

Zeitschrift: astro sapiens : die Zeitschrift von und für Amateur-Astronomen
Band: 1 (1991)
Heft: 3

Artikel: Abschattierung und Vignettierung bei Newton-Teleskopen
Autor: Hägi, Markus
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-896892>

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: 22.12.2024

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

Abschattierung und Vignettierung bei Newton-Teleskopen

Markus Hägi

Der englische Physiker und Mathematiker Isaac Newton stellte im Jahre 1668 sein erstes Spiegelteleskop fertig. Es besass einen Hohlspiegel, der das gesammelte Licht über einen flachen, um 45 Grad zur optischen Achse geneigten Sekundärspiegel ins Okular lenkte.

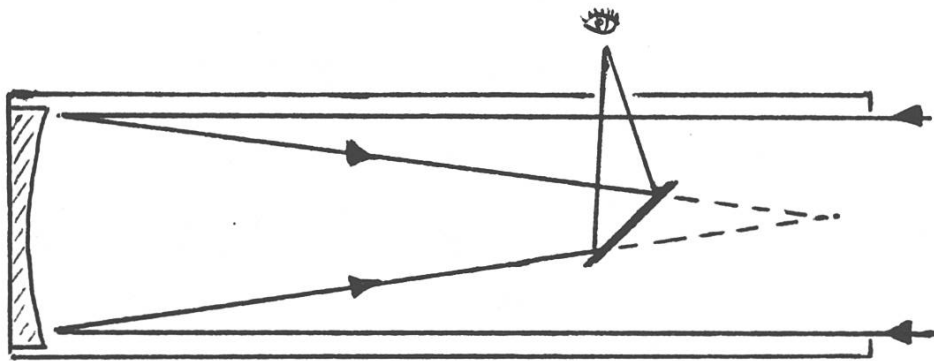


Abbildung 1: Newton-Teleskop

Newton's Version des Spiegelteleskops hat zusammen mit anderen Bauarten (z.B. nach Cassegrain) bis in die heutige Zeit überlebt. Vor allem unter Amateur-Astronomen hat das klassische Newton-Teleskop grosse Verbreitung gefunden. Damit ein solches Teleskop seine volle Leistungsfähigkeit erbringt, müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden.

Das wichtigste Kriterium ist sicher ein einwandfreier Zustand der Optik. Der Amateur hat dabei die Wahl zwischen einer dem Preis-Leistungsverhältnis angepassten, kommerziellen Optik und einer eigens angefertigten, meist besseren Optik. Ein weiterer, wichtiger Faktor für die Leistungsfähigkeit des Teleskops ist die Grösse und Lage des Sekundärspiegels. Dies wollen wir hier genauer betrachten.

Die Gesetze der Optik lehren uns, dass ein Lichtbündel, welches eine Öffnung passiert, durch Beugung eine leichte Aufweitung erfährt (Abb. 2).

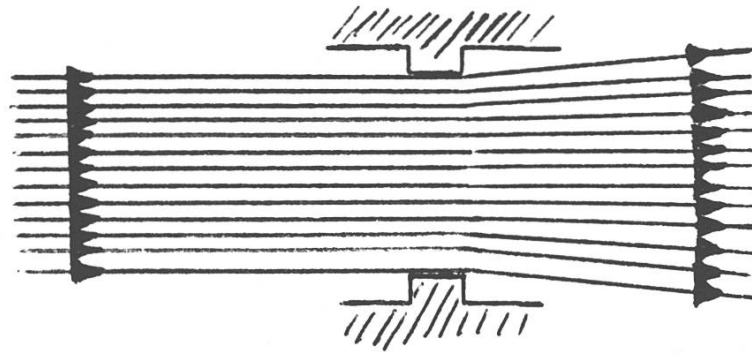


Abbildung 2: Aufweitung eines Lichtbündels

Nun hat bekanntlich das Objektiv eines Teleskops (im Fall eines Newton-Teleskops der Hauptspiegel) einen begrenzten Durchmesser. Die Folge ist auch hier eine Erhöhung des Durchmessers des Lichtbündels hinter dem Objektiv. Das optische System (Hauptspiegel) fokussiert dann das Licht nicht genau auf einen Punkt, sondern auf ein kleines zentrales Scheibchen, das von hellen Ringen umgeben ist. Wir nennen dieses Bild das Beugungsbild des Objektivs, das zentrale Scheibchen heisst Beugungsscheibchen (Abb. 3).

