

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 115/116 (1940)
Heft: 18

Artikel: Das Riesenteleskop des Mount Palomar
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-51274>

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: 18.02.2026

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

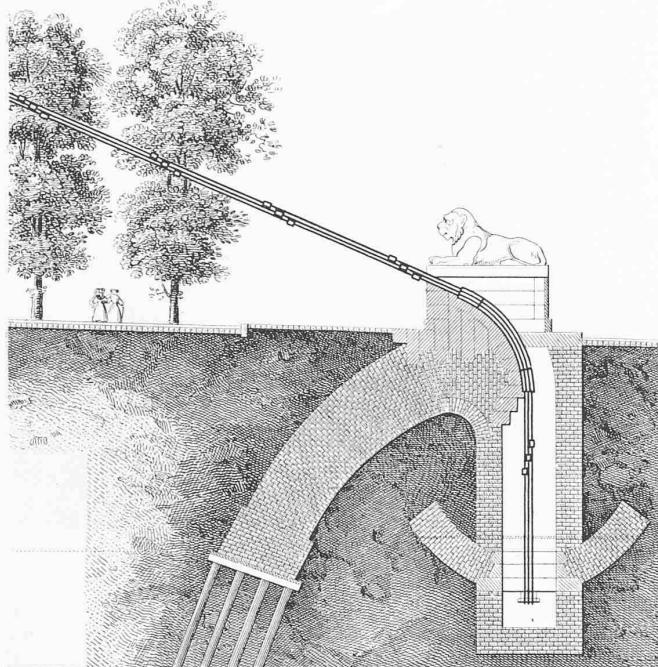


Abb. 13. Verankerung der Rückhalteketten, originalgetreue Wiedergabe

Praktische Fourier-Analyse

Eine zeichnerisch-rechnerische Ermittlung der Fourier-Koeffizienten einer periodischen Funktion kann man einem Aufsatz von H. Jordan und K. Schönbacher in den «AEG-Mitteilungen», 1940, Heft 5/6 entnehmen, wenn man sich durch seine Umständlichkeit nicht irre machen lässt. Das darin behandelte Beispiel der beistehend skizzierten Halbwelle einer Funktion $y = f(x)$ der Periode 2π diene zur Erläuterung. Es gelte außer $f(0) = 0$: $f(x) = -f(x - \pi)$ sodass

$$f(x) = \sum (a_v \cos vx + b_v \sin vx) \quad v = 1, 3, 5, \dots$$

mit

$$a_v = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi f(x) \cos vx dx \quad b_v = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi f(x) \sin vx dx$$

Statt der Koeffizienten a_v, b_v der Funktion $f(x)$ selber werden nun graphisch die Koeffizienten α_v, β_v , eines sie annähern den Polygonzuges $y = \varphi(x)$ bestimmt. Die Halbwelle eines solchen ist in der Abbildung eingezeichnet. Sie zerfällt in einige, hier vier, Abschnitte, in denen jedem die Neigung konstant ist. Im i -ten Abschnitt $[x_{i-1}, x_i]$ (wobei $x_0 = 0, x_4 = \pi$) ist

$$\varphi'(x) = c_i, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Natürlich macht man $\varphi(x) = -\varphi(x - \pi)$

An den inneren Grenzpunkten erfährt der Neigungstangens einen Sprung:

$$s_i = c_{i+1} - c_i, \quad i = 1, 2, 3$$

Ausserdem kann in diesen Punkten die Ordinate von einem linksseitigen Wert φ_l auf einen rechtsseitigen φ_r springen:

$$t_i = \varphi_r(x_i) - \varphi_l(x_i), \quad i = 1, 2, 3$$

Nun ist $\int_0^\pi \varphi(x) \sin vx dx = \sum_{i=1}^4 \int_{x_{i-1}}^{x_i} \varphi(x) \sin vx dx$

und $\int_{x_{i-1}}^{x_i} \varphi(x) \sin vx dx = -\frac{\varphi(x) \cos vx}{v} \Big|_{x_{i-1}}^{x_i} + \frac{c_i}{v^2} \sin vx \Big|_{x_{i-1}}^{x_i}$

daher (wegen $\varphi(x_0) = \varphi(x_4) = \sin vx_0 = \sin vx_4 = 0$):

$$\beta_v = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi \varphi(x) \sin vx dx = -\frac{2}{v\pi} \sum_{i=1}^3 \left(-t_i \cos vx_i + \frac{s_i}{v} \sin vx_i \right) \quad (1)$$

