

# Dunkle Gestalten mit blauen Augen

*In einigen Dunkelwolken leuchten bläuliche Sterne, deren Entfernungen weitaus höher sein dürften als die publizierten Entfernungsangaben der sie umgebenden Dunkelwolken: ein Widerspruch? Diese Frage beleuchtet der Autor des folgenden Beitrags anhand ausgewählter Objekte.*

Von Nicolaus Steenken

Beim Betrachten eines eindrucksvollen Fotos der Dunkelwolke Barnard 92 (siehe Bild rechts oben) in der sternreichen Milchstraßenregion des Schützen fragte ich mich, wie weit diese Dunkelwolke von uns entfernt ist. Ich nahm an, dass interstellare Wolken, die den Sternhintergrund fast vollständig verdunkeln, uns relativ nahe sein müssten, da sie uns quasi wie ein Fleck auf einer Fensterscheibe die Sicht auf die dahinter liegende Sternlandschaft versperren [1]. Andererseits fiel mir »vor« Barnard 92 deutlich ein blauer Stern mit einer Helligkeit von 11,6 mag auf, der aufgrund seiner Farbe und Leuchtkraft eine große Entfernung aufweisen müsste.

Barnard schrieb über die Dunkelwolke: »Schwarzer Fleck, 15' nord-südliche, 9' ost-westliche Ausdehnung, scharf konturierte Ostseite, weniger gut definierte Westseite, ein 12 mag Stern in der Nähe der Mitte.« Schon in einem kleineren Teleskop mit niedriger Vergrößerung ist die Wolke als dunkler Fleck vor der beeindruckend sternreichen Milchstraße im nördlichen Teil des Sternbilds Schütze zu sehen. Mit dem »Stern in der Nähe der Mitte« dürfte Barnard den blauen Stern USNO B.1 0717-0650512 gemeint haben, der im Bild rechts oben durch einen Pfeil markiert ist.

Aus der scheinbaren Helligkeit  $m$  eines Sterns und seiner absoluten Helligkeit  $M$  lässt sich seine Entfernung  $r$  in Parsec berechnen:

$$r [\text{pc}] = 10^{(m - M + 5)/5}$$

Als Beispiel betrachten wir einen blauen Hauptreihenstern mit einer scheinbaren Helligkeit von 12 mag und dem Spektraltyp B5V, der eine absolute Helligkeit von  $-1,5$  mag aufweist. Gemäß der Formel ergibt sich eine Entfernung von 5000 Parsec oder 16 000 Lichtjahren – sofern sich kein interstellarer Staub zwischen uns und diesem Stern befindet, der sein Licht dämpft und rötet. Da der blaue Stern vor Barnard 92 auch nicht als Weißer Zwerg in den Katalogen zu finden war, ging ich diesem offensichtlichen Widerspruch weiter nach.

Ein Blick in die Literatur bestätigte meinen ersten Eindruck zu den Entfernungen von Dunkelwolken: Hilton und Mitarbeiter publizierten 1995 eine Zusammenstellung aller bis dahin durchgeführten Entfernungsmessungen von Dunkelwolken [2]. Bart Bok ermittelte beispielsweise für Barnard 92 eine Entfernung von 650 Lichtjahren [3]. Die meisten anderen in [2] aufgeführten Dunkelwolken weisen Entfernungen von weniger als 3000 Lichtjahren auf, oft sogar nur wenige hundert

