

fokussiert



Ronald Stoyan, Chefredakteur



Titelbild: Der Helixnebel ist einer der größten und gleichzeitig hellsten Planetarischen Nebel am Himmel. Dieses Foto ist ein Komposit einer Aufnahme mit dem Hubble-Weltraumteleskop und dem 4-Meter-Spiegel der Sternwarte auf dem Cerro Tololo in Chile. Die Emission des zweifach ionisierten Sauerstoffs [OIII] ist blau dargestellt, das Licht von fluoreszierendem Stickstoff [NII] und Wasserstoff (H α) dagegen rot. Welche Farbe Planetarische Nebel hätten, wenn man sie ausreichend aufgelöst mit dem menschlichen Auge sehen könnte, behandelt ein Beitrag ab Seite 60. NASA, ESA, C.R. O'Dell (Vanderbilt University) und M. Meixner, P. McCullough

Liebe Leserinnen und Leser,

die **interstellarum-Themenhefte** kommen an. Die erste Ausgabe über Teleskope stellte sowohl im Zeitschriftenhandel als auch im Einzelheftverkauf einen neuen Verkaufsrekord auf. Dies zeigt, dass die Erweiterung trotz der vielfachen Kritik genau den Nerv der Leser trifft. Mit dem zweiten Themenheft bewegt sich interstellarum in »heimischen Gefilden« – zum ersten Mal seit dem Jahr 2001 widmen wir wieder eine ganze Ausgabe dem Thema, das diese Zeitschrift bekannt gemacht hat, den Deep-Sky-Objekten.

Planetarische Nebel sind für viele unserer langjährigen Leser Lieblingsobjekte. Diese Objektklasse fasziniert wie kaum eine andere durch ihren Formen- und Farbenreichtum visuelle und fotografische Beobachter gleichermaßen. Mit 67 Amateurfotos, 50 Zeichnungen und den 45 besten Fotos des Hubble-Weltraumteleskops bietet diese Ausgabe so viel Anschauungsmaterial wie keine deutschsprachige Publikation zum Thema davor. Und 17 fundierte Beiträge von Profi- und Hobby-Astronomen entwerfen ein Gesamtbild der Planetarischen Nebel, wie es vollständiger kaum je gezeichnet wurde.

Berichten Sie uns Ihre Meinung! Schreiben Sie uns, was Sie von diesem Themenheft halten – gleich ob positiv oder negativ. Wir wollen zukünftige Ausgaben nach Ihren Vorstellungen verbessern. Eine Onlinemaske zum Eingeben Ihrer Kommentare im Internet finden Sie auf www.interstellarum.de/leserbriefe.asp. Sie können uns aber auch gern per Email oder Brief kontaktieren – wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Viel Spaß beim Beobachten!

Ronald Stoyan



Messier 57

32



Planetary Nebulae of the Abell Catalog

42



Which color does the Ring Nebula have?

60



Planetary Nebulae ultra-high resolution

66

Hintergrund

8 Vom Roten Riesen zum Weißen Zwerg

Die Entstehungsgeschichte der Planetarischen Nebel

14 Astro-Wissen: Wie entstehen verbotene Linien?

15 Hubbles Planetarische Nebel

Die schönsten Fotos des Weltraumteleskops

20 Ringe, Spiralen und Hanteln

Planetarische Nebel in Zeichnungen historischer Beobachter

Praxis

24 Beobachtung Planetarischer Nebel

Techniken und Tricks für eine erfolgreiche Beobachtung

31 Praxis-Wissen: Was ist das Indirekte Sehen?

32 Messier 57

Eine visuelle Studie des Ringnebels

35 Flächenhelle Planetarische Nebel

Beobachtungsziele für städtische Standorte

39 Planetarische Nebel hochaufgelöst

Deep-Sky-Beobachtungen am 600mm-Cassegrain der Nürnberger Sternwarte

42 Planetarische Nebel des Abell-Kataloges

Entdeckung, Hintergründe und interessante Objekte

50 Augen auf

Der Wahrheitsgehalt visueller Beobachtungen

Technik

53 Planetarische Nebel: Vielfalt in Form, Farbe und Größe

Ein Interview mit dem Astrofotograf Radek Chromik

aktuell auf www.interstellarum.de

astroeinstieg.de

by interstellarum Zeitschrift für praktische Astronomie

Die interstellarum-Einsteigerseiten

AstronomieNewsletter

Beobachtungen, Forschung, Szene
aktuell informiert alle 14 Tage

Astroschnäppchen
AstronomieNewsletter

ausgewählte Angebote für interstellarum-Leser

Online-Ressourcen

Das Astronomische Sehen
Teil 5: Sichtbarkeitswahrscheinlichkeiten flächenhafter Deep-Sky-Objekte

Webcam-Workshop, Digitale Astrofotografie für Einsteiger (1)

Webcam-Workshop, Digitale Astrofotografie für Einsteiger (2)

Webcam-Workshop, Digitale Astrofotografie für Einsteiger (3)

56 Planetarische Nebel

Herausforderungen für Astrofotografen

60 Welche Farbe hat der Ringnebel?

Die korrekte Farbbalance von RGB-Aufnahmen

65 Technik-Wissen: Wie funktioniert die Fotografie mit Linienfiltern?

66 Planetarische Nebel ultrahochaufgelöst

Deep-Sky-Fotografie mit »Lucky Imaging«

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Vom Roten Riesen zum Weißen Zwerg

Die Entstehungsgeschichte der Planetarischen Nebel

8

Beobachtungen

70 **Georg Reus (1938–2008)**

Eine Retrospektive in Bildern

72 **Astrofotos unserer Leser**

Service

75 **Sun Kwok: The Origin and Evolution of Planetary Nebulae**

Lubos Kohoutek: Catalogue of
Galactic Planetary Nebulae

Sun Kwok: Cosmic Butterflies
– The colorful mysteries
of planetary nebulae

76 **Astroschnäppchen**

76 **Kleinanzeigen**

- 1 fokussiert
- 2 Inhaltsverzeichnis
- 6 Leserbriefe
- 76 Leserhinweise
- 78 Vorschau, Impressum

Hubbles Planetarische Nebel

Die schönsten Fotos des Weltraumteleskops

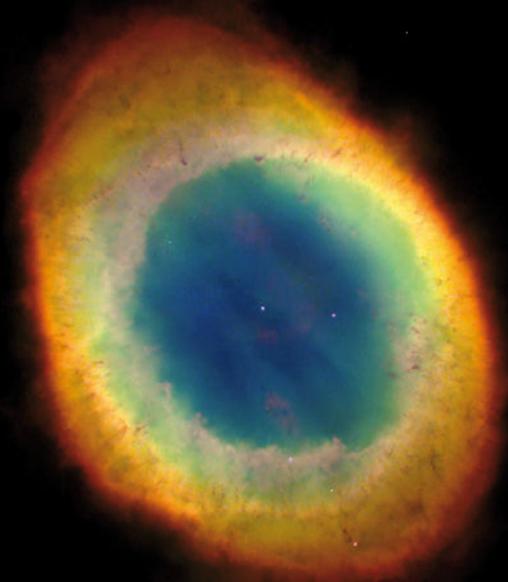
15



Vom Roten Riesen zum Weißen Zwerg

Die Entstehungsgeschichte der Planetarischen Nebel

VON KLAUS-PETER SCHRÖDER



Die Entstehung eines Planetarischen Nebels (PN) ist ganz und gar nicht zu vergleichen mit dem explosionsartigen Vorgang einer Supernova. Vielmehr expandiert die Hülle eines PN vergleichsweise langsam mit 10km/s – 40km/s und der Entstehungsprozess erstreckt sich über einige zehntausend Jahre. Die daraus resultierende, für den Beobachter so faszinierende Formenvielfalt zeigt, wie facettenreich und individuell verschieden dieser Vorgang ist. Die meisten PN sehen dem bekannten Ringnebel M 57 (Abb. 1) eigentlich überhaupt nicht ähnlich! PN sind daher auch heute noch ein sehr lebendiges Forschungsgebiet der Astrophysik.

Der Name »Planetarischer Nebel« ist ein wenig irreführend, denn diese Objektklasse hat rein gar nichts mit Planeten zu tun! Vielmehr haben einige kompaktere PN ihre ersten Beobachter an eine lichtschwache Version eines Planetenscheibchens erinnert – so auch den großen Beobachter des späten 18. und frühen 19. Jahrhunderts, Wilhelm Herschel, ein nach England ausgewandertes Hannoveraner, der sich vom Kapellmeister zum Instrumentenbauer und königlichen Hofastronomen wandelte, den Planeten Uranus entdeckte und die Grundlage für den bekannten NGC-Katalog lieferte. Besagter visueller Eindruck führte also zur Namensgebung.

In Wirklichkeit sind PN jedoch das Nebenprodukt beim »Sterben« eines Sternes von gut einer bis zu maximal acht Sonnenmassen, mit typischen Abmessungen der sichtbaren Gashülle von ½ bis 3 Lichtjahren – viel, viel größer also als das gesamte Sonnensystem! Noch massereichere Sterne explodieren in einer Supernova, ausgelöst durch einen Kernkollaps. Die Hülle eines PN dagegen expandiert langsam, mit 10km/s – 40km/s. Und sie wurde nicht schlagartig, sondern über mehrere Zehntausend Jahre hinweg durch den letzten und stärksten Massenverlust (den

»Superwind«) eines zum Riesen aufgeblähten Sternes erzeugt. Ein besonders gut bekannter Vertreter ist der Ringnebel (M 57, das 57. Objekt des Messier-Katalogs) im Sternbild Leier. Wie man im Weiteren sehen wird, ist dieses Objekt aber nicht unbedingt typisch für die Mehrzahl seiner »Klassenkameraden«. Überhaupt ist die Formenvielfalt unter den PN groß, was auch ihren Reiz für den Beobachter ausmacht.

Längere Vorgeschichte: Ein Stern wird zum »Roten Riesen«

Die meiste Zeit seines »Lebens« verbringt ein Stern damit, seinen Wasserstoffvorrat im Kernbereich zu verbrennen. In dieser Phase verändert sich der Stern kaum. Grundsätzlich hängen Leuchtkraft und Effektivtemperatur dabei aber empfindlich von der Masse des Sternes ab: Die Leuchtkraft wächst mit nahezu der vierten Potenz der Masse, während sich die Effektivtemperaturen von 3500K (massereiche Sterne) bis zu über 50000K (sehr massereiche Sterne) erstrecken. Im bekannten Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD), in welchem die Sterne nach ihrer Temperatur über der x-Achse (heiße Sterne links) und nach ihrer Leuchtkraft auf der y-Achse

aufgetragen werden (vgl. Abb.2), bilden die in ihrem Kern Wasserstoff verbrennenden Sterne daher eine stark besetzte Diagonale, die so genannte Hauptreihe – oben links (heiß und hell) die massereichen, unten rechts (kühl und leuchtschwach) die massearmen Sterne.

Dabei gehen die massereichen Sterne so verschwenderisch mit ihrem nuklearen Brennvorrat um, dass sie viel frühzeitiger die Hauptreihe verlassen. Wenn in dieser Phase der dichte heiße Kernbereich des Sterns fast nur noch aus Helium besteht, dann verlagert sich das Wasserstoffbrennen auf eine Schale im Randbereich des Kernes (bgl. Kasten S.13). Im HRD wandert ein solcher einzelner Stern nun nach rechts, d.h. er wird zunächst kühler. Nach einer Weile steigt dann die Leuchtkraft der Sterne mit knapp einer bis zu mehreren Sonnenmassen an, d.h. sie wandern im rechten Bereich des HRD nach oben, um zu einem »roten« Riesenstern zu werden (siehe Abb. 2). Dieser wird deshalb heller, weil seine Wasserstoffbrennschale am Rande des kontrahierenden Kerns unter immer höheren Druck gerät und somit nun viel mehr Energie umsetzen kann.

In diesem ersten Riesenstadium findet man die meisten entwickelten Einzelsterne im HRD auf dem so genannten »Roten

◀ **Abb. 1: Der Ringnebel M 57**, ein (gar nicht so!) typischer Planetarischer Nebel.

Riesenast« (Red Giant Branch, RGB) aufsteigen, bis der jeweilige Kern genügend verdichtet ist, um endlich das Helium-Brennen starten zu können. Nun ist der Riese für einige Zeit – das kann bis zu 10% seiner Hauptreihen-Lebensdauer sein – als ein wieder etwas heißerer, weniger leuchtkräftiger und vor allem kleinerer K- oder G-Riese im HRD zu finden (Abb. 2). Der Helium-brennende Kernbereich ist jetzt weniger stark komprimiert, weshalb die ihn umgebende Wasserstoffbrennschale in diesem Stadium auch weit weniger Energie produziert.

Wenn schließlich auch das Helium im Kernbereich verbrannt ist, dann beginnt das Spiel mit dem kontrahierenden Kern und dem sich außen dafür aufblähenden Riesenstern von neuem. In diesem zweiten Riesenstadium findet man Sterne von bis zu acht Sonnenmassen im HRD auf dem Asymptotischen Riesenast (Asymptotic Giant Branch oder AGB), sie steigen knapp links vom RGB auf.

Geringe Schwerebeschleunigung begünstigt Massenverluste

Rote Riesen haben durch ihre Größe eine so geringe Oberflächenschwerebeschleunigung, dass sie viel Masse in Form eines so genannten »kühlen Windes« verlieren. Ihre Massenverlustrate nimmt dabei mit zunehmender Leuchtkraft und Größe zu, langsam aber kontinuierlich. Der genaue Mechanismus ist jedoch auch heute noch nicht völlig verstanden. Die so zustande kommenden Massenverlustraten sind klein, sie umfassen eine Sonnenmasse in mehreren Millionen bis in einer Milliarde Jahren, d.h. zwischen 10^{-7} bis mehreren 10^{-9} Sonnenmassen/Jahr, können sich aber über mehrere hundert Millionen Jahre zu einigen Zehnteln oder gar mehr als einer Sonnenmasse aufsummieren.