Da weiter

$$\int_{x_{i-1}}^{x_i} \varphi(x) \cos vx dx = \frac{\varphi(x) \sin vx}{v} \Big|_{x_{i-1}}^{x_i} + \frac{c_i}{v^2} \cos vx \Big|_{x_{i-1}}^{x_i}$$

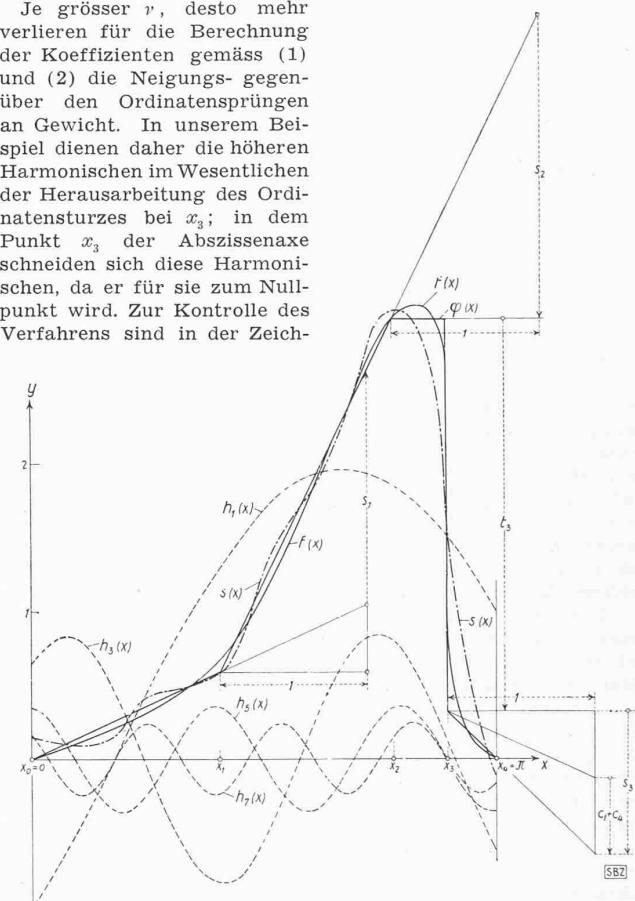
und $\cos vx_0 = 1, \cos vx_4 = -1$, wird

$$\alpha_v = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi \varphi(x) \cos vx dx = -\frac{2}{v\pi} \cdot \left[\sum_{i=1}^3 \left(t_i \sin vx_i + \frac{s_i}{v} \cos vx_i \right) + \frac{c_1 + c_4}{v} \right] \quad (2)$$

Neben den x_i entnimmt man die Grössen $t_i, s_i, c_1 + c_4$, wie angedeutet, der Figur. (Positive Strecken sind mit aufwärts, negative mit abwärts weisendem Pfeil versehen.) Daraus ergeben sich nach (1) und (2) beliebig viele Koeffizienten. In unserem Beispiel erhält man

i	x	t	s	$c_1 + c_4 = -0,51$
1	1,27	0	1,59	
2	2,45	0	-2,05	
3	2,81	-2,65	-0,97	
und		$\begin{cases} \beta_1 = 1,68 & \beta_3 = 0,56 \\ \alpha_1 = -1,01 & \alpha_3 = 0,63 \end{cases}$	$\begin{cases} \beta_5 = -0,02 & \beta_7 = -0,16 \\ \alpha_5 = 0,36 & \alpha_7 = 0,18 \end{cases}$	\dots

Je grösser v , desto mehr verlieren für die Berechnung der Koeffizienten gemäss (1) und (2) die Neigungs- gegenüber den Ordinaten sprüngen an Gewicht. In unserem Beispiel dienen daher die höheren Harmonischen im Wesentlichen der Herausarbeitung des Ordinatensturzes bei x_3 ; in dem Punkt x_3 der Abszissenaxe schneiden sich diese Harmonischen, da er für sie zum Nullpunkt wird. Zur Kontrolle des Verfahrens sind in der Zeich-



nung die Harmonischen $h_1(x)$ bis $h_7(x)$ zu einer Halbwelle $y = s(x)$ zusammengesetzt. Für technische Bedürfnisse sind $f(x)$, $\varphi(x)$ und $s(x)$ auswechselbar. Wo moderne Apparate für die Fourier-Analyse nicht zur Hand sind, bietet diese Methode einen brauchbaren Behelf.

