

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Band: 73 (2015)
Heft: 387

Artikel: Das Schliessen einer Lücke in der Fachliteratur über die visuell erreichbare stellare Grenzgrösse : eine neue Leistungsgrösse für Ferngläser
Autor: Fankhauser, Beat
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897349>

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: 08.11.2024

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

Das Schliessen einer Lücke in der Fachliteratur über die visuell erreichbare stellare Grenzgrösse

Eine neue Leistungsgrösse für Ferngläser

■ Von Beat Fankhauser

Vergrössert sich der Objektivdurchmesser eines Fernglases bei gleichbleibender Vergrößerung, so nimmt zwar die scheinbare Helligkeit eines beobachteten Sterns zu, leider aber auch jene des Himmelshintergrunds. Somit schwächt sich der relative Kontrast ab und der Sichtbarkeitsgewinn geringer ausfällt als erwartet. Durch Erhöhung der Vergrößerung kann der Kontrastverlust aufgefangen und sogar überkompensiert werden, bis zur Sichtbarmachung noch schwächerer Sterne.



BILD: BEAT FANKHAUSER

Bekanntlich weist die Bezeichnung «10 x 50» eines Fernglases darauf hin, dass dieses 10-fach vergrössert und einen Objektivdurchmesser von 50 mm hat. Die Quadratwurzel aus dem Produkt $v \times d$ (Vergrößerung \times Durchmesser) wird als Dämmerungszahl bezeichnet und wurde lange Zeit als die Leistungskennzahl eines Fernglases in der Dämmerung (d. h. bei voll geöffneter Augenpupille $>$ Austrittspupille des Fernglases) verwendet. Wir nennen sie in der Folge D .

Stellen wir nun der Anschauung halber dem eingangs erwähnten 10 x 50er ein 20 x 100er-Fernglas gegenüber (siehe Tabelle 1).

Wenn es um die Erkennbarkeit schwächster Sterne geht, muss jedoch D^2 verwendet werden. Grund: Mit einem 20 x 100er-Fernglas ist man von einem Stern scheinbar nur halb so weit entfernt wie mit einem 10 x 50er. Es zeigt den Stern also mit doppeltem Durchmesser, 4-facher Fläche und damit 4-facher scheinbarer Helligkeit. Hier kann angewendet werden, dass die Entfernung des Sterns viel zu gross und sein scheinbarer Durchmesser damit viel zu klein ist, so dass der Grössenunterschied der Beugungsscheibchen weit unter die Wahrnehmungsschwelle fällt. Dies stimmt

Vergleich zweier Ferngläser

Vergrößerung	10 x	20 x
Objektiv-Durchmesser	50 mm	100 mm
Dämmerungszahl	$(10 \times 50)^{1/2} = 22.36 = D_1$	$(20 \times 100)^{1/2} = 44.72 = D_2$

Es gilt: $D_2 / D_1 = 44.72 / 22.36 = 2$, daraus folgt:

Das 20 x 100er-Fernglas hat die 2-fache «Dämmerungsleistung» eines 10 x 50ers.

Tabelle 1: Hier die wichtigsten Vergleichszahlen zwischen den beiden Ferngläsern.

zwar in Bezug auf Durchmesser und Fläche, nicht aber auf die einfallende Energie: Das doppelt so grosse Objektiv mit der 4-fachen Strahlungsenergie des Sterns auf, womit der 2 Mal nähere Stern tatsächlich 4 Mal so hell erscheint (Siehe auch Power and Aperture in Binoculars von ALAN MACROBERT, Sky & Telescope, 28. Juli 2006). Nun kann auch die in den beiden Gläsern wahrnehmbare stellare Magnitudendifferenz berechnet werden.

Wir definieren mag = Magnitudendifferenz und h = Helligkeitsfaktor:

- $h^5 = 100$ {astronomische Definition}
- $h = 100^{1/5} \sim 2.512$
- $2.512^5 \sim 100$, das heisst:

1^{mag} entspricht der 2.512 fachen Helligkeit

2^{mag} entspricht der $2.512^2 \sim 6.310$ -fachen Helligkeit

.....

5^{mag} entspricht der $2.512^5 = 100$ -fachen Helligkeit und so weiter.

Bei der vorliegenden 4-fachen Helligkeit gilt dann:

■ $2.512^x = 4$, und somit ist die gesuchte Grösse:

$x = \log(4) / \log(2.512) = 1.505^{mag}$, mit anderen Worten:

Das 20x100er-Glas zeigt Sterne, die 1.5 Magnituden schwächer sind als das 10x50er-Glas.