Dieser kühle Wind unterscheidet sich aber eindeutig von dem spektakulären staubigen »Superwind« (s.u.), welcher erst in der allerletzten Phase des roten Riesens auf dem AGB auftritt und dann unmittelbar zur Bildung des PN führt. Der Superwind legt den heißen Kern des Sternes frei (s.u.), welcher erst zum Zentralstern des PN wird und später zum Weißen Zwerg. Lediglich sehr massereiche Sterne mit mehr als acht Sonnenmassen erleiden schon zuvor einen Kernkollaps, der zu einer Supernova-Explosion führt und einen Neutronenstern, der oft auch als Pulsar zu

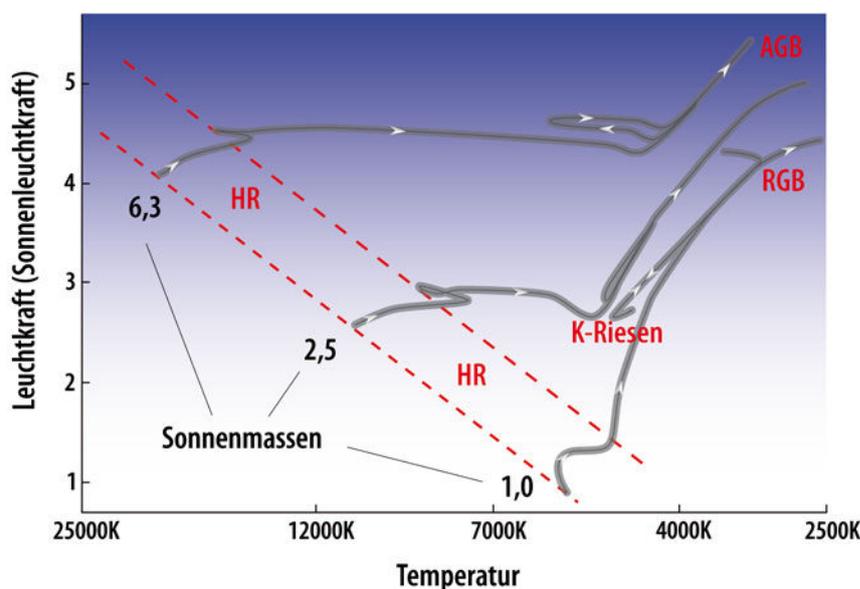


Abb. 2: Drei Entwicklungswege für Sterne mit verschiedener Masse zeigen deren Entwicklung vom Hauptreihenstern (HR) mit zentralem Wasserstoff-Brennen zum Riesen, mit den Etappen RGB (Red Giant Branch oder erster Riesenast, Wasserstoff-Schalenbrennen), K-Riese (zentrales He-Brennen) und AGB (Asymptotic Giant Branch, mit Zwei-Schalenbrennen, von H und He).

beobachten ist, oder ein Schwarzes Loch als Endprodukt hat.

Die stellaren Komponenten eines Doppelsterns entwickeln sich zunächst genauso wie zwei einzelne Sterne. Der massereiche Hauptstern ist dabei schneller, verlässt zuerst die Hauptreihe und wird langsam größer. Und genau hier beginnen die Komplikationen der Doppelsternentwicklung: Abhängig von der Größe des Orbits kann früher oder später der sich aufblähende Hauptstern seinen Anziehungsbereich (die Roche-Grenze) überschreiten und ein Teil seiner Masse wird mehr oder weniger schnell auf den Begleiter übertragen. Dieser kann dabei sogar zu der massereicheren Komponente anwachsen, und seine Entwicklung verändert sich dadurch beträchtlich. Aber der Massenverlust (das »Überlaufen«) des größeren Sterns kann auch völlig chaotisch und schnell erfolgen und eine gemeinsame Hülle (common envelope) um den Doppelstern erzeugen. Dies passiert vor allem im fortgeschrittenen Riesenstadium und ist vermutlich für die Entstehung der sehr stark bipolaren PN verantwortlich (s.u.).

Einzelriesen: »Kühler Superwind« legt den Kern frei

Die eigentliche Entstehungsgeschichte eines PN beginnt also in der Endphase der eben beschriebenen Sternentwicklung. Einen normalen Einzelstern, d.h. mit etwa ein bis acht Sonnenmassen, findet

man gegen Ende seiner Entwicklung hoch auf dem AGB, mit einer Leuchtkraft von etwa dem Zehntausendfachen der Sonnenleuchtkraft und einige hundert Sonnendurchmesser groß. Hierbei trifft ein beträchtlicher Strahlungsdruck auf eine sehr geringe Oberflächenbeschleunigung. Aber weitere wichtige Faktoren müssen nun noch ins Spiel kommen, um aus dem gewöhnlichen Massenverlust, dem »kühlen Wind«, einen »Superwind« zu machen, welcher letztlich das Hüllenmaterial für den PN liefert und gleichzeitig den Zentralstern erzeugt, indem er den heißen Sternkern freilegt.

Neben einer weiteren Abnahme der Effektivtemperatur des Riesensternes und mit zunehmender Größe auch der weiteren Abnahme seiner Schwerebeschleunigung, spielt vor allem die Zufuhr mechanischer Energie eine wichtige Rolle. Diese entsteht in Form von Pulsationen des ganzen Sternes, wie bei den Mirasternen, kann aber auch lokal aus einzelnen Oberflächenregionen stammen. Der weit aufgeblähte Riesenstern mit seiner jetzt sehr empfindlich von der Temperatur abhängigen Opazität (Absorptionsvermögen) ist nämlich ein recht instabiles Gebilde. Die mechanische Energie bläht die Chromosphäre des Riesensternes, begünstigt von seiner immer geringeren Anziehungskraft, zunehmend bis zum rund zehnfachen des Riesen selbst auf. In dieser schon recht großen Entfernung von der Photosphäre erreicht die Chromosphäre nun den op-

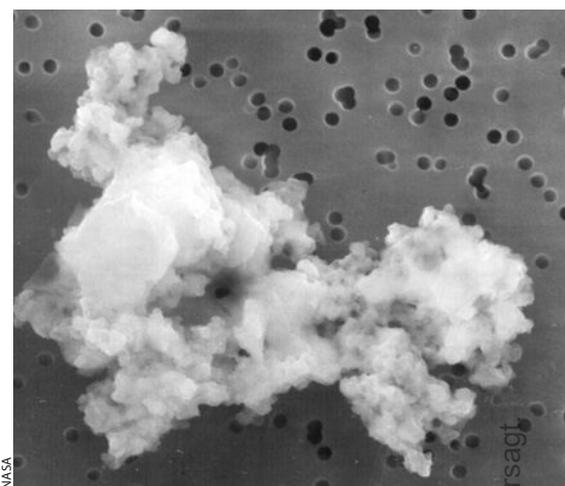


Abb. 3: Der bekannte Helix-Nebel zeigt kometenartige Strukturen um kompakte Wölkchen, die vom heißen Wind überholt wurden.

Abb. 4: Ein 10µm großes interplanetares Staubteilchen, das in der Stratosphäre von einem U2-Flugzeug aufgesammelt wurde. Diese Teilchen bestehen aus Glas, Kohlenstoff und vielen Arten von Silikat-Mineral-Körnern.

timalen, d.h. relativ niedrigen Temperaturbereich für die Staubbildung. Wenn sie in dieses »Staubbildungsfenster« vorrückt, kommt es relativ plötzlich zu einer sehr effektiven Bildung von Staubteilchen von nur etwa 1/1000mm Größe. Die Folge: Die äußere Hülle des Riesen wird undurchsichtig, denn seine Strahlung wird nun vom Staub absorbiert. Aber damit wird auch der Impuls der absorbierten Photonen vom Staub übernommen. Er fängt an sich unter dem Strahlungsdruck nach außen zu bewegen und das restliche Gas mitzuführen. In Fachkreisen spricht man daher von einem »staubgetriebenen« Stern- oder »Superwind«: Die Entstehung des Staubes schafft plötzlich einen zusätzlichen Massenverlustmechanismus und die Massenverlustrate geht nun zusehends in die Höhe.

Während der kompakte heiße Sternkern weiter brennt, trägt der staubge-

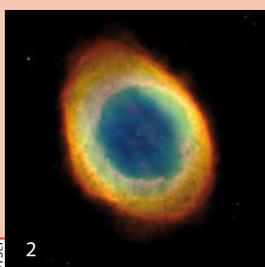
triebene Wind also zunehmend Material des weit ausgedehnten und dabei sehr dünnen Sternmantels ab. Dies geschieht in einer selbstbeschleunigenden Weise: Je mehr Masse fehlt, desto geringer wird die Schwerebeschleunigung, der Riese wird noch ausgedehnter, damit auch noch kühler und der Massenverlust beschleunigt sich noch. So kommt es in den letzten ca. 30000 Jahren vor der zwangsläufigen Freilegung des heißen Kerns zu einem Verlust von einigen Zehnteln bis zu über einer Sonnenmasse, mit Massenverlustraten, die gegen Ende bis zu einer Sonnenmasse in 10000 Jahren (10^{-4} Sonnenmassen/Jahr) ansteigen können, dem »Superwind«. – Genau diese Dynamik und derartige Hüllenmassen beobachtet man bei den PN!

Wenn schließlich der heiße Kern des Riesensternes freigelegt ist, dann verändert sich das Bild schlagartig. Die kühle, staubreiche, mit 10km/s – 40km/s ver-

gleichsweise langsam expandierende Hülle (der staubgetriebene Superwind) wird nun plötzlich mit intensivem UV-Licht und einem dünnen aber sehr schnellen und heißen Wind von Innen her bedrängt, nach außen zunehmend verdichtet (vergleichbar mit Schnee vor einem Schneeschieber) und vor allem ionisiert, d.h. die Atome verlieren ein oder mehrere Elektronen. Der Nebel leuchtet als PN auf, da die ionisierten Atome wieder mit Elektronen rekombinieren und dabei Licht emittiert wird, bis sie sogleich wieder neu ionisiert werden. Die dynamische Wirkung des schnellen, heißen Windes kann man besonders schön beim nahe gelegenen Helix-Nebel (Abb. 3) sehen. Einige kompakte Verdichtungen im kühlen Wind wurden vom heißen Wind überholt und bilden nun kometenartige Strukturen.

Die häufigsten Formen von Planetarischen Nebeln

- (1) Sphärische Hülle (selten)
- (2) Elliptische Hülle: typischer PN der Einzelsternentwicklung
- (3) Bipolarer PN mit geschlossenen Blasen: junger PN, meist aus Doppelstern hervorgegangen
- (4) Bipolarer PN mit geöffneten Blasen: Schmetterlingsform, entwickelter PN, oft aus Doppelstern hervorgegangen



Auch auf die richtige Chemie kommt es an

Die Staubbildung selbst ist eine komplizierte physikalisch-chemische Angelegenheit in einem ungünstigen Umfeld. Der beobachtbare Erfolg dieses mikroskopischen Prozesses, der die Basis für den makroskopischen Superwind bildet, erstaunt daher selbst den Fachmann. Ein öfters gelesenes Zitat: »Only a housewife would not be surprised, how easily dust forms in space« (»Nur eine Hausfrau wäre nicht überrascht, wie leicht sich Staub im Welt-

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

all bildet») mag zwar politisch-emanzipatorisch nicht ganz korrekt sein, bringt es aber auf den Punkt. Welche Chemie steckt nun hinter der Bildung von Staubpartikeln (siehe Abb. 4) und wie steht sie im Zusammenhang mit den physikalischen (makroskopischen) Vorgängen im Riesenstern?

Normalerweise beginnt ein Stern mit einer chemischen Zusammensetzung von etwas mehr Sauerstoff als Kohlenstoff. Aber die meisten Riesen, jene mit weniger als etwa drei Sonnenmassen, werden kurz vor der Staubbildung an ihrer Oberfläche kohlenstoffreich. Der entwickelte AGB-Riesenstern kann nämlich mit einer Art von innerem »Schluckauf« genug kohlenstoffangereichertes Material aus seiner Helium-Brennschale in den Boden seiner bis zur Oberfläche reichenden ausgedehnten Konvektionszone einspeisen. Bewirkt wird dieser schubweise Vorgang (engl.: »dredge-up«) durch ein periodisches Zünden und Abschalten der Helium-Brennschale, korrekt als Thermische Pulse (oder auch als He-shell flashes) bezeichnet. Mangels Heliumzufuhr aus der darüber brennenden Wasserstoffbrennschale vermag die He-Brennschale im fortgeschrittenen Riesenstadium nämlich nicht mehr dauerhaft zu brennen. Was sich wie ein kurioses Detail der Sternentwicklung ausnimmt, hat jedoch im Verein mit dem Sternwind einstweilen einen beträchtlichen Anteil unseres körpereigenen Kohlenstoffs ins interstellare Medium befördert und so unserem jungen Sonnensystem zur Verfügung gestellt.

Kohlenstoff ist bekanntlich der Verbindungs-Meister unter den Atomen. Das am stärksten gebundene und sich zuerst bildende Molekül ist Kohlenmonoxid (CO). Davon findet man sehr viel in den Photosphären und Chromosphären der kühlen Riesensterne. Es bindet paritätisch alle vorhandenen Kohlenstoff- und Sauerstoffatome. So lange noch der Sauerstoff überwiegt, können sich zudem Wasser- und Sauerstoffmoleküle sowie Silizium- und Metalloxide bilden. Deren Signaturen findet man in den Infrarotspektren der Sternwinde massereicher Riesensterne, sowie (z.B. Wasser) auch als Verursacher von Maser-Emission. Aber noch viel produktiver ist die kohlenstoffreiche Chemie: Hier gibt es zahlreiche Verbindungsmöglichkeiten mit Wasserstoff, beginnend mit einem Benzolring, der dann leicht zu Riesenmolekülen, wie den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (engl.: PAH, Abb. 5 zeigt ein Beispiel) wuchern kann, die schließlich leicht zu kleinen Staubkörnchen verbacken (Abb. 4). So darf man davon ausgehen, dass ein kohlenstoff-

reicher Stern viel leichter Masse verliert. In der Tat bedarf es bei den sauerstoffreichen staubgetriebenen Winden schon einer höheren Leuchtkraft, die ein massereicher AGB-Stern aber auch erreicht, um denselben Erfolg zu erzielen.

