

# Kleine Spiegelgeschichte

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen**

Band (Jahr): **9 (1957)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrücke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

damit muß aber das Licht im Glas einen sehr großen Weg zurücklegen und wird so geschwächt und gefärbt. Der Lichtgewinn durch die große Objektivfläche wird von einem gewissen Durchmesser an durch die Glasverluste aufgehoben. Das größte, noch im letzten Jahrhundert gebaute, Linsenfernrohr hat eine Objektivlinse von einem Meter Durchmesser, was die obere Grenze darstellt.

Beim Spiegelfernrohr (Fig. 2) wird hingegen nur die vordere Fläche des Teleskopspiegels verwendet. Es ist also vollkommen gleichgültig, wie das Material des Spiegels beschaffen ist. Aus Gründen der Bearbeitung, der erreichbaren Genauigkeit und wegen seiner geringen Temperaturempfindlichkeit verwendet man auch für die Spiegel Glas, dessen optische Qualitäten jedoch unwesentlich sind. Die wirksame Vorderfläche eines solchen Teleskopspiegels muß aber viel genauer gearbeitet werden als jede Fläche einer entsprechenden Linse. Die Abweichungen der tatsächlichen Fläche von der Sollfläche sollen nicht mehr als  $\frac{1}{10\,000}$  mm betragen. So unglaublich dies klingen mag, diese Genauigkeit ist verhältnismäßig leicht zu erreichen, und so sind im Laufe der letzten 60 Jahre Spiegelteleskope von  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3 und — 1949 — 5 Metern Spiegeldurchmesser (nicht Fernrohrlänge!) entstanden.

Die Herstellung eines erstklassigen Hohlspiegels ist sogar so leicht, daß sich Tausende von Sternfreunde ihr Teleskop selbst gebaut haben, Fernrohre bis zu 50 und mehr Zentimetern Durchmesser. Gerade das verhältnismäßig leichte Schleifen und Polieren eines Teleskopspiegels hat dieser Fernrohrart eine ungeheure Verbreitung verschafft und die Astronomie in weiteste Kreise getragen. Der Spiegel für das Instrument unserer Station ist in der Astronomischen Arbeitsgruppe der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen entstanden. Aber lassen wir unserem «Schleifvater» das Wort zu :

#### 4. Kleine Spiegelgeschichte

Als vor ungefähr 10 Jahren zum ersten Male der Gedanke einer Schaffhauser Beobachtungsstation auftauchte, waren die Spiegel-Schleifkurse der Astronomischen Arbeitsgruppe der «Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen» bereits in vollem Gang. Was lag da näher, als den Spiegel der kommenden Station in einem neuen Kurs zu schleifen, als Demonstrationsstück für die Teilnehmer? Die erste Ueberlegung galt der Größe des Spiegels. Je größer das Glasstück, desto schwächere Himmelsobjekte sind dem Beschauer erreichbar. Aber auf der anderen Seite standen die Bedenken: je größer der Spiegel, desto umfangreicher und vor allem desto teurer werden Montierung und Behausung. Hier wachsen die Kosten im Quadrat mit der Größe. Man entschloß sich für einen Spiegel von 26 cm Durchmesser, der — auf Grund der bisher errungenen Schleiferfahrungen — mit Aussicht auf guten Erfolg bewältigt werden konnte. (Zum Vergleich: die Linsen der großen Fernrohre der Eid-

genössischen Sternwarte wie der «Urania» in Zürich messen 30 cm im Durchmesser.) Der Schliff begann im Jahre 1947.

Es ist ein eigenartig erregendes Gefühl, wenn man die schwere, etwa 3½ cm dicke runde Glasscheibe zum ersten Male in den Händen hält, aus der ein astronomischer Hohlspiegel werden soll. Das einzige «Werkzeug», das wir zum Schliff benötigen, ist eine zweite Glasscheibe von gleicher Größe. Beide Scheiben sind flach geschliffen, so, wie sie aus der Glashütte (Belgien) kommen. Man klebt die dünnere Scheibe mit etwas Pech auf einen primitiven Ständer — und dann kann es schon losgehen! Auf der festgeklebten Scheibe rühren wir etwas grobes Karborundum oder groben Schmirgel mit wenig Wasser zu einem dicklichen Brei an, legen die dicke Scheibe, den zukünftigen Spiegel, darauf und beginnen mit ihr über die untere Scheibe mit der Schmirgelsuppe hin und her zu fahren.