K. H. G.

Das Riesenteleskop des Mount Palomar

Während in Europa die Kanonen donnern und Fliegerbomben Unheil säen, geht in einem abgeschiedenen Winkel der Vereinigten Staaten, auf dem Mount Palomar¹⁾ in Californien, eine

¹⁾ In einer im lfd. Bd., Nr. 1, S. 10 erschienenen Mitteilung nannten wir, einem Irrtum unserer Quelle («Z.VDI» 1940, Nr. 18) folgend, als vorgesehenen Standort des 5-m-Teleskops den Mount Wilson. Für das neue Fernrohr ist aber ein eigener Berg auserkoren worden, der 1700 m hohe Mount Palomar, 144 km von Pasadena (Cal.), fern von störenden Nachtlaternen gegenwärtiger oder künftiger menschlicher Siedlungen gelegen, auf den natürlich eine eigene Strasse gebaut werden musste. Das berühmte Observatorium des Mount Wilson, ein Zeugnis des grossartigen, von amerikanischen Geschäftsleuten zugunsten der brotlosen Kunst der Astrophysik bewiesenen Mäzenatentums, soll in jeder Hinsicht übertrffen werden. Wer sich über einen solchen Aufwand für die Erforschung der Spiralnebel, der Zwerg- und der Riesensterne wundert, möge bedenken, dass für die Spektralanalyse (die mit der Zerlegung des Sonnenlichts begann) das Weltall mit seinen enormen Temperatur- und Dichte-Bereichen ein jedes irdische verdunkelndes Laboratorium darstellt, sodass der Astronom G. E. Hale in einem Aufsatz in «Harper's Monthly Magazine» (April 1928),

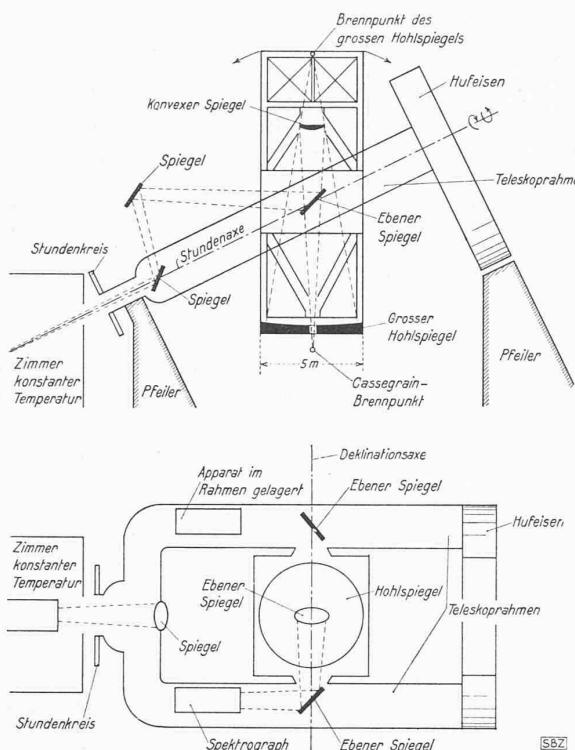


Abb. 2. Schema des Strahlenganges im 5 m-Teleskop

technische Spitzenleistung langsam der Vollendung entgegen, ein Spiegelteleskop, das mit einer Öffnung von 5 m, doppelt so gross wie der Durchmesser des bisher grössten Fernrohrspiegels (vom Mount Wilson) dank dieser Vervierfachung der einfallenden Lichtstärke doppelt so weit, nämlich eine Milliarde Lichtjahre weit, zu sehen gestatten und eine klarere Spektralanalyse der näheren Sterne ermöglichen wird. Der damit auf das Achtfache seines bisherigen Inhalts erweiterte erforschbare Raum umschliesst Millionen neuer Milchstrassensysteme.

