

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 42 (1984)
Heft: 205

Artikel: Das grösste optische Teleskop Europas
Autor: Städeli, Karl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-899305>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

Das grösste optische Teleskop Europas

KARL STÄDELI

Mit der Fertigstellung des von Carl Zeiss, Oberkochen, gebauten 3,5-m-Teleskops, das dem Auftraggeber, dem Max-Planck-Institut für Astronomie, bereits zum Probelauf übergeben wurde, ist das Deutsch-Spanische Astronomische Zentrum (DSAZ) auf dem Calar Alto in Andalusien vollständig. Neben dem neuen Instrument umfasst es ein 1,23-m- und ein 2,2-m-Teleskop, ebenfalls von Zeiss geliefert, sowie ein spanisches 1,5-m-Teleskop, eine Aussenstation des Nationalen Astronomischen Observatoriums Madrid, und einen 80-cm-Schmidt-Spiegel aus der Sternwarte Hamburg-Bergedorf.

Beeindruckende Dimensionen

Von den insgesamt 430 Tonnen höchster Präzision, davon sind 230 Tonnen beweglich, entfallen deren 13 allein auf den hyperbolischen Hauptspiegel. Er besteht aus Zerodur, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient im Bereich von -30°C bis $+70^{\circ}\text{C}$ lediglich $0,15 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ beträgt, und wurde von den Schott-Glaswerken, Mainz, gegossen. Die Schmelzzeit (26 t Schmelze, 1600°C) betrug 3, die Kühlung 21 und die Qualitätskontrolle 17 Wochen. Die Keramisierung bei 800°C dauerte über 26 Wochen. Der 3,6 m grosse und 0,59 m dicke Rohling mit einer Bohrung von 0,65 m beanspruchte für Schliff und Politur dreieinhalb Jahre Arbeit. Die Abweichung von der genauen Kurve ist nirgends grösser als ± 15 nm. Zum Vergleich: Hätte der Spiegel die Fläche des Bodensees, so wäre keine Welle höher als 0,52 mm! Das rund 10 m^2 grosse «Auge», dessen Tiefe in der Mitte lediglich 6,5 cm misst, wurde im Hochvakuum mit etwa 2 g Aluminium belegt.

Der in Nord-Süd-Richtung liegende Rotor dreht sich um die Stundenachse, die genau parallel zur Erdachse justiert ist, was bei konstanter Geschwindigkeit eine Umdrehung pro Sterntag ermöglicht. Im Rahmen zwischen Hufeisen und Südlager ist, um die Deklinationsachse drehbar, der Tubus eingesetzt, der am unteren Ende die Spiegelzelle mit dem 13 t schweren Hauptspiegel trägt. Der Tubus selbst ist offen, gleicht also schon weniger einem Rohr, und besteht aus Stahlverbreitungen. Um die Funktion der Deklinationslagerung in allen Tubuslagen zu erreichen, ist es notwendig, die beiden Lager mit 100 t in Richtung der Achse vorzuspannen. Diese Kraft wird vom Rahmen und Hufeisen aufgebracht. Stunden- und Deklinationsachse laufen in hydrostatischen Öldrucklagern. Die Lagerflächen sind Teile von Kugelflächen, deren Krümmung exakt gleich sein muss. Zwischen diesen Flächen wird Drucköl eingepresst, das einen etwa $60 \mu\text{m}$ dicken Film bildet. Darauf gleiten Rotor und Tubus ohne metallische Berührung gerade bei den extrem niedrigen Geschwindigkeiten praktisch reibungslos. Die blanke Lauffläche des Hufeisens läuft auf zwei Stützkörpern, die ihrerseits wieder hydrostatisch gelagert sind und sich selbständig einstellen. Wegen der Kugelform können so Verformungen und thermisch bedingte Längenänderungen ohne Zwang von der Lagerung aufgenommen werden.

