

## Fernrohre in der Astronomie

Bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts gab es für die Astronomen keine Möglichkeit, mehr Einzelheiten, als mit dem bloßen Auge sichtbar, auf den Himmelskörpern zu erkennen. Dies wurde erst mit Erfindung des Fernrohres möglich. Das erste gebrauchsfähige Fernrohr wurde in Holland (wahrscheinlich durch Zufall) erfunden und von **Galileo Galilei** in Italien erstmals auf Mond und Sterne gerichtet. Dieses Fernrohr bestand aus einer einfachen langbrennweitigen Sammellinse als Objektiv und einer Zerstreuungslinse als Okular. Die Linsen waren übrigens Brillengläser, die in einem Tubus gegeneinander verschiebbar angebracht waren.

Bereits mit einem solchen noch recht schwach vergrößernden Fernrohr konnte Galilei z.B. Krater auf dem Mond, die 4 großen Jupitermonde und „Ausbuchtungen“ am Saturn entdecken, die später als Ring erkannt wurden. Wegen bestimmter Nachteile dieser Fernrohrart wird das „**Galileische Fernrohr**“ in der Astronomie heute nicht mehr benutzt; es ist deshalb hier auch nicht abgebildet. Im täglichen Leben begegnet es uns jedoch als kleines Doppelfernrohr noch heute in der Form des Theater- oder Opernglases mit nur zwei- bis dreifacher Vergrößerung!

Nahezu gleichzeitig mit der ersten Nutzung des Galileischen Fernrohres zur Himmelsbeobachtung hatte der Astronom **Johannes Kepler** eine Theorie der Linsen und des Fernrohres aufgestellt. Das später nach ihm benannte „**Keplersche** (oder astronomische) **Fernrohr**“ besteht in seiner ursprünglichen Form aus einer schwachen (langbrennweitigen) Sammellinse als Objektiv und einer starken (kurzbrennweitigen) Sammellinse als Okular. Beide sind in einem Tubus gegeneinander verschiebbar montiert. Die große (schwache) Sammellinse entwirft vom Beobachtungsobjekt in ihrer Brennebene ein reelles Bild (das man auf einer Mattscheibe sichtbar machen kann); dieses Bild wird dann durch das Okular (eine kleine, aber starke Lupe) betrachtet. Man erhält allerdings ein Kopf stehendes und seitenverkehrtes Bild, aber das stört in der Astronomie nicht. Einfache Linsen haben jedoch Fehler, die technisch nicht korrigierbar sind; deshalb waren die mit solchen Fernrohren erzeugten Bilder nicht sonderlich gut. Um die Fehler zumindest teilweise klein zu halten, baute man langbrennweitige Fernrohre ohne Tubus (so genannte Luftfernrohre) mit Längen bis zu mehr als 30 Metern, die an Masten aufgehängt und mit Seilzügen bewegt wurden. Dies war natürlich eine ziemlich wacklige Angelegenheit.



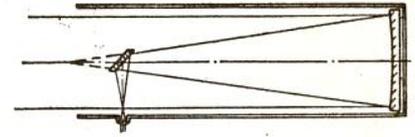
Keplersches Fernrohr

Zu beachten ist jedoch, dass man mit Fernrohren nur Himmelsobjekte vergrößern („heranholen“) kann, die am Himmel bereits eine gewisse flächenhafte Ausdehnung haben, selbst wenn wir diese mit bloßem Auge nicht erkennen können (z.B. Planeten). (Fix-) Sterne sind wegen ihrer riesigen Entfernungen von der Erde nicht vergrößerbar; sie werden in großen Fernrohren mit wachsendem Objektivdurchmesser nur immer heller. Das Bestreben, immer größere Fernrohre mit größeren Objektiven zu bauen, hat auch seine Ursache in dem dann größeren Lichtsammelvermögen. Für das bloße Auge oder Instrumente mit kleinen Objektiven unsichtbare Himmelskörper bzw. -objekte im Weltall werden dann sichtbar; man kann also weiter in den Weltraum hinaus schauen. Die Vergrößerung eines Keplerschen Fernrohres (und auch der modernen anderen Fernrohre) kann man übrigens einfach berechnen, indem man die Objektivbrennweite durch die Brennweite des Okulars teilt. Das Ergebnis ist der Vergrößerungsfaktor!

Bessere Fernrohre konnte man nach Erfindung des so genannten **achromatischen Objektives** herstellen. Dieses Objektiv besteht aus zwei Linsen (je einer Sammellinse und einer Zerstreuungslinse) unterschiedlicher Glassorten (Kron- und Flintglas). Dadurch konnten vor allem Farbfehler einfacher Linsenobjektive weitgehend behoben werden; die von den neuen Objektiven erzeugten Bilder waren qualitativ sehr viel besser! Auch die Okulare wurden nun mehrlinsig und optisch damit besser. Technisch liegt die Grenze für große Linsenfernrohre aus Gründen, die hier nicht näher erläutert werden sollen, bei etwa einem Meter Objektivdurchmesser.