Haben diese Staubpartikel erst einmal eine kritische Größe überschritten, dann lassen sie sich auch nicht mehr so leicht vom umgebenden Gas oder Strahlungsfeld zerstören. Jeder Einschlag eines Atoms oder Photons wird vom Gesamtverband abgepuffert und die absorbierte Energie wird sehr effektiv im fernen Infrarot wieder abgestrahlt. Dadurch sinkt auch die Temperatur der staubigen Hülle um den Riesenstern noch weiter ab. Stellarer Staub bildet also eine langlebige Sammelstelle für schwere Elemente, überlebt mit geringen Modifikationen viele Jahre im interstellaren Medium, sammelt sich in großen Molekülwolken an, bis er sich nach deren Kollaps und Fragmentation irgendwann als Grundbaustein für ein Planetensystem in einer protostellaren Scheibe wieder findet.

Doppelstern: »Angezapfter« Riese löst sich chaotisch auf

Doppelsterne können, wenn sie über die richtige Orbitgröße verfügen, eine dramatische »Abkürzung« in der Entwicklung zum PN nehmen. Noch vor dem Einsetzen des Superwindes kann es nämlich zu dem oben schon erwähnten chaotischen Massenüberfluss kommen, wenn der Riese seinen eigenen Anziehungsbereich überschreitet. Der ganze Doppelstern wird plötzlich von einer Hülle aus verlorenem

Abb. 6: Der Ameisennebel ist ein noch junger, stark bipolarer Nebel, bei dem die Blasen noch geschlossen sind.

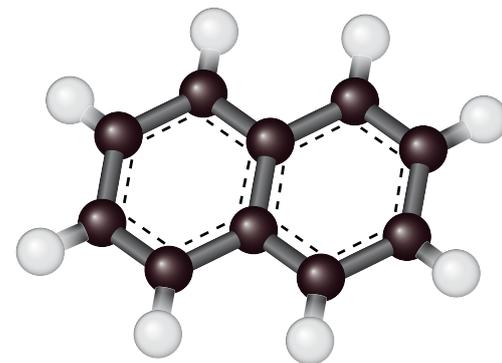
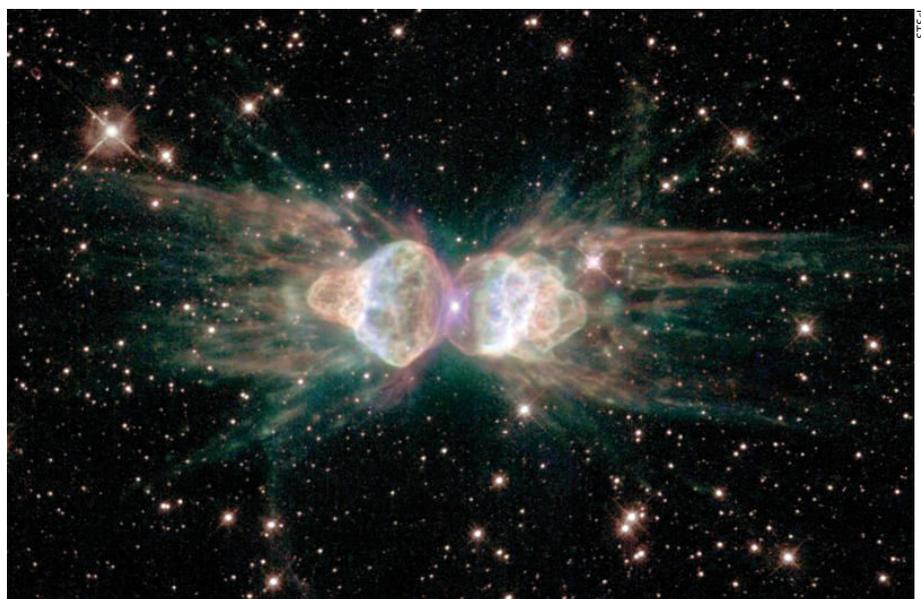


Abb. 5: Beispiel eines PAH-Moleküls, bestehend aus zwei Benzolringen.

Gas umgeben, welches der »angezapfte« Riese innerhalb von nur wenigen Tausend Jahren so schnell verliert, dass es nur teilweise den Begleiter erreicht (die sog. »common envelope« Phase). Auch auf diesem Wege kann genügend Material für eine PN-Nebelhülle freigesetzt und der heiße Kern des Riesensternes offen gelegt werden, so dass er als Zentralstern für die Ionisation und das Leuchten des PN sorgen kann. Aber einen großen Unterschied gibt es doch zur Entstehung eines PN aus einem Einzelstern und der macht sich im Anblick des Nebels deutlich bemerkbar: Das Hüllenmaterial der »common envelope« Phase wird von dem gewaltigen Bahndrehimpuls des in ihm kreisenden Doppelsternes strukturiert wie Teig von einem Rührmixer! Extrem bipolare, d.h. axial-symmetrische, stark von der Kugelsymmetrie abweichende PN-Strukturen sind die Folge. Das Doppelsternsystem kann dabei durch den Drehimpulsverlust sogar zu einem einzigen Stern verschmelzen. Auf alle Fälle sind aber eine ganze Reihe

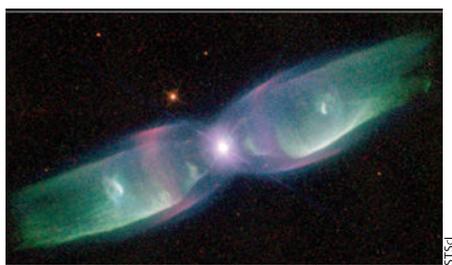


Abb. 7: M2-9 ist ein sehr ausgeprägt bipolarer, schon entwickelter PN mit zwei bereits geöffneten langgestreckten Blasen. Der helle Zentralstern ist vermutlich ein sehr enger, symbiotischer Doppelstern.

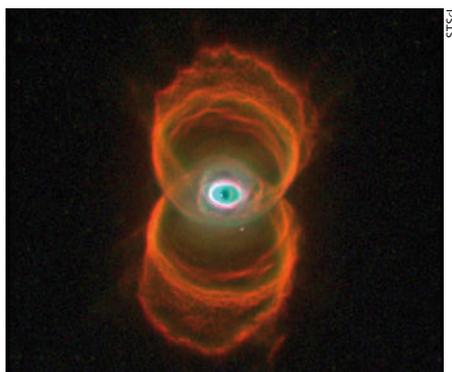


Abb. 8: Abell 39 ist ein seltenes Beispiel für einen fast perfekt kugelrunden PN.

von PNs bekannt, die einen Doppelstern im Zentrum besitzen.

Wenn man sich die nähere Sonnenumgebung einmal genau mit Hilfe von Sternkatalogen ansieht oder einen jüngeren Sternhaufen wie die Plejaden studiert, dann stellt man fest, dass über zwei Drittel aller Sterne in Wirklichkeit Doppelsterne sind! Nur die Hälfte dieser Fälle ist dabei auch leicht als Doppelstern zu erkennen, nämlich nur wenn der Begleiter ausreichend leuchtkräftig ist und weit genug vom Hauptstern entfernt steht. Nur ein kleinerer Teil aller Doppelsterne besitzt einen Orbit im richtigen Größenbereich, um einen stark bipolaren Nebel

Abb. 9: Der Hourglass-Nebel zeigt eine schöne bipolare Struktur, polar ausgehend von einer kompakten Scheibe, schräg von der Seite gesehen.



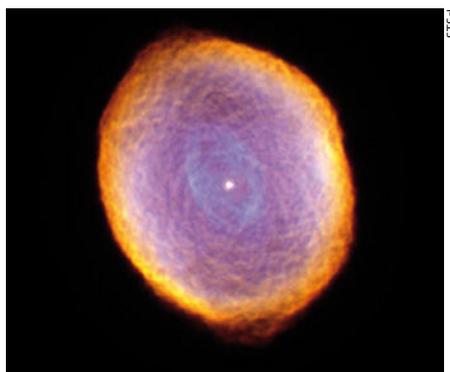
Was ist ein Wolf-Rayet-Stern?

Die massereichsten Sterne, O-Riesen mit etwa 25 bis 70 Sonnenmassen, sind so leuchtkräftig, dass sie schon auf oder gleich nach dem Hauptreihenstadium einen recht starken Massenverlust durch den strahlungsdruck-getriebenen »heißen Sternwind« erfahren. Recht bald haben diese Sterne so ihre gesamten wasserstoffreichen, äußeren Schichten verloren und werden dann nach den Entdeckern dieser Sternklasse »Wolf-Rayet«-Sterne genannt. Im Spektrum dieser WR-Sterne zeigt sich die Wasserstoffarmut durch abwesende oder auffallend schwache Balmer-Linien, den bei normalen Sternen meist als sehr kräftig anzutreffenden, stärksten Spektrallinien des Wasserstoffs. Dafür dominieren Sauerstoff- und Kohlenstofflinien in der Unterklasse der WC-Sterne und Stickstofflinien in der Unterklasse der WN-Sterne. WR-artige Zentralsterne zeigen bezüglich Wasserstoffarmut und Temperatur ein sehr ähnliches Spektrum, sind aber bedeutend kleiner und masseärmer.

zu erzeugen. Da die reinen Einzelsterne jedoch nur weniger als ein Drittel aller Sterne am Himmel ausmachen, kommt über den Doppelstern-Entwicklungs kanal allemal ein größerer Anteil von PNs zustande. Das kann gut die recht große Zahl bizarrer (extrem bipolarer) PN wie z.B. den Ameisen-Nebel und M2-9 (siehe Abb. 6 und 7) erklären.

Einen weiteren Unterschied gibt es bei derartig entstandenen PN: In den meisten Fällen kommt es zum Hüllenausstoß noch bevor der Riesenstern kohlenstoffreich werden konnte. Bei den meisten Einzelsternen bleiben dagegen nur die eher seltenen massereichen Sterne sauerstoffreich. Ginge es nur nach ihnen, würde der Astrophysiker also viel mehr kohlenstoffreiche als sauerstoffreiche PN beobachten. In Wirklichkeit halten sich jedoch diese beiden Fälle in etwa die Waage. Eine gute Erklärung dafür könnte also ein beträchtlicher Anteil von PNs sein, der auf dem Wege des Doppelsterns entstand und daher zusätzlich sauerstoffreiche PN beisteuert. Genaue Studien zu dieser Frage fehlen aber noch, denn in der Praxis ergeben sich

Abb. 10: Der Spirograph-Nebel besitzt einen Zentralstern, dessen Spektrum dem eines Wolf-Rayet-Sternes ähnelt.



eine Komplikationen. So sind z.B. viele stark bipolare Nebel gar nicht als solche zu erkennen, weil man nahezu axial in sie hinein blickt. Und es gibt auch viele Beispiele von schon überdurchschnittlich bipolaren PN, die aber allem Anschein nach von einem massereichen und mit recht viel Drehimpuls versehenen Einzelstern erzeugt wurden.

Strukturbildung und offene Fragen

Der Bahndrehimpuls von Doppelsternsystemen erklärt also so einige bizarre Strukturen. Aber warum ist dann nicht jeder aus einem Einzelstern entstehende PN im Kontrast dazu schön rund, so wie das eher seltene Beispiel Abell 39 (Abb. 8)? Vielmehr gibt es viele Fälle von elliptischen bis hin zu moderat bipolaren PN. Selbst der Ringnebel (Abb. 1) ist in Wirklichkeit nicht so rund (oder kugelförmig), wie es den Anschein hat. Eingehendere Studien zeigen, dass man hier in einen elliptischen Torus etwas schräg von oben hinein blickt. Das Gleiche ist auch der Fall beim Helix-Nebel (Abb. 3). Dass die Abweichung von der Kugelsymmetrie der Normalfall bei den PN-Hüllen ist, überrascht umso mehr, weil die beobachteten CO-Hüllen der in der Entwicklung unmittelbar zuvor stehenden Kohlenstoff-Sterne noch kugelförmig sind! Dasselbe gilt sogar noch für die äußeren Staubhüllen der PN, wie Beobachtungen im fernen Infrarot zeigen. Also kommt offensichtlich erst gegen Ende der Superwindphase plötzlich eine Bewegung ins Spiel: Die allerletzten staubgetriebenen Massenverluste sind am Sternäquator stärker, weshalb sich der nachfolgende dünne, aber schnelle und heiße Wind des Zentralsterns und dessen ionisierende Strahlung in den polaren Bereichen der staubigen Hülle schneller »durchfressen« können.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Allgemein wird als plausibler Grund für eine derartige gemäßigte bipolare Asymmetrie angesehen, dass beim zuvor schon fast nicht mehr rotierenden Riesenstern zuletzt noch eine langsame Rotation einsetzt. Die durch die daraus resultierenden Fliehkräfte besonders am Äquator verringerte Schwerebeschleunigung begünstigt den äquatorialen Massenverlust und die langsam expandierende kühle Sternhülle wird hier dichter. Kurz danach ist sie deshalb hier auch weniger anfällig für die Wirkung des nachdrängenden heißen Windes.

