

**Zeitschrift:** astro sapiens : die Zeitschrift von und für Amateur-Astronomen  
**Band:** 1 (1991)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Die moderne Teleskoptechnologie  
**Autor:** Donath, Xavier  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-896890>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die moderne Teleskoptechnologie

Xavier Donath

*Beim Bau modernster Grossteleskope für die erdgebundene Himmelsbeobachtung überschlagen sich beinahe die Fortschritte und Erfolge. Das New Technology Telescope (NTT) der Europäischen Südsternwarte (ESO) auf La Silla in Chile machte mit seinem First Light im März 1989 den Anfang. Im November 1990 erblickte das amerikanische Keck-Teleskop der California Association for Research in Astronomy (CARA) auf dem erloschenen hawaiianischen Vulkan Mauna Kea mit erst einem Teil seiner riesigen Spiegelfläche das Licht des Weltalls. Weitere hochmoderne Instrumente zur Erforschung des gestirnten Himmels und der Sonne sind geplant oder im Bau. Vorläufiger Höhepunkt wird die Inbetriebnahme des Very Large Telescope (VLT) der ESO auf dem Cerro Paranal, 600 km nördlich von La Silla, um die Jahrtausendwende sein.*

*Doch was sind das für Techniken, mit denen die Astronomen die Leistungsfähigkeit ihrer Teleskope immer weiter in die Höhe treiben? Ohne auf Einzelheiten einzugehen, sollen hier die wichtigsten Konzepte der heutigen Teleskoptechnologie umrissen werden.*

## 1. Die Grenzen der konventionellen Teleskoptechnologie

Die herkömmliche Technik des Teleskopbaus, so wie beispielsweise der berühmte 5 m Hale-Reflektor des kalifornischen Mount Palomar - Observatoriums konstruiert ist, stösst beim Streben zu höherer Leistungsfähigkeit an technische und natürliche Grenzen.

Ein noch grösserer Spiegelkörper der konventionellen Bauart wäre so schwer, dass er sich unter seinem eigenen Gewicht verziehen würde und man die nötige optische Qualität zur Leistungssteigerung gar nicht mehr erreichen könnte. Ausserdem würde die Anpassung der grossen Glasmasse von über hundert Tonnen an die gegenüber dem Tag kühlere Nacht bis weit in die Nacht selbst hinein dauern, wodurch kostbare Beobachtungszeit verloren ginge. Der 5 m - Reflektor, 1948 fertiggestellt, ist

hierbei hart an der Grenze des Vertretbaren. Der sowjetische 6 m - Reflektor des astrophysikalischen Spezialobservatoriums bei Selentschuk im Nordkaukasus (Fertigstellung 1976) hat diese offenbar bereits überschritten. Nicht ohne Grund wird letzterer häufig auf 2.5 m Durchmesser abgeblendet um eine akzeptable Bildqualität zu erhalten. Auch ist man daran, einen temperaturunempfindlicheren, glaskeramischen Spiegelträger herzustellen. Bei den Refraktoren hat man die maximale realisierbare Öffnung am Yerkes-Observatorium bei Chicago mit dem dortigen Linsenfernrohr von einem Meter Durchmesser bereits 1897 erreicht. Der Grund der hier viel geringeren möglichen Öffnung ist, dass Spiegel an ihrer gesamten Rückseite unterstützt werden können, Linsen aber nur an ihrer Kante. Dadurch verzieht sich ein Linsenkörper durch sein Eigengewicht viel stärker als ein gleich grosser Spiegel.

Dass die Astronomen aber auch bei Durchmessern unter einem Meter kaum mehr Refraktoren einsetzen liegt an mehreren Nachteilen dieser Teleskopbauweise, abgesehen davon, dass sich mit solch geringen Teleskopöffnungen kaum mehr Spitzenforschung betreiben lässt. Einerseits sind aufwendige Linsensysteme notwendig um hinsichtlich des Farbfehlers (chromatischen Aberration) die optische Qualität eines Spiegelteleskops zu erreichen. Mit steigender Zahl der optischen Komponenten steigen die Kosten aber ganz massiv, da die Herstellung einer Linse viel teurer ist. Gegenüber dem Spiegel mit einer optischen Fläche gilt es bei der Linse nämlich deren zwei zu bearbeiten. Andererseits sind nur kleine Öffnungsverhältnisse realisierbar, was den Refraktor lang und ungeeignet zur Montage schwerer Detektoren macht. Spiegelteleskope sind dank des gefalteten Strahlengangs kompakt und erlauben die Einrichtung eines feststehenden Nasmyth- oder Coudé-Fokus.