Das Glas «schreit» unter dem brutalen Angriff der scharfkantigen Schleifkörner. Der Lärm ist begreiflich: die Körner drücken mit ihren fast diamant-harten Spitzen in das Glas und pressen feine Splitter aus der Fläche, genau so, wie wenn wir einen scharfkantigen Stein in eine Eisfläche drücken und muschelartige, flache Eisschollen herausbrechen. Alle fünf Minuten wird neues Schleifmaterial aufgetragen. Bei dem steten Hin und Her der oberen Scheibe geschieht nun etwas Eigenartiges, ein zwangsläufiger Vorgang: wir können hin- und herschieben wie wir wollen — stets wird die obere Scheibe, also der kommende Spiegel, in der Mitte angegriffen, die untere, das Werkzeug, am Rande. Auf dieser merkwürdigen Zwangsläufigkeit beruht die gesamte Hohlspiegelschleiferei des Amateurs. Wenn wir den Spiegel nach wenigen Minuten waschen und untersuchen, so finden wir in der Mitte der glänzenden Fläche einen kreisrunden aufgerauhten Fleck. Es ist die Stelle, an der die Schleifkörner so hörbar zupackten. Nach einer Stunde Arbeit ist der rauhe Fleck schon bedeutend größer geworden, ja, man spürt beim Darüberfahren mit dem Finger bereits eine leichte Vertiefung in der Scheibenmitte. Nach einigen Stunden dieses kreischenden Grobschliffes erreicht die Aufräuhung den Scheibenrand, und wir messen mit einer einfachen, modernen Methode, die nur eine Taschenlampe, etwas Wasser und ein Metermaß benötigt, ob die sehr flache Aushöhlung die gewünschte Tiefe — in unserem Falle nur ein paar Millimeter — bereits erreicht hat. Wir messen, mit anderen Worten, die Brennweite des Spiegels.

Der Grobschliff unseres 26-cm-Spiegels erforderte nur etwa 15 Stunden Arbeit. Dann begann der Feinschliff, d.h. das Ausschleifen der groben Löcher in der Fläche durch immer feinere Schleifmittel. Ob Grob- oder Feinschliff, der Schleifvorgang ist immer derselbe: man fährt mit der Spiegelplatte über die untere Scheibe hin und her, dreht sie in den Händen bei jedem «Strich» und geht erst noch langsam um den Ständer herum. Oberstes Ziel aller dieser Bewegungen ist, die Vertiefung automatisch kugelförmig werden zu lassen in einer für den Laien kaum fahbaren Genauigkeit. Gerade weil in die-

sen Tausenden von Strichen nicht deren zwei genau gleich ausfallen, korrigiert der eine Strich die Fehler der vorangegangenen. Das zwangsläufige Resultat ist ein genauer Kugelspiegel.

Der Leser wird staunen, wenn er vernimmt, daß bei den über 200 Spiegeln, die hier in Schaffhausen von Anfängern geschliffen wurden, in diesem Stadium nicht eine größere Abweichungen als ca.  $\frac{1}{1000}$  mm zeigte. Und all dies ohne jede vorangegangene Kontrolle! Im Laufe der Wochen, gleichzeitig mit den kleineren Spiegeln unserer Kursteilnehmer, wurde die flache Höhlung unseres Spiegels immer feiner ausgeschliffen, zuletzt mit Schmirgelkörnern von kaum  $\frac{4}{1000}$  mm Durchmesser, also feiner als Mehl. Damit endete der erste Teil der Arbeit. Die Spiegeloberfläche war zuletzt fast durchsichtig geworden, fühlte sich seidenartig an und glich im hellen Licht hauchfein eingetrockneter Milch. Es galt nun, diese seidige, glatte Oberfläche zu polieren.

