

**Zeitschrift:** Fotointern : digital imaging

**Herausgeber:** Urs Tillmanns

**Band:** 10 (2003)

**Heft:** 15

**Artikel:** Der bewaffnete Blick zum Himmel

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-979033>

### **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:** 09.02.2026

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

# teleskope **Der bewaffnete Blick zum Himmel: Die Entwicklung der Fernrohre**

Galileo Galilei richtete im Jahr 1609 sein erstes selbstgebautes Linsenfernrohr auf den Himmel. Durch die enorme Steigerung der Vergrößerung und der Lichtstärke eröffnete diese holländische Erfindung der Astronomie eine neue Epoche mit ungeahnten Beobachtungsmöglichkeiten.

So konnte erstmals beobachtet werden, dass andere Planeten von Monden umwandert wurden, die Erde somit nicht alleiniges Zentrum aller Bewegungen sein kann. Galileos Fernrohre hatten ein konkaves Objektiv und ein konkavtes Okular. Sie vergrösserten die betrachteten Objekte bis zu zwanzig mal. Nach der Veröffentlichung von Galileis «Sternenbote» (1610), einer wichtigen empirischen Unterstützung des kopernikanischen Weltsystems, wurde das Teleskop zum begehrten Hilfsmittel für jeden Mitstreiter in der kosmologischen Debatte. Überall in Europa wuchs sowohl die Nachfrage nach dem Instrument als auch das Interesse an der Verbesserung seiner Leistung.

Johannes Kepler verwendete ab 1611 in seinem Fernrohr ein konkaves Okular. Das so modifizierte Instrument hatte ein wesentlich grösseres Gesichtsfeld und man konnte Messskalen in der Bildebene des Objektives anbringen, was der Kartographie des Alls grosse Fortschritte bescherte.

## Optische Fehler im Kugelschliff

Im 17. Jahrhundert bestanden die Linsen aus einem einzigen Glas und konnten nur kugelförmig geschliffen werden. Die Auflösung der Fernrohre war dadurch stark beeinträchtigt: die schlimmsten optischen Fehler waren die sphärische und die chromatische Aberration. Man half sich, indem man nur leicht gekrümmte, d.h. langbrennweite, Linsen verwendete und mittels Blenden das einfallende Licht auf den Zentralbereich der Linsen beschränkte. Dadurch

Mit Galilei hat sich die menschliche Wahrnehmung verändert und unser Bild vom Universum vollständig verändert. Die Entwicklung der Teleskope, insbesondere der Übergang von erdegebundenen zu satellitengestützten Teleskopen, brachte der Astrophysik enorme Fortschritte.



Das Hubble Space Telescope in seiner Umlaufbahn während einer Wartungsmission. Astronauten befinden sich außerhalb des Shuttles, um neue Instrumente zu installieren. Unsere Erde bietet einen spektakulären Hintergrund.

## Glossarium zur Astrophysik

**Sphärische Abberation:** Parallel Lichtstrahlen werden von einer kugelförmigen Linse nicht zu einem einzigen Brennpunkt gebündelt.

**Chromatische Abberation:** Die verschiedenen Farben des Lichts brechen sich in einer Linse aus einem Glas unterschiedlich stark. Das Bild bekommt einen Farbsaum. In einer achromatischen Linse (Hall und Dollond, 1758) kombiniert man zwei Gläser mit verschiedenen Brechungseigenschaften so dass sich ihre Farbfehler gegenseitig aufheben.

**Interferometrie:** Bringt man das Licht von zwei Teleskopen in einer Entfernung  $D$  zur kohärenten Überlagerung, so erhält man entlang ihrer Verbindungslinie die Winkelauflösung eines Teleskops mit Durchmesser  $D$ . Dieser kann sehr gross gewählt werden. Verbindet man nun auf eine bestimmte Weise mehrere Teleskope miteinander, so kann man ein zweidimensionales Bild des beobachteten Objekts rekonstruieren: die Winkelauflösung ist viel höher als mit einem Teleskop allein.

ging jedoch viel Licht verloren und die Fernrohre waren schwer zu handhaben. Johann Hevelius, ein deutscher Beobachter dieser Zeit, besass z.B. Teleskope von bis zu 50 m Länge.

