

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** - (1960)  
**Heft:** 70

**Artikel:** Die Prüfung von Parabolspiegeln mit Hilfe eines Planspiegels  
**Autor:** Blattner, K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-900138>

### **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:** 01.04.2025

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

# DIE PRUEFUNG VON PARABOLSPIEGELN MIT HILFE EINES PLANSPIEGELS

Von K. BLATTNER, Küttigen/Aarau

Mit Interesse habe ich seinerzeit im «Orion» einen Aufsatz über das Prüfen von Hohlspiegeln gelesen<sup>1)</sup>. Da ich mich schon lange mit der Herstellung optischer asphärischer Flächen befasse, ist mir diese Prüfmethode mit ihren Vor- und Nachteilen nicht unbekannt, und ich möchte mir deshalb die Freiheit nehmen, dem Aufsatz noch einige Ergänzungen hinzuzufügen, welche vielleicht allzu optimistische Schleifer von voreiligen Experimenten abhalten können.

Vor allem: Die Herstellung eines Planspiegels von der Qualität eines sphärischen oder leicht asphärischen Spiegels, wie sie in der Astronomie verwendet werden, ist eine sehr viel schwierigere Arbeit, als z. B. die Herstellung eines einwandfreien Parabolspiegels. Wir dürfen nicht vergessen, dass wir bei der Herstellung z. B. eines Parabolspiegels meist die Veränderung der Brennweite im Verlaufe des Polierprozesses ganz ignorieren. Ich habe es schon erlebt, dass ein sphärischer Spiegel mit  $f = 52$  cm am Anfang des Polierens seine Brennweite auf 49 cm geändert hat, bis er als fertig taxiert werden konnte, trotzdem die Politur ein Minimum von Zeit erforderte. Mit andern Worten: Die Spiegelmitte wurde um

$$\Delta R = \frac{r^2}{2R_1} - \frac{r^2}{2R_2} = \frac{75^2}{1960} - \frac{75^2}{2080} = 0,166 \text{ mm}$$

tiefer auspoliert als der Spiegelrand. (Bei diesem Spiegel handelte es sich um einen 15 cm Spiegel.) Falls wir uns diesen Scherz bei der Herstellung eines Planspiegel leisten, würde sich an Stelle eines unendlichen Radius ein solcher von

$$R = \frac{r^2}{2\Delta R} = \frac{75^2}{2 \cdot 0,166} = 16450 \text{ mm} = 16,45 \text{ m}$$

ergeben, vorausgesetzt, dass der Planspiegel einen Durchmesser von 15 cm besitzt. Wenn wir mit einem solchen Testspiegel einen Parabolspiegel prüfen wollten, so wäre das Produkt ein Zwischending von einem paraboloidischen und einem ellipsoidischen Spiegel.

Ebenso heikel ist diese Prüfmethode in Bezug auf die noch vorhandenen Zonenfehler des Planspiegels. Wenn wir uns das Prinzip der Foucaultschen Prüfmethode ganz genau überlegen, so kommen wir zum Schluss, dass, je grösser der Spiegelradius ist, umso deutlicher die vorhandenen Zonenfehler hervortreten, oder mit anderen

---

<sup>1)</sup> E. Giovanoli, Eine rationelle Prüfmethode für kurzbrennweitige Hohlspiegel, «Orion» Nr. 41, 1953,

Worten: Ein Spiegel mit doppelt so langer Brennweite muss doppelt so genau gearbeitet werden, wie ein solcher mit einfacher Brennweite, wenn in beiden Fällen gleich wirksame Zonenfehler zugelassen werden.

Die Empfindlichkeit der Foucaultschen Prüfmethode steigt also offensichtlich linear mit dem Abstand Spiegelfläche—Messerschneide, was auch die Theorie bestätigt.

Betrachten wir nun die Prinzipskizze der Prüfanordnung im «Orion» Nr. 41, so bemerken wir, dass die Distanz Messerschneide—Planspiegel ungefähr doppelt so gross ist, wie die Distanz Messerschneide—Parabolspiegel. Ferner werden Zonenfehler des zu prüfenden Parabolspiegels mit doppelter Empfindlichkeit sichtbar gemacht, weil das Licht des künstlichen Sternes von der zu prüfenden Spiegelfläche zweimal reflektiert wird. Diese beiden Tatsachen ergeben, dass wir die noch vorhandenen Zonen des planen Testspiegels in ihrer ganzen Stärke auf den Parabolspiegel kopieren, falls wir wirklich auf konstante Helligkeit oder Schatten polieren. Der Planspiegel muss also mindestens so gut «in der Fläche» sein, wie wir es vom damit zu prüfenden Parabolspiegel erwarten.