Eine weitere, naturgegebene Grenze für den Bau konventioneller Grossteleskope ist die Tatsache, dass eine gegebene Teleskopöffnung zwar ein bestimmtes Auflösungsvermögen besitzt, dieses aber gar nicht genutzt

werden kann, weil die Luftunruhe die Trennschärfe auf einen viel schlechteren Wert begrenzt. Eine einfache Rechnung zeigt, dass schon ein Teleskop mit 55 cm Öffnung ein Auflösungsvermögen erreicht, welches dem besten auf dem zukünftigen VLT-Standort Cerro Paranal je gemessenen Seeing von 0.25" (Bogensekunden) entspricht! Das trotzdem viel grössere Spiegelteleskope gebaut werden, ist durch das höhere Lichtsammelvermögen gerechtfertigt. Dies aber auch nur dann, wenn das Instrument an einem völlig streulichtfreien Ort errichtet wird. An den geschichtsträchtigen Mount Wilson und Palomar Observatorien ist diese Voraussetzung durch das Lichtermeer von San Francisco und Los Angeles längst nicht mehr erfüllt. Der in der chilenischen Atacama-Wüste gelegene 2664 Meter hohe Berg Cerro Paranal befindet sich hingegen in einem der trockensten Gebiete der Erde, was den Standort auch für Submillimeter-Beobachtungen interessant macht. Zum Schutze vor Lichtverschmutzung hat die chilenische Regierung ein riesiges Gebiet um das zukünftige Observatorium gleich der ESO geschenkt.

Nachteile der herkömmlichen Teleskopkonstruktion sind ausserdem das immense Gewicht sowie die Grösse der Teleskope und ihrer Montierungen. Sogar die Form der Teleskopgebäude müssen die Ingenieure heute neu überdenken. Die traditionellen Kuppeln drohen durch das berüchtigte Kuppelseeing die Auflösung der Teleskope wegen Luftturbulenzen am Kuppelspalt zu begrenzen.

Gerade die Grösse und der damit verbundene Aufwand bei der Errichtung eines Grossteleskops der konventionellen Bauart schlägt mit hohen Kosten zu Buche. Die modernen Instrumente sind dank den neuen Technologien bei gleicher, meist gar grösserer Leistungsfähigkeit oft wesentlich kleiner und damit preisgünstiger und wirtschaftlicher. Trotz den Millionenbeträgen, die der Bau eines Grossteleskops erfordert, sei erwähnt, dass die erdgebundene Astronomie viel billiger ist als die satellitengestützte. Mit den Kosten welche das nun sogar sehbehinderte Hubble Space Telescope

(HST) bisher verschlang, liessen sich sage und schreibe über hundert NTT's bauen!

## 2. Die moderne Teleskoptechnologie

Wie wir gesehen haben, ist die konventionelle Teleskopkonstruktion von verschiedenen Seiten her an Grenzen gestossen. Die moderne Technologie hält nun Auswege bereit um die Leistungsfähigkeit trotzdem weiter zu steigern. Neben einer ganzen Reihe von Verbesserungen bestehender Konzepte treten ein paar völlig neue und zukunftsweisende Methoden hinzu.

Der aufmerksame Leser wird sich vor allem fragen wie denn die atmosphärisch begrenzte Auflösung überwunden werden soll. In der Tat bildet dies das Hauptproblem. Mit dem NTT ist es nun aber gelungen die Auflösung auf 0.3" zu verbessern - das Seeing auf La Silla jedoch beträgt durchschnittlich nur 0.76"! Die Lösung, welche schon beinahe zu einer Zauberformel avancierte, heisst aktive und adaptive Optik.

Um diese Technik zu verstehen muss man sich zuerst den Wandel des Spiegelträgers im Laufe der Teleskopgeschichte vor Augen führen. Herschel und seine Zeitgenossen verwendeten noch Metallspiegel, die nebst höchster thermischer Instabilität auch noch rasch beschlugen und im Laufe der Zeit gar korrodierten. Bei den ersten amerikanischen Grossteleskopen kamen massive Glaskörper als Spiegelträger zur Anwendung. Neuere Teleskope der konventionellen Technologie bestehen aus einer gläsernen Wabenstruktur mit zwei runden Deckscheiben, wovon eine zum Spiegelträger zurechtgeschliffen wird. Dies bedeutet eine wesentliche Gewichtsreduktion. Moderne Spiegel, etwa der des NTT's und jene vier für das VLT, werden nun nach einer neuen Philosophie hergestellt. Unter völligem Verzicht mechanischer Stabilität werden diese Spiegelträger massiv aber so dünn und damit so leicht wie irgend möglich gegossen. Durchmesser über 5 m werden so hantierbar. Wie diese Spiegel trotz