Die bei kleineren Teleskopen noch ausreichenden, hochgenauen Schneckentriebe sind in der hier notwendigen Grösse nicht mehr herstellbar. Bei diesem Teleskop hat sich angeboten, das sehr steife Hufeisen als Basis eines grossen Stirnrades

von 9,52 m Durchmesser zu benutzen. Das Rad hat 3400 Zähne am Umfang, es wird durch 8 Torque-Motoren mit einer Übersetzung von 200 durch Ritzel direkt angetrieben. Die Motoren sind in der Nähe der hydrostatischen Lager angeordnet. Je vier Motoren sind zu einer Antriebsgruppe zusammengeschaltet. Beide Gruppen sind zur Ausschaltung der Getriebe nach elektronisch definierten Drehmoment-Kennlinien gegeneinander verspannt. Bei grossen Beschleunigungen wirken die Momente gleichzeitig. Zur Antriebsregelung sind insgesamt 6 Regelkreise ineinander geschachtelt. Neu ist ein Positionsmeßsystem aus zwei voneinander unabhängig messenden Encodern an beiden Achsen. Über ein Reibrad wird direkt an der Lauffläche des Hufeisens dessen Drehstellung mit einer Auflösung von 0,05 Bogensekunden gemessen. Dies dient als Referenz für die Schrittsteuerung, es können Einzelschritte in dieser Grösse und daraus alle Geschwindigkeiten bis maximal 72 000 Schritte je Sekunde oder 60° pro Minute abgeleitet werden. Ein Absolut-Encoder am Südpol misst die Drehstellung des Rotors mit einer Auflösung von 0,3 Bogensekunden. Beide Messungen werden im Rechner zur Positionsregelung zusammengefasst. Nach Einschluss weiterer Korrekturrechnungen lässt sich das Teleskop auf wenige Bogensekunden absolut positionieren.

Die Steuerung der Teleskopanlage erfolgt über einen zentralen Prozessrechner, ein Betrieb ohne diesen ist nicht möglich. Der Zustand von Teleskop, Kuppel und Umgebung wird im 20-Hz-Takt erfasst. Das Kontrollsystem analysiert und verknüpft diese Informationen, steuert und überwacht die laufenden Bewegungen und aktualisiert die Anzeigen, was für den Beobachter viel Bequemlichkeit bedeutet und ihn nicht mit Routineeinstellungen belastet. Treten ungeeignete Zustände auf, oder sind diese nicht plausibel, erfolgt eine Warnung oder das Stillsetzen der Anlage. Die Bedienung häufig benutzter Funktionen erfolgt über Tasten am Hauptpult oder von den Nebenpulten an den Fokusstationen. Über eine Tastatur-Bildschirm-Kombination werden Meldungen über den Systemzustand abgegeben, und es können spezielle Funktionen definiert und abgerufen werden.