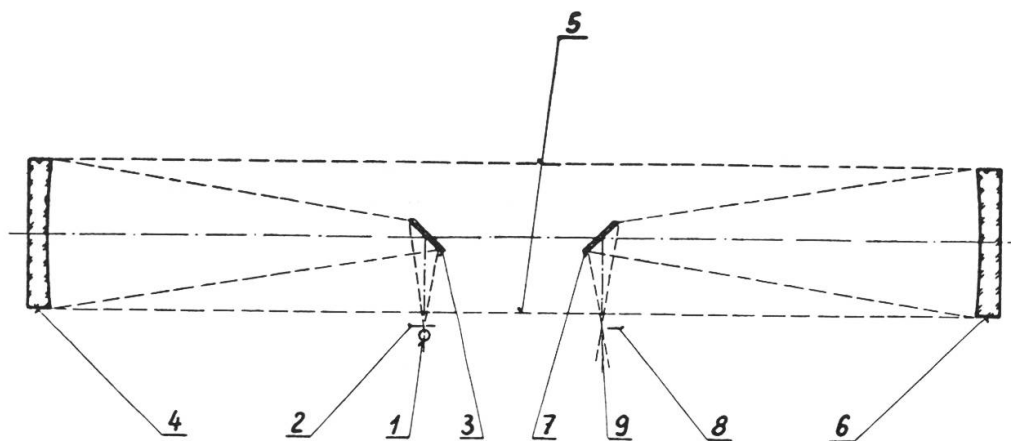


Fig. 1

Die Abweichungen eines Parabolspiegels von der Sollfläche können mit relativ wenig Geduld und Geschick auf 0,0001 bis 0,00005 mm heruntergedrückt werden. Ich weiss nicht, wie mancher geübte Spiegelschleifer es zustandebrächte, einen ebenso genauen Planspiegel herzustellen, vor allem wenn man bedenkt, dass die notwendigen Prüfungen einer solchen Fläche gar nicht so einfach sind.

Dass das Korrigieren (Parabolisieren) die heikelste Phase in der Herstellung eines Parabolspiegels ist, ist wohl allen jenen bekannt, welche sich schon einmal an die Herstellung eines Spiegels gewagt haben. Um dieser Schwierigkeit aus dem Weg zu gehen, gibt es ausser der Methode aus «Orion» Nr. 41 eine andere, welche vor allem keinen genau arbeitenden grossen Planspiegel benötigt, son-

dern nur einen, allerdings ebenfalls präzisen, Parabolspiegel nebst zwei kleinen planen Fangspiegeln, wie sie in den bekannten Newtonschen Teleskopen verwendet werden.

Die Anordnung der Elemente zeigt Figur 1. Die Teile 1, 2, 3 und 4 bilden zusammen den Kollimator, d. h. die Einrichtung, welche uns ein praktisch paralleles Lichtbündel liefert. Ueber den zu prüfenden Parabolspiegel 6 und den zweiten Fangspiegel 7 konvergiert das Bündel im Bild 9 des künstlichen Sternes 2. Dass man die Foucaultsche Messmethode auch im Brennpunkt, des Spiegels ausführen kann, wissen heute wohl die wenigsten Amateurspiegelschleifer, weil ja die meisten ihre Kenntnisse aus den bekannten Werken der Herren Rohr und Neuroth geschöpft haben, welche diese Methode offenbar bewusst nicht aufgeführt haben, weil sie, wie ich im folgenden noch erklären werde, an verschiedenen praktischen Mängeln leidet.