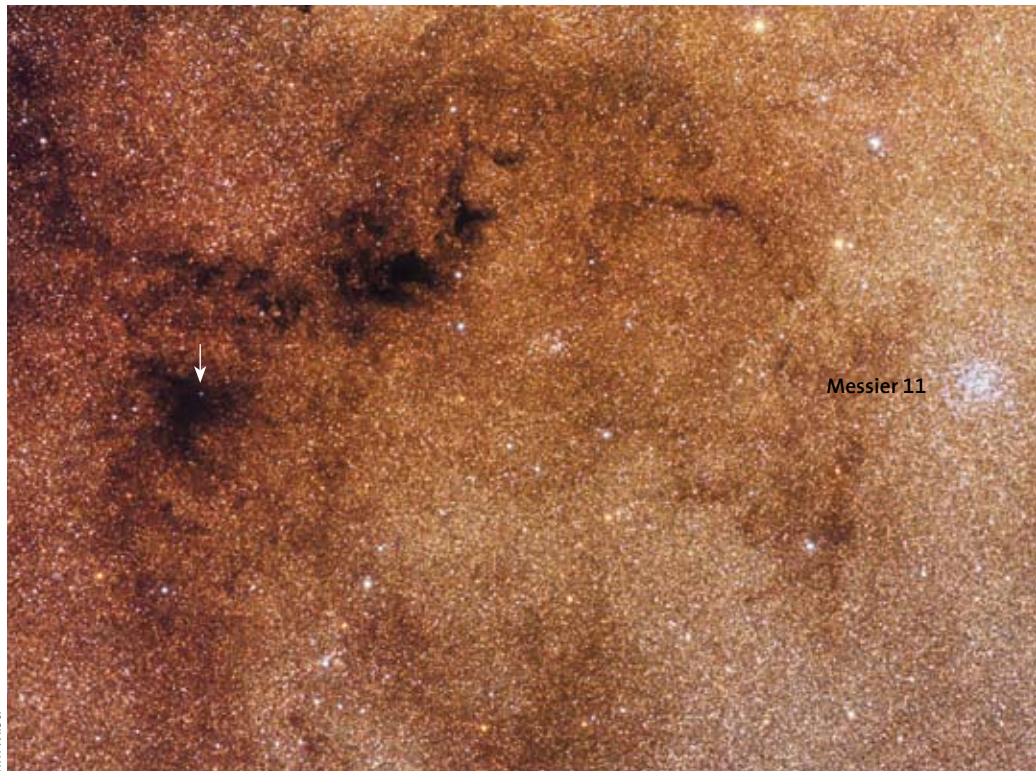
Lichtjahre. Insgesamt liegen für rund 300 Dunkelwolken und damit für 17 Prozent aller 1791 Wolken des Lynds-Katalogs publizierte Entfernungsbestimmungen vor. Ein Studium der von Hilton zitierten Originalarbeiten zeigte jedoch auch, dass die Entfernungsmessung von Dunkelwolken keineswegs einfach ist und es sich meistens eher um Schätzungen mit hohen potenziellen Fehlerquoten handelt als um präzise Messungen (siehe Infokasten »Entfernungsmessung von Dunkelwolken« auf Seite 92).

Die oft sehr wenigen Sterne, die sich »vor« einer Dunkelwolke befinden, spielen bei einigen Methoden zur Entfernungsbestimmung eine wichtige Rolle, denn sie können entweder nahe gelegene Vordergrundsterne sein, die von der Verdunkelung der Wolke nicht betroffen sind oder sich hinter der Wolke befinden, so dass ihr Licht die Dunkelwolke durchdringt. Das Licht hinter der Wolke stehender Sterne wird durch die Dunkelwolke in der Helligkeit reduziert und gerötet. Das Licht eines blauen O- oder B-Sterns kann so beispielsweise nach Durchlaufen einer dichten Dunkelwolke soweit verändert sein, dass seine Farbe wie diejenige eines G-Sterns wirkt. Erst die genauere spektroskopische Untersuchung dieser Sterne lässt erken-



Josef Pöpsel

In Richtung der 650 Lichtjahre entfernten Dunkelwolke Barnard 92 im Schützen befindet sich der 11,6 mag helle blaue Stern USNO B.1 0717-0650512 (Pfeil). Seine Entfernung von 11 000 Lichtjahren steht in besonders krassem Widerspruch zur Entfernung der Dunkelwolke von 650 Lichtjahren. Josef Pöpsel fotografierte die Region mit dem 60-Zentimeter-Hypergrafen ( $f = 1800$  mm) des Capella-Observatoriums in Namibia.



Messier 11

Jim Misti

Auch im Bereich der Dunkelwolke Barnard 113 im südlichen Teil des Sternbilds Adler befindet sich ein blauer Stern: USNO 0856-0412008 (Pfeil). Rechts im Bild ist der offene Sternhaufen Messier 11 zu sehen. Jim Misti gewann die Aufnahme mit dem Refraktor FSQ 106N von Takahashi und einer CCD-Kamera vom Typ SBIG STL 11000 bei einer Gesamtbelichtungszeit von 135 Minuten.



## Entfernungsmessung von Dunkelwolken

Beim Blick an den Himmel verraten sich dunkle Wolken aus Gas und Staub nur indirekt: In Richtung zur Wolke scheinen weniger Sterne zu leuchten als abseits davon. Da Dunkelwolken keine typische Größe aufweisen, ist zunächst unbekannt, ob es sich im Einzelfall um ein nahes Objekt mit kleiner Ausdehnung oder um ein weiter entferntes Objekt mit größerer Ausdehnung handelt. Dementsprechend schwierig ist es, die Entfernung einer Dunkelwolke zu bestimmen. Im Folgenden werden drei Methoden skizziert.