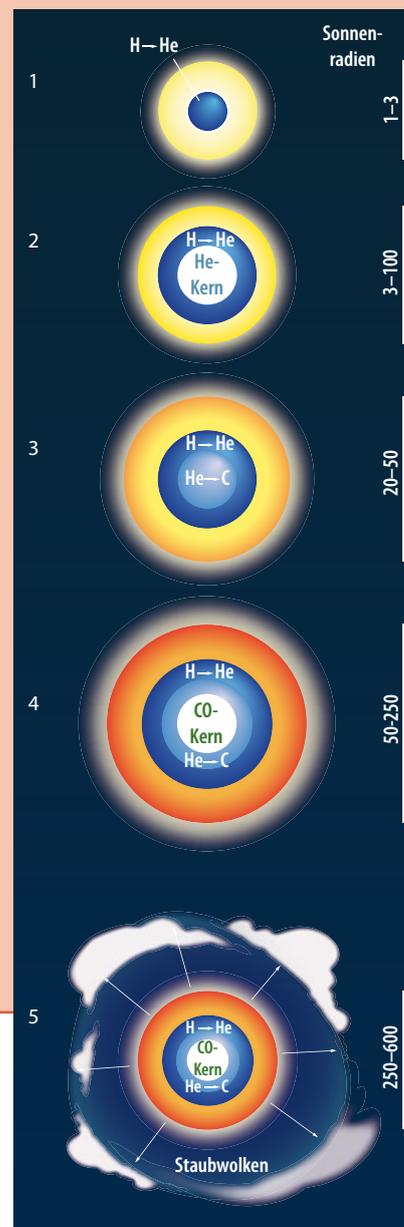
Aber woher kommt plötzlich, gegen Ende der Superwindphase, der Drehimpuls? Das ist eine von vielen noch offenen Fragen! Es wurde schon vorgeschlagen, dass vom Riesenstern verschluckte Planeten den Drehimpuls liefern könnten – aber warum immer so genau am Ende? Dann müssten die großen Planeten (wie Jupiter) dafür ja immer gerade die »richtige« Orbitgröße haben. Möglich ist auch, dass innen der Kern des Riesensterns noch rotiert, mit relativ wenig Reibung zur nicht rotierenden abgebremsten Hülle, die dann ganz zuletzt wieder vom Kern angeschoben würde. Die dazu erforderliche Änderung in der Kern-Hülle-Reibung ist aber bisher nicht physikalisch nachvollziehbar.

Zwei weitere wichtige Faktoren zum Verständnis der Formenvielfalt von PN sind das Alter des Nebels und der Blickwinkel des Beobachters. Mit der Ausdehnung entwickelter PN nimmt die Dichte in der Hülle und die sie ionisierende Strahlungsintensität ab, und damit die Flächenhelligkeit des Nebels. Junge PN sind dagegen sehr kompakt und flächenehell. Auch die Strukturen können sich verändern. Bei bipolaren Nebeln findet man zunächst geschlossene Blasen beiderseitig einer zentralen, staubigen dichten und kühlen Scheibe. Diese Blasen öffnen sich mit fortschreitendem Alter. Ein sehr instruktives Beispiel dafür, welcher Anblick sich andererseits unter einem schrägen Einblickwinkel in einen bipolaren Nebel ergibt, bietet der Hourglass-Nebel (übersetzt etwa: Sanduhr-Nebel). Erst die hohe Auflösung des Hubble-Teleskops (vgl. Abb. 9) verrät hier zweifelsfrei, was man sieht: zwei weit geöffnete, fast becherförmige Blasen mit ringförmigen Verdichtungen, die polar aus einer kompakten Scheibe erwachsen.

Mit dem Grad der Bipolarität (von rund über elliptisch bis hin zu axial sehr lang gezogenen Strukturen), dem Alter und dem Einblickwinkel hat man schon drei wichtige Parameter, mit denen

Die Sternentwicklung bis zum Planetarischen Nebel

1. Hauptreihenstern: zentrales Wasserstoffbrennen ($H \rightarrow He$), wenig Veränderung, bei weitem längste und stabilste Entwicklungsphase des Sternes, Leuchtkraft und Temperatur werden weitgehend von der Masse bestimmt.
2. Aufstieg auf dem »ersten« (oder »Roten«) Riesenast (RGB): Wasserstoff brennt in einer Schale, Kern kontrahiert, Stern expandiert und wird kühler und leuchtkräftiger.
3. K- oder G-Riese mit zentralem Heliumbrennen ($He \rightarrow C$), zweitlängste stabile Entwicklungsphase des Sternes.
4. Aufstieg auf den »Asymptotischen« Riesenast (AGB): Helium und Wasserstoff brennen in je einer Schale, Kern kontrahiert, Stern expandiert wieder und wird kühler und leuchtkräftiger.
5. Auf der Spitze des AGBs geht der allmähliche Massenverlust (»kühler Sternwind«) schließlich in einen staubbildenden und von nun an durch Strahlungsdruck wesentlich kräftiger angetriebenen Superwind über, bis dieser den Sternkern freilegt: Ein PN ist geboren.



sich viele PN-Strukturen erklären lassen. Dennoch bleibt eine große Zahl von ungewöhnlichen und rätselhaften Fällen, wie die kommentierte Galerie zeigt (s. S. 15). Zum Beispiel zeigen einige PN jetartige Strukturen, andere scheinen eher eine quadrupolare-Symmetrie zu haben. Unklar bleibt, welche Rolle hier z.B. Magnetfelder spielen.

Eine weitere, mit etwa 20% recht verbreitete Sonderform der PN sind solche mit einem Wolf-Rayet-(WR)-artigen Zentralstern. Diesem fehlen jegliche Wasserstofflinien im Spektrum, welches daher dem echter WR-Sterne ähnelt. Aber natürlich unterscheidet sich der Zentralstern physikalisch deutlich vom WR-Stern, denn es fehlt ihm eindeutig an Masse, Leuchtkraft und Größe. Ein schönes Beispiel für einen weiter entwickelten PN dieser besonderen Art ist IC 481, der Spirograph-Nebel (Abb. 10). Die WR-Klasse der PN repräsentiert anscheinend die Fälle, in denen der Superwind den

Helium-brennenden Kern völlig frei legt, ohne den geringsten Rest der wasserstoffreichen Schichten darüber zurück zu lassen. Es wird vermutet, dass ein Thermischer Puls (s.o.) kurz vor oder nach dem eigentlichen Ende des Superwindes hier im Spiel ist und mit seiner vorübergehenden Leuchtkraftsteigerung hilft, auch wirklich das allerletzte wasserstoffreiche Gas wegzutragen. WR-Zentralsterne bilden vermutlich die Vorstufe der wasserstoffarmen Weißen Zwerge, denn beide Sonderformen machen einen ähnlichen Anteil unter den normalen Vertretern ihres Stadiums aus.

Wie entstehen verbotene Linien?

William Huggins entdeckte 1864 im Spektrum des Planetarischen Nebels NGC 6543, besser bekannt unter dem Eigennamen Katzenaugennebel, bei den Wellenlängen von 372,6nm, 372,9nm, 495,9nm und 500,7nm leuchtende Linien, die bis dahin unbekannt waren. Er schlug deshalb die Existenz eines auf der Erde noch nicht gefundenen Elements, des »Nebuliums«, vor. Erst gut sechzig Jahre später wurden die vermeintlichen Linien des Nebuliums von Ira Bowen identifiziert: Es handelt sich um Emissionslinien der ganz irdischen Elemente Sauerstoff, Stickstoff, Helium und Neon sowie einiger anderer Gase. Warum hatte man sie bisher nicht in Laborspektren gesehen?

Abb. 1: Das Bohrsche Atommodell am Beispiel des Wasserstoffs mit den möglichen Übergängen eines Elektrons, die zu Emissions- und Absorptionslinien führen.

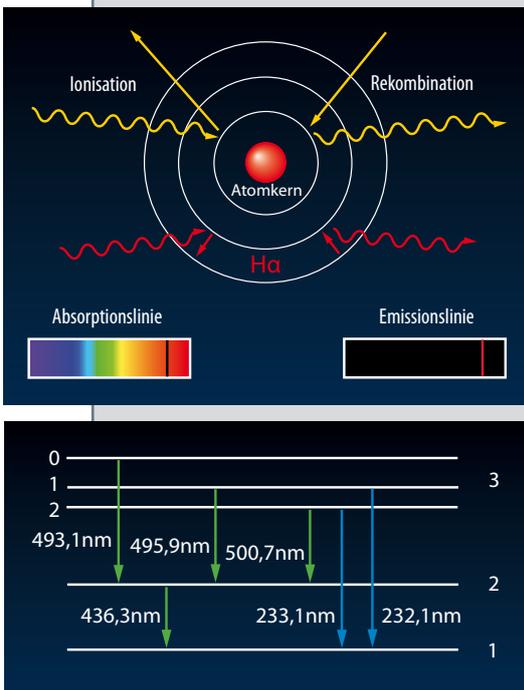


Abb. 2: Energieniveaus des zweifach ionisierten Sauerstoffs: Die blauen Pfeile kennzeichnen dabei die unter normalen Bedingungen durch Stoß auftretenden Übergänge, die grünen Pfeile die verbotenen Übergänge, die nur bei den geringen Dichten im Weltraum auftreten, wo diese Stöße zu selten sind. Angegeben sind außerdem die Wellenlängen der Übergänge, die der Energiedifferenz der Niveaus entsprechen.

Dazu muss man verstehen, wie Spektren entstehen.

Atome besitzen einen Atomkern, der von einer Elektronenwolke umgeben ist. Mit Hilfe der Quantenmechanik wird beschrieben, wo sich die Elektronen aufhalten. Allerdings kann man nur eine Wahrscheinlichkeit dafür angeben, wo ein bestimmtes Elektron in der Elektronenhülle anzutreffen ist. Außerdem können die Elektronen verschiedene Energieniveaus einnehmen, zwischen denen sie durch Abgabe oder Aufnahme bestimmter Energieportionen (Quanten) wechseln können. Im vereinfachten Bohrschen Atommodell (Abb. 1) umkreisen die Elektronen den Atomkern auf Bahnen wie in einem Planetensystem. Dabei entsprechen die Energieniveaus verschieden großen Bahnen. Um auf eine äußere Bahn zu gelangen, ist Zufuhr von Energie erforderlich, beim Sprung auf eine innere Bahn wird hingegen Energie frei. Jede Atomsorte – also jedes Element – besitzt seine ganz speziellen und unveränderlichen Energieniveaus, die sich von denen anderer Atome unterscheiden. Das einfachste – und im Universum häufigste – Atom ist das des Wasserstoffs, es besitzt nur ein einziges Elektron.

Die innerste Elektronenbahn, die die niedrigste Energie besitzt, wird als Grundzustand bezeichnet. In eine höhere (weiter außen liegende) Bahn gelangt das Elektron u.a. dann, wenn es Strahlung mit einer ganz bestimmten Wellenlänge absorbiert. Licht dieser Wellenlänge fehlt nun im Strahlungsfeld und deshalb sieht man im Spektrum des Lichts an der entsprechenden Stelle eine schwarze Linie, eine Absorptionslinie. Die Wellenlänge dieses absorbierten Lichts ist umgekehrt proportional zur Energie der Photonen (Lichtquanten) und entspricht gerade der Energiedifferenz der Elektronenbahnen. Für diese Erkenntnis, dass die Energie des Lichts gequantelt ist, hat Albert Einstein seinen Physik-Nobelpreis bekommen.

Da jedes Atom seine ihm eigenen Energieniveaus besitzt, ergeben sich aus den Sprüngen zwischen den Energieniveaus charakteristische Spektrallinien mit ganz bestimmten Wellenlängen, z.B. 656,3nm, wenn das Elektron des Wasserstoffs vom zweiten in das dritte Energieniveau angehoben wird. Wenn umgekehrt das Elek-

tron vom dritten auf das zweite Energieniveau »zurückspringt«, wird Strahlung mit genau derselben Wellenlänge von 656,3nm emittiert. Sie zeigt sich als helle Emissionslinie im Spektrum. Es handelt sich um die bekannte rote H α -Linie, in deren Licht die Emissionsnebel leuchten.

Energiereiche Strahlung kann ein Elektron auch ganz aus dem Einflussbereich des Atomkerns lösen – das Atom wird ionisiert. Dabei wird ein Teil der Energie für die Ionisation aufgewendet, der andere Teil für die Bewegung des Elektrons. Bei der Rekombination von Ion und Elektron wird diese Energie wieder frei. Da die mitgebrachte Bewegungsenergie der Elektronen kontinuierlich verteilt ist, entstehen die Linien nicht an bestimmten Stellen im Spektrum.

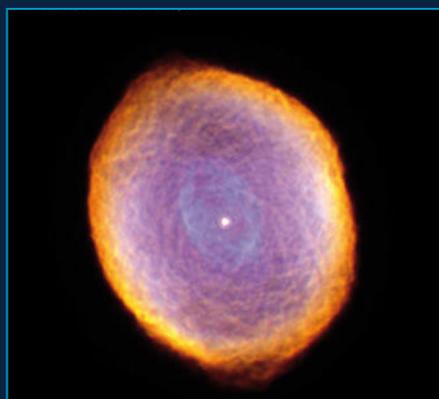
Nicht alle Übergänge zwischen den Energieniveaus sind gleich wahrscheinlich: Dies legen die sog. Auswahlregeln in der Quantenmechanik fest, in die u.a. Drehimpuls und Spin der Elektronen eingehen. Manche dieser Übergangswahrscheinlichkeiten sind sehr gering, so dass die zugehörigen Linien, die bei einem solchen Übergang beobachtet würden, sehr selten auftreten. Übergänge, die selten auftreten, werden als »verbotene« Übergänge bezeichnet und durch eckige Klammern um das emittierende Atom (oder Ion) gekennzeichnet. Die grüne Linie des zweifach ionisierten Sauerstoffs bei 500,7nm, die in den Planetarischen Nebeln und Emissionsnebeln beobachtet wird, gehört dazu. Dabei ist die Übergangswahrscheinlichkeit zwischen den Niveaus 3–2 und 2–1 so gering, dass in »normal dichten« Gasen ein Elektron aus Niveau 3 typischerweise durch Stoß mit einem anderen Teilchen auf Niveau 1 fällt, lange bevor es Gelegenheit hatte durch Emission von Strahlung dorthin zu gelangen (Abb. 2). Erst bei den äußerst geringen Gasdichten im Weltraum sind diese Stöße so selten, dass auch die Übergänge von 3 nach 2 und von 2 nach 1 unter Aussendung von Strahlung auftreten. Da sich das 3. Niveau beim zweifach ionisierten Sauerstoff in drei nahe beieinander liegende Niveaus untergliedert, gibt es drei verschiedene Übergänge von 3 nach 2; einer davon liegt bei der Wellenlänge von 500,7nm – die stärkste der grünen [OIII]-Linien.