## Spiegel statt Linsen

1663 entwarf der schottische Mathematiker James Gregory ein Teleskop bei dem er die Objektivlinse durch zwei sphärische Konkavspiegel ersetzte und ein paar Jahre später baute Isaac Newton sich in Cambridge ein kleines Spiegelteleskop. Seine Hauptmotivation war die Beseitigung der chromatischen Aberration, die er im Rahmen seiner «Neuen Theorie über Licht und Farben» (1672) als Konsequenz der Lichtbrechung erkannt hatte. Es sollten jedoch noch zwei Jahrhunderte vergehen bis das Spiegelteleskop zum dominierenden Instrument in der Astronomie wurde.

## Das Teleskop als Winkelmesser

In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts begann man mit Messskalen in der Brennebene des Objektivs zu experimentieren, um die Position der Beobachtungsobjekte im Okular präzise ablesen zu können. Bald wurden die klassischen Winkelmessgeräte mit Teleskopen kombiniert, um die Genauigkeit der Positionsmessungen zu steigern. Ein Beispiel ist das Passageinstrument.

Im 19. Jahrhundert konzentrierten sich die Teleskopbauer auf die Linsenfernrohre. Man machte grosse Fortschritte in der Herstellung optisch hochwertiger Glassorten. Das wachsende Know-how der Optikfirmen beim Schleifen von Linsenoberflächen und die Verwendung von achromatischen Linsen, reduzierten die störenden optischen Fehler der Linsenfernrohre erheblich. Unter den Linsenherstellern ist besonders der Deutsche Joseph Fraunhofer zu nennen. Seine Nachfolger, Merz und Mahler, lie-

fertigen 1846 eine Objektivlinse von etwa 1 m Durchmesser an Yerkes Observatory der Universität Chicago: für das grösste je gebaute Linsenteleskop.

Mit der Einführung der Fotografie und der Spektroskopie in die Astronomie zeigten die ausgereiften Linsenteleskope wieder eine alte Schwäche. Die achromatischen Linsen waren für visuelle Beobachtungen entworfen worden, die Fotoplatten waren jedoch über den sichtbaren Spektralbereich hinaus empfindlich. Die Konsequenzen waren z.B. unscharfe Weisslichtbilder oder defokussierte Abschnitte von Sternspektren. Das Interesse an den farbfehlerfreien Spiegelteleskopen wurde wieder geweckt.

### Versilberte Spiegel

Wie aber konnte man die Spiegel verbessern um eine vergleichbare Abbildungsqualität wie bei Linsen zu erhalten? Die ersten Spiegel des 17. Jahrhunderts wurden aus einer Kupfer-Zinn-Legierung gefertigt – eine wenig zufriedenstellende Lösung. Das Metall war schwer zu formen, beschlug schnell, und musste daher ständig neu poliert werden, wobei wiederum die Gefahr bestand, die Spiegelform zu verändern.

Um 1853 entwickelte der deutsche Chemiker Justus von Liebig ein Verfahren, um eine sehr dünne Silberschicht auf einer Glasoberfläche aufzubringen. Nun konnten die Optikhersteller ihr Können beim Schleifen von Glasoberflächen auch in der Spiegelherstellung einsetzen. Das neue Verfahren brachte wichtige Vorteile gegenüber der Herstellung von Linsen. Erstens muss das Licht nicht durch das Glas hindurch. Man konnte also Glasblöcke von geringerer optischer Qualität verwenden und so grössere Öffnungen fertigen. Zweitens musste nur eine Oberfläche geschliffen werden – anstelle von vier für eine achromatische Linse.

### Bis 20 Meter Durchmesser

In der Folgezeit wurde das Spiegelteleskop zum bevorzugten In-

strument und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden Spiegel in einem Stück von 2,5 bis 5 m Durchmesser angefertigt. Die Teleskope waren nun so leistungsfähig, um z.B. Sternspek-

te die aus mehreren Segmenten zusammengesetzt sind und deren kombinierte Spiegelflächen Durchmessern von 10 bis 20 m entsprechen.

