

Zeitschrift: astro sapiens : die Zeitschrift von und für Amateur-Astronomen
Band: 2 (1992)
Heft: 1

Artikel: Ist der Spiegel das bessere Fernrohr?
Autor: Kohler, Beat
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-896915>

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: 04.05.2025

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

Ist der Spiegel das bessere Fernrohr ?

Beat Kohler

Prospektlein, Prospektlein in der Hand, welches ist der beste Spiegel im ganzen Land? Wenn auch nicht immer, so doch meistens kann man sich darüber informieren, dass man mit dem Spiegelteleskop ohnehin das bessere Fernrohr in den Händen hat. Kein Farbfehler, kleine Baugrösse, das geringe Gewicht und ein günstiger Preis machen es attraktiv. Immer wieder lassen sich solche und ähnliche Argumente in unzähligen Schriften bestaunen.

Zwar wird immer wieder der Siegeszug der Spiegelsysteme an den professionellen Sternwarten als Grund herangezogen, doch die Wahrheit dieses Siegeszuges des Spiegelfernrohrs basiert auf zwei anderen Punkten. Einerseits ist das Teleskop nach Newton das für den Amateur am einfachsten selbst zu bauende, was nach dem Krieg aus finanziellen Gründen entscheidend war. Der zweite Grund wird heute von kommerziellen Fernrohr-Herstellern gerne genutzt: Ein Linsenteleskop (Refraktor) zeigt die optischen Unzulänglichkeiten erbarungslos! Hingegen lassen sich bei einem Spiegelteleskop (Reflektor) ungenügende Eigenschaften der Optik leichter "verstecken".

Weshalb dem so ist, möchte ich in diesem Beitrag etwas verständlicher machen.



Die Vergrößerung wird durch die Öffnung bestimmt

Im Prinzip ist natürlich jeder Amateur leicht zu verstehen, der möglichst viel Teleskop in einer möglichst kleinen Packung zu einem geringst möglichen Preis haben will. In der Tat ist ja ein richtiger Refraktor mit 200 mm Öffnung seine guten 3 Meter lang, ein 200 mm Schmidt-Cassegrain (SC) hingegen nur noch 50 cm kurz. Warum soll man also ein sechsmal schwereres und teureres Gerät kaufen? Eine landläufige Meinung besagt ja, dass die maximal sinnvolle Vergrößerung gleich dem Durchmesser der Öffnung in Millimetern entspricht.

Kann bei besagten Spiegelteleskopen eine Vergrößerung von 200fach bereits jenseits des Nutzbaren liegen, so ist dies für den 200 mm Refraktor unter Umständen gerade mal die Anfangsvergrößerung.

Es ist eine Tatsache, dass die Vergrößerungsfähigkeit eines Objektivs weder von der Beugungsscheibengrösse noch von der Austrittspupillengrösse (lies: Abbildungsgrösse des Bildes auf der Netzhaut des Auges) begrenzt wird! Sie wird einzig und allein von der Qualität der Optik und der Gesamtkonstruktion bestimmt. So gibt es optische Systeme, die diese scheinbare Grenze bei weitem übertreffen können, z.B. Mikroskope. Mit diesen kann man durch ein 2 mm Objektivlein bis über 1000fach sauber und scharf vergrössern !

Wie gross ist die Beugungsscheibe einer Fläche ?

Der Grund, weshalb sich Teleskopbesitzer dessen nicht so bewusst sind, liegt bei der oftmals ungenügenden Leistung vieler Fernrohre. Weit aus nicht alle haben jemals eine echte Beugungsscheibe gesehen (nicht zu verwechseln mit dem Beugungsbild, welches auftritt wenn das Teleskop unscharf fokussiert ist). Diese sieht in der Praxis genau so aus, wie sie immer wieder beschrieben wird - trotz Wind und Wetter! Refraktoren zeigen die Beugungsscheibe auch bei starker Luftunruhe. Diese ist, wie es der Name sagt, eine Lichtscheibe mit einer erfassbaren Ausdehnung. Ist jetzt das Bild scharf genug und die Vergrößerung ebenso schwindelerregend, so kann man sich ausdenken, wieviele Dinge da noch "reinpassen" würden. Denn die Scheibe kann man mit einem deutlichen, scharfen Rand sehen.