Das hier früher²⁾ von diesem Teleskop entworfene Bild sei heute durch die beistehende Abb. 1 des im Maßstab 1:10 ausführten Modells und die Prinzipskizze³⁾ Abb. 2 unterstützt. «Man denke sich», heisst es in jener Mitteilung, «ein Kreuz, mit seinem einen Arm, der «Stundenachse», zur Erde parallel gelagert, sodass der andere Arm, die «Deklinationsachse», um jenen gegengleich zur Erdumdrehung rotierend, nach einem festen Himmelpunkt ausgerichtet bleibt; schliesslich, um die Deklinationsachse drehbar, den Tubus des Fernrohrs, vermöge dieser Cardanischen Aufhängung auf jeden Nebelfleck des nächtlichen Himmels zu richten und trotz dem Umlauf des Erdballs in der eingestellten Lage verharrend». Dass die Drehung um die Stundenachse jener der Erde mit der Präzision eines Uhrwerks folge, ist besonders bei photographischen Aufnahmen mit stundenlanger Belichtungsdauer wichtig.

Der am unteren Ende des Tubus gelagerte Spiegel fasst gemäss Abb. 3c das einfallende Strahlenbündel zusammen und wirft es dem zur Beobachtung dienenden Linsensystem zu. Je grösser der Spiegel und je besser sein Reflexionsvermögen, desto mehr Licht kann er auffangen und weitergeben. Daher das Bestreben nach immer grösseren Spiegel-Durchmessern und die Verwendung von Spiegelbelägen mit hohem Reflexionsvermögen über einen möglichst weiten Spektralbereich. Vorliegendenfalls ist es ein hauchdünner, nur einige Molekülabstände starker Belag aus Aluminium, welches Metall das Silber hinsichtlich Lebensdauer und Reflexionsvermögen im ultravioletten Spektralbereich weit übertrifft.

Das gusstechnische Wagnis eines Spiegeldurchmessers von 5 m kommt einer linearen Verdoppelung der Abmessungen des bisher grössten Teleskopspiegels gleich. Zu seiner Herstellung wurde ein wenigstens an der Oberfläche blasenfreier Glasrohr von 20 t Gewicht benötigt. Die Wahl fiel auf ein Spezial-Borosilicat-Glas, das wegen seines außerordentlich geringen Ausdehnungskoeffizienten ($2,5 \times 10^{-6}/\text{°C}$) auch zur Herstellung feuerfester Glasschalen für die Küche dient. Ende März 1934 gelang ein erster Guss einigermassen zufriedenstellend. Ein zweiter Guss Ende des gleichen Jahres führte zu einem vollen Erfolg. Die elektrisch kontrollierte Abkühlung nahm ein weiteres Jahr in Anspruch. Auf seiner Rückseite erhielt der Block zahlreiche Aussparungen, die einen raschen Temperaturaustausch und eine Gewichtsverminderung ohne Beeinträchtigung der Steifigkeit ermöglichen⁴⁾.

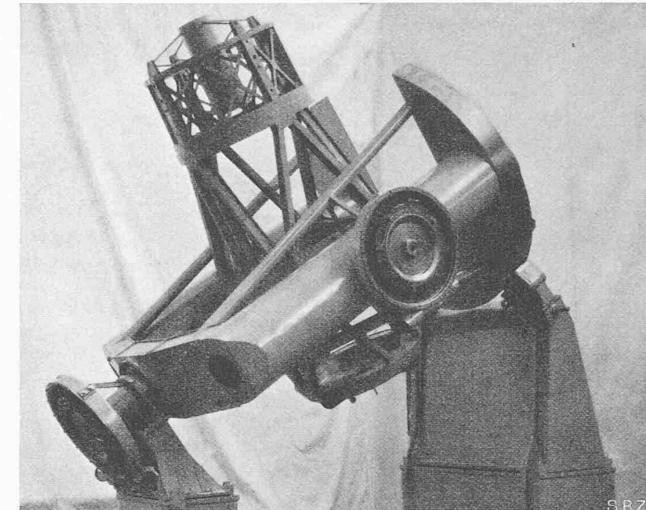


Abb. 1. Ansicht des Teleskop-Modells im Maßstab 1:10

Das Schleifen dieses Glasblocks, wobei ungefähr 4 t Material zu entfernen waren, wurde nach dem Transport in der optischen Werkstatt auf dem Mount Palomar vorgenommen — eine Arbeit von rund vier Jahren, da über die ganze Spiegelfläche eine Exaktheit von $1/40\,000$ mm verlangt wird. Auf diese Fläche wird dann anschliessend in einer Unterdruckkammer eine dünne Aluminiumschicht absolut gleichmässiger Stärke nach einem eigens entwickelten Verfahren aufgebracht, wodurch sich die Spiegelform nicht mehr verändern darf. Ein schon nach wenigen Tagen von selbst entstehender, harter Oxydbelag schützt diese Metallfläche gegen das Zerkratzen bei der Reinigung. Die optischen Eigenschaften werden durch diese Schicht in keiner Weise beeinträchtigt.

