

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Band: 59 (2001)
Heft: 303

Artikel: Der Kontrastabstand bei visueller Beobachtung flächenhafter Deep-Sky-Objekte im Teleskop
Autor: Lippmann, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897893>

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: 01.11.2024

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

Der Kontrastabstand bei visueller Beobachtung flächenhafter Deep-Sky-Objekte im Teleskop

HANS LIPPMANN

Einführung

Das menschliche Auge verhält sich bei sehr schwachem Licht, wie es dem Nachthimmel entspricht, anders als eine Fotokamera. Die Physiologie des Auges ist letztlich auf die biologische Evolution des Menschen aus Arten, die Tagtiere waren, zurückzuführen. Eine Herausforderung besteht offenbar darin, daß es den Augen trotz alledem möglich ist, Deep-Sky-Objekte wahrzunehmen und in manchen Fällen an diesen sogar eine Struktur zu erkennen, sofern man diese Objekte wegen ihrer geringen Flächenhelligkeit durch ein Teleskop beobachtet. Dieses dient im Gegensatz zur Beobachtung irdischer Objekte und des Mondes sowie heller Planeten vorrangig der Lichtansammlung auf der Netzhaut. Seltener erweisen sich die Objekte flächenmäßig als zu klein, um gesehen werden zu können, meist aber als zu lichtschwach. Eine der wichtigsten Konsequenzen für die Beobachtbarkeit der Deep-Sky-Objekte ist daher das Vorhandensein eines hinreichend dunklen Himmelshintergrundes. Infolge der Anatomie und Physiologie büßt unser Auge in der Dunkelheit an Auflösungsvermögen ein, wie jeder vom Zeitunglesen bei einfallender Dämmerung weiß. Im Unterschied zu der passiven Registrierung des Lichtes durch einen fotografischen Film entspricht die Funktion der Netzhaut eher einem Bildverarbeitungssystem. Es vergleicht die Lichtsignale auf den Stäbchenzellen benachbarter Netzhautflächen und führt nur dann zu einem durch den Sehnerv zum Gehirn fortgeleiteten Signal, wenn auch benachbarte Stäbchenzellen den Lichtreiz bestätigen. Anderenfalls wird uns das Lichtsignal nicht bewußt gemacht. Bereits etwa 50...150 Photonen pro Sekunde werden heute als Empfindlichkeitsschwelle des Auges betrachtet, die in einem gewissem Maße auf der Netzhaut verteilt sein können. Hierbei gibt es einen Kompromiss, da eine zu weite Verteilung, d.h. eine zu geringe Beleuchtungsstärke, Unsichtbarkeit der Lichtquelle bedeutet. Bereits hieraus geht hervor, daß ein möglichst weiter Bereich von Vergrößerungen zur Beobachtung eines Objektes zu prüfen ist.

Die Tafeln von CLARK [1]

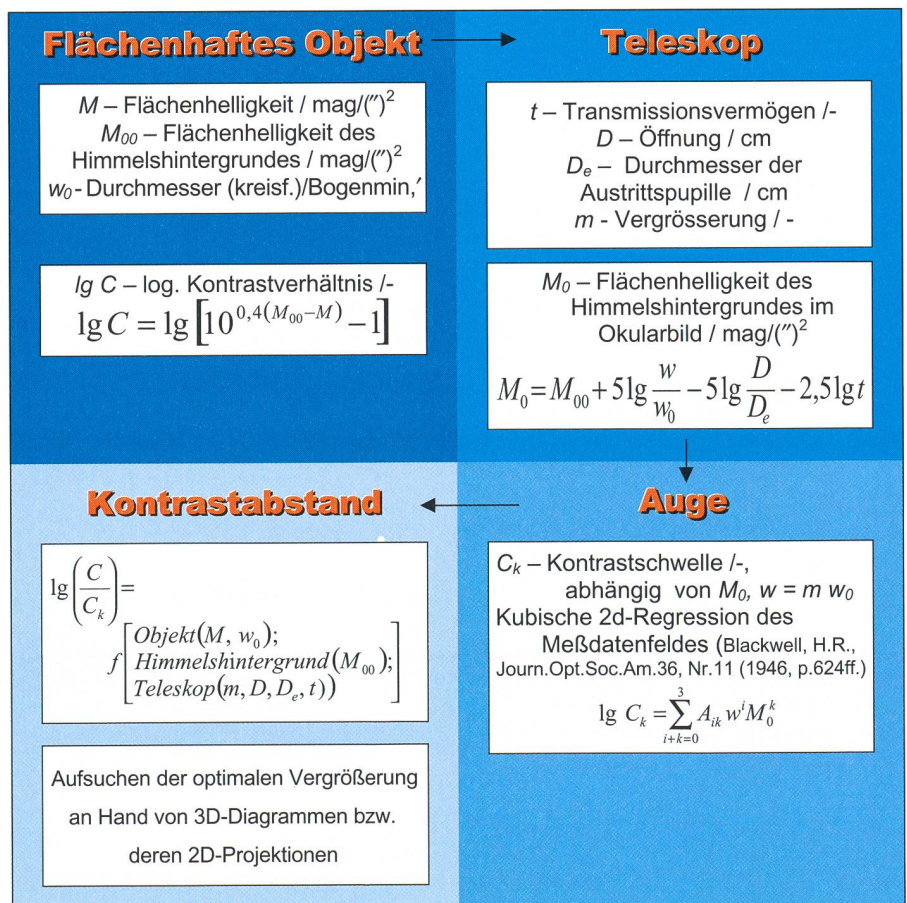
Ausgehend von der Abhängigkeit des Schwellenwertes des durch das menschliche Auge wahrgenommenen Objektkontrastes von der Hintergrundhelligkeit und der scheinbaren Bildgröße w verwendete CLARK statistisch gesicherte Messdaten der Kontrastschwellenwerte [2] und gelangte über ein iteratives Computerprogramm zu numerischen Angaben der optimalen Teleskopvergrößerung. Sie sind für einen Katalog von Deep-Sky-Objekten in Abhängigkeit von der Öffnung des Teleskopobjektives D tabellarisch zusammengestellt [1]. Man findet dort jedoch keine Angaben über die tatsächliche Variabilität des durch das Teleskop wahrgenommenen Kontrastabstandes eines Objektes von der verwendeten Vergrößerung und damit über die tatsächliche Bedeutung der Wahl der Vergrößerung