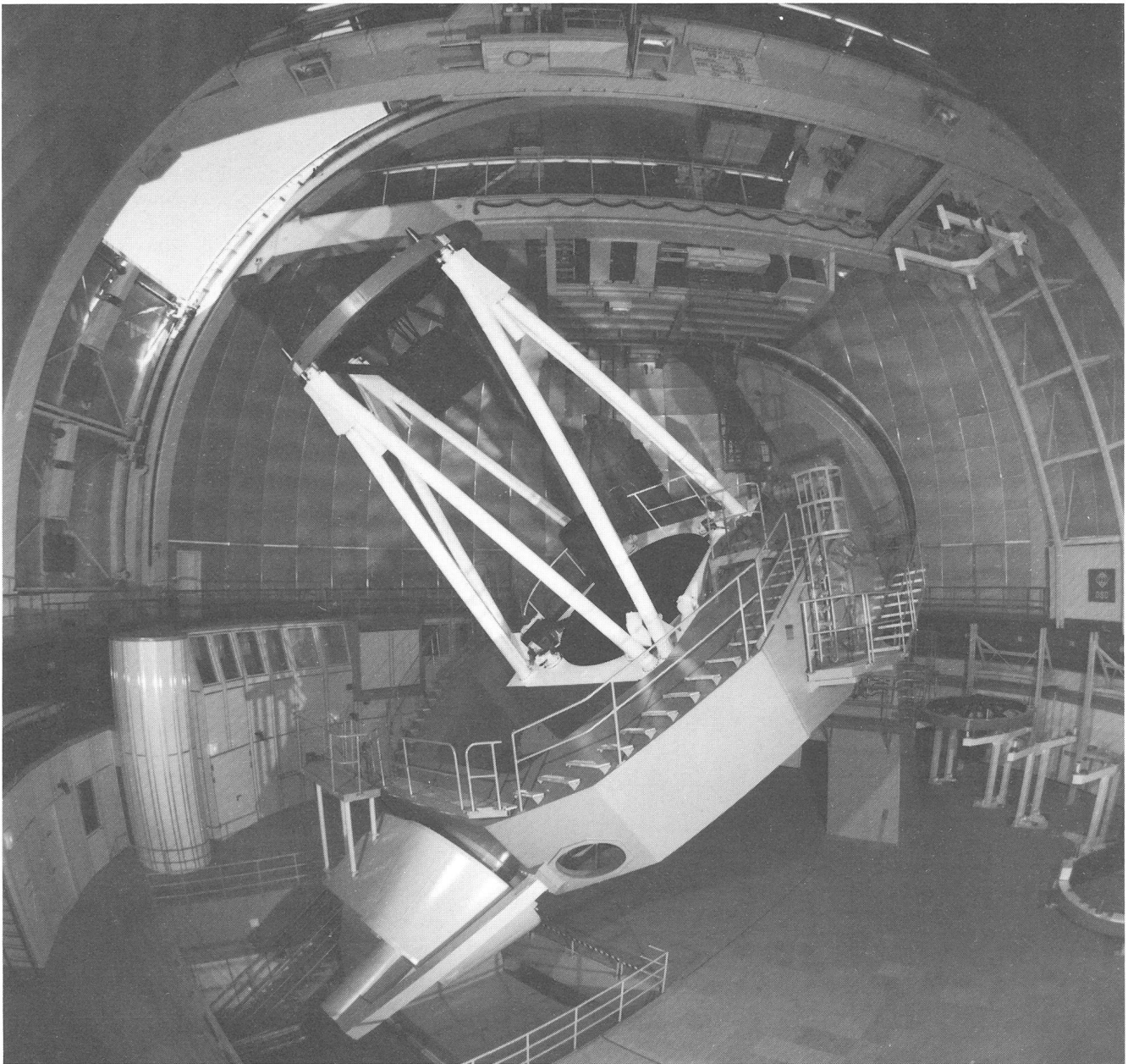
Die Betriebsarten

Der Benutzer kann zwischen mehreren Betriebsarten wählen, wobei das Teleskop in seiner Umgebung gegen eine Gefährdung durch Fehlbedienung voll geschützt ist. Es steht – erstmals bei einem universell verwendbaren Teleskop – uneingeschränkt für Beobachtungen im infraroten Spektralbereich zur Verfügung. Überhaupt wurde darauf geachtet, dass jede der möglichen optischen Konfigurationen für sich optimiert ist. Es sind dies:

Primärfokus (Zugang in Kabine für direkte Beobachtungen): Brennweite 12,25 m, Felddurchmesser: mit 2linsigem Korrektor 100 mm ($28'$), mit 3linsigem Korrektor 243 mm ($1^{\circ}8'$),

Cassegrain-Station mit dem Ritchey-Chrétien- bzw. Infrarotsystem. Ritchey-Chrétien-Fokus: Brennweite 35 m, Felddurchmesser 300 mm ($30'$),

Coudé-Fokus, gebäudefest: Brennweite 122,5 m, Felddurchmesser 400 mm ($11'$).



Das 3,5-m-Spiegelteleskop in seiner Kuppel auf dem Calar Alto. Offener Tubus aus Stahlverstreben. Der Frontring am Tubusende kann durch den Kran rechts oben abgehoben und über die Schrägschiene am Kuppelrand auf einem Magazin deponiert werden. Hinten links der Raum mit den Schaltpulten. (Photo: Carl Zeiss/Städli)

Zur Umrüstung zwischen diesen vier Systemen werden die kompletten Frontringe und auch der erste Planspiegel des Coudé-Systems ausgetauscht. Dies geschieht bei senkrechter Tubusstellung durch Abheben der Wechselteile vom Teleskop durch einen speziellen Kran, der dieselben über eine Schrägschiene auf ihre Magazine am Kuppelrand absetzt. Der Kran wird hochgezogen, die Kuppel auf ein anderes Magazin eingefahren und das neue Teil auf den Tubus aufgesetzt. Wegen der Grösse des Teleskops sind alle Vorgänge ferngesteuert und alle Zwischenzustände durch Sensoren überwacht. Dadurch erfolgt der gesamte Systemwechsel unter Rechnerkontrolle vollautomatisch und in nur 30 Minuten, was ein Umrüsten während der Beobachtungsnacht zur bes-

seren Anpassung an die äusseren Bedingungen, wie beste Bildqualität oder Mondschein, aber auch unterschiedliche Beobachtungsprogramme von verschiedenen Forscherteams, erlaubt.