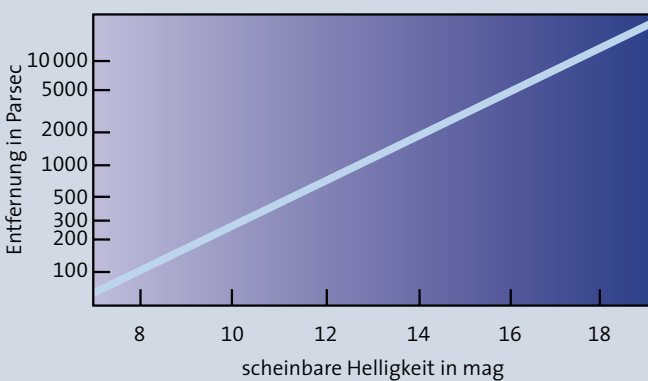
**1. Sternzählungen und Fotometrie:** Hierbei zählt der Beobachter die innerhalb eines bestimmten Himmelsgebiets gesehenen Sterne bis zu einer gegebenen Grenzhelligkeit  $m$ . Die Zählung erfolgt einmal in Richtung der Wolke und einmal abseits davon. Dabei nimmt man vereinfachend an,

dass alle Sterne der gleichen scheinbaren Helligkeit im Mittel die gleiche Entfernung aufweisen. Für das Referenzfeld neben einer Wolke ergibt sich beispielsweise der in der Grafik unten links dargestellte Zusammenhang zwischen der scheinbaren Helligkeit und der mittleren Entfernung.

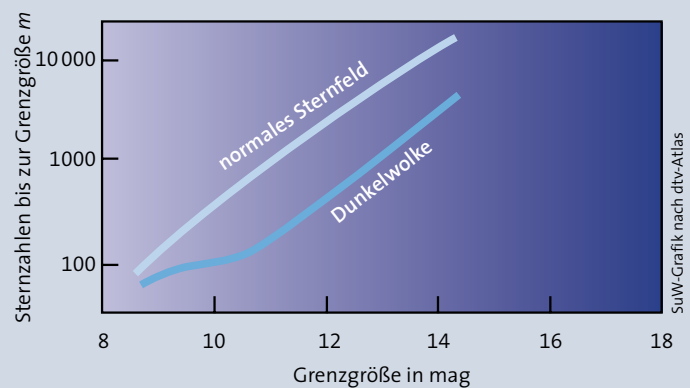
Nun zählt man die Sterne bis zu einer gegebenen Grenzgröße  $m$ , einmal im Referenzfeld und ein weiteres Mal in Richtung zur Wolke. Daraus ergeben sich Kurven der in der Grafik unten rechts dargestellten Art.

Für Sterne des Referenzfelds verläuft die Kurve glatt, hier steigen die Anzahlen mit sinkender Helligkeit monoton an. In Richtung der Wolke ergibt sich zunächst ebenfalls eine mit abnehmender Helligkeit steigende Anzahl, doch ab einer bestimmten Helligkeit nimmt sie nicht mehr so schnell zu wie im Referenzfeld.

Bei dieser Helligkeit  $m_1$  knickt die Kurve ab und verläuft bis zu einer Helligkeit  $m_2$  flacher. Der Grund hierfür ist die durch den Staub der Wolke bedingte Absorption des Sternlichts. Im flachen Teil der Kurve bringt ein Übergang zu geringeren Helligkeiten kaum noch weitere Sterne hervor. Erst Zählungen bei noch geringeren Helligkeiten ergeben einen deutlichen Zuwachs an Sternen. Diese befinden sich vom Beobachter aus gesehen hinter der Wolke. Aus der Lage der Abknickpunkte auf der Abszisse des Diagramms lässt sich die Entfernung der Wolke berechnen: Knickt die Kurve, wie in der Grafik unten rechts dargestellt, zwischen 9 mag und 11 mag ab, dann muss sich die Dunkelwolke in einer Distanz befinden, die dem mittleren Abstand von Sternen dieser Helligkeiten entspricht. Aus der Grafik unten lassen sich hierfür Distanzen von 200 beziehungsweise 400 Parsec ablesen.



Entfernung in Abhängigkeit von der scheinbaren Helligkeit



Sternzahlen in Abhängigkeit von der scheinbaren Grenzgröße

nen, woraus ihre scheinbare Helligkeit und Farbe resultiert.

Das Licht echter Vordergrundsterne wird dagegen nicht durch die Dunkelwolke verändert. Nur unter derartigen echten Vordergrundsternen erwartete ich auch scheinbar blaue Sterne. Die schon recht seltenen, kurzlebigen O-Sterne sind die heißesten und damit blauen Sterne. Selbst ihr Licht ist nach Durchlaufen einer schon wenig dichten Dunkelwolke nicht mehr blau. Hinzu kommt noch die allgemeine interstellare Absorption, die in der Milchstraße rund bei einer Magnitude pro 3000 Lichtjahren liegt.