m für die Beobachtungspraxis. Alle Berechnungen beruhen ferner auf der Annahme eines – in unseren Gegenden so gut wie nie vorhandenen – «dunklen Landhimmels» sehr geringer Flächenhelligkeit. Daraus ergibt sich Bedarf zur Darstellung des analytischen Verhaltens des Kontrastabstandes, auch unter Berücksichtigung weniger dunkler Himmelshintergründe. In neuerer Zeit finden sich Nachweise zur Anwendung und Vervollkommnung dieser Theorie in der US-amerikanischen Literatur [3]. Durch M. BARTELS [4] wird über eine Anwendung der Theorie auf einen erweiterten Bereich von (realistischeren) Hintergrundhelligkeiten berichtet, wobei allerdings wiederum eine die Übersicht vermittelnde analytische Behandlung fehlt. Sie sollte deshalb Ziel der vorliegenden Arbeit sein, über deren Ergebnisse hier im Hinblick auf praktisch handhabbare Schlussfolgerungen zu berichten ist.

Das Verhalten des Systems Objekt-Teleskop-Auge

Kasten 1 informiert über die zur Beschreibung des Systemverhaltens erforderlichen Parameter. Das Objekt wird außer durch seine Flächenhelligkeit und Größe durch die Flächenhelligkeit des Himmelshintergrundes gekennzeichnet,

Kasten 1



eine prinzipiell über die Bestimmung der Fixstern-Grenzgrösse abschätzbare, durch meteorologische und Lagebedingungen, aber auch durch Dämmerungseinflüsse und Mondschein bedingte Grösse. Wichtig ist der Objektkontrast C .

Im *Teleskop* erfolgt – ausser einem gewissen Lichtverlust, dargestellt durch das Transmissionsvermögen t , (in den Beispielen wird durchweg $t = 0,7$ gesetzt) – in Abhängigkeit von der Vergrößerung m und der Öffnung D – eine Reduktion der Flächenhelligkeit des Himmelshintergrundes von seinem Wert M_{00} auf M_0 . Der Objektkontrast C ändert sich auf dem Lichtweg durch das Teleskop nicht.

Das auf das scheinbare Bild im Okular gerichtete *Auge* nimmt nur solche Flächenobjekte wahr, deren Kontrast C grösser ist als eine im Ergebnis einer Berechnung bestimmte Kontrastschwelle C_k . Sie ist abhängig von der Flächenhelligkeit des Himmelshintergrundes im Okularbild, M_0 und dem scheinbaren Objektdurchmesser, $w = m w_0$ und soll möglichst niedrig sein. Die Austrittspupille wird mit der Augenpupille identifiziert (in Dunkeladaption in den Beispielen mit 0,75 cm berücksichtigt). Eine brauchbare Näherung für die mathematische Darstellung der Kontrastschwelle des Auges, $\lg C_k$, wurde mit Hilfe eines kubischen, zwei-dimensionalen Regressionsverfahrens errechnet, aus dem die 10 Konstanten A_{ik} aus einem umfangreichen Feld von Meßdaten bestimmt wurden.

Die Funktion $\lg C_k$ ist als Fläche über der M_0 - w -Ebene im Bereich

$$18 \leq \frac{M_0}{\text{mag}/(^{\circ})^2} \leq 27, \quad 10 \leq \frac{w}{\text{Bogenminuten}} \leq 360$$

in Bild 1 dargestellt. Man erkennt eine Variation der Kontrastschwelle des Auges in diesem Bereich über etwa 1:3200. So wird das Auge deutlich empfindlicher, wenn die scheinbare Bildgrösse auf mehr als 100' vergrössert wird. Eine Abdunkelung des Bildhintergrundes erhöht dagegen die Kontrastschwelle, wobei selbst bei günstiger scheinbarer Bildgrösse w zwischen den extremen Werten von 27 und 18 $\text{mag}/(^{\circ})^2$ noch zwei Zehnerpotenzen Unterschied auftreten. Erst für scheinbare Objektgrössen $> 250'$ verflacht sich der Verlauf merklich.

Die Kontrastschwelle C_k ist ausser durch die physiologisch bedingte Abhängigkeit von M_0 und w über den das Teleskop kennzeichnenden Zusammen-

Log. Kontrastschwelle des Auges vs Objekt-Dmr. w und Hintergrund-Hell. M_0

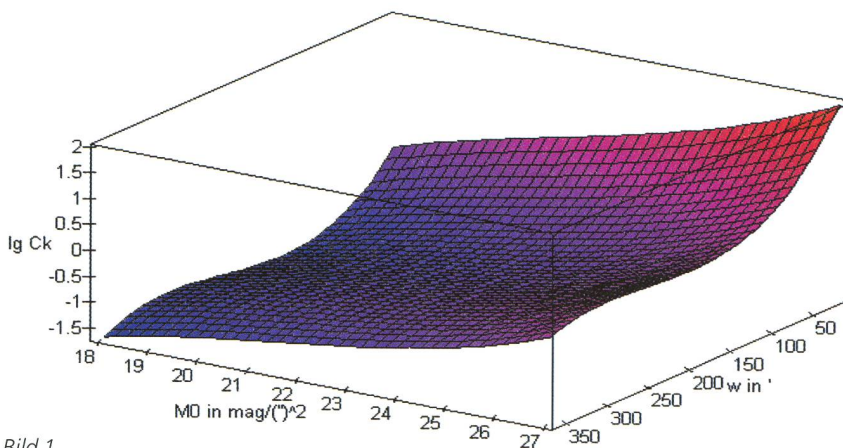


Bild 1

hang der Flächenhelligkeit des Himmeluntergrundes M_{00} von den Teleskop-Parametern D , t und m abhängig. Die Durchführung der entsprechenden Transformation¹ liefert $\lg C_k$ als Funktion der scheinbaren Bildgrösse w und der Hintergrundhelligkeit des Himmels M_{00} . Die nunmehr von den Teleskopparametern abhängige Flächendarstellung ist in Bild 2 für die Öffnung $D = 8''$ gezeigt, aufgetragen über M_{00} und w . Man erkennt das Auftreten einer flachen Talmulde quer durch das M_{00} - w -Gebiet, deren «Sohle» das erreichbare Minimum der Kontrastschwelle angibt. Dadurch ist der zu erwartende «Gewinn» an Kontrastempfindlichkeit durch zunehmende Vergrößerung, ausgehend von deren niedrigsten Werten, nicht so stark ausgeprägt wie erwartet. Deutliche Verschlechterung ergibt sich sogar jenseits der Talmulde d.h. bei erhöhter Vergrößerung. Die Talmulde bezeichnet einen Variationsbereich der optimalen schein-

baren Bildgrösse w , die von etwa 130' bei «hellem» Himmelshintergrund auf etwa 250' bei sehr dunklem Himmelshintergrund zunimmt.