Ausser ein paar unermüdlichen Leitsternbeobachtern gibt es doch kaum Leute unter uns, die wirklich "in die Sterne" schauen. Es sind die Nebel, Planeten, Sternhaufen, der Mond, kurz: flächenhafte Objekte die

von Interesse sind. Haben Sie sich dabei auch schon mal Gedanken gemacht, wie gross wohl die Beugungsscheibe einer Fläche ist? Im Prinzip besteht sie aus einer unendlich grossen Anzahl von Punkten. Unendlich viele Punkte fügen sich also unendlich fein aneinander an und ergeben so eine homogene Fläche.

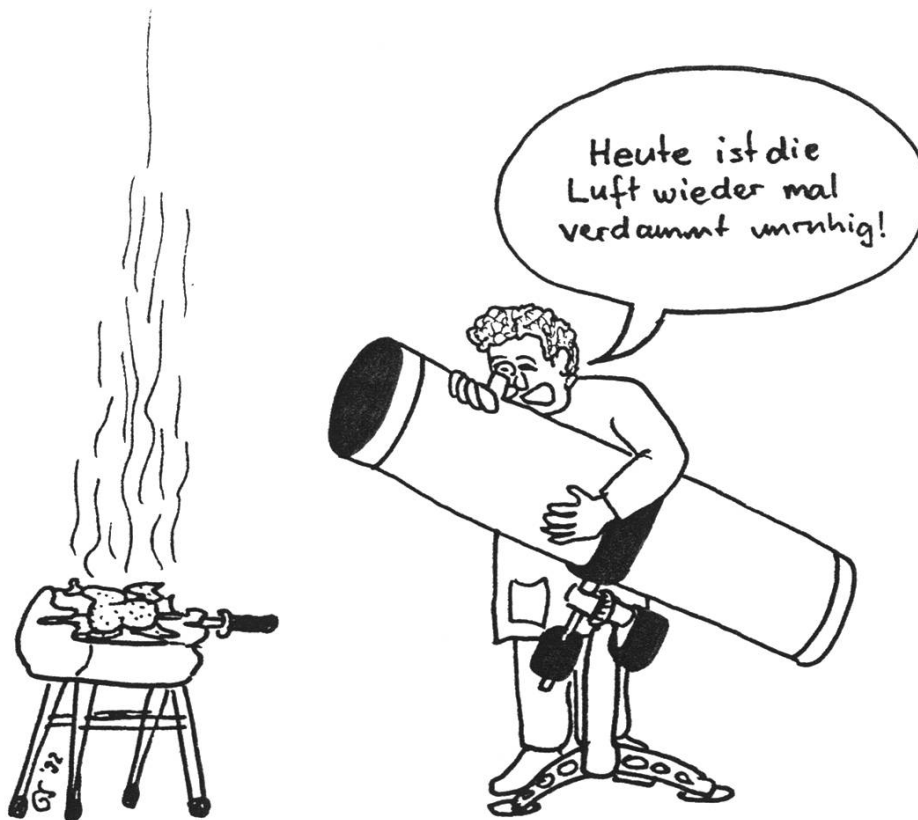
In einer Flächenabbildung spielt also die Beugungsscheibengrösse keine bestimmende Rolle mehr, das Bild wird letztlich nur von der Bildübertragungsqualität der Optik begrenzt! Genauer ausgedrückt, eine Fläche wird ebenso gross wie die kleinste Übertragungsgrösse des Objektivs plus den Beugungsscheibendurchmesser abgebildet. Leicht lässt sich dies nachprüfen, da z.B. die Jupitermonde in kleinen Teleskopen deutlich grösser erscheinen als Sternscheiben, obwohl sie nicht aufgelöst werden können. Auch kann man die Qualität des Objektivs an Doppelsternen testen, deren Abstand kleiner als die Beugungsscheibe ist. Eine ovale Scheibe zeigt einen Doppelstern an. Wer diese Erkenntnis noch weiter in die Tat umsetzen will, dem sei empfohlen, seinen längst verstaubten 60er-Refraktor vom Estrich zu holen und ihm bei der nächsten Saturn-Opposition so etwa 150fache Vergrösserung zu verpassen. Obschon Sie wissen, dass dieses Gerät rund 2" Auflösung hat, zeigt es die Cassini-Teilung mit höchstens 1" Dicke. Natürlich eignen sich auch der Mond und die Sonne als vorzügliche Objekte für Abstecher ins Einbogensekundenland... wobei Sie möglicherweise feststellen, dass Ihr altes Rohr optische Unschärfen zeigt.