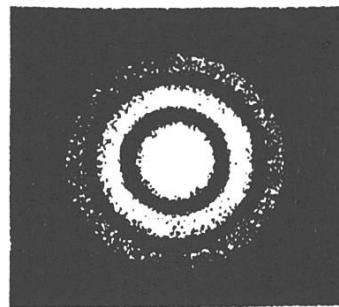


Abbildung 3: Beugungsbild eines Objektivs

Gemäss dieser Aussage wird also z.B. das Lichtbündel eines Sterns nicht auf einen Punkt, sondern auf ein Scheibchen und umliegende Kreise abgebildet. In einem Teleskop mit guter Optik und bei sehr hoher Vergrösserung können wir dies leicht nachprüfen.

Das Beugungsbild bestimmt nun das theoretische Auflösungsvermögen eines Teleskops. Es entscheidet gewissermassen, ob zwei Strukturen einer Planetenoberfläche oder zwei Sterne voneinander getrennt werden können oder nicht. Betrachtet man die Verteilung des Lichtes im Beugungsbild, so stellt man fest, dass 83.8% der Lichtenergie im zentralen Beugungsscheibchen konzentriert sind. Die restlichen 16.2% der Energie verteilen sich auf die umliegenden Ringe. Dies sind leider nur theoretische Werte, denn ein Newton-Teleskop hat bekanntlich in seinem

Strahlengang einen Sekundärspiegel, der als Hindernis betrachtet werden muss. Man könnte annehmen, dass dieses Hindernis bei der Beobachtung vor allem zu einer Verdunkelung des Bildes führen würde. Diese ist aber sehr gering. Weitaus schlimmer ist die folgende Auswirkung: Der Sekundärspiegel verursacht je nach seiner Grösse eine mehr oder weniger starke Neuverteilung der Energie im Beugungsbild. Je grösser der Sekundärspiegel im Vergleich zum Hauptspiegel ist, desto mehr Energie geht vom zentralen Scheibchen in die umliegenden Ringe über. Die Konsequenz davon ist vor allem eine Herabsetzung des Auflösungsvermögens des Teleskops. Denn schon bei kleinen Luftturbulenzen ist die Trennung zwischen dem zentralen Scheibchen und dem stärker gewordenen ersten Ring kaum mehr zu erkennen. Wir erhalten so scheinbar ein viel grösseres zentrales Beugungsscheibchen. Um genaue Aussagen über die Auswirkungen machen zu können, definieren wir den folgenden Wert:

$$\text{Abschattierung} = \frac{\text{Grösse der Sekundärspiegelfassung}}{\text{Grösse des Hauptspiegels}}$$

Die Abschattierung verringert sich also, wenn der Sekundärspiegel im Vergleich zum Hauptspiegel kleiner wird.

Relative Abschattierung	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5
% der Energie im ...					
zentralen Scheibchen	83.8	81.8	76.4	68.2	47.8
ersten Ring	7.2	8.7	13.7	21.8	35.2
zweiten Ring	2.8	1.9	0.7	0.5	7.2
dritten Ring	1.5	2.4	4.0	2.5	0.2
in allen Ringen	16.2	18.2	23.6	31.8	52.2

Obige Tabelle¹ zeigt die Energieverteilung im Beugungsbild in Abhängigkeit von der Abschattierung. Der bekannte Teleskopkonstrukteur Jean Texereau bemerkt dazu: "In der Praxis ruft eine Abschattierung von 0.1 keine bemerkbare Veränderung im Bild hervor. Eine Abschattierung von 0.2 bewirkt eine sichtbare aber tolerierbare Verstärkung des ersten Ringes. Ein Wert von 0.3 ist nicht zu empfehlen, speziell bei einem Instrument, das für Planeten- oder Doppelsternbeobachtungen gebraucht

¹ Aus: Jean Texereau, How to Make a Telescope

wird." Er fügt als Beispiel hinzu, dass ein 40 cm-Teleskop mit einer Abschattung von 0.5 bei kleinen Luftturbulenzen nicht besser als ein 15 cm-Teleskop ohne Abschattung arbeiten wird. Etwas anders sieht es für die Astrofotografie aus. Hier sind Abschattungswerte von 0.3 durchaus noch akzeptabel, da die Auflösung des Teleskops dann bestimmt wird durch die grösste Luftunruhe während der Belichtung.