Um auszuschließen, dass der blaue Stern vor Barnard 92 ein exotischer Sonderfall ist, suchte ich nach anderen blauen Sternen in Dunkelwolken. Meine Recherchen im

Palomar Observatory Sky Survey (POSS) und im Katalog B.1 des United States Naval Observatory (USNO, [4]) ergaben, dass sich neben Barnard 92 vor mindestens vier weiteren Dunkelwolken mit publizierten Entfernungen blaue Sterne befinden (Tabelle oben rechts). Dabei untersuchte ich diejenigen 93 Dunkelwolken genauer, die neben einer publizierten Entfernungsmessung mindestens eine Opazität von vier und eine Fläche von mindestens 0,1 Quadratgrad aufweisen. Ich betrachtete nur blaue Sterne mit einem Farbindex um Null in den deutlich sternarmen Flächen der Dunkelwolken bis zu einer Entfernung von rund acht Bogenminuten vom Wolkenzentrum.

Das Bild auf Seite 91 unten zeigt die Dunkelwolke Barnard 113 im südlichen Teil des Sternbilds Adler, mit dem 12,5 mag hel-

len blauen Stern USNO B. 1 0856-0412008. Barnard beschrieb die Wolke wie folgt: »Unregelmäßige Form, 16' Durchmesser, kleiner Stern im westlichen Teil«. Im Teleskop verrät sich Barnard 113 als deutlich sternarme Region innerhalb der galaktischen Ebene. Rechts oberhalb von ihr befinden sich die Dunkelwolken B 110 und B 107.

Tomita und Mitarbeiter publizierten 1979 die Entfernung dieser und 13 weiterer Dunkelwolken [5]. Ihre Ergebnisse basieren auf Aufnahmen des POSS, die das Team zur Photometrie und für Sternzählungen nutzte. Gemäß dieser Studie befindet sich Barnard 113 in einer Entfernung von 1300 Lichtjahren und weist einen Durchmesser von vier Lichtjahren sowie eine Masse von 71 Sonnenmassen auf. Der 12,4 mag helle

**2. Nachbarschaften:** Bei einigen Dunkelwolken lassen sich Verbindungen zu Sternen bekannter Entfernung nachweisen, die einen Teil des Gases der Wolke zum Leuchten anregen. Ein Beispiel hierfür ist die auf Seite 94 oben gezeigte 5800 Lichtjahre entfernte Dunkelwolke »Dark Tower«. Bei anderen Wolken lässt sich die Lage innerhalb eines Spiralarms bekannter Entfernung nachweisen.

**3. Relativgeschwindigkeiten:** Die dichtesten und kältesten Bereiche von Dunkelwolken beherbergen Kohlenmonoxidmoleküle (CO), die im Millimeterwellenbereich Linienstrahlung aussenden. Bewegt sich eine Dunkelwolke relativ zum Beobachter, so erscheint ihm die Wellenlänge der Spektrallinie aufgrund des Dopplereffekts verschoben. Aus der Beobachtung der CO-Linie folgt somit die Geschwindigkeit der Dunkelwolke relativ zur Erde. Zudem ist den Astronomen die großräumige Geschwindigkeitsverteilung des Milchstraßensystems aus Radiobeobachtungen der 21-Zentimeter-Linie des interstellaren Wasserstoffs bekannt. Mit Hilfe dieser Verteilung und der gemessenen Geschwindigkeit der Wolke können sie ihrer beobachteten Position am Himmel die Lage innerhalb des Milchstraßensystems zuordnen. Hieraus lässt sich dann die Entfernung der Wolke von der Erde berechnen.

Stern USNO B.1 0856-0412008 erscheint am Himmel nahezu im Zentrum der Wolke und dürfte dagegen mindestens 4000 Lichtjahre entfernt sein.

### Vom Tappen im Dunkeln zur Suche nach Beweisen

Sofern man nicht das Glück hat, einen Stern zu betrachten, dessen Entfernung vom Satelliten Hipparcos mit hoher Genauigkeit gemessen wurde, bleibt bei den anderen Sternen nur eine weniger genaue spektroskopische Entfernungsmessung. Ist für einen Stern die Spektralklasse ermittelt, lässt sich daraus die absolute Leuchtkraft ableiten. Die scheinbare Helligkeit ist relativ einfach zu messen, womit man die Entfernung in Lichtjahren errechnen kann. Für die meisten Sterne