Diese haben aber folgende ernsthafte Konsequenz: Die sich unendlich fein aneinanderlegenden Abbildungsscheibchen beeinflussen sich gegenseitig, sie werden umso grösser, je schlechter die Optik ist. Die Folgen sind ein sinkender Kontrast und schwindende Auflösungsfähigkeit !

Wieviel λ darf es den sein ?

Betrachten wir zum Vergleich ein Mikroskop, so müssen wir feststellen, dass dieses Instrument gegenüber dem astronomischen Teleskop einige Vorteile hat. Nicht nur wenige Luft/Glasübergänge hat es, sondern auch einen geschlossenen Tubus ohne nennenswerte Luftunruhe und vor allem ein sehr kleines Öffnungsverhältnis mit entsprechend kleinem Öffnungsfehler. Trotz des sehr kleinen Linsendurchmessers können enorme Vergrösserungen angewendet werden. Demgegenüber ist der Astronom gebeutelt; nicht nur grösser muss es sein (so etwa 200 mm Öffnung sollte es

schon haben, denkt sich der Anfänger), sondern auch ein grösseres Öffnungsverhältnis ist gefragt. Weiter muss man natürlich durch die ganze Atmosphäre hindurch beobachten und dessen Unruhe erdulden! Sehr kurzbrennweitige Teleskope sind von der Bildfehleranfälligkeit beeinträchtigt, denn je stärker ein Öffnungsverhältnis ist, desto empfindlicher reagiert es auch auf Luftunruhe im Strahlengang. Die Öffnungsfehler werden dadurch noch zusätzlich verstärkt.



Mit der Luftunruhe haben wir noch einen anderen Punkt angeschnitten: Stellen Sie sich vor, Ihr lange erwarteter 40 cm Dobson-Spiegel trifft endlich ein. Die Genauigkeit von $1/4 \lambda$ soll ja gerade ausreichen. Und flugs ist er auch schon im vorbereiteten Tubus eingebaut. Ist jetzt noch die Luftunruhe, wie so oft, nicht perfekt, ist das Strahlenbündel aus dem All bereits gestört. Kommt die meist nicht gerade atemberaubende Zentriermöglichkeit, d.h. dezentrierte Optik hinzu und schon sind von den $1/4 \lambda$ des Hauptspiegels keine mehr da. Dabei besagt doch die λ -Regel im Grunde genommen, dass die Wellenfront *im Brennpunkt* eine maximale Deformation von $1/4 \lambda$ haben darf! Sicher, ein Dobson muss nur für geringe Vergrößerungen herhalten, weshalb ein solches System durchaus befriedigen kann.