Seitens verschiedener Beobachter ist immer wieder behauptet wor-

Adler-Index ($A = v \cdot d^{1/2}$)

Vergrößerung	10 x	20 x
Objektiv-Durchmesser	50 mm	100 mm
Dämmerungszahl	22.36	44.72
Adler-Index	$10 \cdot 50^{1/2} = 70.71 = A_1$	$20 \cdot 100^{1/2} = 200 = A_2$

Damit ergibt sich für den Grössenklassen-Gewinn:
 $A_2 / A_1 = 200 / 70.71 = 2.83$ und $\log(2.83) / \log(2.512) = 1.13^{\text{mag}}$ anstatt der oben errechneten Magnituden-Differenz von $\sim 1.5^{\text{mag}}$!

Tabelle 2: Der Adler-Index auf die beiden Ferngläser berechnet.

den, dass die Vergrößerung für die Erreichbarkeit schwächster Sterne (bei Fernglas-typischen Pupillengrössen von 2 bis 7 mm) wichtiger ist als der Objektivdurchmesser. Und zwar hat man sich (gestützt auf Beobachtungen) auf «doppelt so wichtig» geeinigt. Der sogenannte Adler-Index (benannt nach einem Optiker) versucht, diesem Umstand der zweifachen Dominanz der Vergrößerung v über den Objektivdurchmesser d folgendermassen gerecht zu werden (siehe Tabelle 2).

Zweifel an der Relevanz des Adler-Indexes

ED ZARENSKI (langjähriger Administrator des «Binocular»-Forums von cloudynights.com) hat behauptet, die Relevanz dieses Adlerindex für die wahrnehmbare Grenzgrösse von Sternen mittels verschiedenster Ferngläser (unterschiedlicher Vergrößerungen, Durchmesser und damit Austrittspupillen) durch rein visuelle Beobachtungen am Sternhimmel bestätigt zu haben. Hier sei jedoch ein handfester Zweifel angemeldet.

Denn der Adler-Index versagt offensichtlich beim Vergleich der eben dargelegten Beispiele $10 \times 50 \leftrightarrow 20 \times 100$, indem nämlich der Quotient der betreffenden Adler-Indizes den 2.83-fachen und nicht den oben hergeleiteten und zweifelsfrei richtigen 4-fachen Helligkeitsunterschied ergibt.

Greifen wir auf die zuoberst errechneten Dämmerungszahlen D zurück, so ist dort bereits gezeigt worden, dass zwar nicht deren Quotient, dafür aber der Quotient ihrer Quadrate sehr wohl zur geforderten Helligkeitsverhältniszahl 4 führt:

$$\blacksquare D_2^2 / D_1^2 = 44.72^2 / 22.36^2 = 4$$

Es erhebt sich das Problem, auf welche Weise der Fehler behoben respektive die beiden obigen Indizes erfolgreich kombiniert werden können. Hierbei sind zwei Forderungen zu berücksichtigen:

Erstens soll wie beim Adler-Index die Vergrößerung doppelt so stark (im Sinne einer 2. Potenz) ins Gewicht fallen wie der Objektivdurchmesser, und zweitens soll (wie beim Quadrat der Dämmerungszahl) die Proportion zweier unterschiedlich grosser, aber skalierten Ferngläser (Skalierfaktor = s) mit gleichen Austrittspupillen ($50 \text{ mm} / 10 = 5 \text{ mm}$ sowie $100 \text{ mm} / 20 = 5 \text{ mm}$) einen Helligkeitsunterschied ergeben, der dem Quadrat des Skalierfaktors entspricht:

In unserem Beispiel ist dies $s = 2 : 1 = 2 \Rightarrow s^2 = 4$ -facher (oben errechneter) Helligkeitsquotient.

Dies wird erreicht, indem ein neuer Index gegenüber dem Adler-Index folgendermassen modifiziert berechnet wird:

$$\blacksquare N = (v^2 \cdot d)^{1/3} = v^{2/3} \cdot d^{1/3}, \text{ und quadriert ergibt sich der neue Vergleichsindex } N^2 = (v^2 \cdot d)^{2/3} \quad (1)$$

Anwendung auf verschiedene Ferngläser

Fernglas	A	B	C	D	E
Vergrößerung	7 x	10 x	20 x	14 x	20 x
Objektiv-Durchmesser	50 mm	50 mm	50 mm	100 mm	100 mm
N	13.48	17.10	27.14	26.96	34.20
Vergleichsgrösse N^2	181.74	292.4	736.8	726.95	1169.6
Stellare Grenz-Magnitudo	9.0 *)	9.5 **)	10.5	10.5 ***)	11.0 ***)

*) realistische Annahme

Tabelle 3: Der N^2 -Index auf verschiedene Ferngläser berechnet.



