

„Scharfmacher“

Seit Fernrohre gebaut werden, schauen die Menschen in den Nachthimmel, um die Objekte des Kosmos zu beobachten. Technischer Fortschritt erlaubt heute Teleskope mit Spiegeldurchmessern von über 7 m. Einfach riesig – aber auch sinnvoll? Große Spiegel sammeln viel Licht, können aber nicht mehr Details erkennen, als ein 25 cm Teleskop. Diese Auflösungsgrenze wird auch „Seeing Barriere“ genannt. Die Ursache für diese Auflösungsgrenze ist die Richtungsänderung, die Wellenfronten erfahren, wenn sie auf die Moleküle der Lufthülle treffen. Im Teleskop erscheint ein flimmerndes waberndes Bild des beobachteten Objektes. Bild 1 verdeutlicht das Ergebnis. Es zeigt Neptun von der Erde aus gesehen.

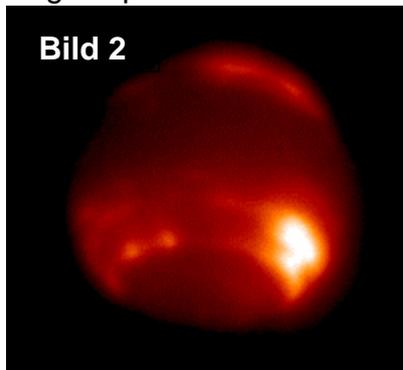
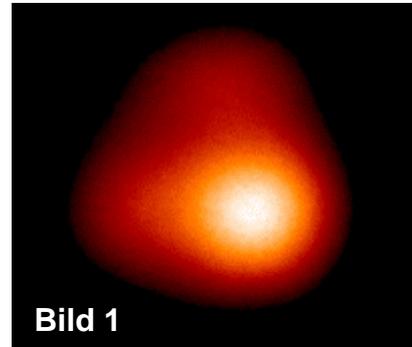


Bild 2

Aber was kümmern uns Grenzen, wenn alles machbar ist, was wir uns vornehmen? Seit Anfang der 90er Jahre des

20.

Jahrhunderts stehen technische Mittel und Computer zur Verfügung,

die eine elegante Lösung für das Durchbrechen der „Seeing Barriere“ liefern:

die *adaptive Optik*! Damit erscheint der Neptun im gleichen Teleskop mit erkennbaren Einzelheiten (Bild 2). Bild 3 zeigt einen Ausschnitt der Mondoberfläche einmal ohne und einmal mit dem neuen „Scharfmacher“.

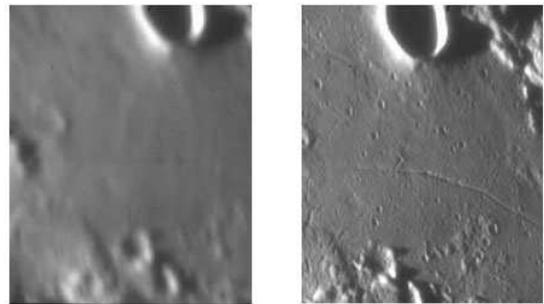


Bild 3

26'' = 45 km

Das Grundprinzip der adaptiven Optik besteht darin, ein als punktförmig bekanntes Objekt (Leitstern) mit einem Wellenfrontsensor (Bild 4) zu erfassen und die ermittelten Abweichungen von der Punktgestalt auf einen verformbaren Spiegel (Aktuator) so zu übertragen, dass ein Punkt abgebildet wird. Mit der Korrektur des Leitsterns wird auch das eigentlich abzubildende Objekt korrigiert. Bild 5 veranschaulicht diesen Sachverhalt.