Aber stellen wir uns einmal vor, wir richten den fertig montierten, noch unbelegten Spiegel auf einen möglichst hellen Fixstern, z. B. Deneb, Wega oder Atair etc. Dann erhalten wir im Fokus des Spiegels das Bild des Sternes, welches sich nur in seiner Grösse von demjenigen eines künstlichen Sternes unterscheidet. Jetzt untersuchen wir, in welcher Richtung das Bild des Sterns durch die Drehung der Erde abwandert. Wir ordnen nun im Fokus eine Messerklinge so an, dass die Richtung der Klinge so genau wie möglich parallel zur Laufrichtung des Sternbildes steht. Das Fernrohr drehen wir um die Stundenachse so, dass das Sternbild gegen die optische Achse des Fernrohres (Okularstutzen) zuläuft. Auf diese Weise gewinnen wir genügend Zeit, um eine Foucault-Probe auszuführen, bevor uns der Stern «davongerannt» ist. Zum Anschneiden des Bildes mit der Klinge kann diese selber gegen die optische Achse des Spiegels zu geschoben werden, oder, noch besser, wir verstellen die Deklinationsachse so, dass das Sternbild gegen die Messerklinge zu verschoben wird. Wenn wir nun das Auge dicht an das angeschnittene Sternbild halten, so werden wir bei einem idealen Parabolspiegel dasselbe Bild erhalten, wie es uns mit der klassischen Foucault-Methode ein idealer sphärischer Spiegel bietet. Die Spiegelfläche sieht also «plan» aus.

Wir hätten so eine recht einfache Prüfmethode kennengelernt, bei welcher wir uns nicht mehr mit dem meist noch falsch definierten Begriff Radiusdifferenz herumzuschlagen brauchen. Auch hätte diese Methode zur angenehmen Folge, dass, wenn der Spiegel fertig wäre, wir auch ein fertiges Instrument besäßen, weil wir die «Montage», d. h. den mechanischen Teil des Teleskopes schon vorher herstellen mussten, da wir ja nur den fertig montierten Spiegel hätten prüfen können. Aber die Sache hat einen Haken. Leider ist aber das Wetter der grossen Familie der «Glaswürmer» nicht immer günstig gesinnt und demzufolge müssen wir damit rechnen, dass uns gerade

dann, wenn wir den Spiegel prüfen wollen, eine dichte Wolken-  
decke den notwendigen Stern zudeckt. Oder falls der Himmel wol-  
kenlos ist, kann uns die eventuell unruhige Luft einen Strich durch  
die Rechnung machen, indem sie uns das Bild unruhig und schlierig  
machen kann, sodass eine sichere Messung unmöglich wird. Wohl  
aus diesen «meteorologischen» Gründen ist diese Methode wieder in  
Vergessenheit geraten.

Vergleichen wir die beiden Messmethoden, so erhalten wir fol-  
gende Beziehungen:

*a) Klassische Foucault-Methode*

Hier wird das Bild des künstlichen Sterns mit der Vergrößerung  
1 : 1 erzeugt. Betrachten wir die bekannte Linsenformel

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

und setzen darin  $b = a$  (Abbildungsmaßstab 1 : 1), so erhalten wir

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{a}, \quad \frac{1}{f} = \frac{2}{b},$$

also

$$a = 2f, \quad b = 2f.$$

Gegenstand und Bild befinden sich somit im Abstand  $a = b = 2f$   
vom Spiegelscheitel entfernt. Die erzeugenden Strahlen diver-  
gieren vor und konvergieren nach der Reflexion.

*b) Oben beschriebene Prüfmethode*

Wir setzen in die oben angegebene Linsenformel  $a \rightarrow \infty$ , mit  
anderen Worten, wir lassen die Gegenstandsweite wachsen, bis sie  
unendlich groß geworden ist. Dann dürfen wir schreiben

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{\infty} = 0.$$

Diesen Wert setzen wir in die Linsenformel ein und erhalten

$$\frac{1}{f} = 0 + \frac{1}{b},$$

also

$$f = b.$$

Das Bild des Sternes befindet sich gerade um die Größe der  
Brennweite vom Spiegelscheitel entfernt, mit anderen Worten, das  
Bild steht im Brennpunkt des Spiegels.

Wenn aber der Gegenstand im Unendlichen ist, so fallen die  
sein Bild *erzeugenden* Strahlen *parallel* auf den Spiegel ein, und kon-  
vergieren nach der Reflexion im Brennpunkt.

Dieser kleine theoretische Seitensprung hat uns also gezeigt, dass  
im Prinzip die beiden Methoden ohne weiteres ineinander überge-  
führt werden können, somit theoretisch identisch sind.