Der für die Beobachtungspraxis entscheidende logarithmische *Kontrastabstand* ergibt sich durch die Differenzbildung $\lg C - \lg C_k = \lg (C/C_k)$. Diese Grösse kann jeweils als Funktion einer oder zweier Variablen bei festen übrigen Parametern gewonnen und mittels Computer grafisch dargestellt werden. Vom praktischen Standpunkt beurteilt, kann man bei $\lg (C/C_k)$ -Werten von etwa 0,5 das Flächenobjekt zwar feststellen; um innere Strukturen sichtbar zu machen, bedarf es dagegen der Erzielung von Werten von ca. $\geq 1,5$.

Beispiele: «Mittelgrosse» Objekte ($w_0 = 1...10'$)

Objekt $M 57$ (Ringnebel in der Leier): $M = 17,9 \text{ mag}/(^{\circ})^2$, $w_0 = 1'$. Bild 3 zeigt die logarithmischen Kontrastab-

Kontrastschwelle d. Auges vs Objekt-Dmr. w und Himmelschell. M_{00} für $D=8''$, $t=0,7$

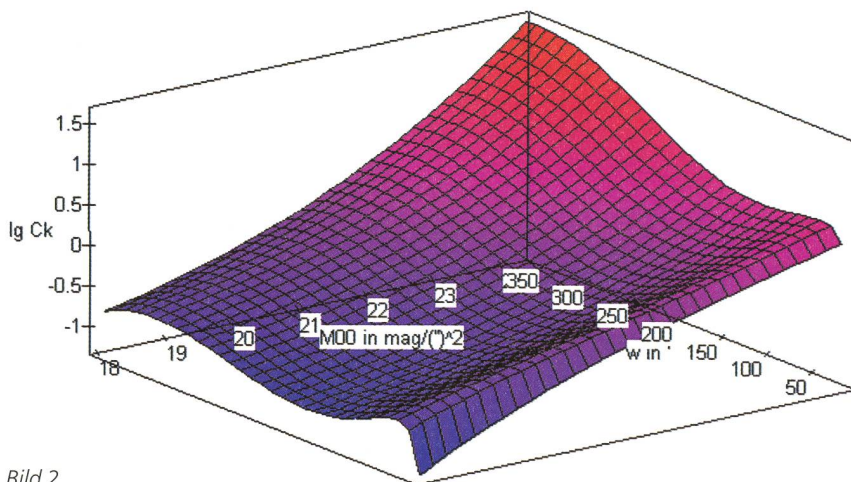


Bild 2

¹ Ihre Beschreibung wird hier aus Platzgründen weggelassen

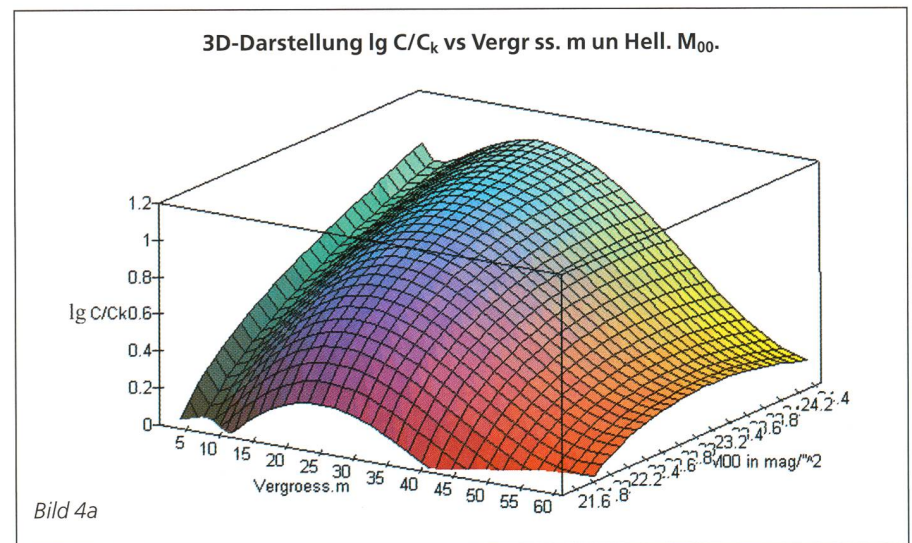
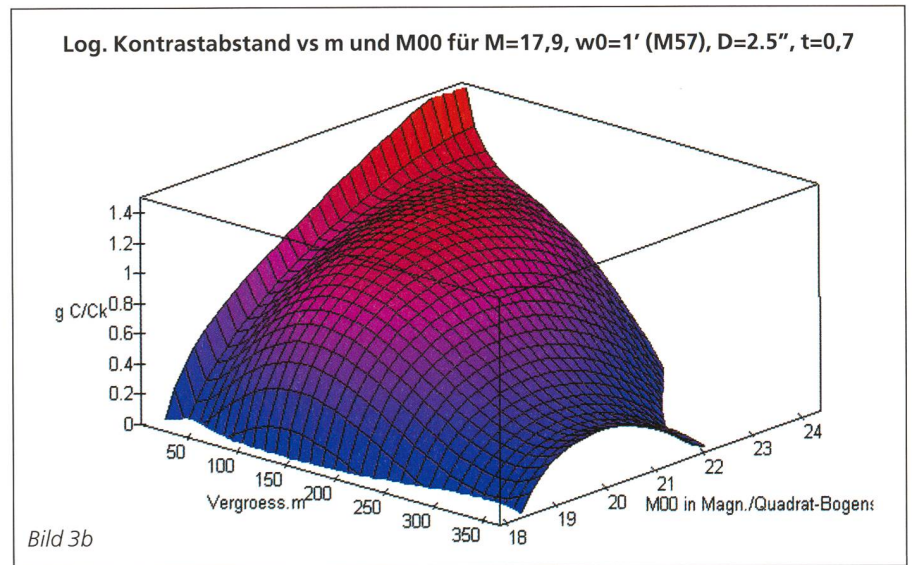
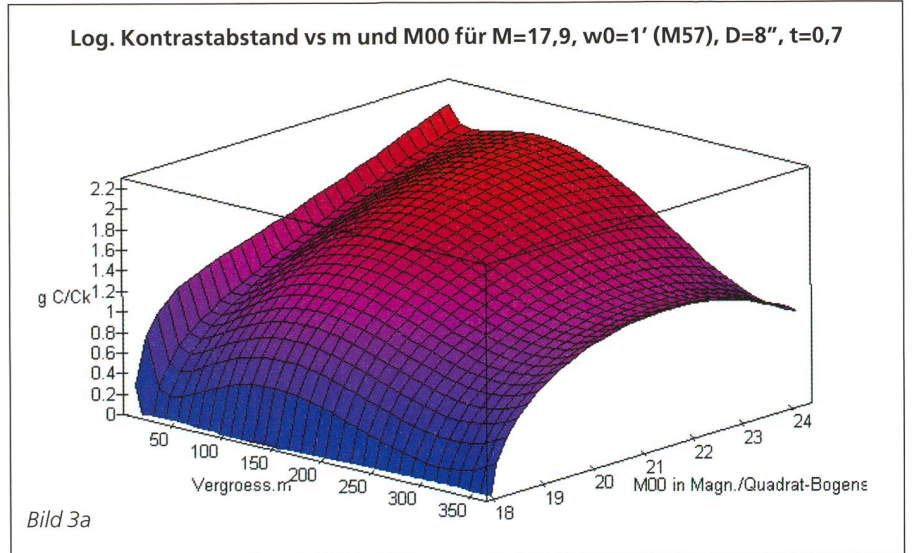
standsdiagramme, aufgetragen über der Vergrößerung m und der Himmelshintergrundhelligkeit M_{00} für Teleskope der Öffnung $D = 8''$ und $2,5''$. Es handelt sich um ein relativ kleines, aber mit hoher Flächenhelligkeit strahlendes Objekt. Mit dem $8''$ -Teleskop ist es bei einem logarithmischen Kontrastabstand > 1 bereits für $M_{00} \geq 20 \text{ mag}/('')^2$ bei Vergrößerung $m = 50$ gut zu erkennen. Je dunkler der Himmel, umso größer ist der erreichbare $\lg C/C_k$ -Maximalwert, wobei das Optimum von $\lg(C/C_k) = 2$ für den von CLARK als «dunkler Landhimmel» bezeichneten Fall $M_{00} = 20 \text{ mag}/('')^2$ bei ca. $m_{opt} = 130$ liegen dürfte. Demgegenüber ist im $2,5''$ -Teleskop der Arbeitsbereich etwas nach höheren M_{00} hin verschoben sowie in Bezug auf die Vergrößerung m wesentlich enger. Ein relatives $\lg C/C_k$ -Maximum über der Vergrößerung existiert dann nur bei nicht zu dunklem Himmel ($M_{00} < 22 \text{ mag}/('')^2$). Wegen der zu geringen Kontrastabstände ist die Wahl einer Vergrößerung von mehr als etwa $m_{opt} = 50$ nicht sinnvoll.