Hubbles Planetarische Nebel

Die schönsten Fotos des Weltraumteleskops

VON KLAUS-PETER SCHRÖDER

Das Hubble Space Telescope ist seit 1990 in einer Umlaufbahn in 590km Höhe über der Erdoberfläche im Einsatz. Mit seinen Kameras gelangen zahlreiche beeindruckend detailreiche Fotos von Himmelsobjekten ohne die störenden Einflüsse der Erdatmosphäre. Unter den vielen Bildern Planetarischer Nebel sind einige besonders bekannte, aber auch zahlreiche unbekannte Motive veröffentlicht worden. Diese Zusammenstellung zeigt Abbildungen von 45 Objekten – ein »Best Of« der HST-Bilder von Planetarischen Nebeln, geordnet nach Rektaszension.



IC 418, Spirograph-Nebel

R. A. $05^{\text{h}} 27^{\text{m}} 28,2^{\text{s}}$, Dekl. $-12^{\circ} 41' 50''$

Noch recht flächenheller elliptischer PN von mittlerem Entwicklungsalter mit komplexer, filamentartiger Feinstruktur und hellem Zentralstern (HD 35914, $9^{\text{m}}6$). Es ist bislang noch völlig unklar, ob die vom HST so schön aufgelösten Filamente einen magnetischen oder hydrodynamischen Ursprung haben.



NGC 2022

R. A. $05^{\text{h}} 42^{\text{m}} 06,2^{\text{s}}$, Dekl. $+09^{\circ} 05' 10''$

Noch recht kompakter, vergleichsweise junger, fast sphärischer (elliptischer) PN mit Doppelschalenstruktur, morphologisch NGC 6818 sehr ähnlich.



Jonckheere 900

R. A. $06^{\text{h}} 25^{\text{m}} 57,3^{\text{s}}$, Dekl. $+17^{\circ} 47' 27''$

Sehr kompakter junger PN. Die Hülle ist annähernd rund, aber voller innerer Verwirbelungen und noch in einem recht frühen Stadium der Expansion. Durch die noch hohe Dichte der Hülle bleibt der Zentralstern fast unsichtbar. Dieser ungewöhnliche PN zeigt auch eine besonders starke Überhäufigkeit von Kohlenstoff (im Verhältnis zu Sauerstoff).

NGC 2346, Schmetterlingsnebel

R. A. $07^{\text{h}} 09^{\text{m}} 22,5^{\text{s}}$, Dekl. $-00^{\circ} 48' 23''$

Entwickelter bipolarer PN mit zwei offenen Blasen beiderseits einer dicken zentralen Scheibe aus kühlem, molekül- und staubhaltigem Gas. Das dynamische Alter dieses PN beträgt etwa 4000 Jahre. Der Zentralstern wird von einem A5-Begleiter mit einer Periode von 16 Tagen umkreist.

NGC 2371

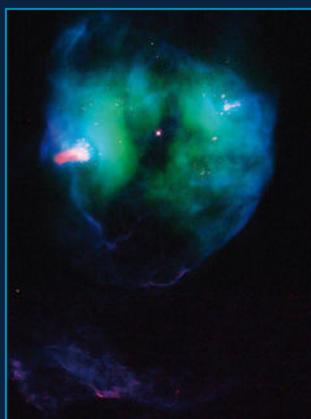
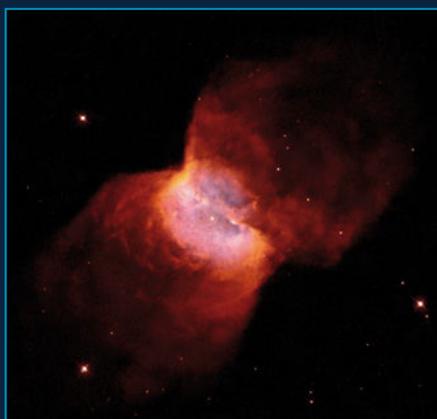
R. A. $07^{\text{h}} 25^{\text{m}} 34,7^{\text{s}}$, Dekl. $+29^{\circ} 29' 25''$

Ein bereits etwas entwickelter bipolarer PN mit fast sphärischer innerer Hülle. Das HST-Bild zeigt, wie die Jets beiderseitig die staubige innere Hülle durchbrechen. Das Licht des noch etwa 120000K heißen Zentralsterns wird von einem sich deutlich abhebenden Staubband geschwächt.

NGC 2392, Eskimo-Nebel

R. A. $07^{\text{h}} 29^{\text{m}} 10,8^{\text{s}}$, Dekl. $+20^{\circ} 54' 42''$

Noch relativ kompakter, aber bereits etwas entwickelter sphärischer PN mit auffälliger Doppelhüllenstruktur, welche dem visuellen Beobachter den namensgebenden Eindruck eines Gesichts in einer Kapuze vermittelt. Das HST-Bild löst in der äußeren Hülle kometenartige Strukturen auf: Verdichtungen der ursprünglichen kühlen und staubigen Hülle, die jetzt im schnellen heißen Wind einen Schweif bekommen haben (vgl. M 27). Der noch etwa 75000K heiße Zentralstern kommt vermutlich von einem relativ massearmen Vorgänger (um 1,5 Sonnenmassen), worauf die überdurchschnittliche Expansionsgeschwindigkeit der Hülle und ihre Kohlenstoffüberhäufigkeit hindeuten.

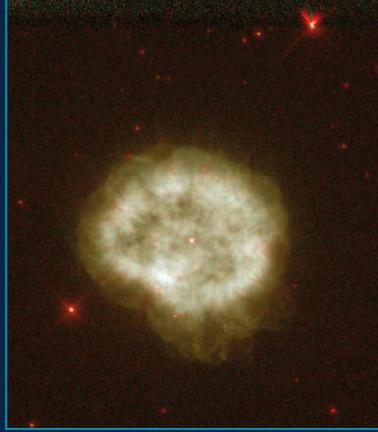




NGC 2440

R. A. 07^h 41^m 54,9^s, Dekl. -18° 12' 29"

Sehr junger, vermutlich bipolarer PN in einer noch recht frühen Entwicklungsphase; das HST-Bild zeigt chaotische Feinstrukturen. Der bipolare Ausfluss könnte in der jüngeren Vergangenheit zweimal seine Orientierung verändert haben. Der Zentralstern ist einer der heißesten (150000K bis 200000K) seiner Art.



NGC 2867

R. A. 09^h 21^m 25,3^s, Dekl. -58° 18' 40"

Kompakter junger elliptischer (fast sphärischer) PN mit noch über 100000K heißem Zentralstern, einem wasserstoffarmen Wolf-Rayet-Stern mit überwiegend Kohlenstoff- und Sauerstofflinien (WC-Typ, vgl. S. 12). Die vom HST aufgelöste Feinstruktur deutet auf eine sehr turbulente Anfangsphase der PN-Hülle hin.



NGC 3132

R. A. 10^h 07^m 01,7^s, Dekl. -40° 26' 11"

Entwickelter elliptischer PN mittleren Alters, morphologisch nicht unähnlich dem Ringnebel (M 57). Die genaue Entfernung (1500Lj oder 4000Lj) dieses PN und daher auch seine absolute Größe bleiben unklar. Der heiße Zentralstern verfügt noch über eine Effektivtemperatur von etwa 110000K.

NGC 3195

R. A. 10^h 09^m 20,9^s, Dekl. -80° 51' 30"

Elliptische, fast sphärische PN-Hülle mittleren Entwicklungsalters, aus großer Entfernung (ca. 25000Lj) gesehen. Auch der Abstand zur galaktischen Scheibe (8500Lj südlich) ist bemerkenswert groß.

He 2-47

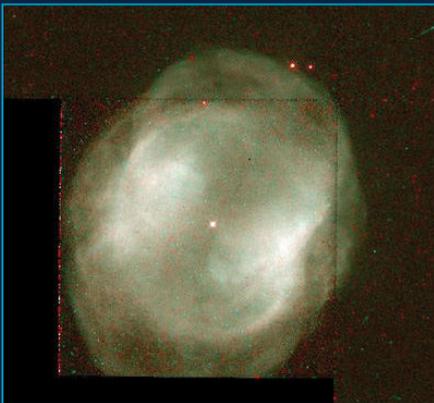
R. A. 10^h 23^m 09,1^s, Dekl. -60° 32' 42"

Sehr kompakter und junger (vermutlich weniger als 500 Jahre alter) PN mit einer besonders außergewöhnlichen, multipolaren Struktur! Drei bipolare Blasenpaare zeigen hier schräg aus der kompakten inneren Scheibe und werfen ein großes Rätsel auf. Der heiße Zentralstern steht zudem nicht genau im Symmetriezentrum der Scheibe. Man kann höchstens spekulieren, dass auch in diesem Fall ein enger Begleiter des Zentralsterns an der beiderseitigen Blasenbildung beteiligt ist, sich hier aber vielleicht auf einer stark elliptischen Bahn befindet, oder durch einen weiteren äußeren Begleiter in schneller Präzession.

NGC 3242, Jupiters Geist

R. A. 10^h 24^m 46,1^s, Dekl. -18° 38' 32"

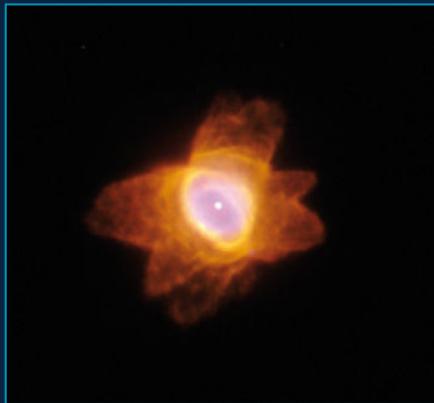
Bereits schon etwas entwickelter, aber noch kompakter elliptischer PN in der relativ geringen Entfernung von 1300Lj. An dessen etwas aus der Blickrichtung geneigten Polachse wachsen beiderseitig dünne, noch geschlossene Blasen heraus. Da sowohl Form als auch Größe der im Teleskop sichtbaren hellen Haupthülle an ein lichtschwaches Bild von Jupiter erinnern, lag die Namensgebung auf der Hand



NGC 3918

R. A. 11^h 50^m 17,7^s, Dekl. -57° 10' 57"

Kompakter PN mit elliptischer Doppelschale, morphologisch im Übergangsbereich zu einem bipolaren PN. Sowohl aus der inneren als auch aus der äußeren Schale wachsen hier nämlich je zwei bipolare Blasen heraus. Das äußere Paar ist bereits geöffnet und von geringer Dichte, das innere Paar geschlossen und dichter. Die innere Hülle macht daher den Eindruck einer kompakten (Vor-)Version des PN NGC 7354.



IC 3568

R. A. 12^h 33^m 06,8^s, Dekl. +82° 33' 48"

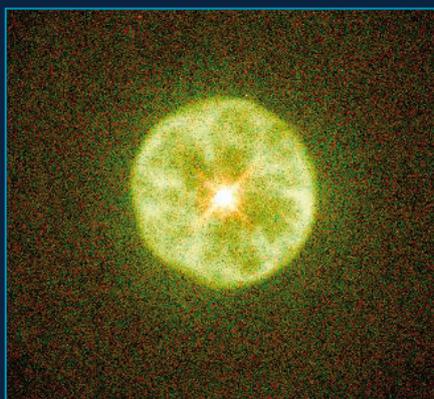
Recht junger, fast sphärischer PN mit sehr kompakter, flächenheller innerer Hülle und lichtschwachem Halo (diskret begrenzte, äußere Hülle). Diese nicht ungewöhnliche Dichtestruktur weist auf einen in den letzten 10000 Jahren vor der Freilegung des Zentralsternes stark zunehmenden Superwind hin.



MyCn18, Sanduhrnebel

R. A. 13^h 39^m 29,7^s, Dekl. -67° 22' 38,8"

Entwickelter bipolarer PN in der Schrägansicht. Die beiden Blasen an den Poleseiten der zentralen dichten und kühlen Gasscheibe sind bereits deutlich geöffnet und besitzen auf ihrer Oberfläche mehrere ringförmige Verdichtungen. Diese sind auffällig genau axial zentriert und aufgereiht entlang der polaren Symmetrieachse, aber über ihren Ursprung kann bisher nur spekuliert werden.





NGC 5307

R. A. 13^h 51^m 03,2^s, Dekl. -51° 12' 30"

Scheinbar elliptischer, bereits etwas entwickelter PN mit Doppelschalenstruktur, deren Ränder verworfen sind und wolkenartige Verdichtungen aufweisen. Bei diesem PN überwiegt die Sauerstoffhäufigkeit die Kohlenstoffhäufigkeit ungewöhnlich deutlich, was auf einen massereichen Vorläuferstern hinzudeuten scheint.



NGC 5315

R. A. 13^h 53^m 56,9^s, Dekl. -66° 30' 50"

Sehr junger, kompakter PN. Die Hüllenform ist anscheinend elliptisch, zeigt aber auffällig starke Verwirbelungen der Hüllenränder! Der innerste Bereich wird von einer besonders heißen Blase ausgefüllt, die den WR-artigen, d.h. wasserstoffarmen und sehr heißen Zentralstern eng umschließt und diesen PN zu einem der stärksten Röntgenstrahler seiner Klasse macht.