fehlender Steifigkeit ihre richtige, sogar beinahe perfekte Form erhalten werden wir gleich sehen. Doch damit nicht genug: Da heute die grössten giessbaren Glasscheiben etwa acht Meter Durchmesser besitzen, die Astronomen aber nach zehn oder zwölf Meter Öffnung verlangen, werden die Spiegel segmentiert! Ein erster Schritt in diese Richtung machte das Multi Mirror Telescope (MMT) 1979 auf dem Mount Hopkins, Arizona. Es besteht aus sechs in einem Gerüst montierten und miteinander bewegten Parabolspiegeln von je 1.83 m Durchmesser, deren Licht zusammengeführt wird und damit einer effektiven Öffnung von 4.5 m entsprechen. Eine Weiterentwicklung der MMT-Technik kann man am VLT wie auch am Keck-Teleskop beobachten. Das VLT einerseits hat die Idee der zusammengekoppelten Spiegel übernommen. Es wird nämlich aus vier einzelbewegten 8 m - Spiegeln bestehen, deren Strahlen so genau (sprich phasengleich) in einem gemeinsamen Fokus gespiegelt werden, dass damit Interferometrie betrieben werden kann. Das Keck-Teleskop andererseits geht noch einen Schritt weiter: es besteht aus nur einer Spiegelfläche in parabolischer Form, die aber segmentiert ist. Einzelne sechseckige Glas-elemente dicht aneinandergesetzt und als Teil eines Parabolids geschliffen bilden den Spiegel. Klar, dass diese Spiegelsegmente nicht auf Nanometer genau zu einer Parabolidform fest montiert werden können. Auch diese Spiegelkonstruktion verlangt wie der dünne NTT-Spiegel nach einer speziellen Anpassung an die Idealform. Dies geschieht durch die aktive Optik.

Aktive Optik bedeutet einerseits die ständige Lageregelung aller optischen Komponenten zueinander, die sich durch Gewichtsverlagerung oder Wind- und Temperatureinflüsse verschieben könnten um sie auf optimale Kollimation zu halten. Im wesentlichen betrifft dies Primär- und Sekundärspiegel. Andererseits wird der dünne und flexible, aber dafür auch leichte Hauptspiegel regelmässig auf die Idealform getrimmt. Beides geschieht durch Stellemente und einem computergestützten Regelsystem mit einer

Rate von bis zu fünfmal pro Sekunde. Im Falle des Keck-Teleskops wird nicht ein Spiegel verformt sondern die einzelnen Segmente werden aufeinander zur genauen Parabolform abgestimmt.

Damit ist aber das Problem der atmosphärischen Unruhe noch nicht aus der Welt geschafft. Dies besorgt erst die adaptive Optik. Dazu lenkt man den aus dem Teleskop kommenden Strahl auf einen motorisch kippbaren Spiegel. Über einen zuvor ausgekoppelten Teilstrahl beobachtet ein Detektor das durch die Luftunruhe hervorgerufene Hin- und Hertanzen eines Referenzsterns und meldet diese Bewegung einer Steuereinheit. Letztere bewegt den Spiegel so, dass das tanzende Bild nach der Reflexion daran beruhigt ist. Umso schneller dieses System arbeitet, desto grösser ist auch der Gewinn an Bildruhe.

Während wir Amateure uns zurücklehnen würden, hätten wir ein solches System zur Bildberuhigung, geben sich die Astronomen damit noch nicht zufrieden. Sie wollen auch die durch die Atmosphäre gestörte Wellenfront des einfallenden Lichtes wieder ebenen. Dazu benutzen sie Wellenfrontsensoren die imstande sind, die Krümmung der Wellenfront festzustellen und an einen flexiblen Spiegel weiterzuleiten. Dieser verändert analog zur oben beschriebenen adaptiven Optik seine Form und korrigiert so die Front zu einer sauberen Ebene. Erst jetzt nämlich lässt sich mit diesem Strahl Interferometrie betreiben, wie es für das Keck und das VLT vorgesehen ist. Die Erfahrungen mit dieser Technik sind noch sehr klein. Die Astronomen scheinen sich jedoch über die Funktionstüchtigkeit recht sicher zu sein, hat man bei der CARA doch schon einem Keck II - Teleskop zugestimmt, das baugleich 85 m neben dem bestehenden Keck-Teleskop stehen soll und unter anderem zur Interferometrie mit dem Schwesterinstrument dient. Das Auflösungsvermögen entspricht dann dem eines 85 m - Spiegels!