Objekt $M 51$ (Whirlpool-Galaxie in den Jagdhunden): $M = 21,1 \text{ mag}/('')^2$, $w_0 = 5,5'$, ein im Vergleich zu $M 57$ im Durchmesser rund 5mal grösseres, wesentlich lichtschwächeres Objekt. Bild 4 enthält das $\lg C/C_k$ -Diagramm in dreidimensionaler Darstellung und als eine Projektion in M_{00} -Achsenrichtung, bei der die diesseits liegenden Konturen der M_{00} -Gitterlinien sichtbar sind. Um ausreichend hohen Kontrastabstand zu erreichen, muß M_{00} möglichst groß sein. Für die Vergrößerung ergibt sich ein Optimalwert von $m_{opt} \approx 18$ für sehr dunkle Untergründe, der sich bei etwas helleren Untergründen bis zu $m_{opt} \approx 24$ erhöht, allerdings unter Reduktion des Kontrastabstandes. Dabei kann das Kontrastabstandsmaximum durch Einstellung der Normalvergrößerung $m_0 \approx 26,6$ (bis auf geringfügigen Verlust) gerade noch genutzt werden. Es zeigt sich jedoch, wie wichtig es bereits bei diesem Objekt ist, über möglichst dunkle Himmelshintergründe zu verfügen. Bei noch größeren und lichtschwächeren Objekten bringt die Wahl höherer Vergrößerungen erheblichen Kontrastabstandsverlust.

«Kleine» Objekte
($w_0 = 0,1 \dots 0,75'$)

Die Beobachtungsbedingungen für Objekte abnehmender Größe komplizieren sich aus folgenden Gründen:

- Nur für Objekte mit ziemlich großer Flächenhelligkeit M wird ein ausreichend hoher Kontrastabstand erhalten. Lichtschwächere Objekte sind nur für größere M_{00} -Werte



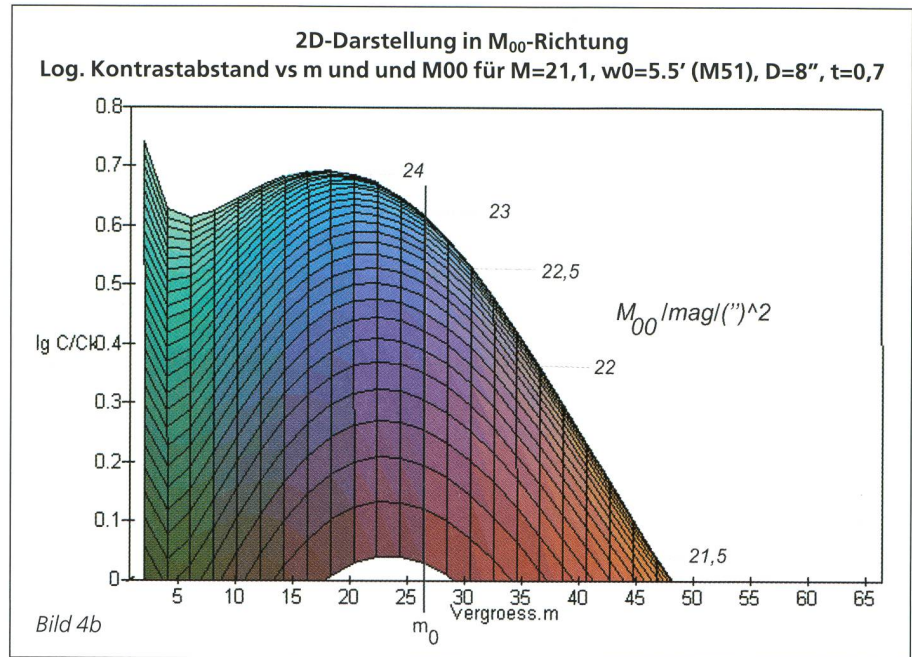
(dunkle Himmel) und nur mit geringem Kontrastabstand sichtbar. Bild 5b zeigt die Verhältnisse für 3 Objekte mit $M = 18 \text{ mag}/('')^2$ für ein $8''$ -Teleskop.