Nun stellte sich die Frage: Wie erzeugen wir ein paralleles Strahlenbündel, wenn es auf natürlichem Wege nicht ohne weiteres erhalten werden kann? Und dazu ist eben unser Kollimator da. Weil der künstliche Stern 2 genau im Brennpunkt des Spiegels 4 angeordnet ist, so wird er vom Spiegel 4 ins Unendliche abgebildet, die reflektierten Strahlen 5 verlassen den Spiegel 4 als praktisch paralleles Bündel (praktisch nur deshalb, weil der künstliche Stern nicht dimensionslos ist, was uns aber gar nicht zu beunruhigen braucht).

Der Strahlengang in unserer Einrichtung ist also nochmals kurz folgender:

Das Licht der Glühlampe 1 beleuchtet von hinten den künstlichen Stern 2. Von hier aus divergieren die Strahlen über den Planspiegel 3 bis zum Testspiegel 4, welcher mindestens so gross oder grösser als der zu prüfende Spiegel sein muss. Vom Spiegel 4 aus geht das Licht als paralleles Bündel 5 auf den zu prüfenden Spiegel 6, um nach der Reflexion über den Planspiegel 7 im Brennpunkt des Spiegels 6 zu konvergieren. Hier ist die altbekannte Messerschneide 8 angebracht.

Beim Taxieren der Fläche des Spiegels ist daran zu denken, dass durch den Planspiegel 7 der Spiegel 6 seitenverkehrt zu sehen ist.

Natürlich ist auch hier, wie auch in der Prüfmethode nach «Orion» Nr. 41, die Spiegelmitte nicht sichtbar. Nach jener Methode wird sie durch die Bohrung im Planspiegel, nach dieser durch die Fangspiegel 3 und 7 abgedeckt. Darum ist es angezeigt, Test- und Prüfspiegel mit ihren zugehörigen Fangspiegeln wenigstens einigermassen zu zentrieren, damit die verdeckte Stelle nicht zu umfangreich wird. Abgesehen davon ist die Zentrierung von Kollimator und zu prüfendem Spiegel nicht so wichtig, wenn der Testspiegel genau genug ausgeführt wurde.

Wenn wir uns die Tatsache, dass die Zonenfehler eines Parabolspiegels mit Hilfe der Prüfanordnung aus «Orion» Nr. 41 mit doppelter Empfindlichkeit sichtbar gemacht werden können, überlegen, so dünkt es uns sicher sehr schade, dass die ganze Anordnung nur mit erheblichen Schwierigkeiten hergestellt werden kann. Aber es steht uns auch in dieser Richtung ein Hintertürchen offen. Wie uns bei der ersten beschriebenen Prüfmethode bei idealen meteorologischen Verhältnissen natürliches paralleles Licht zur Verfügung steht, stehen uns auch, aber unter wesentlich günstigeren Voraussetzungen, natürliche plane Flächen zur Verfügung, nämlich die freien Oberflächen von Flüssigkeiten. Weil wir, auch im verdunkelten Raum, zur Prüfung eines Spiegels immerhin ein gewisses Minimum an Licht zur Verfügung haben müssen, einigen wir uns auf eine Flüssigkeit, welche so stark wie möglich reflektiert und das ist Quecksilber. Falls wir die Anordnung der Elemente nach Figur 2 treffen, das Glas des zu prüfenden Spiegels einen Brechungsindex von  $n =$