### Dunkelwolken mit publizierter Entfernungsmessung, in denen blaue Sterne gefunden wurden

Nummer	Lynds LDN	Barnard	Sternbild	Wolkenzentrum Position 2000		Distanz in Lichtjahren
				$\alpha$	$\delta$	
1	323	92	Schütze	18 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 5	-18°11'	650
2	548	113	Adler	18 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 2	-4°18'	1300
3	1472		Perseus	3 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 1	+31°10'	1150
4	1473		Perseus	4 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 3	+38°08'	1150
5	1641		Orion	5 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 4	-6°58'	1550

### Blaue Sterne in Dunkelwolken und ihre spektroskopischen Entfernungen

Nummer	Lynds LDN	Blauer Stern USNO B1	$m_V$ [mag]	$B-V$ [mag]	$M_V$ [mag]	Distanz des Sterns in Lichtjahren
1	323	0717-0650512	11,6	-0,18	-1	11 000
2	548	0856-0412008	12,4	0,10	2	4000
3	1472	1211-0045433	11,9	-0,01	1,5	4000
4	1473	1281-0091741	12,5	0,02	1,5	5000
5	1641	0830-0091219	12,0	0,03	1,5	4000

mit scheinbaren Helligkeiten um 12 mag gibt es weder Messungen von Hipparcos noch Bestimmungen des Spektraltyps. Alle fünf Dunkelwolken liegen leider auch außerhalb des vom Sloan Digital Sky Survey abgedeckten Bereichs.

Man kann sich behelfen, indem man die Farbe des Sterns aus den im blauen und im roten Spektralbereich gemessenen Helligkeiten ableitet. Im Katalog B.1 des USNO finden sich für Sterne bis etwa 20 mag jeweils zwei Helligkeitsmessungen im blauen Spektralbereich und zwei im roten. Für meine Entfernungsberechnungen habe ich den Mittelwert beider Messungen verwendet. Die Differenzhelligkeit  $m_{\text{blau}} - m_{\text{rot}}$  muss dann noch in den für Sterne gebräuchlichen Farbindex  $B-V$  umgerechnet werden. Dazu lässt sich die Regressionsanalyse von John Greaves verwenden, der den Zusammenhang  $B-V = 0,556 \times (m_{\text{blau}} - m_{\text{rot}})$  zwischen den Helligkeitsmessungen im USNO Katalog und dem Farbindex bekannter Sterne berechnete (siehe Weblink am Schluss des Beitrags).

Um aus dem Farbindex  $B-V$  die absolute Leuchtkraft abzuleiten, ging ich für diesen Zweck von den vereinfachenden Annahmen aus, dass

1. es sich um einen Hauptreihenstern handelt und
2. dass das Sternenlicht durch interstellaren Staub unabsorbiert ist.