Diese Entwicklung ging einher

trieb von professionellen Observatorien im 20. Jahrhundert zu einer nationalen oder auch internationalen Angelegenheit. Beispiele sind die staatlich finanzierte AURA (Association of Universities for Research in Astronomy) in den USA oder die ESO (European Southern Observatory), ein Konsortium von europäischen Staaten, welches die beiden Südsternwarten in Chile sponsert.

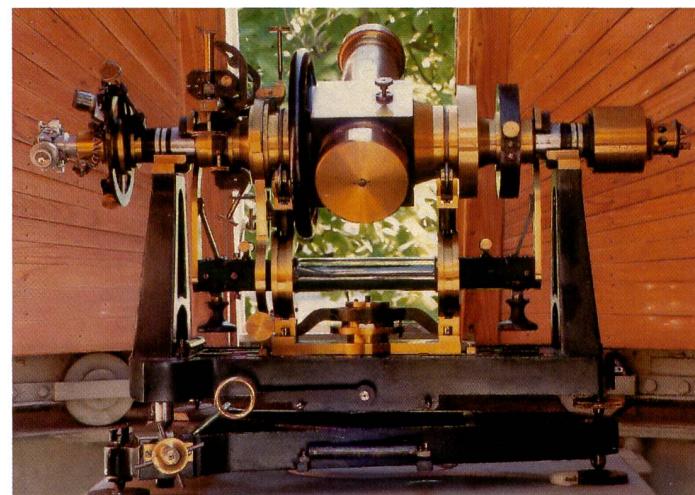
### Unsichtbares durch Radioteleskope

Sichtbares Licht ist nur eines der beiden Spektralbänder, die die Erdatmosphäre durchlässt. Das andere Band liegt im Bereich der Radiowellen mit Wellenlängen zwischen etwa 1 mm und 30 m. Obwohl Heinrich Hertz bereits 1888 die Ausbreitung von Radiowellen im freien Raum entdeckte, waren die Empfänger für Radioastronomie noch lange Zeit zu unempfindlich.

Erst 1932 konnte Karl Jansky die Radiostrahlung der Milchstrasse im Meterwellenbereich nachweisen. Die Entdeckung der 21 cm-Linie des Wasserstoffs 1951 machte die Radioastronomie zu einem attraktiven Hilfsmittel beim Studium der Bewegung der interstellaren Materie in unserer Milchstrasse und anderen Sternsystemen. Ein ernstes Problem war die Winkelauflösung der Radioteleskope. Diese ist proportional zum Durchmesser des Teleskopes und invers proportional zur Wellenlänge der Strahlung. Radioteleskope müssen also einen viel grösseren Durchmesser haben, um vergleichbare Auflösungen zu erreichen wie im Visuellen. Abhilfe schaffte das Prinzip der Interferometrie um 1950. Ein Beispiel für den Erfolg der Radioastronomie ist die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung, eine wichtige Informationsquelle für unser heutiges Bild von der Entstehung des Universums.

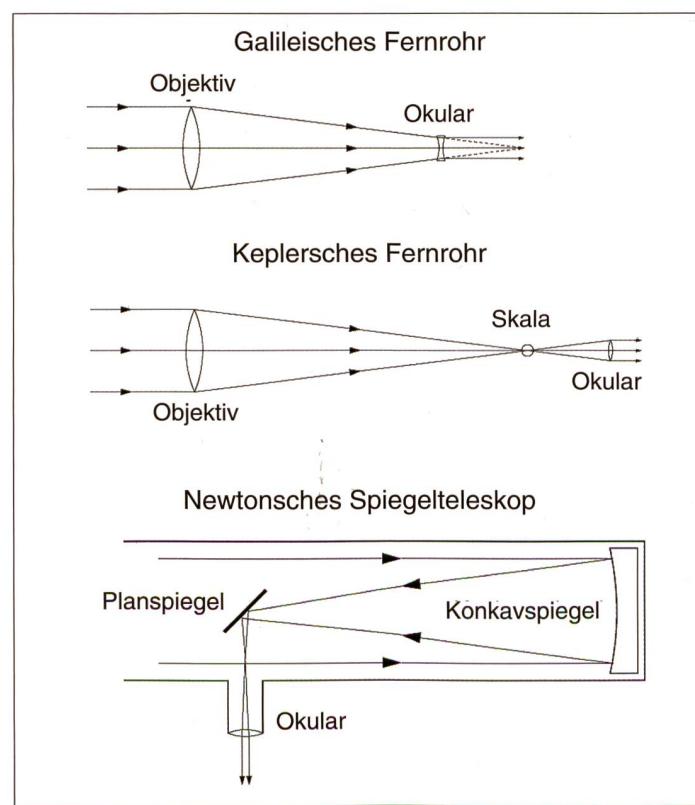
### Teleskope ausserhalb der Erdatmosphäre