IC 4406

R. A. 14^h 22^m 26,2^s, Dekl. -44° 09' 04"

Gemäßigt bipolarer Nebel mit zwei sich im Öffnungsprozess befindlichen Blasen, die aus einer ausgedehnten undurchsichtigen Zentralregion mit vielen kleinskaligen Verdichtungen erwachsen – morphologisch als eine etwas frühere Version von NGC 2346 einzustufen, aber auch nicht so sehr verschieden von einem elliptischen, an den langen Enden offenen Torus.

NGC 5882

R. A. 15^h 16^m 49,9^s, Dekl. -45° 38' 58"

Elliptischer PN mit Doppelhüllenstruktur in einem jüngeren bis mittleren Entwicklungsalter: In der äußeren sphärischen Hülle befindet sich eine nur etwa halb so große, erheblich hellere und deutlich elliptische innere Hülle. Der Zentralstern hat sich bereits auf nicht mehr ganz so heiße 50000K abgekühlt.

IC 4593

R. A. 16^h 11^m 44,5^s, Dekl. +12° 04' 17"

Anscheinend fast runder, kompakter und relativ junger PN mit Doppelschalenstruktur mit strukturierter äußerer Schale. Auffällig sind zwei symmetrisch gegenüberstehende Auswürfe (etwas ähnlich wie bei NGC 6826). Diese Formgebung ist jedoch ungewöhnlich, denn bipolare Jets treten sonst eigentlich nur bei bipolaren Nebeln auf. Sollte man hier fast genau in die Polachse eines solchen PN's blicken, dann müssten die Auswürfe entweder ungewöhnlich weit heraus reichen oder aber stark seitlich von der Richtung der Polachse abweichen.

Menzel 3, Ameisennebel

R. A. 16^h 17^m 13,3^s, Dekl. -51° 59' 10"

Junger stark bipolarer PN mit noch geschlossenen Blasen, die beidseitig polar aus einem äquatorialen dichten und staubhaltigen Gasring heraus geblasen werden. Morphologisch steht dieser PN zwischen He 3-1357 (noch keine polaren Blasen) und M 2-9 (polare Blasen bereits langgestreckt und geöffnet). Wie diese beiden Objekte weist auch der Ameisennebel einen sehr engen symbiotischen Doppelstern im Zentrum auf, dessen Drehimpuls für die extreme bipolare Form des PN verantwortlich ist.



NGC 6210

R. A. 16^h 44^m 29,5^s, Dekl. +23° 48' 00"

Sehr junger, kompakter PN mit multipler Hüllenstruktur und einer scheinbar quadrupolaren äußeren Hülle. Dieser PN gehört zu den sauerstoffreichen Vertretern seiner Art, was auf einen relativ massereichen Vorgängerstern hinweist. Aus dem gleichen Grunde finden sich in der äußeren Hülle keine Kohlenwasserstoffmoleküle – trotz des jungen Alters und im Gegensatz zu NGC 6790 oder NGC 7027 – da der verfügbare Kohlenstoff hier komplett in CO-Molekülen gebunden ist.



M 2-9, Zwillingstrahlenebel

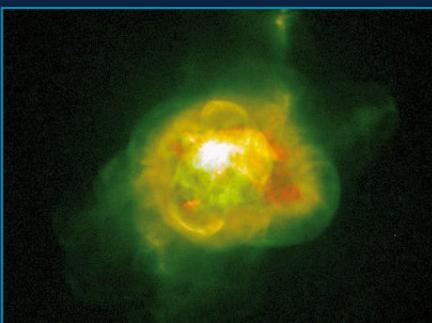
R. A. 17^h 05^m 37,9^s, Dekl. -10° 08' 34"

Sehr ausgeprägt bipolarer, schon entwickelter PN mit zwei bereits geöffneten langgestreckten Blasen mit Doppelhüllenstruktur, die polar aus einer extrem kleinen zentralen Scheibe erwachsen. Der helle Zentralstern ist in Wirklichkeit vermutlich ein sehr enger symbiotischer Doppelstern.

He 3-1357, Stingray Nebula

R. A. 17^h 16^m 30,2^s, Dekl. -59° 30' 38"

Extrem kompakte, scheinbar quadrupolare Hülle, die »gerade erst« in der ionisierenden Strahlung des vor vielleicht nur 100 Jahren freigelegten Zentralsterns zu leuchten begonnen hat. Dieses Objekt ist vermutlich der jüngste bekannte PN. Wir sehen hier in Wirklichkeit schräg auf die Scheibe eines stark bipolaren PN mit einem engen (nicht aufgelösten) Doppelstern von 10⁷:7 im Zentrum. Bereits in dieser frühesten Phase hat sich beiderseitig (nach oben rechts und unten links) ein starker polarer Ausfluss eingestellt, der in der späteren Entwicklung zwei polare Blasen formen wird.





IRAS 17150-3224, Zuckerwattennebel

R. A. 17^h 18^m 19,8; Dekl. -32° 27' 21"

Junger, extrem bipolarer PN mit zwei schon langgestreckten, aber noch teilweise geschlossenen polaren Blasen, morphologisch vergleichbar mit einer jüngeren Version von M 2-9. Der Zentralstern, vermutlich ein enger, symbiotischer Doppelstern, liegt noch unsichtbar in einem kompakten staubreichen zentralen Ring. Besonders rätselhaft sind hier die konzentrischen Ringe (expandierende Gassphären) – sind dafür Fluktuationen im Massenverlust oder die Wirkung eines dritten Sterns in einem weiten elliptischen Orbit langer Periode die Ursache?



NGC 6369, Kleiner Geist

R. A. 17^h 29^m 20,4; Dekl. -23° 45' 34"

Noch recht kompakter, anscheinend sphärischer, vermutlich aber elliptischer PN mit durchsichtigeren langen Enden. Die lange Achse dürfte dabei nur wenig gegen die Blickrichtung geneigt sein. Der Zentralstern ist vom wasserstoffarmen WC-Typ und dabei noch sehr heiß (100000K bis 150000K), was das eher geringe Alter des PN bestätigt.



IC 4663

R. A. 17^h 45^m 28,3; -44° 54' 15"

Elliptische PN-Hülle jüngeren bis mittleren Alters mit allerlei Feinstruktur in Form von Facetten bildenden Filamenten. Der Zentralstern ist mit etwa 100000K noch recht heiß, die Entfernung zu diesem PN beträgt etwa 11000Lj.



IRAS 17441-2411, Seidenraupennebel

R. A. 17^h 47^m 13,4; Dekl. -24° 12' 51"

Dieser sehr kompakte bipolare Proto-Planetarische Nebel besitzt einen noch von einer dicken staubreichen Gasscheibe eingehüllten Post-AGB Stern (engl. für einen Stern kurz nach der Entwicklungsphase auf dem Asymptotischen Riesenast), der sich derzeit erst noch zu einem normalen PN-Zentralstern entwickelt. Wir sehen hier einen ganz »frisch« entstandenen bipolaren Nebel.



Hubble 5

R. A. 17^h 47^m 56,2; Dekl. -29° 59' 42"

Jüngerer, aber schon etwas entwickelter ausgeprägt bipolarer Nebel mit interessanten Substrukturen in den ausgedehnten, aber noch geschlossenen polaren Blasen. Die Zentralregion ist sehr dicht, und der Zentralstern mit 170000K noch sehr heiß. Da dieser PN sich genau in der galaktischen Ebene befindet, ist er stark von interstellarer Absorption betroffen. Entfernung und wahre Größe sind somit nur schwer einzuschätzen. Unklar bleibt auch, ob bei der bipolaren Formgebung ein (unsichtbarer) enger Begleiter hier eine Rolle spielte. Interessanterweise sind Kohlenstoff und Sauerstoff bei diesem PN annähernd gleich häufig vertreten, was auf einen massereicheren Vorgängerstern (etwa 4 Sonnenmassen) hinweist.



NGC 6543, Katzenaugennebel

R. A. 17^h 58^m 33,4; Dekl. +66° 37' 59"

Anscheinend elliptische PN-Hülle mittleren Alters, mit durch teilweise helle Ränder scharf begrenzten Strukturen. Auch eine bipolare Hülle, d.h. zwei hintereinander liegende Blasen unter kleinem Winkel zur Polachse gesehen, ist denkbar. Die äußeren kleinen Wolken könnten demnach polare Jet-Auswürfe sein. Die auffällig hellen Hüllränder scheinen heiße Schockfronten zu sein, in denen der heiße, schnelle Wind mit der kühlen äußeren Hülle des PN kollidiert, was auch zur beobachteten Röntgenstrahlung passen würde.



IRAS 18059-3211, Gomez' Hamburger

R. A. 18^h 09^m 13,2; Dekl. -32° 10' 47"

Klassifiziert als möglicher (Proto-)PN, stellt dieses ungewöhnliche Objekt offensichtlich eine von der Seite gesehene dichte Staubscheibe dar, aus deren Polregionen gestreutes Licht des zentralen Sterns austritt. Wegen der ungewöhnlichen Formgebung (die Scheibe ist viel stärker ausgeprägt als bei allen bekannten PN und Proto-PN) wird Gomez' Hamburger neuerdings eher als ein protostellares Objekt angesehen.



NGC 6578

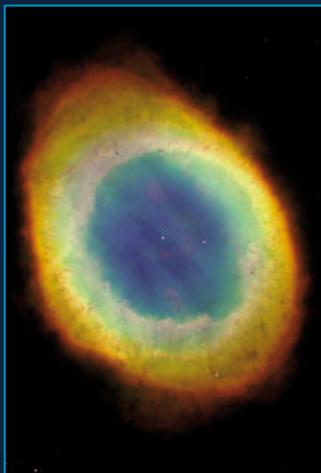
R. A. 18^h 16^m 16,5; Dekl. -20° 27' 02"

Sehr junger, kompakter und nahezu sphärischer PN mit Doppelhüllenstruktur. Der Zentralstern zeigt schwache Emissionslinien (Typ WELS = weak emission line star), die auf eine Art ausgedehnter äußerer Atmosphäre schließen lassen. Die Doppelhülle zeugt von einer lebhaften finalen Massenverlustgeschichte.

M 57, Ringnebel

R. A. 18^h 53^m 35,0; Dekl. +33° 01' 45"

Die hohe Auflösung des HST zeigt in diesem wohl bekanntesten PN sehr schön den scharfen Übergang zwischen heißem dünnen und schnellen innerem Wind (bläulich) und äußerer, kühlerer und dichter Hülle, welche langsam mit der Windgeschwindigkeit des ehemaligen Superwindes (10km/s bis 20km/s) expandiert. Die scharfe Schockfront frisst sich, unterstützt von der ionisierenden Strahlung des rund 100000K heißen Zentralsterns, immer weiter nach außen vor, mit der doppelten bis dreifachen Geschwindigkeit der äußeren Hülle. Letztere bildet einen elliptisch verformten Zylinder von 0,6Lj x 0,8Lj Querschnitt und 1,2Lj Höhe (bei einer relativ geringen Entfernung von etwa 2200 Lichtjahren), der mit der langen Achse fast genau auf uns weist und an seinen Polen »offen« (d.h. durchsichtig) ist. M 57 ist also ein bereits deutlich entwickelter elliptischer PN mittleren Alters (etwa 7000 Jahre).



NGC 6751

R. A. 19^h 05^m 55,5; Dekl. -05° 59' 32"

Recht junger, fast sphärischer PN mit kleinskaligen Inhomogenitäten. Der helle, noch sehr heiße Zentralstern gehört der wasserstoffarmen Unterklasse der WC-Typen an.



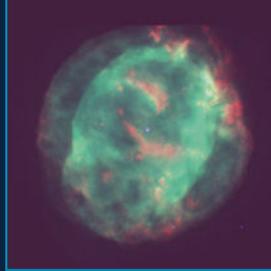
Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



NGC 6790

R. A. $19^{\text{h}} 22^{\text{m}} 56,9^{\text{s}}$, Dekl. $+01^{\circ} 30' 46''$

Sehr kompakter, nahezu sphärischer junger PN mit Doppelschalenstruktur, morphologisch mit großer Ähnlichkeit zu NGC 6578. Die kühle äußere Hülle dieses PN ist sehr reich an komplexen Kohlenwasserstoffmolekülen (PAHs), denn die heiße Strahlung des jungen Zentralsterns hat sie noch nicht erreicht.



NGC 6818

R. A. $19^{\text{h}} 43^{\text{m}} 57,8^{\text{s}}$, Dekl. $-14^{\circ} 09' 11''$

Relativ kompakte und scheinbar fast sphärische Hülle eines elliptischen jüngeren PN, dessen lange Achse fast genau auf uns zeigen könnte, was die seitlich versetzten inneren Hüllenstrukturen erklären würde. Der recht typische Zentralstern hat eine Effektivtemperatur von noch fast 150000K mit einem Radius von nur 1/20 Sonnenradius, ist dabei aber gut 1000 Sonnenleuchtkräfte hell.



NGC 6826, Blinkender PN

R. A. $19^{\text{h}} 44^{\text{m}} 48,1^{\text{s}}$, Dekl. $+50^{\circ} 31' 30''$

Noch recht kompakter, aber schon etwas entwickelter elliptischer PN mit Doppelschalenstruktur und zwei kleinen gegenüber liegenden Knötchen – vermutlich beidseitige Auswürfe entlang einer nur etwas gegen die Beobachtungsrichtung geneigten Achse. Der Zentralstern ist bereits auf knapp 50000K abgekühlt.