Zu diesem Zweck wird auf die leicht gewölbte untere Scheibe eine mehrere Millimeter dicke Pechschicht gegossen. Noch in warmem Zustande wird sie zu Facetten gerillt, dann der Spiegel aufgesetzt und leicht angedrückt. Das Pech, die sog. Pechhaut, nimmt im völligen Erkalten sehr genau die Form der feingeschliffenen Scheibe an. Man bestreicht das Pech mit einem sehr dünnen Brei von sog. Polier-Rot, einer Art feinstem Rost, oder mit dem neuartigen Cerium-Oxyd. Und dann beginnt das Hin- und Herschieben von neuem, das uns schon längst in Fleisch und Blut übergegangen ist. Anstatt, daß aber die unsichtbar feinen Körnchen rollen und «schleifen», wie beim vorangegangenen Feinschliff, betten sie sich nun in die nachgiebige Oberfläche des Pechs ein und greifen so das Glas als millionenfache, feinste Schneiden an. Mikroskopisch fein werden nach und nach die höchsten Stellen der Glasfläche abgetragen und das Glas in den obersten Molekularschichten geradezu «verschmiert».

Nach einer Stunde des langsamen Polierens wuschen wir unseren Spiegel, trockneten ihn sorgfältig und betrachteten die Oberfläche im hellen Licht. Der ganze Spiegel glänzte leicht und gleichmäßig, ein Zeichen, daß wir richtig geschliffen hatten.

Erst jetzt, nach einer Polierstunde, können wir zum ersten Male die genaue Form der eingeschliffenen Fläche sichtbar machen, nachdem wir bisher faktisch im «Dunkeln» arbeiteten. Die bald hundert Jahre alte Prüfmethode des französischen Physikers Foucault ist wahrhaft genial und gehört heute noch zu den schärfsten Prüfungen in der Optik. Was man dazu braucht? Ein Velo-Laternchen oder eine Taschenlampe, eine gewöhnliche Rasierklinge und einen Millimetermaßstab. Das ist alles! Mit einer Nadel sticht man ein feines Loch in einen Stanniolstreifen, deckt das brennende Birnchen mit dem Stanniol ab und richtet — im dunkeln Raum — den feinen Lichtpunkt als «künstlichen Stern» auf den anpolierten Spiegel. Ist der Spiegel genau kugelförmig, so erstrahlt er im zurückgeworfenen Licht mild wie ein Vollmond ohne alle Flecken. Alle Abweichungen von der absolut genauen Kugelfläche zeigen sich als

graue oder schwarze Flecken, als Hügel, Ringe oder Täler. Mit anderen Worten: man sieht alle Unregelmäßigkeiten in der ungeheuerlichen Ueberhöhung von ca. 1 zu 100 000 — eine sehr flache Erhöhung von kaum  $\frac{1}{1000}$  mm erscheint dem Auge wie ein steiler, gewaltiger Berg. Man bemüht sich nun beim Polieren, diese Fehler mit längeren oder kürzeren Strichen «einzuebnen». Normalerweise wird 1—2 Stunden ohne Unterbruch poliert. Dann hat der Spiegel, die leicht warm gewordene Pechhaut und der Mann genug...

Nach etwa 20 Stunden Polierdauer war die Oberfläche unseres Spiegels schon ziemlich auspoliert; die stets wechselnden «Berge und Täler» in der Schattenprobe Foucaults waren kaum noch erkennbar. Aber die restlichen, nur unter einer starken Lupe sichtbaren, feinen Löcher in der Randzone brauchten noch Stunden und Wochen des langsamen Polierens, bis auch sie endlich verschwanden. Dann erst begann das eigentliche Abenteuer! Es galt, den schon ziemlich fehlerlosen Kugelspiegel in einen Parabol-Spiegel von mindestens  $\frac{1}{10\,000}$  mm Genauigkeit umzuwandeln. Laienmäßig ausgedrückt: wir vertiefen die Kugelform in der Mitte am stärksten, gegen außen immer weniger, nur der Rand bleibt unangetastet. Das bedingt bei unserem Spiegel in der Mitte eine Material-Abtragung von etwa  $\frac{1}{2000}$  mm, nach außen entsprechend weniger. Es ist ausgeschlossen, solch minime Abnahmen mit mechanischen Mitteln sicher zu messen. Aber in der genialen Schattenprobe Foucaults kann man den Fortschritt der Arbeit ständig verfolgen und messen.