Nach der Fertigstellung erfolgt die Montage des Spiegels samt Grundplatte an das Teleskop. Ein ausgeklügeltes Abstützungssystem soll in jeder Lage des Spiegels jegliche Formveränderung seiner Oberfläche verhindern. Es besteht aus einer Kombination von Hebeln und Gelenken aus 38%igem Nickelstahl mit der gleichen, sehr geringen Wärmedehnung, wie sie dem benutzten Glase eignet. Dieser Mechanismus⁵⁾ stützt den Spiegel auf der Rückseite in nicht weniger als 36 Punkten ab (Abb. 4).

Das eigentliche «Fernrohr» ist, wie Abb. 1 zeigt, ein rohrförmiges Gerippe aus schweren Eisenträgern ohne jede Wandung; die Beobachtung erfolgt ja in der Dunkelheit. Vom Spiegel werden die aufgefangenen Lichtstrahlen (Abb. 3c) in Richtung der Längsaxe dieses Rohrskeletts in den in 16,9 m Brennweite gelegenen Brennpunkt zurückgeworfen. An der Stelle, wo im Newton'schen Spiegelteleskop (Abb. 3b) ein Prisma die Strahlenaxe rechtwinklig in Richtung des in die Rohrwandung eingesetzten Okulars umlenkt, sitzt in dem Riesenteleskop entweder, für photographische Aufnahmen, der Konvexspiegel nach Cassegrain, Abb. 2 und 3c, oder aber, in einer zylindrischen Kabine von 1,8 m Ø (Abb. 5), der Beobachter selbst, der dann also direkt im Hauptfokus des grossen Spiegels beobachtet.

Eine trichterartige, aus zahlreichen Einzelklappen bestehende Iris-Blendenvorrichtung erlaubt die wirksame Öffnung des Spiegels mehr oder weniger abzublenden und den Spiegel zum Schutze seiner empfindlichen Oberfläche bei Nichtgebrauch ganz abzudecken (Abb. 4).

In der erwähnten Mitteilung wurde die Stundenachse mit einer mächtigen, schiefe auf einem in Süd-Nord-Richtung aufgestellten Bock in drei Punkten gelagerten Wiege verglichen.

²⁾ In der in Fussnote¹⁾ erwähnten Mitteilung. Red.

der den Anstoß zur Finanzierung des 5 m-Teleskops gegeben haben soll, sich ausmalen konnte, wie ein künftiger Industrieller die Ausstattung seiner Laboratorien durch ein grosses Fernrohr ergänzt, um sich eine von den bestehenden Sternwarten nicht erhältliche Auskunft über einen Baustoff zu verschaffen! Red.

³⁾ Nach «La science et la vie», aus der in Fussnote⁴⁾ zitierten Beschreibung.

⁴⁾ Vgl. P. Rousseau: Voici le plus puissant télescope du monde. «La science et la vie», Februar 1938.

⁵⁾ Näher beschrieben von C. S. Mc Dowell im «J. Franklin Institute» Bd. 224 (1937), Nr. 6 (Building the 200-inch telescope), S. 682 ff. Red.