Diese neue Formel soll nun nicht nur auf die bisher verwendeten zwei Ferngläser B und E, sondern ausserdem auf drei weitere hypothetische (ideale) Ferngläser angewandt werden (vgl. Tabelle 3).

In der letzten Zeile von Tabelle 3 wurde die Magnituden-Differenz z. B. wie folgt berechnet:

$$\blacksquare N_B^2 / N_A^2 = 292.4 / 181.74 = 1.61 \text{ und } \log(1.61) / \log(2.512) \sim 0.5^{\text{mag}} **)$$

Wie in den Tabellenzeilen 5 und 6 sichtbar wird, unterscheiden sich die mit 2 skalierten Gläser A und D sowie B und E in der Tat je durch einen 4-fachen Helligkeitsquotienten und 1.5^{mag} ***).

Ebenso beträgt die Magnitudenzunahme von A auf B (nur Vergrößerungszunahme um den Faktor $2^{1/2} \sim 1.4$) $\Rightarrow 0.5^{\text{mag}}$, jene von B auf C (nur Vergrößerungszunahme um den Faktor 2) $\Rightarrow 1.0^{\text{mag}}$ und jene von C oder D auf E wieder nur noch je $\Rightarrow 0.5^{\text{mag}}$, womit deutlich wird, dass die hier mittels der neuen Berechnungsmethode gewonnenen Magnituden-Differenzen alle tatsächlich doppelt so stark durch die Vergrößerung bestimmt werden als durch den Durchmesser der Objektiv. Damit ist beiden oben verlangten Forderungen Genüge getan.

Für den Grössenklassen-Gewinn lassen sich die dargelegten Erkenntnisse nun in einer einzigen Formel zusammenfassen:

$$\blacksquare \text{Magnituden-Differenz} = M \quad (2), (3)$$

$$= \log \{ N_2^2 / N_1^2 \} / \log(h)$$

$$= \log \{ [(v_2^2 \cdot d_2) / (v_1^2 \cdot d_1)]^{2/3} \} / \log(2.512)$$

Zwecks ihrer Überprüfung hat der Autor diese Formel u. a. auf konkrete Messwerte (des bereits erwähnten ED ZARENSKI) zweier nicht skalierten Ferngläser unterschiedlicher Leistungsgrössen angewandt. Auf weit über hundert Einzel-Beobachtungen gestützt, hat dieser, und zwar bei einer NELM (naked eye limiting magnitude) von 4.4^{mag} bis 4.68^{mag} , im Mittel Grenzgrössen erhalten, wie sie in Tabelle 4 zu finden sind.

Selber ausprobieren

Dem Leser sei es überlassen, die Formel anhand der hier vorgestellten Beispiele oder von eigenen Ferngläsern selber mit dem Taschenrechner auszuprobieren re-

spektive am Himmel auszutesten. Ergänzende Beobachtungsergebnisse oder Gedanken (auch kritischer Art) nimmt der Autor gerne entgegen.

Es bleibt zu betonen, dass die Formeln (1), (2) und (3) – welche die hier geäußerten Erkenntnisse zusammenfassen – nur für idealisierte Ferngläser gilt, d. h. unter der Voraussetzung, dass diese in Transmission, Kontrast und Bildschärfe übereinstimmen. Letztere können als zusätzliche Faktoren eingefügt werden. – Dafür aber erheben sie andererseits den Anspruch auf Gültigkeit nicht nur für skalierte Ferngläser, sondern für beliebige Kombinationen von Vergrößerungen und Objektivdurchmessern, welche eine Austrittspupille von > 2.3 mm [1] ergeben – bis hinauf zur maximal dunkeladaptierten Augenpupille (von z. B. 7 mm) eines bestimmten Beobachters.