Eine weitere grundlegende Einrichtung, ohne die sich die Möglichkeiten des Teleskops bei weitem nicht ausschöpfen liessen, sind die astronomischen Messinstrumente, die im Teleskopfokus montiert werden und das vom Teleskop gesammelte Licht aus dem All registrieren und analysieren, wie z.B. CCD-Detektoren (Charge Coupled Device), Kameras, Photometer, Spektrographen, mit entsprechenden Peripheriegeräten.

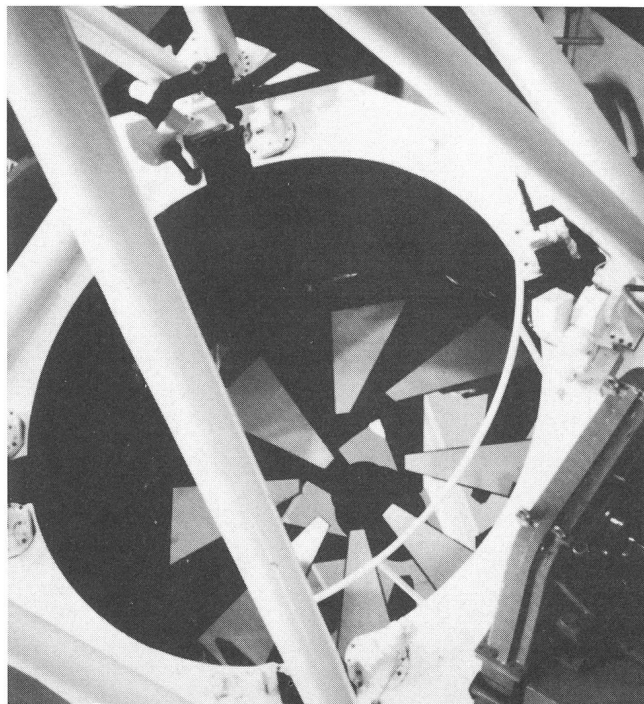
Beobachtungsmöglichkeiten

Auf dem Calar Alto (2160 m) sind die Voraussetzungen für eine bestmögliche Nutzung des 3,5-m-Teleskops in idealer Weise gegeben. Durchschnittlich erwartet man hier etwa 200 klare Nächte im Jahr, die für astronomische Beobachtungen genutzt werden. Das DSAZ ist Astronomen aus aller Welt für Forschungsarbeiten zugänglich. Die Beobachtungszeit an den Teleskopen steht vor allem Gastastronomen zur Verfügung, ähnlich wie an anderen grossen Sternwarten. Astronomen der verschiedenen – im wesentlichen deutschen und spanischen – astronomischen Institute, die hier beobachten wollen, müssen Beobachtungsprogramme erstellen, deren wissenschaftlicher Wert zunächst von einem Programmkomitee beurteilt wird. Aufgrund der Empfehlungen dieses Komitees vergibt das Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg jeweils auf Monate im voraus Beobachtungsperioden von etwa 1 bis 2 Wochen. Pro Teleskop und Jahr kommen so etwa 30 Gruppen zum Zuge, die gut vorbereitet zum Observatorium kommen müssen, um nach Abschluss ihrer Beobachtungen von der nächsten abgelöst zu werden. Die oft langwierige Auswertung der Daten, meist mittels Computer oder automatisierten optischen Messmaschinen, muss dann zu Hause erfolgen. Die Hälfte der verfügbaren Teleskopzeit entfällt auf das Heidelberger Institut und auf die anderen deutschen Astronomieinstitute. Darin enthalten sind auch 10% Beobachtungszeit, die vertraglich spanischen Beobachtern zustehen. Zudem wird ein erheblicher Teil dieser Zeit für Gerätetests, insbesondere für die Erprobung und Neuentwicklung benötigt.