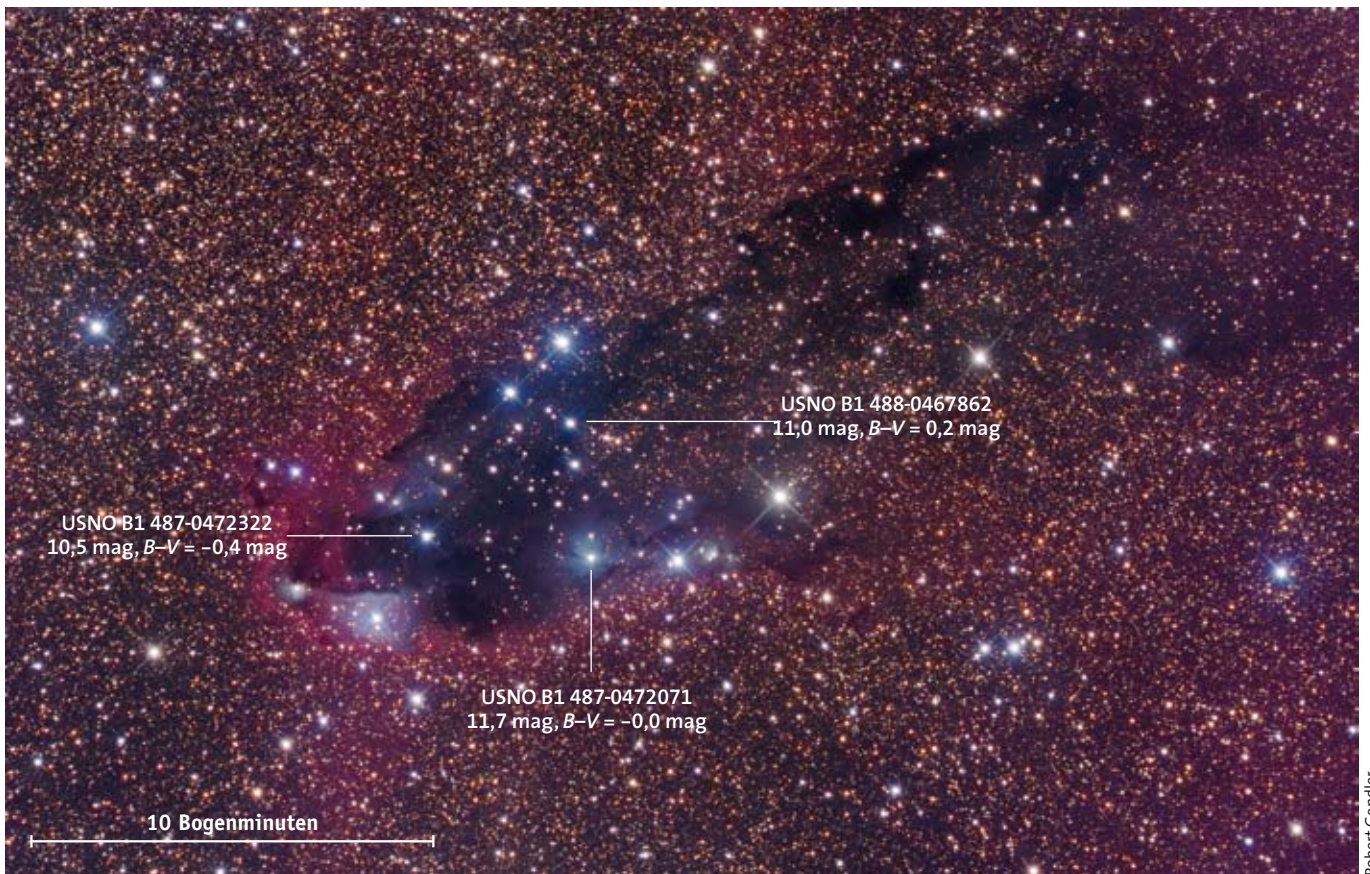
Falls die Annahme 1 nicht zutrifft, wäre die Entfernung höher, da Riesensterne generell höhere absolute Leuchtkräfte haben. Falls

Annahme 2 nicht zutrifft, wäre die Entfernung ebenfalls höher, da schon eine geringe Zunahme des Farbindex  $B-V$  durch den rötenden Effekt des Staubs von beispielsweise 0,15 mag dazu führt, dass ein in Wahrheit viel hellerer O3-Stern mit einer absoluten Helligkeit von -5 mag dem Beobachter wie ein B5-Stern mit einer absoluten Helligkeit von nur noch -1,2 mag erschiene. Dagegen wirkt der Verdunkelungseffekt des Staubs in diesem Beispiel mit nur rund 0,5 mag. Der Stern wäre also ohne interstellare Absorption eine halbe Größenklasse heller und damit näher zu uns gemessen worden. Der Nettoeffekt von Annahme 2 führt also bei blauen Sternen ebenfalls zu einer Unterschätzung ihrer Entfernung.

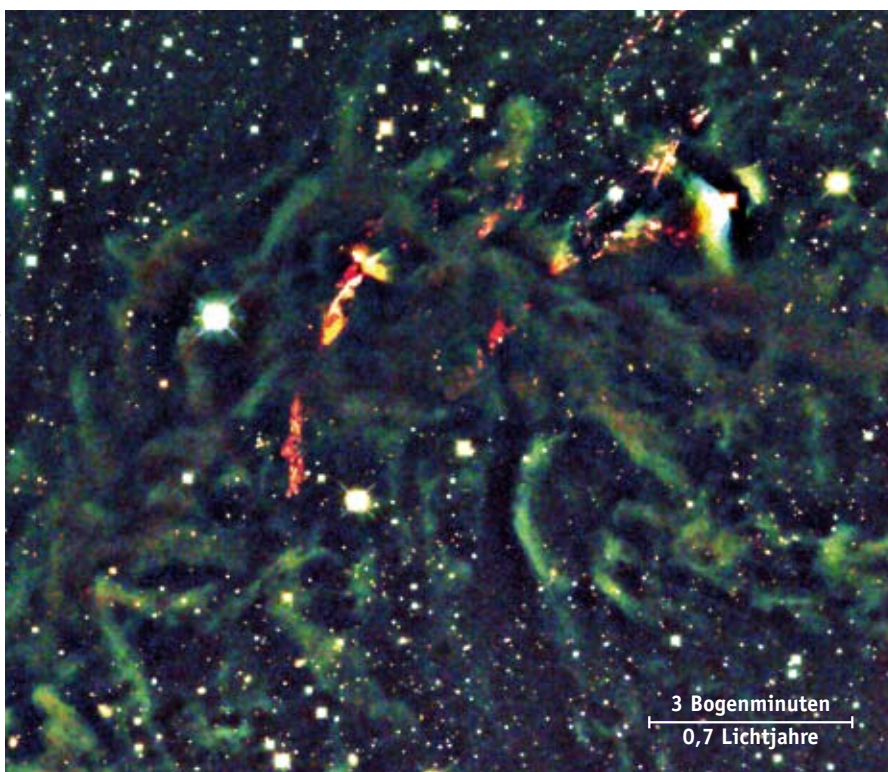
Für die blauen Sterne, die ich in den Dunkelwolken der Tabelle 1 fand, listet die darunterstehende Tabelle 2 den Farbindex ( $B-V$ ) sowie die spektroskopisch ermittelten Entfernungen auf. Den Farbindex berechnete ich jeweils aus der Blau- beziehungsweise Rot-Helligkeit, die dem POSS zu entnehmen ist. Die absolute Helligkeit leitete ich dann aus dem Farbindex ab.