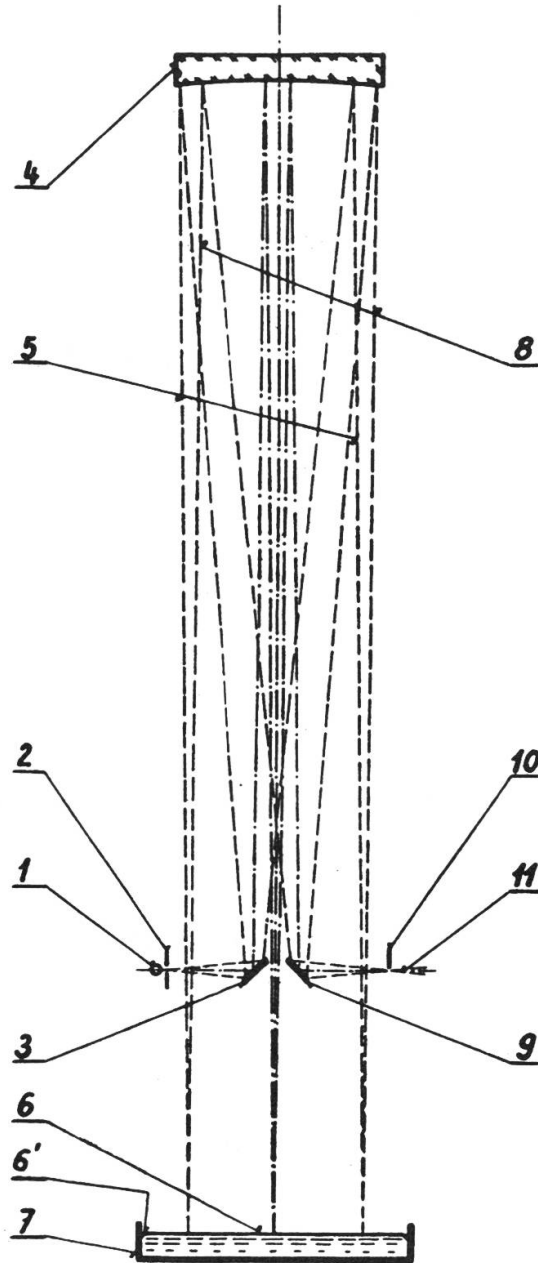


Fig. 2

1,53 hat und die beiden Planspiegel je 90 % Licht reflektieren, so erhalten wir mit einem Reflexionsvermögen des Quecksilbers von 70 % eine Lichtausbeute von

$$L = 70 \cdot \left( \frac{1.53 - 1}{1.53 + 1} \right)^4 \cdot \left( \frac{90}{100} \right)^2 = 0,109 \%$$

was absolut noch genügend ist (allerdings, wie oben schon erwähnt, nur im verdunkelten Raum).



Weil wir wegen der relativ grossen Oberflächenspannung des Quecksilbers mit Randstörungen rechnen müssen, können wir mit den Strahlengängen nicht durch den Planspiegel durchtreten, indem wir etwa ein Rohr in das Spiegelgefäss einbauen. Wir müssen sowohl mit dem gegenstandsseitigen als auch mit dem bildseitigen Strahlenbündel über separate Planspiegel gehen.

Der Strahlengang in Figur 2 ist kurz folgender: Die Glühlampe 1 beleuchtet von hinten den künstlichen Stern 2. Von hier aus divergieren die Strahlen über den Planspiegel 3 bis zum zu prüfenden Spiegel 4. Das reflektierte Licht verlässt diesen, weil ja der künstliche Stern 2 sich im Brennpunkt des Parabolspiegels 4 befindet, als praktisch paralleles Bündel 5, welches an der Flüssigkeitsoberfläche 6 reflektiert wird und, immer noch als praktisch paralleles Bündel 8, auf den Parabolspiegel 4 zurückfällt. Nach der neuerlichen Reflexion konvergiert das Bündel über den Planspiegel 9 im Bild 11 des künstlichen Sternes 2. Die Messerklinge 10 ist im (reflektierten) Brennpunkt des Spiegels 4 angeordnet.

Des oben erwähnten Randeffektes der Quecksilberoberfläche wegen muss das Quecksilbergefäss 7 einen inneren Durchmesser besitzen, welcher 50 bis 70 mm grösser ist als der Durchmesser des zu prüfenden Spiegels, wenn vorausgesetzt wird, dass das Gefäss aus Glas besteht. Ferner muss die Quecksilberoberfläche so rein wie möglich gehalten werden. Am besten wird das Quecksilber bei Nichtgebrauch in einer sehr starken Glas- oder Steingutflasche aufbewahrt. Vor Gebrauch lassen wir die Flüssigkeit durch einen Papiertrichter mit einer Oeffnung von ca. 0,3 mm Durchmesser fliesen, wodurch die Oxydhaut, welche sich stets wieder bildet, zurückgehalten wird. Auch wegen der Gefährlichkeit der Quecksilberdämpfe, welche sich in geringem Masse auch bei Raumtemperatur bilden, ist es angezeigt, die Flüssigkeit bei Nichtgebrauch in einem geschlossenen Gefäss aufzubewahren.

Wegen der sehr grossen Beweglichkeit des Quecksilbers ist das Quecksilbergefäss absolut vibrationssicher aufzustellen. Es wird in verschiedenem Sinne von Vorteil sein, die ganze Prüfanordnung im Erdgeschoss oder, noch besser, im Kellergeschoss aufzubauen.