Das Parabolisieren eines Spiegels ist eine derart faszinierende Beschäftigung, daß man darob alles vergißt, vor allem die Zeit. Nicht vergebens nennen die Amerikaner die armen Frauen der Spiegelschleifer «Glas-Witwen». Der Mann taucht vielleicht erst morgens halb drei aus dem Schleifkeller auf — aus einer ganz anderen Welt. Das Parabolisieren eines Spiegels ist aber vor allem eine Schule der Geduld. Die gegenüber dem normalen Polieren längeren Striche erzeugen etwas Wärme im Glas. Fünf Minuten des langsamen Streichens genügen, um anschließend mindestens eine Stunde geduldig warten zu müssen, bis die letzte kaum meßbare Spur Wärme verschwunden ist. Erst in diesem Zustande zeigt der Spiegel seine wirkliche Form in der Schattenprobe. So besteht denn das Parabolisieren, unter ständiger Kontrolle am künstlichen Stern Foucaults, zu 95% in geduldigem Warten. Zu welchen Geduldproben es dabei kommen kann, zeigt eindrücklich die Geschichte des 2-Meter-Spiegels der McDonald-Sternwarte in Texas, der die Schleifer volle 8 $\frac{1}{2}$  Jahre am Narrenseil herumführte. Der Leser sieht: es kommt darauf an, wer zuletzt nachgibt, der Mann oder der Spiegel!

Unsere bescheidene 26-cm-Scheibe hatte schon nach einem halben Jahre ein Einsehen. Die restlichen Fehler, ringförmige Erhöhungen von kaum  $\frac{1}{15\,000}$  mm, die wohl nicht mehr meßbar, aber doch deutlich sichtbar waren, verschwanden nach und nach, ohne daß andere Fehler auftraten. Schlußmessungen der einzelnen Zonen ergaben keine größeren Abweichungen, als

etwa  $\frac{1}{12\,000}$  mm vom absoluten Rotations-Paraboloid. Der Spiegel war gut, die Arbeit beendet. Sie hatte etwas mehr als ein Jahr gedauert.

Der Spiegel wurde anschließend von einem Spezialisten mit einer Reflexionsschicht versehen. Das geschieht heute durch Aufdampfen von Aluminium im Hochvakuum. Die hochglänzende Schicht von etwa  $\frac{1}{10\,000}$  mm Dicke wird durch eine zweite, im gleichen Arbeitsgang aufgedampfte, gleich dünne Schicht Quarz geschützt. Der Spiegel sollte sein Reflexionsvermögen von gegen 90% ein volles Jahrzehnt bewahren.

Das ist die Geschichte vom Schliff des Spiegels unserer bescheidenen Sternwarte. Wie einfach doch alles ist: ein dickes, rundes Stück Glas, oben kaum merkbar eingetieft und glänzend — aber welcher Zauberschlüssel am nächtlichen Himmel und dessen tausend Wundern!

\* \* \*

Freilich ist auch ein noch so guter Hohlspiegel noch kein Teleskop. Es gehören der kleine Umlenkspiegel und eine Vorrichtung zum Einstecken der Okulare und die Okulare selbst dazu. Alle diese Teile müssen sehr starr zusammengebaut werden. Gewöhnlich befestigt man den Spiegel in einem Halter, der sog. Zelle, am untern Teil eines Rohres. Am oberen Ende kommt in die Rohrachse der kleine Fangspiegel und ihm gegenüber, hinter einer Oeffnung in der Rohrwand auf die Außenseite, der Okularkopf. Jetzt wäre im Prinzip das Fernrohr benützbar. Als ein viele Kilo schweres,  $1\frac{1}{2}$  Meter langes und 30 Zentimeter dickes Gebilde ist es aber noch etwas unhandlich. Auch wenn nur mit schwacher Vergrößerung gearbeitet wird, ist es schwer, ein gewünschtes Objekt einzustellen und im Gesichtsfeld zu behalten. Das ganze Rohr muß auf ein sehr solides Stativ montiert werden, an das folgende Forderungen zu stellen sind: jedes beliebige Objekt am Himmel und auf der Erde soll eingestellt werden können; das Teleskop muß in einer einmal eingestellten Richtung unverrückbar festgehalten werden; es muß möglichst genau dem täglichen Lauf der Gestirne folgen können. Alle diese Forderungen zusammen vermag nur ein fest montiertes Instrument zuverlässig zu erfüllen. Die erste Bedingung kann erfüllt werden, wenn das Fernrohr um zwei zueinander senkrechte Achsen drehbar ist, z. B. eine Achse lotrecht und die andere waagrecht (wie ein Geschütz für Fliegerabwehr, das nach Seite und Höhe gerichtet werden kann). Die zweite, das Festklemmen, ist lediglich ein mechanisches Problem, leicht zu lösen durch möglichst stark dimensionierte Achsen und Auflager. Die dritte Forderung läuft darauf hinaus, daß ein einmal eingestellter Himmelskörper, trotz seinem täglichen Lauf von Osten nach Westen, für die Dauer der Beobachtung genau im Gesichtsfeld bleibt. Ein in Seite und Höhe einstellbares Fernrohr müßte also dauernd in beiden Richtungen korrigiert werden, denn beim Aufgang stehen ja die Gestirne am Horizont, wandern immer höher, erreichen im Süden die größte Höhe und verschwinden im Westen unter dem Horizont. Nur eine Stelle ganz in der Nähe des Polarsternes,