Streulicht vermindert den Kontrast

Der Grund, weshalb beim Refraktor die Fehler besser sichtbar sind, liegt eigentlich beim Reflektor. Spiegelsysteme sind bekanntlich besonders streulichtanfällig. Diese Schwäche liegt nun interessanterweise nicht beim Spiegel als solcher, wie immer wieder behauptet wird, sondern im wesentlichen am Systemaufbau !

Um dies zu verdeutlichen, wollen wir ein Gedankenexperiment machen. Stellen Sie sich eine matte Fläche vor, die von vorne beleuchtet wird. Nun beginnen wir mit dem Polieren derselben, wobei diese immer glänzender wird. Je besser die Oberfläche poliert ist, desto deutlicher lässt sich die beleuchtende Lampe als Spiegelbild darin erkennen. Die nichtleuchtenden Teile neben der Lampe werden gleichzeitig immer dunkler. Zwar bleibt die Gesamthelligkeit der Fläche ähnlich, doch werden die Kontrastunterschiede im Spiegelbild immer grösser. Leider lässt sich keine Spiegelung erreichen, die 100% ist, so dass also das Spiegelbild immer etwas dunkler und der Kontrast kaum wahrnehmbar kleiner bleibt. Fälschlicherweise wird in letzter Zeit oft gesagt, dass Zenitspiegel gegenüber einem Zenitprisma flauer sind. Dies trifft nicht zu, wie sich leicht prüfen lässt (basiert ein Zenitprisma doch auch auf Spiegelung). Dieser Sachverhalt lässt sich auch an unserem Modell veranschaulichen. Ist nämlich beidseitig der Fläche je eine schwarze Streulichtblende aufgestellt, so ist das Spiegelbild kaum vom Original zu unterscheiden. Stellt man jedoch helle Reflektorflächen oder noch besser Lampen auf, so erscheint das Bild milchig überstrahlt. Das Spiegelbild ist aufgehellt !

Optische Elemente werden allgemein zu 90%, auf Wunsch bis über 98% verspiegelt. Leider gibt es aber viele Spiegel, die 80% nicht übertreffen. Selbst sogenannte Spezialvergütungen erreichen oft nur max. 92% (laut Test's in *Sky & Telescope*, *Astronomy* u.a.). Dies hat ernste Folgen, denn was passiert mit dem nicht reflektierten Licht? Dies "verschwindet" nicht einfach, sondern hellt die Spiegelfläche auf, analog zu unserem obigen Versuch. In einem gut ausgeblendeten Strahlengang kein Problem, wie der Vergleich mit Zenitspiegel und -prisma zeigt. Doch wie gut sind unsere Teleskope gegen Streulicht geschützt ?

Um dies zu testen, verwenden Sie das Blitzgerät einer Kamera welches Sie in der Nacht von Hand an den leeren Okularauszug halten und gut abdecken. Wenn Sie es auslösen, wird das Licht rückwärts aus dem

Fernrohr gelenkt. Dabei erweist sich ein Refraktor als ideales "Schockgerät" für Unbeteiligte: Der Lichtstrahl wird konzentriert und wie ein Lichtfinger weit weggestrahlt. Hingegen wirkt ein kurzgebautes Spiegelteleskop wie ein Weitwinkelstrahler! Dem kann man mit dem Einbau von Streulichtblenden etwas entgegenwirken.

Am schlechten Kontrast der Spiegelteleskope ist also hauptsächlich das Streulicht schuld, das unkontrolliert aus irgendeiner Richtung auf den Spiegel fällt, jedoch nicht im Brennpunkt zur Abbildung gelangt. Trotzdem hellt es den Spiegel auf, über welchen wir unser Ziel anvisieren! Eine Linse ist davon übrigens kaum betroffen, liegt doch die Glasaufhellung nur bei etwa 1% (der Rest des Lichtverlustes entsteht durch Wegreflektieren). So betrachtet, erscheint die offene Gittertubus-Konstruktion ungünstig, ebenso kaum ausgeblendete Cassegrainarten mit kurzem Tubus.