Beobachtungsziele

Vor Jahren sind an den kleineren Instrumenten Beobachtungen von jungen, im IR-Licht strahlenden Sternen begonnen worden. Das Interesse richtete sich bald auf junge Sterne, die von einer dichten Staubschicht eingehüllt sind. Zum Lieblingsobjekt wuchs rasch der S 106, ein «bipolarer Nebel», bei dem die Scheibe, die wir gerade von der Kante sehen, zu den Polen hin durchlöchert ist. Die Sternstrahlung kann deshalb in diese Richtungen das umgebende Gas zum Leuchten anregen. Ein leistungsfähiger Coudé-Spektrograph erlaubt heute, die Bewegungen der Gashüllen dieser Objekte mit einer bislang nie erreichten Schärfe zu erfassen. Es zeigte sich, dass der Stern Materie nach aussen wegbläst. Dieses Lebensstadium ist relativ kurz und stellt zugleich eine bisher unbekannte Aktivität neugebildeter Sterne dar. Quer zur Flussrichtung befindet sich eine Staubscheibe, die nicht zuletzt darum von Interesse ist, weil sie das Vorstadium eines Planetensystems sein kann. Mit Hilfe des neuen CCD-Detektors ist eine ganze Reihe frisch entstandener und entstehender Sterne entdeckt worden. Sie schiessen einen hochenergetischen, scharf gebündelten Materiestrahl (Jet) mit Geschwindigkeiten von einigen 100 km/sec in das umgebende Medium hinaus. Es könnte sich hierbei um die allererste aktive Phase handeln, in der die Staubwolke von innen her durchbohrt wird.

Diese Rätsel sollen nun in Zukunft weiterverfolgt werden, wobei jedoch das Hauptgewicht auf Untersuchungen von Galaxien liegt. Wegen seiner Grösse kann das 3,5-m-Teleskop in Distanzen vorstossen, die kleineren Instrumenten verborgen bleiben müssen. Von besonderem Interesse sind heute die Quasare, in deren sternreichen Kernen sich gigantische explosive Prozesse abspielen, die zu deutlich erhöhten Energieabstrahlungen im optischen wie im Radiobereich führen – nach wie vor eines der grössten Rätsel in der Astronomie.



In Ruhestellung schützen zwei Serien Lamellen in Kelchblättern ähnlicher Anordnung den Al-belegten 3,5-m-Spiegel aus Zerodur. (Photo: Städeli)

Solche aktiven Galaxien leuchten bis zu 100mal heller als normale Exemplare und können deshalb in weit grösserer Entfernung wahrgenommen und untersucht werden. Von Quasaren sind Fluchtgeschwindigkeiten bekannt, die fast an die Lichtgeschwindigkeit grenzen – ihre Entfernungen gehen in die 10 Milliarden Lichtjahre. Eine solche Galaxie zeigt sich uns folglich in ihrem Zustand vor 10 Milliarden Jahren, was von ganz speziellem Interesse ist. Können wir doch dadurch Erscheinungen studieren, die sich zu Zeiten ereigneten, als Sonne und Erde noch gar nicht existierten (Alter des Sonnensystems etwa 4,6 Mrd. Jahre). Ein generelles Ziel dieser Untersuchungen ist deshalb, etwas über die zeitliche Entwicklung der Galaxien zu erfahren und Einblick in die Geschichte des Kosmos bis zurück zu den ersten Anfängen zu erhalten. Es gibt heute klare Anzeichen dafür, dass die Energieausbrüche der Radiogalaxien eine jugendliche Phase ihrer Entwicklung markieren und mit dem Alter abklingen. Vermutlich haben viele, heute als normal erscheinende Galaxien dieses Stadium durchlaufen. Auch bei diesen aktiven Galaxien stösst man auf das Phänomen der Jets, die von den aktiven Kernen ausgestossen werden. Die Physik dieses Vorgangs ist noch wenig durchleuchtet. Mit Beobachtungen des hellsten Quasars 3C 273 mit dem 2,2-m-Teleskop sind in dieser Hinsicht in allerjüngster Zeit beachtliche Fortschritte erzielt worden; Parallelen zu den Jets junger Sterne zeichnen sich ab.

Aber nicht nur die aktiven Galaxien sind dankbare Objekte für Grossteleskope, sondern auch lichtschwache Normalgalaxien in ungeheurer Zahl, die bisher nicht entschlüsselte Informationen über die grossräumige Struktur des Weltalls, seinen materiellen Inhalt und physikalischen Zustand sowie über seine Geschichte bergen.

Adresse des Autors:
Karl Städeli, Rossackerstrasse 31, CH-8047 Zürich