M 27, Hantelnebel

R. A. $19^{\text{h}} 59^{\text{m}} 36,3^{\text{s}}$, Dekl. $+22^{\circ} 43' 16''$

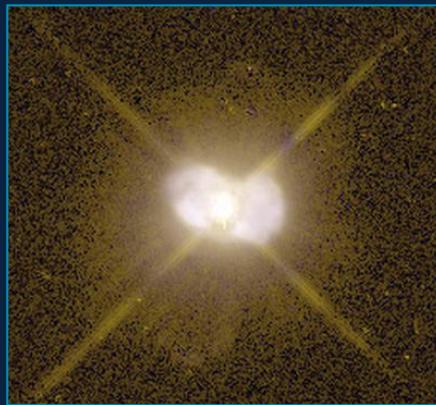
Deutlich entwickelter PN mit moderat bipolarem Charakter in relativ geringer Entfernung (1300Lj). Detailansicht von kühlen dichten Wolken, die im heißen Wind und Strahlungsfeld des rund 100000K heißen Zentralsterns kometenartig verformt wurden und sich in langsamer Auflösung befinden. Derart hoch aufgelöste Fotos naher PN verdeutlichen, wie inhomogen die kühle äußere PN-Hülle ist. Wir können hier erahnen, wie komplex die physikalischen Vorgänge in der Endphase des Superwindes sind.



NGC 6886

R. A. $20^{\text{h}} 12^{\text{m}} 42,8^{\text{s}}$, Dekl. $+19^{\circ} 59' 23''$

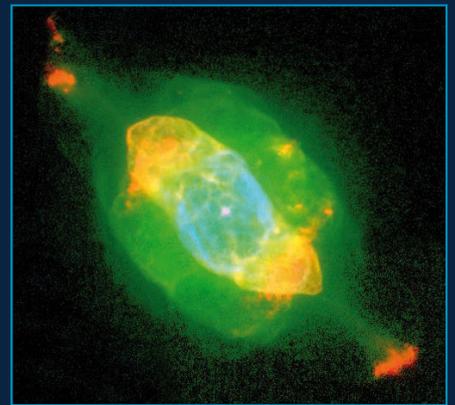
Sehr kompakter junger bipolarer Nebel mit zwei kleinen geschlossenen Blasen, die polseitig aus dem dichten, fast sphärischen Zentralgebiet der Hülle ausbrechen. Wie bei NGC 6790 ist auch in diesem Fall die kühle äußere Hülle noch sehr reich an komplexen Kohlenwasserstoffmolekülen (PAHs).



IC 4997

R. A. $20^{\text{h}} 20^{\text{m}} 08,7^{\text{s}}$, Dekl. $+16^{\circ} 43' 53''$

Extrem junger kompakter bipolarer PN um den Stern HD 193538, eingebettet in eine sehr staubhaltige äußere Hülle. Da die innere PN-Hülle erst vor wenigen Hundert Jahren aufgeleuchtet ist, konnte man über die Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts hinweg spektroskopische Veränderungen insbesondere in denjenigen Emissionslinienverhältnissen nachweisen, die stark von der abnehmenden Dichte in der expandierenden inneren Hülle abhängig sind.



NGC 7009, Saturnnebel

R. A. $21^{\text{h}} 04^{\text{m}} 10,8^{\text{s}}$, Dekl. $-11^{\circ} 21' 48''$

Stark elliptischer, kompakter PN in rund 5000Lj Entfernung, dessen beiderseitige prominente Auswürfe die namensgebende optische Ähnlichkeit mit einem lichtschwachen Saturnbild suggerieren. Es könnte sich hier um die Auswirkung eines beiderseitigen Jetstrahls handeln. Die hohe HST-Auflösung zeigt eine gewisse morphologische Verwandtschaft dieses noch relativ jungen PN mit weniger ausgeprägten bipolaren PN mit noch geschlossenen Blasen und ausgedehnten zentralen Hüllen wie NGC 6886.

NGC 7026

R. A. $21^{\text{h}} 06^{\text{m}} 18,2^{\text{s}}$, Dekl. $+47^{\circ} 51' 05''$

Junger bipolarer Nebel mit zwei noch geschlossenen Blasen, jede bestehend aus mehreren Komponenten, beiderseits einer dicken zentralen Scheibe. Der Zentralstern ist wasserstoffarm und weist ein Wolf-Rayet-artiges Spektrum auf (vgl. S. 12). Das dynamische Alter liegt bei knapp 1000 Jahren.

NGC 7027

R. A. $21^{\text{h}} 07^{\text{m}} 01,6^{\text{s}}$, Dekl. $+42^{\circ} 14' 10''$

Sehr kompakter PN, deutlich elliptisch geformte Haupthülle mit scheinbar quadrupolarer oder mehrfach ausbrechender Struktur in den Außenbereichen. Die kühle äußere Hülle dieses besonders jungen PN ist dementsprechend auch besonders reich an komplexen Kohlenwasserstoffmolekülen (PAHs), denn die intensive Strahlung des sehr jungen, sehr heißen (ca. 175000K) Zentralsterns hat noch nicht mit ihrer zerstörerischen Arbeit beginnen können.

NGC 7354

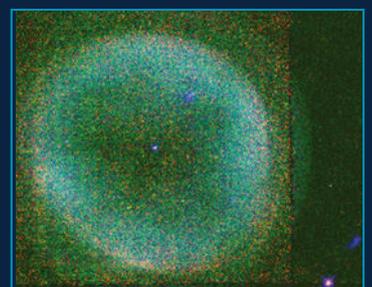
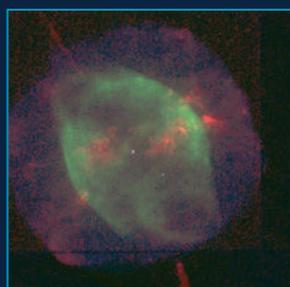
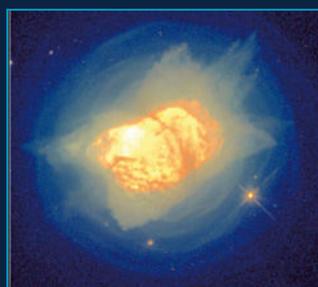
R. A. $22^{\text{h}} 40^{\text{m}} 19,9^{\text{s}}$, Dekl. $+61^{\circ} 17' 08''$

Elliptischer PN mit Halo von mittlerem Entwicklungsalter. Der Zentralstern ist noch rund 100000K heiß, die Entfernung beträgt rund 11000Lj. Wir sehen vermutlich unter einem schrägen Winkel auf den an seinen langen Enden erheblich weniger dichten Ellipsoid, aus dem dort beiderseitig zwei kleinere schwache Blasen auszutreten scheinen.

IC 1454

R. A. $22^{\text{h}} 42^{\text{m}} 24,9^{\text{s}}$, Dekl. $+80^{\circ} 26' 31''$

Weit expandierter (Durchmesser innere/äußere Hülle 1,5/2,5Lj) und daher eine geringe Flächenhelligkeit aufweisender, fast sphärischer PN in größerer Entfernung (etwa 13000Lj). Bemerkenswerterweise steht dieser PN auch 4200Lj oberhalb (nördlich) der galaktischen Scheibe.



Ringe, Spiralen und Hanteln

Planetarische Nebel in Zeichnungen historischer Beobachter

VON KLAUS WENZEL

Nicht nur heute, sondern auch schon vor 150 Jahren waren die Planetarischen Nebel aufgrund ihrer Helligkeit und ihres Detailreichtums dankbare Objekte für Zeichnungen am Teleskop. Während wir heute maßgeblich von den im Gehirn eingebannten Fotografien beeinflusst sind, gingen die damaligen Beobachter unvoreingenommen ans Werk, sie wurden lediglich von den Zeichnungen anderer Beobachter beeinflusst. Eine kleine Auswahl der weniger bekannten Zeichnungen aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zeigt typische Ergebnisse.

Die Beobachtungen von Lord Rosse

William Parsons (1800–1867), bekannter unter dem Namen Lord Rosse, begann in Parsonstown (dem heutigen Birr) in Zentralirland schon früh mit dem Bau von großen Spiegelteleskopen. Er wurde dabei maßgeblich von Wilhelm Herschel beeinflusst. Eines seiner ersten größeren Teleskope war das 1839 errichtete 3-Fuß-Teleskop mit einem Metallspiegel von 0,9m Öffnung, mit dem ihm bereits hervorragende Nebelbeobachtungen gelangen. Fünf Jahre später, 1845, wurde dieses durch das noch größere 6-Fuß-Teleskop (1,8m Öffnung) abgelöst, besser bekannt als »Leviathan von Parsonstown«, das für Jahre das größte Teleskop der Erde sein sollte und erst 1917 vom 2,5m-Hooker-Teleskop auf dem Mount Wilson übertroffen wurde. Mit diesem Teleskop wurde erstmals die Spiralstruktur in M 51 und weiteren Spiralnebeln erkannt. Hierin liegt vermutlich der Grund, dass auch einige der helleren Planetarischen Nebel für Spiralen gehalten wurden [1–4].

NGC 2392

Der heute als Eskimonebel bekannte Planetarische Nebel NGC 2392 wurde in Birr Castle erstmals am 20. und 22. Februar 1849 von Lord Rosse und seinem damaligen Assistenten Johnstone Stoney beobachtet, der auch die hier abgebildete Zeichnung anfertigte. Lord Rosse bemerkte zu diesen ersten Beobachtungen: »Der äußere Ring kann in einer ziemlich guten Nacht komplett abgetrennt vom den Stern umgebenden Kern gesehen werden. Ein dunkler Fleck ist rechts des Sterns.« Lord Rosse und sein Assistent sahen hier vermutlich ei-



Abb. 1: NGC 2392. Deutlich ist Lord Rosses »dark space« im Zentrum neben dem Zentralstern erkennbar.

nen Teil des Eskimogesichtes. Bei Beobachtungen vom 16. und 19. Dezember 1860 mutmaßte Lord Rosse: »Ich glaube es ist eine rechtsdrehende Spirale, vorangehende (westliche) Seite sieht heller aus.« Lord Rosse hielt diesen Planetarischen Nebel, wie etliche andere auch (siehe NGC 6905 und NGC 7662), für einen kompakten hellen Spiralnebel. NGC 2392 wurde insgesamt mindestens 37 Mal bis 1873 in Birr Castle beobachtet.

NGC 6894

Dieser am 17. Juli 1787 von Wilhelm Herschel entdeckte Planetarische Nebel wurde erstmals am 23. August 1851 von Lord Rosse beobachtet. Bei dieser Beobachtung verglich er den Nebel aufgrund seiner Ringform mit dem bekannteren M 57 in der Leier (»schöner ringförmiger Nebel wie der in der Leier«). Bei einer weiteren Beobachtung am 19. August 1855 entstand die hier abgebildete Zeichnung, die vermutlich von seinem damaligen Assistenten R. Mitchell angefertigt wurde.

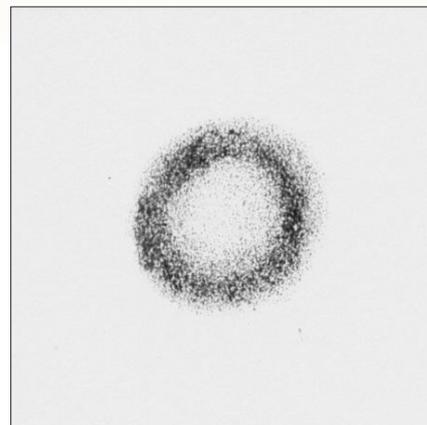


Abb. 2: NGC 6894 erschien in Lord Rosses Teleskop als schöner klassischer Ringnebel.

NGC 6905

Einer der am häufigsten in Birr beobachteten Planetarischen Nebel war NGC 6905. Dieser Nebel stand bereits vor 1844 auf dem Beobachtungsprogramm des 3-Fuß-Teleskops. Bei diesen ersten Beobachtungen erwähnte Lord Rosse einen Stern im Zentrum und die ungleichmäßig fleckige Erscheinung des Nebels.

Ab 1850 wurde NGC 6905 mehrfach mit dem großen 6-Fuß-Teleskop (Leviathan) beobachtet und Lord Rosse hielt dieses Objekt am 9. September 1852 erstmals für einen Spiralnebel (»Dieser Planetarische Nebel ist eine schöne kleine Spirale«). Bei einer weiteren Beobachtung am 12. August 1855 fand er diese Vermutung bestätigt (»Ich glaube spiralförmig, rechtsdrehend und nachfolgend (östlich) des Zentrums beginnend«) und dabei entstand auch die hier abgebildete Zeichnung, die wieder Lord Rosses Assistent R. Mitchell anfertigte.



Abb. 3: NGC 6905. Lord Rosse's Zeichnung von 1844 zeigt die ungleichmäßig fleckige Erscheinung.

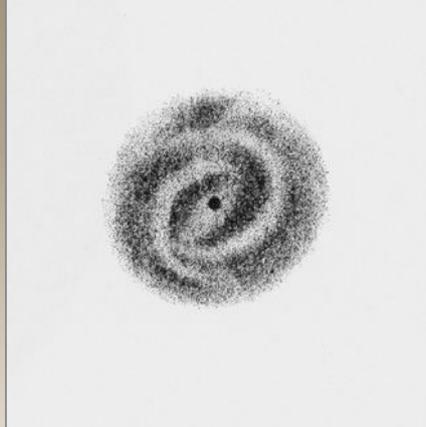


Abb. 5: NGC 7662. Als deutliche Spirale zeichnete Bindon Stoney 1852 den Planetarischen Nebel am Riesenspiegel von Birr Castle.

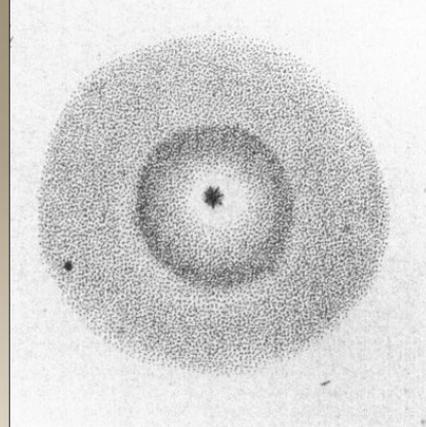


Abb. 6: NGC 1535. Lassells Zeichnung von 1863 am 1,2m-Teleskop auf Malta zeigt einen klassischen Planetarischen Nebel mit Zentralstern.