Der Endspurt

Wir konnten sehen, wie ein Spiegelsystem unter Kontrastverlust leidet. Sicherlich haben Sie die eine oder andere Beobachtung in dieser Richtung schon selbst gemacht. Doch was bewirken diese Faktoren beim Bild genau? Während beim Refraktor die Beugungsscheibe klar hervortritt, umgeben von strukturierten, aber dunklen Beugungsringen, so ist diese beim Reflektor durch das deutlich aufgehellte Dunkelfeld nicht so sauber von den Beugungsringen getrennt sichtbar. Zusätzlich werden die Ringe von der Fangspiegelkonstruktion weiter aufgehellt (siehe *as 3/91*, Seite 34)! Dass letzterer Einfluss sehr grosse Wirkung hat, zeigt sich im Vergleich mit einem Schiefspiegler sofort.

Es ist eine Tatsache, dass sich ein Schärrefraktor mit zwei zusätzlichen Spiegeln im Strahlengang von einem Refraktor ohne Spiegel kaum wesentlich unterscheidet. Aber die Obstruktion im Newton- und Cassegrain-Strahlengang (die ja bei einer grösseren Fernrohr Austrittspupille als die Augenpupille des Beobachters direkt gesehen werden kann) verschlechtert den Kontrast beim visuellen Beobachten zusätzlich.

Diese Punkte erklären den Umstand, weshalb man bei Spiegelteleskopen optische Fehler besser "verstecken" kann. Die helleren und undeutlicheren Beugungsringe im Spiegelsystem werden schon bei geringer Luftunruhe sofort verschmiert, so dass die Beugungsscheibe in ein Konfettistern verwandelt wird. Diese Empfindlichkeit steigt bei zunehmenden

der Grösse des Instrumentes und bei zunehmendem Öffnungsverhältnis - ein Teufelskreis. Wenn jetzt das Bild ohnehin schnell verschmiert, so lassen sich optische Ungenauigkeiten, die sich bei optimalen Verhältnissen (oder im Labortest) in hellen Beugungsringen und einer dunkleren Beugungsscheibe zeigen, äusserst leicht verstecken! Man kann sich zu Herzen nehmen, dass beim Linsenteleskop vier statt nur zwei optische Flächen aufeinander abstimmen zu müssen. Verschwiegen wird aber, dass reflektierende Flächen mit der doppelten Genauigkeit hergestellt werden müssen und vom zwingend notwendigen Fangspiegel kaum je die Rede ist.

Trotz allen angeführten Argumenten kann man sich fragen, weshalb die Profis ganz auf Spiegel setzen. Beim Grossteleskop kann der Spiegel einige ganz gewichtige Vorteile gegenüber dem Linsenteleskop aufweisen. In einem Beitrag von Xavier Donath (siehe *as* 3/91, Seite 21) sind diese auch treffend dargestellt. Ich glaube, noch einen weiteren Vorteil anfügen zu können: Der geringe Kontrast. Während sich beim visuellen Beobachten ein geringer Kontrast sehr nachteilig auswirkt, kommt er doch den CCD-Kameras entgegen. Diese sind Meister im Trennen geringster Kontraste, kommen beim Trennen hoher Kontraste dem menschlichen Auge jedoch nicht nach. Dass Grossteleskope mit extremer Genauigkeit hergestellt werden, versteht sich von selbst. Aber es gibt natürlich auch einen anderen entscheidenden Punkt, der für Spiegelteleskope spricht. Sie können relativ leicht selbst hergestellt werden und sind billig. Und dass man ein Spiegelteleskop in rundum guter Qualität bauen kann, ist selbstverständlich.

Entgegen etwa 10-jährigen Wunschgedanken und entsprechenden Voraussagen betreffend meinem Trauminstrument, ist dies heute ein simpler Refraktor konventioneller Technik, aber in vorzüglicher Qualität.