■ Beat Fankhauser

Rosenweg 5
CH-3073 Gümligen
beat_fankhauser@bluewin.ch

Beobachtete / berechnete Grenzgrößen



Fernglas	Beobachtungen	Adler-Index	Neue Formel	Geräte-Hersteller
8 x 42	9.25 ^{mag}	9.2 *)	9.2	u. a. Zeiss oder Leica
16 x 70	10.62 ^{mag}	10.2 (!)	10.6	Fujinon

*) Annahme zwecks Vergleich: (8 x 42 ⇨ 9.2) ⇨ (16 x 70 ⇨ 10.2)

Tabelle 4: Die beobachtete Grenzgrößen im Vergleich mit der neuen Formel.

Anmerkung

- [1] Wobei eine AP von 2,3 mm der sog. «optimalen» Fernrohr-Vergrößerung entspricht.
«(It) is the largest exit pupil diameter that allows an observer to barely distinguish the Airy disk from a perfect pin-point star image.» (Seite 17 aus «Telescopes, Eyepieces, Astrographs» by SMITH, CERAGIOLI and BERRY, WB 2012)



www.teleskop-express.de

Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

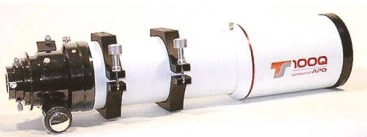
Der große Onlineshop für **Astronomie, Fotografie und Naturbeobachtung**

mit über **4500 Angeboten!**

Von Teleskop-Service: Quadruplet Apos mit gebnetem Bildfeld



TSAP065Q



TSAP0100Q

Die **Quadruplet Serie** wurde von Teleskop Service für den anspruchsvollen Astrofotografen und Beobachter entwickelt. Die Abbildung ist frei von Farbfehlern und bietet einen hervorragenden Kontrast. Durch den eingebauten Korrektor ist das Feld perfekt gebnet. Sie werden von Anfang an eine perfekte Sternabbildung im Feld haben, ohne mühsame Suche nach Korrektoren und dem richtigen Abstand. Obwohl diese APO für Astrofotografie optimiert wurden, bieten sie auch visuell eine sehr gute Leistung. Die Sterne sind knackscharf und werden ohne Farbfehler abgebildet. Die Abbildung bleibt auch bei hohen Vergrößerungen scharf und kontrastreich.

Ein erstklassiger APO für Astrofotografie:

Unser Ziel war, eine kompromisslose Abbildungsqualität auf der Achse UND im Feld zu erreichen und zwar ohne zusätzliche Plattener oder Korrektoren. Der Korrektor muß fix eingebaut sein und natürlich im optimalen Abstand zum Objektiv sein. Dies wird durch einen optionalen Plattener kaum erreicht. Zudem muß der Apo mechanisch solide und leicht justierbar sein. Das ist mit den Flatfield APOs gelungen.

TSAP065Q
65 / 420 mm: 662,- CHF netto

TLApo80Q (in Vorbereitung)
80 / 520 mm: 1.121,- CHF netto

TSAP0100Q
100 / 580 mm: 2.243,- CHF netto

TSAP0100Q
100 / 580 mm: 2.243,- CHF netto

Exklusiv von Teleskop-Service: UNC und ONTC Newton Teleskope



6" bis 14" Öffnung
f/3 bis f/6,4

Die Ausstattungsmerkmale der UNC Newtons:

- Leichtbauweise mit hochwertigem Carbon Tubus aus Deutschland
- beugungsbegrenzter parabolischer Hauptspiegel
- forcierte Reflektion mit 94% auf Haupt- und Fangspiegel
- optimierte Fokusposition nach Wunsch
- Ausleuchtung nach Wunsch und Kundenangaben
- genauer 2" Crayford Okularauszug von Baader
- Einhaltung genauester Fertigungstoleranzen
- jeder UNC Newton wird vor Versand auf der optischen Bank getestet

Die Ausstattungsmerkmale der ONTC Newtons:

- Leichtbauweise mit hochwertigem Carbon Tubus aus Deutschland
- Carbon Tubus nach Wahl - Sandwich Bauweise oder Vollmaterial mit Endringen
- drei Fokuspositionen nach Wahl - binnen Minuten umrüstbar
- freie Wahl des Okularauszuges aus unserem Sortiment
- Ausleuchtung und Fangspiegelgröße nach Wunsch und Beratung
- geprüfte Haupt- und Fangspiegel bester Qualität von TS-Optics oder Orion-UK
- Haupt- und Fangspiegelfassung aus Deutschland
- Einhaltung genauester Fertigungstoleranzen
- jeder ONTC Newton wird vor Versand auf der optischen Bank getestet