Leider ist es nun so, dass der Sekundärspiegel nicht beliebig klein gewählt werden kann. Denn dieser hat bekanntlich die Aufgabe, das ganze vom Hauptspiegel aufgefangene Licht weiterzuleiten. Diese Aufgabe kann er nur erfüllen, wenn er eine bestimmte Grösse besitzt.

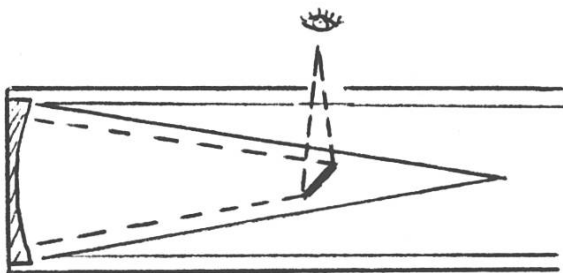


Abbildung 4:
Sekundärspiegel zu klein

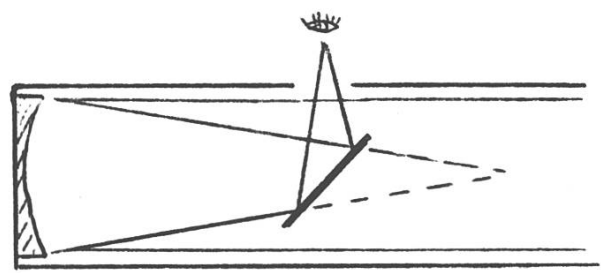


Abbildung 5:
Sekundärspiegel-Grösse ideal

Ist der Sekundärspiegel zu klein, so tritt eine sogenannte Vignettierung auf, d.h., nicht das ganze Licht vom Hauptspiegel gelangt in den Brennpunkt. In der Praxis wirkt sich die Vignettierung durch einen Lichtverlust am Bildfeldrand aus.

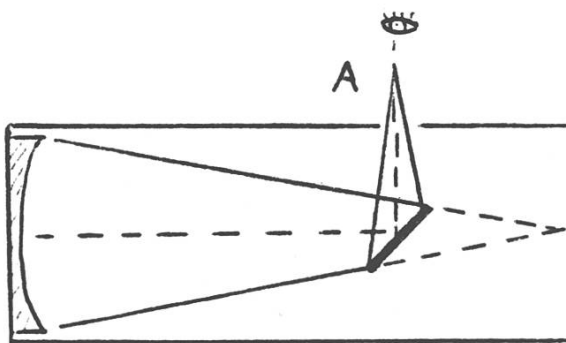


Abbildung 6

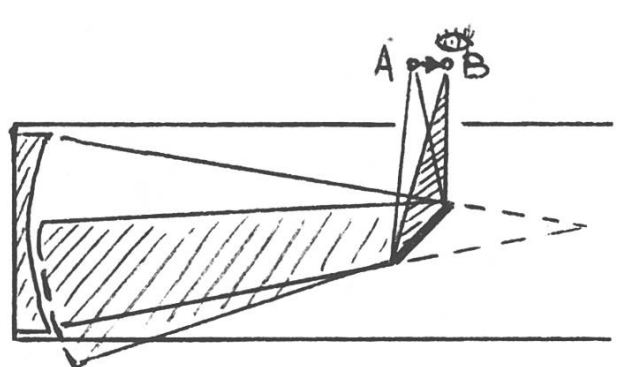


Abbildung 7

Wird die Grösse des Sekundärspiegels wie in Abb. 6 gewählt, so sehen wir vom markierten Brennpunkt A aus gerade noch den ganzen Haupt-

spiegel. Bewegen wir uns nun von A in der Brennebene seitlich nach B (wie in Abb. 7 dargestellt), so ist dort nicht mehr der ganze Hauptspiegel sichtbar, es tritt in B eine Vignettierung auf. Folgende Frage stellt sich also allgemein: Wie gross ist das Feld in der Brennebene, in welchem wir den ganzen Hauptspiegel erkennen können? Man nennt dieses Feld das **vignettierungsfreie oder voll ausgeleuchtete Feld**. Für Planetenbeobachtungen reicht es, wenn dieses Feld wenige Millimeter gross ist (etwa 10 mm). Für die Beobachtung grossflächiger Objekte (Mond, Deep Sky) und für die Astrofotografie brauchen wir ein möglichst grosses vignettierungsfreies Feld (bei letzterem wenn möglich Filmformat-Grösse).