- Selbst beachtliche Vergrößerungen (z.B. 200-fach bei $8''$) führen nicht sehr weit über den bei scheinbaren Bildgrößen von etwa $10..20'$ liegenden kritischen Sehwinkel hinaus (im

Beispiel $0,15' \times 70 = 10,5'$), unterhalb dessen das Auge nur einen punktförmigen Eindruck wahrnimmt. Dabei ist die Abdunklung des Bildfeldes erheblich, wodurch wiederum die Kontrastschwelle des Auges heraufgesetzt, der Kontrastabstand also reduziert wird.

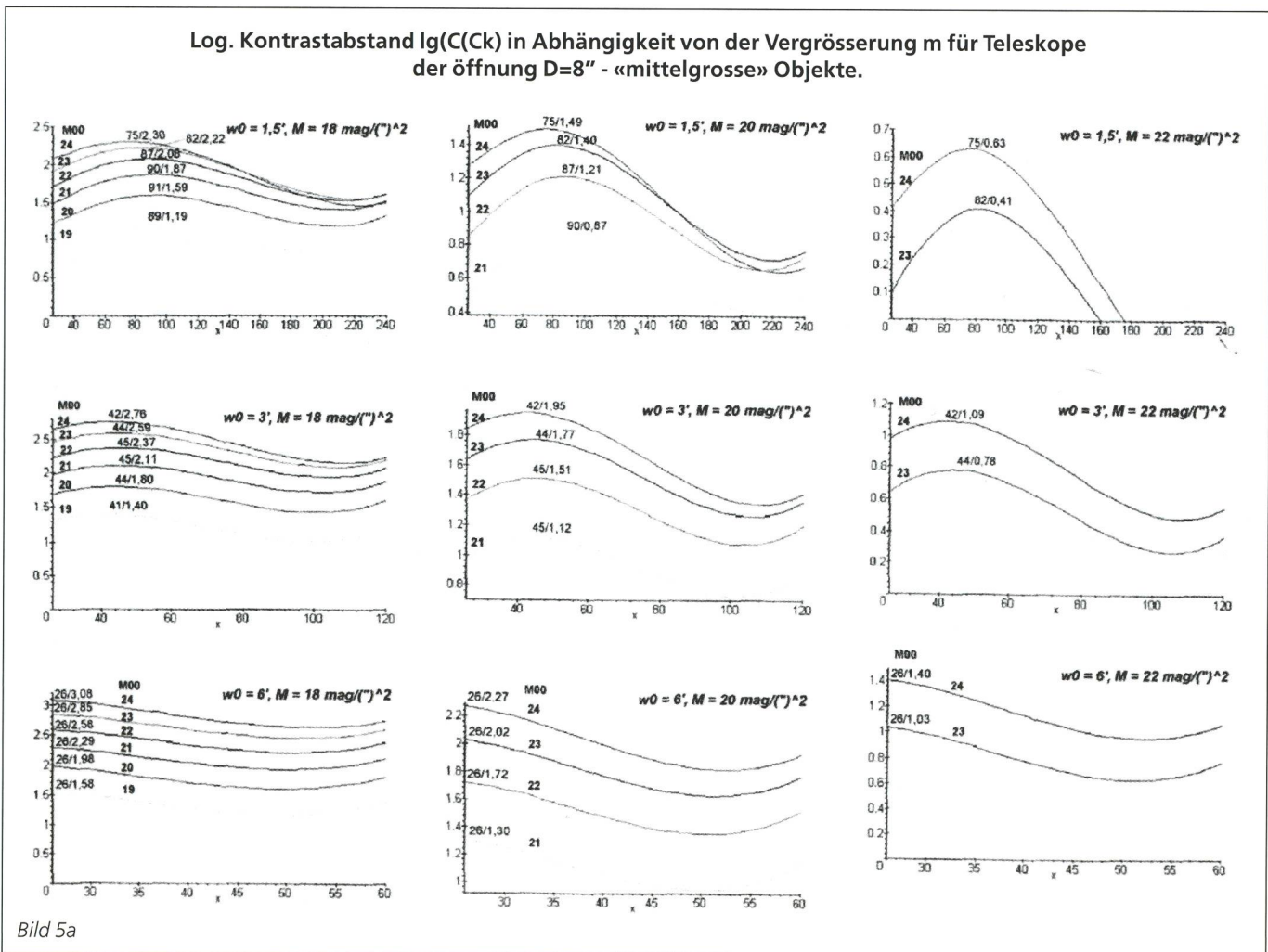
Schließlich ist das Maximum des logarithmischen Kontrastabstandes, das einer optimalen Vergrößerung entspricht, nicht mehr vorhanden. Man muß daher einen engen Kompromiß zwischen dem kritischen Sehwinkel und dem noch ausreichenden Kontrastabstand treffen. Die Einstellung auf Normalvergrößerung mit einem maximalen Kontrastabstand würde Verzicht auf Details bedeuten, wobei das Objekt in diesem Fall von einem schwachen Fixstern nicht mehr zu unterscheiden wäre. Detailliererkennung ist demzufolge allein Teleskopen grösserer Öffnung vorbehalten, bei denen auch bei hohen Vergrößerungen die Bildfeldabdunklung kompensiert wird, so daß ausreichend hohe Kontrastabstände erreicht werden.