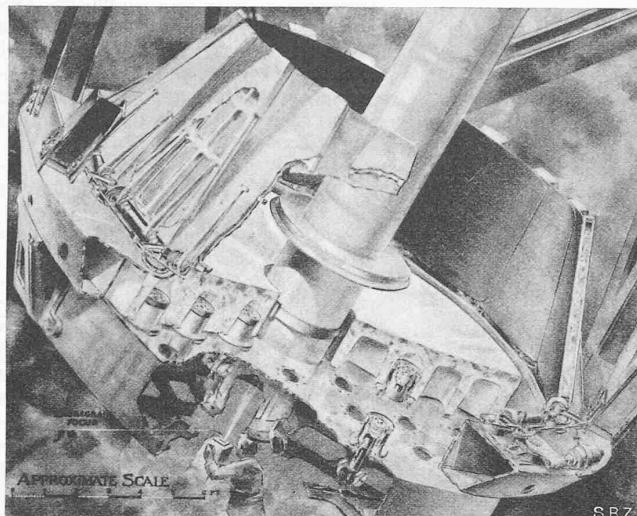


Abb. 4. Abstütz- und Blendenmechanismus des 5 m Ø Spiegels

Ihr Rohrrahmen (Abb. 1) besteht aus zwei Längsrohren von 3 m Ø, die am höherliegenden Nord-Ende durch eine hufeisenartige Traverse, am andern durch einen Kasten-Querträger verbunden sind, in dessen Zentrum das Südlager der Polarachse angreift. Die Hufeisenform der Nordtraverse erlaubt, den Tubus bis zum Himmels-Nordpol hinabzuschwenken. Als Lagerfläche dient die zylindrische Außenfläche dieses Hufeisens, dessen Durchmesser (14 m) der Höhe eines vierstöckigen Hauses entspricht. Ihre exakte Bearbeitung bildete ein Fabrikationsproblem für sich, da sie nicht genau kreisrund, sondern ganz leicht oval geschliffen werden musste, um unter «Betriebs»-Belastung die Kreisform anzunehmen. Trotz der enormen Steifigkeit dieses vollkommen aus geschweißten Teilen bestehenden Rahmens, der mit dem Fernrohr zusammen rd. 500 t wiegt, lässt sich natürlich ein minimaler Durchhang nicht vermeiden. Um Schweißspannungen auszuschalten, wurden seine Bauteile nach der Schweißung durchwegs ausgeglüht.

Im Interesse einer absolut erschütterungsfreien Bewegung bildete man die drei Lager als Gleitlager mit Hochdruckschmiereung aus. Am tieferliegenden Südende nimmt ein Kugel-Gleitlager von 1,9 m Kugeldurchmesser sowohl den Längsschub als auch den senkrechten Druck auf. Das Riesenlager auf der Nordseite ruht auf zwei um 60° auseinanderliegenden Weissmetall-Druckplatten mit selbsttätigem Druckausgleich. Das Drucköl erzeugt in den Lagern ein Oelpolster, das dank geeigneter Verteilung der Schmiernuten überall die gleiche Dicke aufweist. Infolge der ausserordentlich geringen Drehgeschwindigkeit gehorcht das Öl den Gesetzen des viskosen Flusses, und die Reibung fällt sogar noch geringer aus als in entsprechenden Wälzlagern.

Sowohl für die Stunden- als auch für die Deklinationsachse ist ein automatischer elektrischer Antrieb vorgesehen. Die

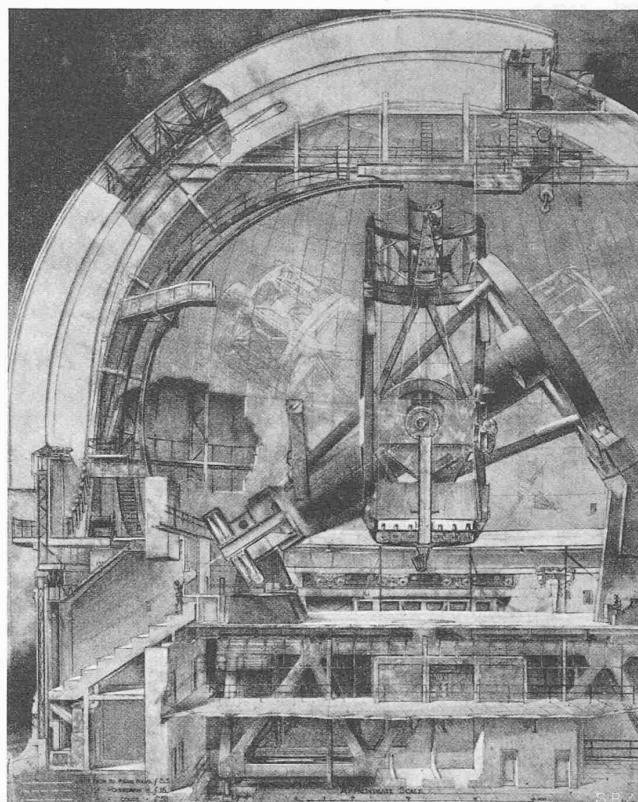


Abb. 5. Aufbau des Mount Palomar-Teleskopes in Californien mit erschütterungsfreier Fundation des Instrumentes