Mit Hilfe eines Hertzsprung-Russell-Diagramms [6] lassen sich die Sternfarben ( $B-V$ ) mit den absoluten Leuchtkräften  $M_V$  im visuellen Spektralbereich verknüpfen. Da die Leuchtkräfte streuen, zog ich für die vorliegende Untersuchung die geringsten für die jeweilige Farbe gemessenen absoluten Leuchtkräfte heran. Bei keinem der betrachteten Sterne handelt es sich um einen bekannten Weißen Zwerg.





Im Unterschied zu den vorangegangenen Beispielen lässt die Dunkelwolke »Dark Tower« im Sternbild Skorpion eine Verbindung zwischen den blauen Sternen und dem umgebenden Staub erkennen. Robert Gendler fotografierte sie mit einer Belichtungszeit von zwölf Stunden durch ein 14-Zoll-Teleskop.



Die Infrarotaufnahme offenbart die sehr zerzauste Struktur der Dunkelwolke Lynds 1448. Gut vorstellbar wäre, dass an einigen Stellen Hintergrundsterne nahezu ungehindert durch die Wolke hindurch scheinen könnten.

Sehr illustrativ ist ein Vergleich mit der Dunkelwolke »Dark Tower« im Skorpion, vor der sich gleich mehrere blaue Sterne mit scheinbaren Helligkeiten zwischen 11 und 12 mag zeigen (Bild oben). Diese Dunkelwolke liegt in der Nachbarschaft des offenen Sternhaufens NGC 6231. Die Entfernung dieses Sternhaufens wird in der Literatur mit 5800 Lichtjahren angegeben [7]. Damit ergibt sich kein Widerspruch zu den Entfernungen der blauen Sterne vor dem Dark Tower. Im Gegenteil: Die blauen Sterne stehen offensichtlich in einem räumlichen Verhältnis zu der Dunkelwolke und regen an einigen Stellen das umliegende Gas zum Leuchten an.

### Löcher in Dunkelwolken als Alibi?

In fünf von 93 untersuchten Dunkelwolken stieß ich auf blaue Sterne, die deutlich weiter von uns entfernt sein dürften, als die Wolken, in denen sie leuchten. Der Widerspruch zwischen den in der Fachliteratur veröffentlichten Entfernungen der Wolken ist so groß, dass er sich selbst durch großzügig dimensionierte Messfehler der Entfernungen von Wolken und Sternen



nur mühsam auflösen ließe. Aus meiner Sicht bleibt die plausiblere Erklärung übrig, dass beide Entfernungsabschätzungen zutreffen, die blauen Sterne also deutlich hinter den Dunkelwolken stehen. Warum wird ihr Licht dann aber nicht absorbiert und gerötet?

Die Erklärung liegt vermutlich darin, dass die Dunkelwolken an jenen Stellen, an denen sich diese blauen Sterne befinden, nur eine geringe Dichte, quasi ein Loch, aufweisen. Für diese These spricht, dass Untersuchungen an anderen Dunkelwolken zum Teil sehr inhomogene Dichten ergaben. Beispielsweise zeigte die von Cernis und Straizys im Jahr 2003 veröffentlichte spektroskopische Vermessung von 128 Sternen in und um Barnard 1, dass einige Sterne, die sich hinter dem Zentrum der nur 500 bis 750 Lichtjahre entfernten Dunkelwolke befinden, eine nur geringe interstellare Absorption aufweisen [8].

