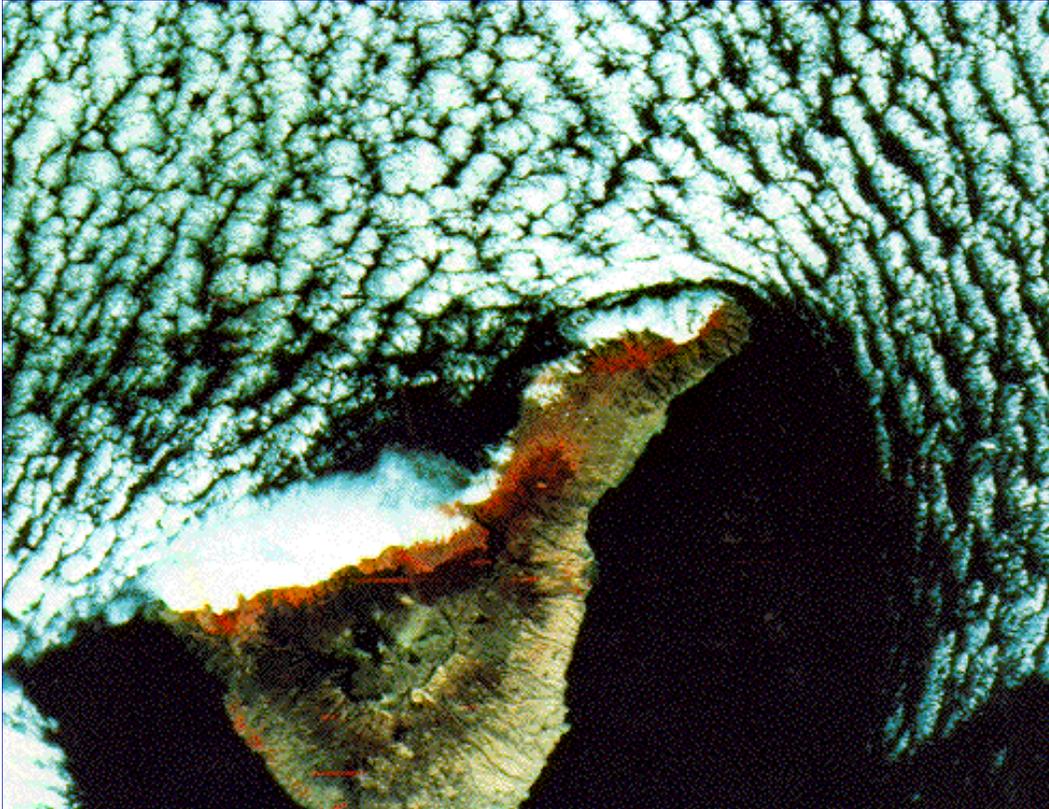
GREGOR: Spiegel aus Cesig



- Gewicht nur 180 kg
- Wärmeleitfähigkeit etwa 100 mal so groß wie von Zerodur. Dadurch hat der Spiegel eine homogene Temperatur.
- Bei der Beobachtung müssen 170 W an Wärme abgeführt werden.



Kanarische Inseln: Izaña



Izaña