Für die Gesamtübersicht ist ein Vergleich der $\lg(C/C_k)$ -Diagramme für unterschiedliche Objektgrößen und Him-



melshelligkeiten als Parameter, aufgetragen über der Vergrößerung m , nützlich, wie er in Bild 5a für «mittelgroße», in Bild 5b für «sehr kleine», relativ helle Objekte wiedergegeben ist. Der Überblick wird ergänzt durch

die Darstellung der Abhängigkeit des logarithmischen Kontrastabstandes von der Teleskopöffnung D und der Vergrößerung m bei gegebenen Flächenhelligkeiten M und M_{00} , die Bild 6 an einem Beispiel deutlich macht. In je-



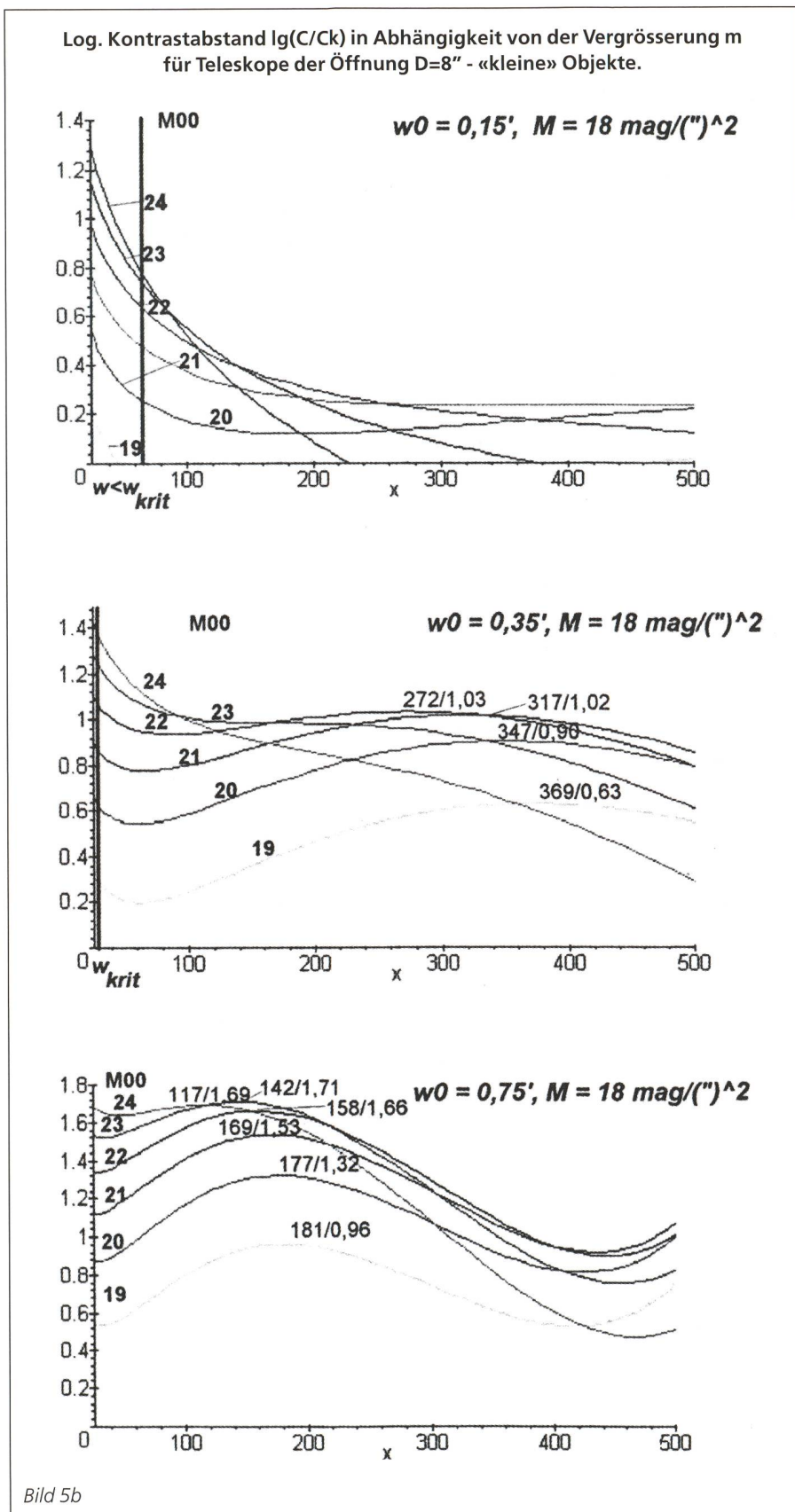
dem Falle dient die Wahl einer grösseren Öffnung zur Steigerung des Kontrastabstandes.

In welchen Fällen ist das Konzept der Flächenhelligkeit von Deep-Sky-Objekten für die Wahl der Teleskopvergrößerung anwendbar?

Wendet man das Konzept der Flächenhelligkeit eines astronomischen Objektes auf stark inhomogen leuchtende Objekte an, z.B. die Andromeda-Galaxie *M 31* mit einer fotografischen Gesamthelligkeit von $m_{phot} = 4,3$ mag und Abmessungen von ca. $197' \times 92'$ und einer berechneten Flächenhelligkeit von $M = 22,3 \text{ mag}/(')^2$ sowie den Grossen Orionnebel *M 42* ($m_{phot} = 2,9$ mag, $60' \times 60'$), so erhält man zu pessimistische Erwartungen und unrealistische Optimalverstärkungen und Kontrastabstands-werte.

Das Konzept der Flächenhelligkeit stellt somit ein Verfahren zur Beobachtungsoptimierung für solche Objekte dar, deren Helligkeitsverteilung möglichst homogen ist. Es eignet sich besonders für *Teleskope kleiner bis mittlerer Öffnung* (etwa bis $16''$). Bei ausgeprägten Gebietsgrenzen unterschiedlicher Flächenhelligkeit innerhalb eines Objektes liegt dagegen ein anderer Grenzfall vor, der treffender durch ein Stufenmodellobjekt charakterisiert werden kann. Für *Teleskope grosser Öffnung* läßt sich nachweisen, daß sich die Vorhersagen zu beiden Grenzfällen mit wachsender Öffnung zunehmend angleichen. Der Kontrastabstand wird dann bei allen Vergrößerungen $m > m_0$ so günstig, daß man m nach anderen Gesichtspunkten, vor allem nach der Grösse der zu beobachtenden Details wählen kann. Ausserdem kann entsprechend der höheren Normalvergrößerung m_0 nur bei kleineren Objekten das Maximum des Kontrastabstandes tatsächlich ausgeschöpft werden, wenn das gesamte Objekt abzubilden ist..