So weist das Licht der Sterne Nr. 37 und 40, die sich nahezu in der Mitte der Wolke in einer sternarmen Region befinden, nur eine Absorption von 0,37 beziehungsweise 0,29 mag auf, obwohl ihre Distanzen größer sind als jene der Wolke. Die Wolke weist an anderen Stellen wiederum Absorptionen von mehr als 3 mag auf. Dunkelwolken können also durchaus eine vor dem visuell fotografierten Sternenhintergrund nicht erkennbare Filamentstruktur aufweisen und sogar nahezu staubfreie Löcher freilassen. Die US-amerikanischen Astronomen J. B. Foster und A. A. Goodman fotografierten die Dunkelwolke Lynds 1448 im Infraroten [9] und konnten damit ihre klumpige Struktur gut sichtbar machen (Bild links).

Ob es sich bei den in diesem Beitrag beschriebenen fünf blauen Sternen tatsächlich um weit hinter den Wolken, aber durch Wolkenlöcher hindurch leuchtende Sterne handelt, könnten beispielsweise spektroskopische Untersuchungen dieser Sterne klären. Es ist dabei sicher nicht ganz auszuschließen, dass es auch bezüglich der Entfernungen einiger nahe geglaubter Dunkelwolken noch Überraschungen geben könnte. Alle sachdienlichen Hinweise, Fotos oder Anregungen, die zur Ermittlung der Aufenthaltsorte dieser blauäugigen dunklen Gestalten führen, nehme ich jederzeit gerne entgegen. ©

Danksagung: Der Astronomin Carolin Liefke danke ich für ihre wertvollen Hinweise zu dieser Untersuchung.



**NICOLAUS STEENKEN** ist Unternehmensberater und Hobbyastronom. 1980 wurde er Bundessieger bei »Jugend forscht« mit dem Thema »Der Nachweis von interstellarem Staub«. Im Jahr 2000 stieg er in die CCD-Astronomie ein und baute eine kleine Gartensternwarte. E-Mail: [nsteenken@aol.com](mailto:nsteenken@aol.com)

### Literaturhinweise

- [1] Schröder, K.-P.: Die photographische Entdeckung der interstellaren Materie. In: *Sterne und Weltraum*, 8/2006, S. 48–49.
- [2] Hilton, J., Lahulla, J. F.: Distance Measurements of Lynds Nebulae. In: *Astronomy & Astrophysics Supplement Series* 113, S. 325–331, 1995.
- [3] Bok, B., McCarthy, C.: Optical data for selected Barnard objects. In: *Astronomical Journal* 79, 1, S. 42–44, 1974.
- [4] Monet D. G. et al.: The USNO-B Catalog, In: *Astronomical Journal* 125, S. 984–993, 2003.
- [5] Tomita, Y. et al.: The Structure and Dynamics of Large Globules. In: *Publications of the Astronomical Society of Japan* 31, 407–416, 1979.
- [6] Pfau, W.: Streifzüge durch das Hertzsprung-Russell-Diagramm, Teil 1. In: *Sterne und Weltraum*, 6/2006, S. 32–40.
- [7] Raboud, D. et al.: Geneva photometry in the young open cluster NGC 6231. In: *Astronomy & Astrophysics* 325, S. 167–177, 1997.
- [8] Cernis, K., Straizys, V.: Interstellar Extinction in the Direction of the Barnard 1 Dark Cloud in Perseus. In: *Baltic Astronomy* 12, S. 301–321, 2003.
- [9] Foster J. B., Goodman, A. A.: Cloudshine: new light on dark clouds. In: *Astrophysical Journal Letters* 636, S. 105–108, 2006.
- [10] Ungerechts H., Thaddeus, P.: A CO-Survey of The Dark Nebulae in Perseus, Taurus, and Auriga. In: *Astronomy & Astrophysics Supplement Series* 63, S. 645–660, 1987.
- [11] Felli, M., Palagi, F., Tofani, G.: Molecular outflows and H<sub>2</sub>O masers: what type of connection? In: *Astronomy & Astrophysics* 255, S. 293–322, 1992.

Weblinks zum Thema unter [www.astronomie-heute.de/artikel/971986](http://www.astronomie-heute.de/artikel/971986)

**Astronomie.de**  
der Treffpunkt für Astronomie

über 6000 Besucher täglich!

größter Gebrauchtmart mit über 100 Anzeigen pro Tag.

mehr als 150 Einträge in den 19 Diskussionsforen

astronomische Bildergalerie mit 1300 Amateuraufnahmen.

täglich Neuigkeiten und Artikel aus der Welt der Astronomie.

Buchbesprechungen, Deep Sky Datenbank, Fernsehvorschau, Himmelsvorschau, Astroteisen...

Machen Sie mit:  
[Http://www.Astronomie.de](http://www.Astronomie.de)