Ohne Messungen und grosse Rechnungen lässt sich eine grobe Abschätzung über die Grösse dieses Feldes machen: Man setze bei Tageslicht ein Okular in den Auszug ein und fokussiere an einem abgelegenen Objekt. Man entfernt nun das Okular und geht mit dem Auge etwa an die gleiche Stelle. Es lässt sich so überprüfen, ob der Hauptspiegel vollständig sichtbar ist und wie weit man sich dabei seitwärts weg bewegen kann.

Aus geometrischen Verhältnisbetrachtungen erhalten wir für die **Grösse des voll ausgeleuchteten Feldes** in der Brennebene folgende Formel:

$$v = \frac{d}{1 - \frac{S}{F}} - \frac{D * S}{F - S}$$

Dabei ist

- v : Durchmesser des voll ausgeleuchteten Feldes in der Brennebene
- d : Durchmesser des Sekundärspiegels
- D : Durchmesser des Hauptspiegels
- F : Brennweite des Hauptspiegels
- S : Distanz Sekundärspiegel zu Brennpunkt

Bei einem Newton-Teleskop mit gegebener Öffnung können wir also den Wert v erhöhen durch:

- (1) **Vergrössern des Fangspiegels** oder
- (2) **Verkleinern der Distanz S**
(verschieben des Sekundärspiegels weg vom Hauptspiegel)

Die Massnahme (1) erhöht den ohnehin schon kritischen Wert der Abschattung und kommt für seriöse Planetenbeobachtungen nicht in

Frage. Massnahme (2) macht eine Verschiebung und vor allem eine Verkürzung des Okularauszuges erforderlich, da die Brennebene näher an das Rohr zu liegen kommt. Bei einem für Astrofotografie ausgerüsteten Teleskop ist diese Massnahme oft nicht ausführbar, da jeweils die Tiefe der Kamera einberechnet werden muss. **Schlussfolgerung:** Entweder wir akzeptieren die relativ grosse Abschattierung und das kleine vignettierungsfreie Feld als Kompromiss oder wir konstruieren ein Teleskop mit zwei auswechselbaren Sekundärspiegeln unterschiedlicher Grösse und dazugehörigen Okularauszügen. Zur Beobachtung benutzen wir den kleinen, zur Fotografie den grossen, etwas näher beim Hauptspiegel gelegenen Fangspiegel mit seinem eigenen Okularauszug.

Um die Problematik etwas zu verdeutlichen, betrachten wir abschliessend das folgende Rechenbeispiel aus der Praxis:

Teleskop: 25 cm-Newton von Meade (Modell 1060)

Sekundärspiegel-Durchmesser:	51 mm
Aussendurchmesser der Fassung:	57 mm
Brennweite Hauptspiegel:	1524 mm
Durchmesser Hauptspiegel:	254 mm
Distanz Sekundärspiegel - Brennpunkt:	350 mm

Die Abschattierung beträgt demnach 0.22. Dieser Wert ist für Planetenbeobachtungen bereits kritisch aber gesamthaft noch akzeptabel. Für das voll ausgeleuchtete Feld erhalten wir:

$$v = \frac{51}{1 - \frac{350}{1524}} - \frac{254 * 350}{1524 - 350} = -9.5 \text{ mm}$$

Das Minuszeichen deutet darauf hin, dass der Hauptspiegel nirgends ganz sichtbar ist. Eine Zusatzrechnung ergibt, dass bei allen Beobachtungen maximal 22 cm der Gesamtöffnung ausgenutzt werden. Dies führt in der Praxis zu einem Öffnungsverhältnis von 1:7 anstelle von 1:6. Im weiteren ist das ganze Bildfeld vignettiert. Wie wir gesehen haben, lässt sich dieses Problem allgemein durch Vergrösserung des Sekundärspiegels und/oder durch Verkürzung der Distanz S beseitigen. In diesem Fall liegt der Fehler aber ganz deutlich bei der viel zu grossen Distanz S. Es ist unverständlich, weshalb viele Firmen überdimensionierte Okularauszüge produzieren. Denn mit einem kürzeren Okularauszug an der richtigen Stelle liesse sich das Problem grösstenteils beheben.