Um die Bedeutung der gewonnenen Ergebnisse für die Beobachtungsinteressen des Amateurastronomen besser einschätzen zu können, wurde eine nach Clark [1] gewählte, repräsentative Auswahl von 409 Deep-Sky-Objekten mit Deklinationen oberhalb von -20° auf ihre Häufigkeitsverteilung nach Dimension und Flächenhelligkeit überprüft (Bild 7). Eine charakteristische Häufung befindet sich danach innerhalb eines Bereiches von Objektdurchmessern von etwa $0,4...4'$ und Flächenhelligkeiten von etwa $20...22 \text{ mag}/(')^2$. Die oben als Beispiel gewählten Objekte *M 57* und *M 51* fassen dieses Häufungsgebiet als Außenseiter



ein. *M 57* ist danach ein besonders helles kleines, *M 51* ein relativ lichtschwaches mittelgrosses Objekt.

Schlußfolgerungen

Bild 8 zeigt die für den Beobachter interessanten Resultate aus der Sicht der vorliegenden Arbeit. Die eminent

Bedeutung der Hintergrundhelligkeit M_{00} für die erreichbaren Kontrastabstände wird konkret erfaßbar. Bei der Mehrzahl der *kleinen* Objekte sind also ungünstigere Bedingungen als für den Ringnebel in der Leier zu erwarten. Für *mittelgrosse* Objekte mit etwas geringerer Dimension als *M 51* ergeben sich et-

Log. Kontrastabstand vs w und D für $M=20 \text{ mag}/(')^2$, $w_0=1'$, $D=8''$, $t=0,7$

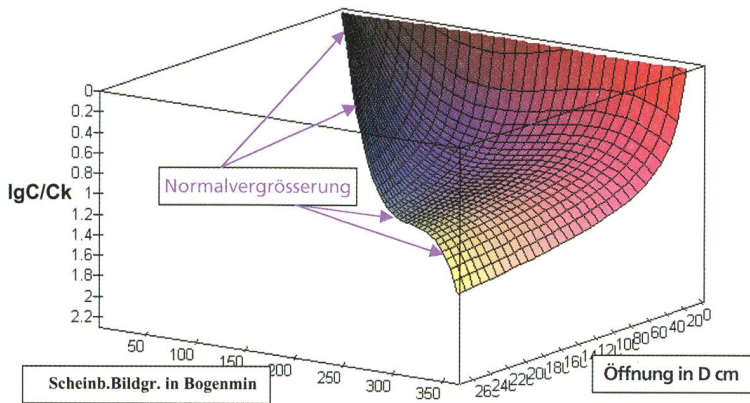


Bild 6

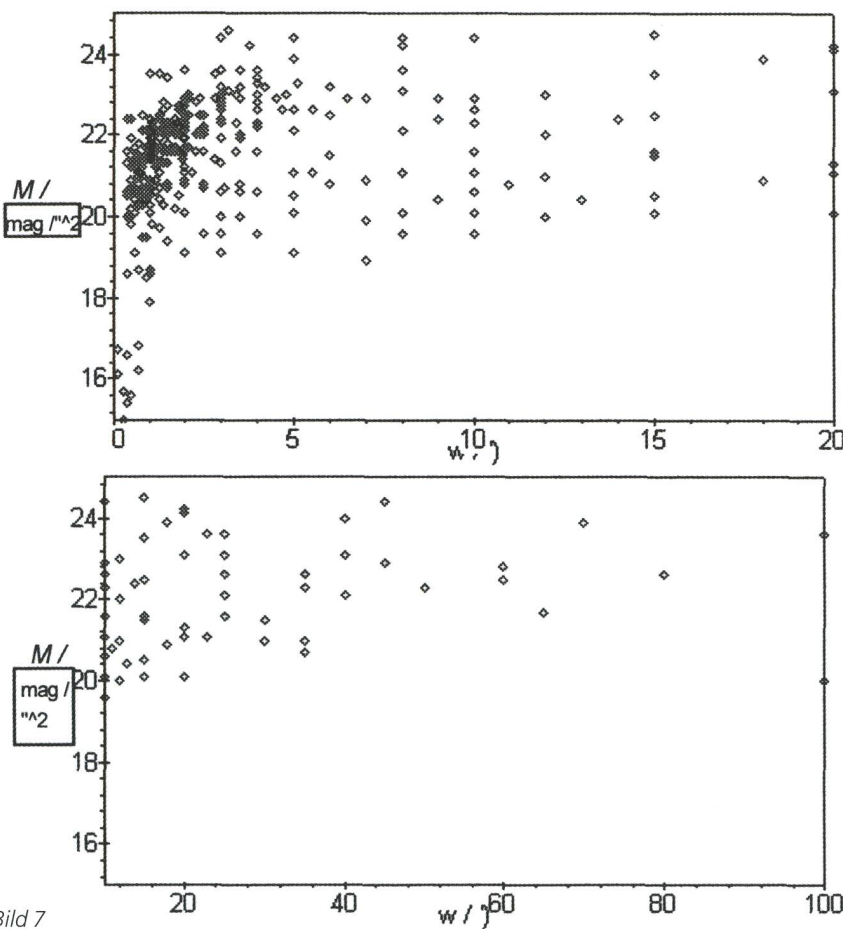


Bild 7

Kasten 2

Flächenhell. des Himmelshintergrundes $M_{00}/\text{mag}/(\leq)^2$

OBJEKT		21		22		23		24	
Größe	Flächenhelligkeit $M/\text{mag}/(\leq)^2$	opt. Vergrößerung		log. Kontrastabstand					
0,2°	20	Nicht sichtbar	26	0,14	26	0,36	26	0,52	
0,2°	15	26	2,02	26	2,21	26	2,38	26	2,52
1°	20	130	0,69	124	0,98	114	1,09	100	1,10
5°	20	26	1,27	26	1,67	26	1,37	26	2,20

was günstigere Bedingungen als für diese Galaxie. Größere Komplikationen gibt es für ausgesprochen *große* Objekte ($> 10..20..100'$), insbesondere wenn sie infolge ihrer geringen Flächenhelligkeit $M > 22 \text{ mag}/(')^2$ sehr dunkle Himmel erfordern. Hier sind hohe Vergrößerungen $m > m_0$ ungeeignet und einzig und allein größere Öffnungen einzusetzen. Beide Forderungen sind jedoch für die meisten Amateure nur schwer erreichbar. *Sehr kleine* Objekte ($< 0,4..0,5'$) sind zwar, da sie überwiegend nicht lichtschwach sind, grundsätzlich nachweisbar, mit geringen Öffnungen allerdings nur einem Fixstern ähnlich. Erst große Öffnungen vermögen die hohen Vergrößerungen einzusetzen, die diese Strukturen bis zu einem attraktiven Sehwinkel zu vergrößern vermögen. Die Anwendung der Optimalvergrößerung $m = m_{opt}$ ist für die praktische Beobachtung von Objekten im Mittelfeld des (M, w_0) -Diagramms von Vorteil.