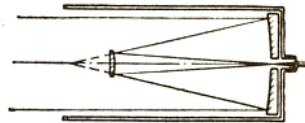
Fast gleichzeitig mit den ersten Linsenfernrohren wurden **Spiegelfernrohre** erfunden. Als Objektiv dient hierbei ein Hohlspiegel, der vom fernen Beobachtungsobjekt ein Bild in seiner Brennebene entwirft, wo es mit einem Lin-

sen-Okular betrachtet wird. Im so genannten **Newton-Spiegelteleskop** wird durch einen kleinen Planspiegel der Strahlengang durch eine Öffnung im Tubus seitlich herausgelenkt; das Okular sitzt dann an der Seite des Tubus. Diese Konstruktion hat sich sehr bewährt und bis heute erhalten; sie erfreut sich besonders auch bei den Amateurastronomen immer noch großer Beliebtheit.



Die Hohlspiegel wurden lange Zeit aus Spiegelmetall (einer Art Bronze) hergestellt, später dann aus Glas, nachdem man im 19. Jahrhundert ein Verfahren zur Versilberung von Glasflächen erfunden hatte. Die Hohlspiegel für die modernen Großteleskope werden heute meist aus Glaskeramik (Zerodur oder Sitall) hergestellt, die sich bei wechselnden Temperaturen nicht mehr verformt, so dass veränderliche Temperaturen während der Beobachtung praktisch keine Rolle mehr spielen.

Heute gibt es etliche verschiedene Arten von Spiegelteleskopen. Erwähnt werden soll hier nur noch der häufig gebaute **Cassegrain-Typ**, bei dem der Hauptspiegel durchbohrt und der Fangspiegel konvex ist; dadurch wird die Brennweite erheblich verlängert, ohne dass die Teleskoplänge sich wesentlich vergrößert.



Ein ähnlicher Typ **-Richey-Chrétien** - wird heute üblicherweise beim Bau von modernen Großteleskopen realisiert.

Alle Teleskope müssen besonders stabil und erschütterungsfrei auf „Montierungen“ aufgestellt werden, sie sind um zwei zueinander senkrecht stehende Achsen drehbar. Die modernen Teleskope werden computergesteuert exakt der Bewegung der Gestirne nachgeführt, so dass lange belichtete Himmelsaufnahmen problemlos möglich sind. Die früher einzig mögliche Beobachtungsart mit dem menschlichen Auge am Teleskop ist heute in der astronomischen Forschung die Ausnahme geworden.

Für besondere Zwecke, wie z.B. die Sonnenbeobachtung, sind stationäre, nicht bewegbare Teleskope (vielfach Turmteleskope) gebaut worden; das Sonnenlicht wird hierbei durch ein spezielles Spiegelsystem (Heliostat oder Coelostat) in diese fest stehenden Teleskope geleitet.

Die fortgeschrittene Technik des 20. Jahrhunderts brachte Spiegelteleskope von zunächst 2,5 m, 5 m und 6 m Spiegeldurchmesser mit Spiegeln aus sehr dicken und schweren Glasblöcken. Heute werden Teleskope mit Spiegeln von über 8 m Durchmesser, aber nur geringer Dicke, gebaut. Die Spiegel dieser Teleskope können ständig Computer gesteuert an ihre optimale Form angepasst werden. Da diese Spiegel aus moderner Glaskeramik hergestellt und praktisch temperaturunempfindlich sind, sind diese Teleskope jederzeit beobachtungsbereit, ohne dass sie vorher lange temperiert werden müssen. Durch besondere Verfahren kann man auch die immer vorhandene Luftunruhe, die zu einer Bildverschlechterung führt, ausschalten. Zwischenzeitlich wurden auch große Teleskopspiegel nicht nur als Einzelstücke gefertigt, sondern aus vielen (sechseckigen) Hohlspiegeln mit exakt derselben Größe und Brennweite zusammengesetzt.

Gipfelpunkt der jetzigen Teleskoptechnik ist das in Chile fertig gestellte **Very Large Telescope (VLT)**, das aus 4 Großteleskopen mit je 8,2 m Spiegeldurchmesser besteht. Diese Teleskope sind einzeln benutzbar, können aber auch zusammengeschaltet werden und „simulieren“ sozusagen ein Teleskop von sehr viel größerem Spiegeldurchmesser. Bei diesen Teleskopen wird in jeder Hinsicht die neueste Technologie eingesetzt!



Die Erdatmosphäre kann man allerdings nicht „ausschalten“, sie lässt neben dem sichtbaren Licht von der noch zur Erde gelangenden anderen Strahlung, die aber für die Forschung auch sehr interessant ist, nichts oder nur wenig passieren. Deshalb müssen - insbesondere für die Beobachtung der Ultraviolett-, Infrarot-, Röntgen- und Gammastrahlung - besondere Teleskope gebaut und auf Satelliten im Weltraum stationiert werden, wie z.B. das **Hubble Space Telescope** (HST).