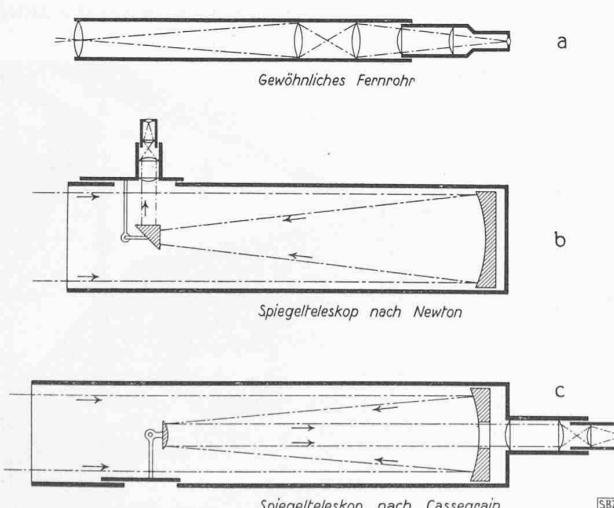
Deklinationsbewegung wird durch ein Schneckengetriebe mit Schneckenrad von 4,35 m Ø hervorgerufen, das aussen seitlich am Rohrrahmen sitzt. Für die Stundenachse stehen zwei Schneckengetriebe zur Verfügung, deren eines, von höchster Präzision, dazu bestimmt ist, dem Teleskop eine Drehzahl von 1 U/Tag zu erteilen, während das andere, höherer Abnutzung unterworfen, erlaubt, Drehzahlen bis zu $\frac{1}{8}$ U/min zu erhalten. Die benötigte Antriebsleistung liefert in jedem Fall ein kleiner Synchrongleichstrommotor, der mit Strom von exakt kontrollierter Frequenz betrieben wird. Mit Hilfe dieser Antriebsmittel kann das Teleskop nicht nur den Fixsternen, sondern auch den Planeten folgen.

An optischen Zusatzeinrichtungen ist ein Diagonalspiegel zu erwähnen, der gestattet, das Bild des Hauptspiegels für spektrographische Arbeiten durch die hohle Deklinationsachse in einen Raum im einen Längsrohr des Rahmens zu werfen (Abb. 2). Sodann erlaubt eine Kombination von Spiegeln, das Licht aus dem Teleskop durch das Südlager in einen Raum konstanter Temperatur (Abb. 2) zu werfen. All diese verschiedenen Spiegel sind fest am Teleskop montiert und lassen sich binnen kürzester Frist auf elektrischem Weg in Arbeitstellung bringen. Das zeitraubende Wechseln der Spiegel fällt also fort.

Mit dem Bau des Teleskops selbst sind jedoch die technischen Aufgaben noch lange nicht erschöpft, die damit zusammenhängen. Es musste vor allem auch ein riesiger Raum mit drehbarem Kuppeldach geschaffen werden, das dem Fernrohr automatisch folgt, sodass dieses stets auf den 9 m breiten Dachschlitz gerichtet bleibt. Die Kuppel hat ungefähr die Höhe eines «normalen» 14-stöckigen Gebäudes (40 m) und ein Gewicht von etwa 1000 t, das sich auf 32 Rollwagen verteilt. Soweit die Wände senkrecht ansteigen, bestehen sie aus zwei konzentrischen Ringmauern aus Beton mit zwischenliegendem Luftraum von 3,6 m Breite, der sich oben in der Kuppel fortsetzt und erlaubt, Kühlluft hindurchzutreiben.

Für die Bequemlichkeit von Astronomen und Besuchern ist alles nur Erdenkliche vorgekehrt. So besteht ein Spezial-Plattenlift, der dem Teleskop in jede Stellung folgen kann, um das Einsteigen in die betreffende Beobachtungskabine zu erleichtern. Der Fauteuil des Beobachters in der Kabine steht ungeachtet der Lage des Teleskops dauernd senkrecht. Die Kabine ist dauernd an die verschiedensten Dienststellen telefonisch angeschlossen. — Die Sternwarte des Mount Palomar ist noch im Bau. Man hofft, das Riesenwerk 1941 zu Ende zu bringen.

F. O. Weber, Ing., Bern

Abb. 3. Strahlengang in verschiedenen Fernrohrbauarten.
Beim neuen Riesenteleskop sitzt der Beobachter im Rohr etwa an der Stelle des Konvexspiegels im Cassegrain-Teleskop c