Weltraumgestützte Beobachtungen im visuellen Bereich haben vor allem den Vorteil, dass die



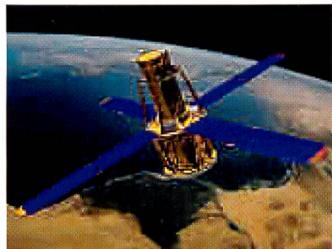
Passageinstrument (19. Jh.) aus der ETH Sammlung Sternwarte. Das Fernrohr kann in der Nord-Süd-Ebene (Meridian) gedreht werden. Die Koordinate auf dem Himmelsäquator, die Rektaszension, wird aus der Zeit des Durchgangs des Sterns durch den Meridian bestimmt.

tren aufzunehmen oder sehr schwache extragalaktische Lichtquellen zu untersuchen. Ein weiterer Leistungssprung gelang in den 90ern mit einer neuen Generation von Grossen Teleskopen, mit einer Entprivatisierung der Observatorien. Waren führende Beobachter wie z.B. Herschel oder Rosse noch zugleich Erbauer und Eigentümer ihrer Teleskope, so wird der Bau und der Be-

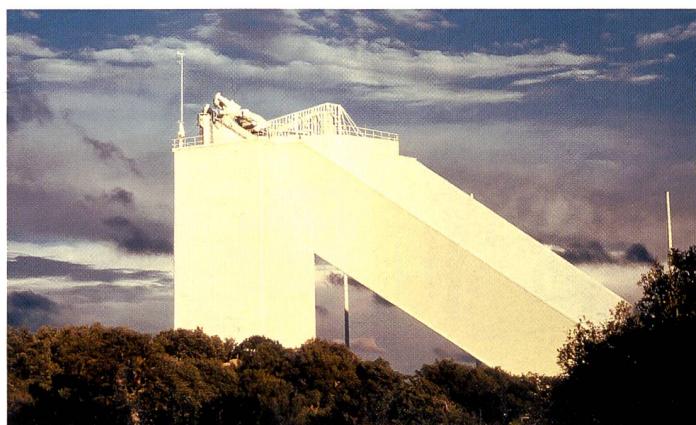


Oben: Strahlengang im Galileischen und Keplerschen Linsenfernrohr.  
Unten: Strahlengang im Newtonschen Spiegelteleskop.

Bilder nicht durch Luftunruhe verschlechtert werden. Das 1990 gestartete 2,4 m-Hubble-Weltraumteleskop brachte eine Steigerung der Winkelauflösung um etwa einen Faktor 10 gegenüber



High Energy Solar Spectroscopic Imager der 90er-Jahre. Bild: Nasa



McMath-Pierce-Sonnenteleskop auf Kitt Peak, Arizona. Mit einem Spiegel durchmesser von etwa 1,5 m und einer Brennweite von rund 80 m ist es das grösste Sonnenteleskop der Welt. Das Institut für Astronomie der ETH Zürich führt hier regelmässig Beobachtungen durch.

## Grundlagen und Kauftipps

Erst wenn das Teleskop ein Kugelsternhaufen in zumindest ein Dutzend einzelner Punkte auflösen kann, erst wenn zwischen den charakteristischen Formen von planetarischen Nebeln und Emissionsnebeln unterschieden werden kann, oder erst wenn die laufend wechselnden Wolkenstrukturen auf Jupiter mitverfolgt werden können – erst dann macht ein Teleskop Freude. Ein einfacher Refraktor sollte deshalb mindestens 90 mm Öffnung haben, ein einfaches Spiegelteleskop etwa 130 mm, damit der Spass nicht nach ein paar Nächten aufhört – bezogen auf Einstiegsteleskope, wissend, dass teure Edelteleskope mit weniger Öffnung durchaus mehr leisten können.