Die häufig anzutreffende Erwartung, nach der eine möglichst kleine Vergrößerung das beste Bild liefern sollte, da auf diese Weise eine maximale Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut entstehe, erweist sich also nur für grosse Objekte ausreichender Flächenhelligkeit – gemessen an der Lichtsammlung durch das Teleskop und der vorhandenen Helligkeit des Himmelshintergrundes – als stichhaltig. Dagegen ist diese Auffassung in all denjenigen Fällen mittelgrosser und (nicht zu) kleiner Objekte, in denen die Kontrastabstandsfläche ein deutliches Maximum aufweist, falsch, da für diese eine optimale Wahl der Vergrößerung angenähert möglich ist. Für derartige Objektbereiche homogen leuchtender, flächenhafter Deep-Sky-Objekte und die im Bereich der Amateurastronomie üblichen Teleskopöffnungen bringt die Verwendung des Konzeptes der Flächenhelligkeit immerhin Verbesserungen durch Kontrastabstandsgewinne. Zu beachten ist allerdings, daß Objekte grösserer Durchmesser ($\geq 10'$) leicht durch die gängigen Vergrößerungen $m > m_0$ in denjenigen Winkelbereich der scheinbaren Bildgröße transformiert werden, der bereits oberhalb des zu erwartenden Kontrastabstandsmaximums liegt.

Unter diesen Gesichtspunkten sowie in bezug auf die stark variierende Flächenhelligkeit des Himmelshintergrundes erscheinen die in [1] angegebenen ODM-Tabellen problematisch. Erst durch die analytische Darstellung der tatsächlich zu erwartenden Verläufe von $\lg C/C_k$ über M_{00} und über w kann die Situation überschaut werden. Der Verfasser neigt aus der Sicht der hier dargestellten Ergebnisse über die zu erwartenden Optimierungsmöglichkeiten zu der Auffas-

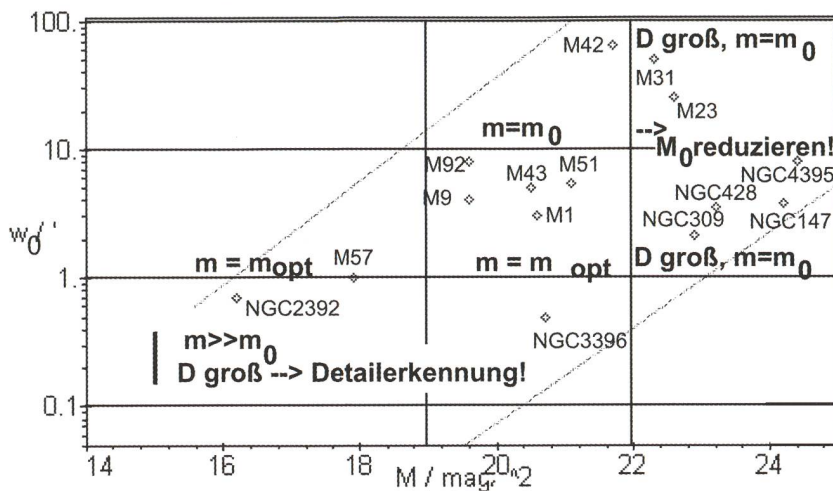
Bibliographie

- [1] CLARK, ROBERT N., *Visual Astronomy of the Deep Sky*, Cambridge University Press & Sky Publishing Corporation Cambridge, 1990.
- [2] BLACKWELL, H.R., *Contrast thresholds of the human eye*, Journ.Opt.Soc.Am. 36, Nr.11 (1946), p.624ff.
- [3] MACROBERT, A., *Backyard Astronomy - Deep-Sky Observing*, Sky Publishing Corporation, 1996. P.O.Box 9111, Belmont, MA 02178-9111
- [4] BARTELS, M., *Visual Astronomy, an investigation into the visual detection magnification*, <http://zebu.uoregon.edu/mbartels> (1996)

sung, daß es für die Praxis des Amateurastronomen in den meisten Fällen genügen wird, die Optimalvergrößerung aus einem relativ groben Raster einfacher 2d-Darstellungen ähnlich Bild 5a zu erfassen. Auch Übersichten, wie in Kasten 2 für das Beispiel des 8"-Teleskopes gezeigt, könnten sich als nützlich erweisen.

Empfohlene Beobachtungsweise für flächenhafte Deep-Sky-Objekte im (w_0 , M)-Diagramm

Die eingetragenen Objekte stellen lediglich ausgewählte Beispiele dar



m_0 – Normalvergrößerung; m_{opt} – optimale Vergrößerung

Bild 8

HANS LIPPMANN, Hachstrasse 43, D-08359 Breitenbrunn

Sonnenfinsternis 21. Juni 2001

■ Möchten Sie das faszinierende Naturschauspiel verbunden mit einer Camping-Tour miterleben?
Zambia ab 4 Teilnehmer oder **Zimbabwe** ab 10 Teilnehmer

Das Detailprogramm erhalten Sie bei:

HANSJÜRG BREFIN, Kirchbergstrasse 5, 3421 Lyssach. Tel. 034/445 16 69 - Fax 034/445 91 02

Ihr Partner für Teleskope und Zubehör



Grosse Auswahl
Zubehör, Okulare, Filter

Telrad-Sucher
Astro-CCD-Kameras
Astro-Software

Sternatlanten
Sternkarten
Astronomische Literatur

Beratung, Service
Günstige Preise

Ausstellungsraum

CELESTRON®

Tele Vue

Meade

ANCIRES

AOK

LEICA

Kowa

FUJINON

STARLIGHT EXPRESS
ASTRONOMICAL AND INDUSTRIAL CCD CAMERAS



Casinoplatz 8, 3001 Bern
Tel. 031/311 21 13 Fax 031/312 27 14

Alleinvertrieb für die Schweiz: PENTAX®

Internet <http://www.zumstein-foto.ch>

e-mail: zumstein-foto@datacomm.ch