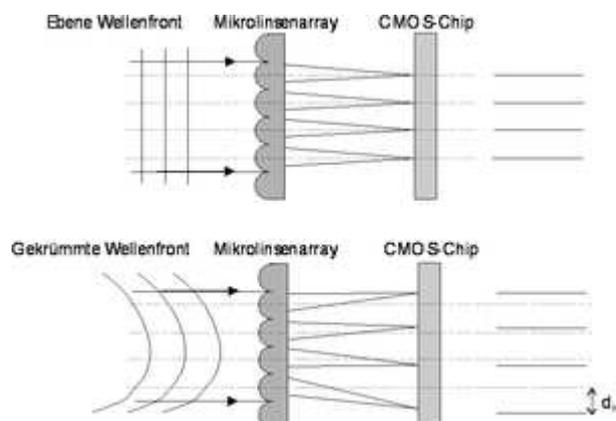


Bild 4

Eine adaptive Optik arbeitet als Regelschleife: Der Wellenfrontsensor misst die korrigierte optische Qualität (Wellenfront), vergleicht sie mit der gewünschten, idealen Wellenfront und steuert mit dem Differenzsignal den deformierbaren Spiegel.

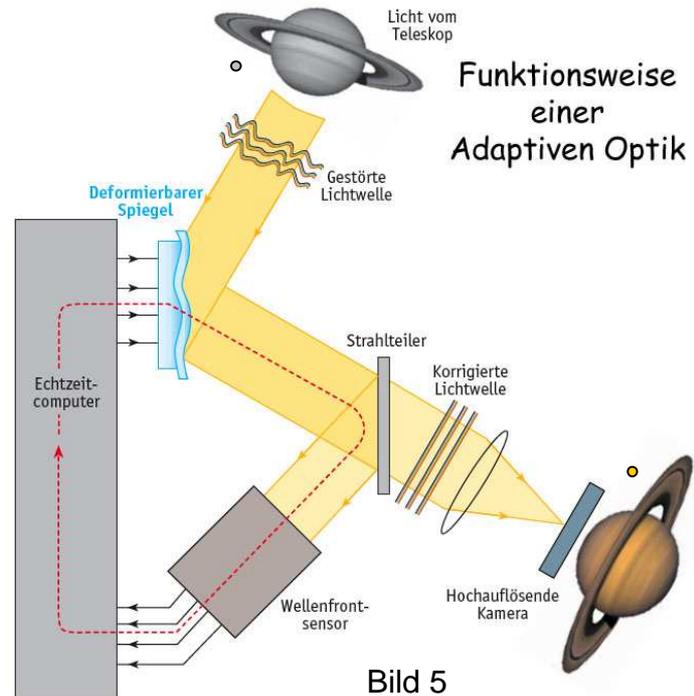
Der notwendige mathematische Apparat für die Steuerung ist beträchtlich und soll hier nicht weiter diskutiert werden.

Aufgabe

Adaptive Optik beschränkt sich nicht nur auf den Einsatz in der Astronomie. Sie wird heute z.B. bereits in der Augenheilkunde, der Mikrooptik und in lasergesteuerten Fertigungsanlagen eingesetzt.

Ihr Team soll das Grundprinzip der Bildkorrektur in einer vereinfachten Simulation veranschaulichen, um die Funktion der Regelschleife verständlich darzustellen. Überlegen Sie, wie die

Intensitätsverteilung auf dem Raster des CMOS-Chips als korrigierender Wert für den Aktuator genutzt werden kann (Bild 3). Bedenken Sie, dass die Beeinflussung der Wellenfront durch die Moleküle der Atmosphäre zeitlich nicht stabil ist!



Arbeitsaufträge

- Entwerfen Sie geeignete Algorithmen für eine vereinfachte Simulation der adaptiven Optik als Regelschleife!
- Entwickeln Sie aus den Algorithmen ein Programm, das als Simulation adaptiver Optik veranschaulicht!
- Stellen Sie Ihre Ergebnisse in einer Präsentation zusammen, die geeignet ist, das Zusammenspiel zwischen Leitstern, optischer Turbulenz der Atmosphäre, Wellenfrontsensor, Korrekturspiegel und korrigierter Abbildung, aufzuzeigen! (Vortragszeit: 10 Min.)

Bildquellen:

Bilder 1 und 2: <http://www.astronews.com/news/artikel/1999/10/9910-018.shtml>

Bilder 3, 4 und 5: <http://www.mpia.de/homes/hippler/AOonline/C02/>