**Technische Prinzipien:** Bei einer Linse schaut man hindurch, die optische Wirkung kommt von der Lichtbrechung (Refraktion) der Oberfläche, man spricht von einem Refraktor. Beim Spiegel schaut man auf die Oberfläche, die optische Wirkung kommt von der Spiegelung (Reflektion). Entsprechend spricht man von einem Reflektor. Teleskope mit Spiegel und Linsen nennt man katadioptrische Systeme.

erdgebundenen Teleskopen. Die Bildstörungen durch die Luftunruhe können zwar heutzutage durch eine so genannte «adaptive Optik» kompensiert werden. Bis jetzt gelingt diese Korrektur jedoch nur in einem kleinen Bereich des Gesichtsfelds.

*Alex Feller forscht an der ETH Zürich in der solaren Astrophysik, speziell doktoriert er über die Instrumentierung für solare Polarimetrie. [www.astro.phys.ethz.ch/instrument/zimpol/zimpol\\_nf.html](http://www.astro.phys.ethz.ch/instrument/zimpol/zimpol_nf.html). Artikel mit freundlicher Genehmigung des Bulletins der ETH Zürich, Ersterscheinung Heft Nr. 290, August 2003.*

**Reflektionsverhalten:** Eine Linse lässt ca. 95 % des Lichtes durch, vom Rest wird das meiste wegreflektiert und nur ein geringer Teil bleibt in der Linse «hängen», macht diese also sichtbar. Ein guter Spiegel reflektiert in der Regel ca. 90 % des Lichtes. Der Rest verschwindet aber nicht einfach, sondern hellt die graue Beschichtung auf und verschlechtert den Kontrast.

**Oberflächengenauigkeit:** Auch eine schlechte Optik hat kaum grössere Abweichungen von der Idealform als 1/10'000 Millimeter! Trotzdem kommen die Lichtstrahlen im Brennpunkt nicht ganz dorthin, wo sie sollten – der Kontrast wird kleiner. Allerdings bewirkt ein kleiner «Berg» auf einer Linse eine unerwünschte Ablenkung des Lichtstrahles, der gleiche «Berg» auf einem Spiegel aber verursacht gleichzeitig eine Fasenverschiebung des Lichtes, da die Distanz bis zum Brennpunkt geringfügig anders ist.

*Tipps mit freundlicher Genehmigung der Firma Astro Optik Kohler, Emmenbrücke, [www.aokswiss.ch](http://www.aokswiss.ch)*

UMFASSENDES ANGEBOT AN KODAK DIGITAL KAMERAS UND RÜCKTEILEN BEI TEKNO



## Qualitäts- und Mobilitätswunder für Profis

100 % mobile Digitalfotografie in High-End Qualität



### KODAK PROFESSIONAL DCS PRO BACK 645

- Für die meisten Mittelformat- und Fachkameras
- Hochauflösender KODAK 16 Megapixel CCD Sensor
- Gewicht und Grösse eines Mittelformat Filmmagazins

Digitale Bestleistung für höchste Ansprüche

### KODAK PROFESSIONAL KODAK DCS PRO14N

- Für professionelle Portrait-, Event- und Werbefotografie
- RAW und ERI-JPEG Bilddaten mit variabler Auflösung
- Einzigartige Spiegelreflexkamera mit 13,89 Mio. Pixel



### NEU:

### Support Center in der Schweiz

- Digitale Kompetenz, Beratung und Ausbildung
- Rasche Reparatur in der Schweiz
- Miet- und Leihgeräte während der Reparaturdauer



Tekno

Letzigraben 89  
8003 Zürich

T: 01 491 13 14

mail@tekno.ch

F: 01 491 15 45

www.tekno.ch

Kodak Professional  
www.kodak.ch