im Norden, nimmt an dieser Drehung nicht teil, es ist der sog. Himmelspol. Neigen wir unser Achsensystem, das auf den Horizont ausgerichtet war, so, daß die vorher vertikale Achse genau nach dem Himmelspol zeigt, so muß das Teleskop nur noch um diese Achse gedreht werden, um der täglichen Bewegung des Himmels zu folgen. Die andere Achse dient zur ersten Einstellung des Objektes und kann nachher festgeklemmt werden. Die Drehung um die Polarachse wird gewöhnlich durch ein Uhrwerk oder einen Elektromotor besorgt, sodaß der Beobachter in aller Ruhe und ungestört das eingestellte Objekt betrachten kann. Kleine Korrekturen dieser sog. Nachführung nimmt er von seinem Platz aus über biegsame Wellen oder elektrisch vor.

Da alle Erschütterungen des Instrumentes mitvergrößert werden (die Sterne «tanzen» im Gesichtsfeld herum), muß die Montierung sehr gut fundamementiert sein. Der Sockel des Schaffhauser Instrumentes besitzt ein eigenes Fundament, das tiefer liegt als jenes der Beobachtungshütte und von jenem isoliert ist.

Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse ist das Teleskop von einer Behausung umgeben, deren Dach während der Arbeit entfernt wird. Die festen senkrechten Wände bieten außerdem Schutz gegen Wind und fremdes Licht.

Da ein größeres Fernrohr naturgemäß ein sehr kleines Gesichtsfeld hat — ungefähr von der Größe des Mondes —, wird ihm noch ein kleiner Pfadfinder beigegeben, das sog. Sucherrohr. Mit dessen geringer Vergrößerung kann ein verhältnismäßig großes Stück Himmel überblickt werden. Die interessierende Stelle, z. B. ein Sternhaufe oder ein Planet, wird genau in die Mitte seines Gesichtsfeldes, durch ein Fadenkreuz markiert, gebracht. Dann steht das Objekt auch im genau ausgerichteten Hauptrohr in der Mitte des Bildfeldes.

Nun sind wir ausgerüstet, unseren kurzen Rundgang durch das Weltall anzutreten. Der Besucher der Schulsternwarte möge nicht enttäuscht sein, wenn ihm am gleichen Abend im Fernrohr nicht alles gezeigt werden kann, von dem hier die Rede ist, daß er die Flecken auf Mars nicht genau so sieht, wie sie abgebildet werden, und daß bei den auf Photographien so schön aussehenden Spiralnebeln die Spiralarme in der Regel nicht sichtbar sind. Dafür zeigt ihm unser bescheidenes Instrument Anblicke der Mondkrater oder der Saturnringe, der Milchstraße und der Sternhaufen, wie sie weder auf Photographien noch im Lichtbild wiedergegeben werden können. Der Blick durchs Fernrohrökular vermittelt ihm direkt den Kontakt mit dem Weltall, ein Erlebnis, das ihm kein Buch und kein Vortrag, überhaupt keines der Uebertragungsmittel unserer Zeit, bringen kann.

## 5. Helligkeit und Farbe der Gestirne

Dem Laien scheint die Zahl der am nächtlichen Himmel sichtbaren Sterne ungeheuer groß zu sein, und er ist erstaunt, zu hören, daß er von bloßem Auge auf der gerade sichtbaren Himmelskugel im günstigsten Falle an die