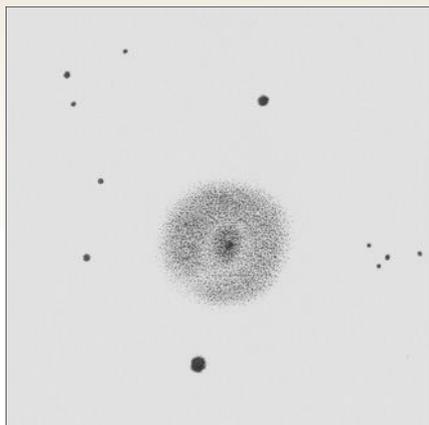


Abb. 4: NGC 6905. Ein wesentlich gleichmäßigeres Bild mit angedeuteter Spiralstruktur zeigt R. Mitchell's Zeichnung am »Leviathan« 1855.

NGC 7662

Auch in NGC 7662 sahen Lord Rosse und seine Assistenten einen Spiralnebel (16. Oktober 1857: »Die Spiralarms und den Stern im Zentrum deutlich gesehen«). Und in einer besonders klaren Nacht – ein für Zentralirland recht seltenes Ereignis – am 16. September 1852 entstand die hier abgebildete Zeichnung (»Die äußeren Partien sind Teile von Spiralarms«), die von Bindon Stoney, dem Bruder von Johnstone Stoney, angefertigt wurde. Bemerkte wurde zu dieser Beobachtung noch, dass der Metallspiegel frisch aufpoliert war und ein besonders scharf definiertes Bild bot.

Lassells Beobachtungen auf Malta

William Lassell (1799–1880) war ein gut betuchter Bierbrauer aus Liverpool mit einer Schwäche für die Astronomie. 1845 baute er zunächst einen parallaktisch montierten 600mm-Spiegel und begann in Liverpool mit diversen astronomischen Beobachtungen. Um 1852 siedelte er mit diesem Teleskop nach Valletta in Malta um, wo er wesentlich bessere Beobachtungsbedingungen vorfand. Hier errichtete er 1861 ein ebenfalls parallaktisch montiertes 1,2m-Spiegelteleskop,

Philipp Fauth und M 27

Seit 1890 betrieb der bekannte Mondbeobachter Philipp Fauth (1867–1941) bei Kaiserslautern seine kleine Privatsternwarte mit einem 6"-Refraktor von Pauly. Eine der ersten Beobachtungen (vermutlich vom August 1890), die er mit dem Refraktor durchführte, um die Leistungsfähigkeit des Teleskops zu testen, war eine visuelle Beobachtung von M 27. Fauth bemerkte hierzu: »Ich wurde dazu veranlasst, weil sich derselbe (M 27) hell genug zeigte, um selbst in dem von den beiden blassen Kreisen begrenzten helleren zentralen Teile einige dichtere Stellen darzubieten« [8]. Man sieht, Philipp Fauth war nicht nur ein begnadeter Mondbeobachter und Zeichner.

Philipp Fauths Testbeobachtung von M 27 in seiner neuen Sternwarte am 6"-Refraktor. Diese Zeichnung steht Beobachtungen in deutlich größeren Instrumenten in nichts nach.

mit dem er neben Planeten und Monden auch einige der bekannten Herschel-Nebel beschrieb und zeichnete [5].

NGC 1535

»Ein außergewöhnlich schöner Planetarischer Nebel« – dies war William Lassell's Beschreibung zu diesem hellen kleinen Planetarischen Nebel im Sternbild Eridanus, den er am 22. November 1862 und am 9. und 14. Januar 1863 mit seinem 1,2m-Spiegel auf Malta bei Vergrößerungen zwischen 760× und 1060× beobachtete und zeichnete. Zum Kern (Zentralstern) erwähnte er, dass er nicht stellar erscheint, sondern als ein kleiner heller Fleck.

NGC 2022

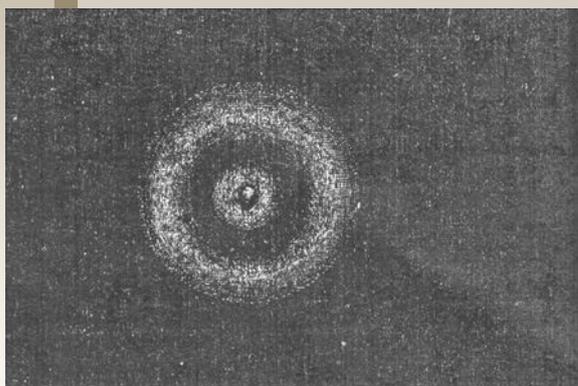
Dieser helle kleine Planetarische Nebel wurde am 3. Februar 1862 und am 24. Januar 1863 von Lassell beobachtet. Besonders

erwähnenswert fand er die Anordnung der benachbarten Sterne, die nach Nordosten eine kleine Kette bilden. Lassell glaubte auch einige helle Flecken in der kleinen Nebelscheibe zu erkennen. In seiner Zeichnung ist auch deutlich der Zentralstern abgebildet.

NGC 2392

Der heutzutage als Eskimonebel bekannte NGC 2392 wurde von William Lassell an verschiedenen Tagen im März 1862 mit seinem Reflektor in Malta beobachtet. Lassell beschrieb NGC 2392 als »einen sehr bemerkenswerten Planetarischen Nebel«. Den Zentralpunkt beschrieb Lassell als sehr hell und unzweifelhaft stellar. Weiter bemerkte er in Bezug auf den von Lord Rosse beobachteten dunklen Fleck: »Ich kann keine Spur von dem dunklen Fleck nahe dem Zentrum in Lord

Henry C. Key und NGC 2392



NGC 2392 nach Henry Key 1868. Schön ist der Zentralstern mit dem inneren dunklen Ring erkennbar. Dieser innere dunkle Ring, fehlt in der Zeichnung von Lassell (Abb. 8 und 9).

Teleskop durchgeführt hatte. Key beschrieb einen nebulösen Stern, der von einem dunklen Ring umschlossen ist, dem wiederum weitere drei Ringe unterschiedlicher Helligkeit folgen. Diese Beschreibung kann wunderbar in seiner Zeichnung, die bei 510-facher Vergrößerung entstanden ist, nachvollzogen werden.

Nachdem der Bericht mit Zeichnung abgeschlossen war, bemerkte er noch: »23. März 1868. Nachdem ich das obige geschrieben habe, habe ich einen dunklen Fleck im inneren dunklen Ring nahe des Zentralsterns gesehen.« [7]. Hatte Lord Rosse also doch recht mit seinem »dark space«?

Henry Cooper Key (1819–1879) lebte in Stretton Sugwas, in der Grafschaft Herfordshire in England, und begann um 1859 mit dem Bau von Spiegelteleskopen. Nach verschiedenen Versuchen gelang ihm ein 18"-Newton-Teleskop, mit dem er neben dem Mond und Planeten auch Nebel beobachtete. 1868 veröffentlichte er seine Beobachtungen mit Zeichnung des Herschelnebels 45H IV alias NGC 2392. Diese Veröffentlichung basiert auf Beobachtungen, die er in den vorangegangenen Jahren mit seinem äquatorial montierten

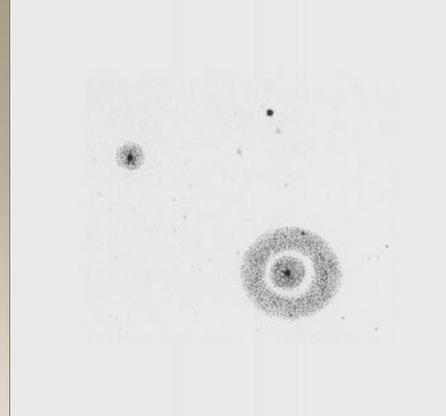


Abb. 8: NGC 2392 mit seinem nebeligen Begleiter im Nordosten nach William Lassell.

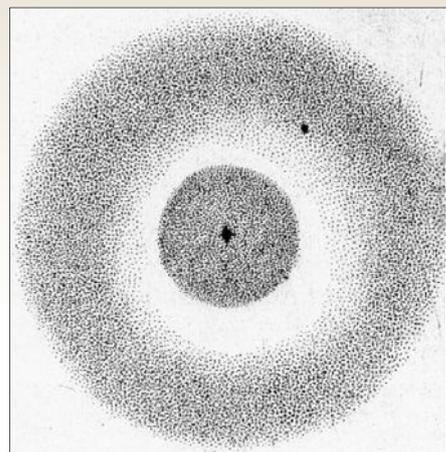


Abb. 9: NGC 2392. Detailzeichnung von Lassell vom März 1862. Neben dem Zentralstern ist keine Spur von Lord Rosses Dunklem Fleck erkennbar.

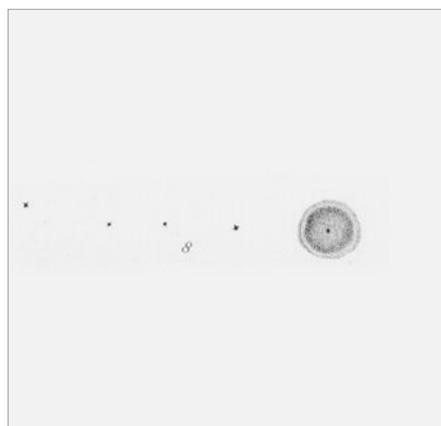


Abb. 7: NGC 2022. Lassells Zeichnung zeigt schön die von ihm erwähnte Sternkette, sowie den Zentralstern und die ringförmige Struktur.

Rosses Zeichnung sehen.« Bemerkenswert ist noch die Tatsache, dass Lassell den nördlich postierten Stern als rötlichen »nebeligen Stern« beschrieb. Auch in seiner Zeichnung hat er diesen Stern als deutlich neblig eingezeichnet.

NGC 3242

Jupiters Geist nennt man heute den Planetarischen Nebel NGC 3242. Lassell bezeichnete ihn bei seiner Beobachtung am 24. März 1862 als »einen höchst außergewöhnlichen Planetarischen Nebel«. Die Farbe des Nebels beschrieb er als brillant himmelblau, mit einer blassgrünen Tönung. Lassell beobachtete mit einer Vergrößerung von 1060× die Zentralregion und beschrieb sie als »hell, neblig und nicht stellar«, wie es auf der Zeichnung gut wiedergegeben ist. Am 17. April 1862 wiederholte er diese Beobachtung und überprüfte seine Zeichnung vom März nochmals.

Herrmann Carl Vogel als Gast in Wien

Herrmann Carl Vogel (1841–1907) war Berufsastronom und von 1882 bis zu seinem Tode 1907 Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam. Bei einem Gastaufenthalt in Wien hatte er die Gelegenheit am 19. und 20. September 1885 gemeinsam mit Eduard Schönfeld (1828–1891), dem Di-

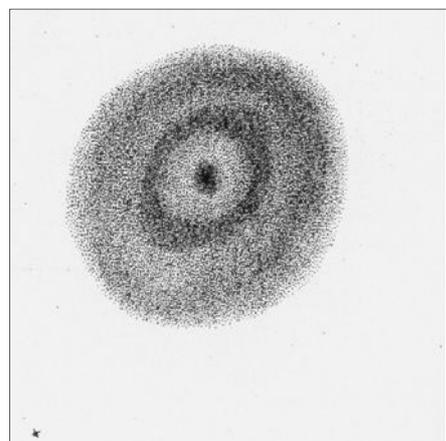


Abb. 10: NGC 3242. Lassells Zeichnung vom März 1862 zeigt schön die helle, nicht stellare Zentralregion sowie, wie bei vielen Planetarischen Nebeln, die ringförmige Struktur.

rektor der Bonner Sternwarte, mit dem dortigen erst 1883 errichteten großen Grubb-Refraktor (680mm/10540mm) visuell einige der prominentesten hellen Planetarischen Nebel zu beobachten, von denen er auch neben ausführlichen Beschreibungen genaue Zeichnungen anfertigte [6].

Alle Zeichnungen dieser Arbeit sind Scans aus den zitierten Originalveröffentlichungen aus der Bibliothek der Landessternwarte in Heidelberg. Besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. Holger Mandel für die freundliche Aufnahme in der Sternwarte.

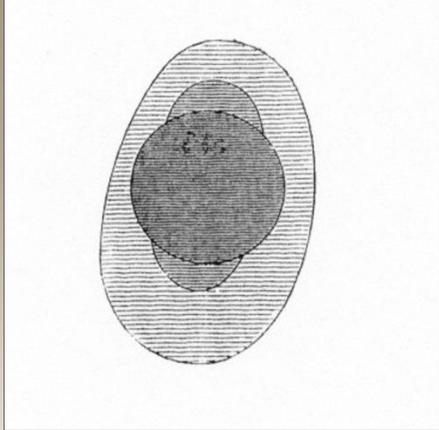


Abb. 11: NGC 6572. Die Skizze, die Herrmann Vogel am 680mm-Refraktor in Wien anfertigte, zeigt deutlich die drei übereinander gelagerten von ihm beschriebenen Schichten.

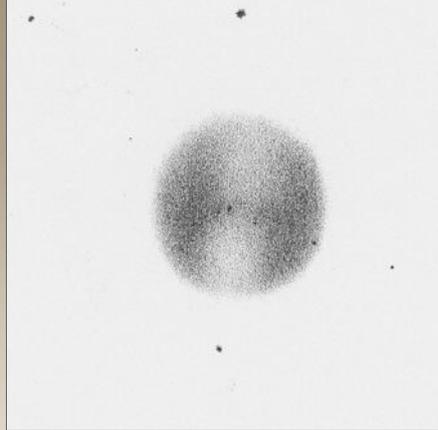


Abb. 13: NGC 6905. In Vogels Zeichnung am 680mm-Refraktor ist deutlich die von ihm beschriebene Ähnlichkeit mit M 27 erkennbar. Man vergleiche die Zeichnung mit Abb. 3 und 4.



Abb. 14: NGC 7009. Schön sind die von Vogel beschriebenen, in Spitzen auslaufenden Nebelansätze, sowie der Knoten an der westlichen Spitze erkennbar.

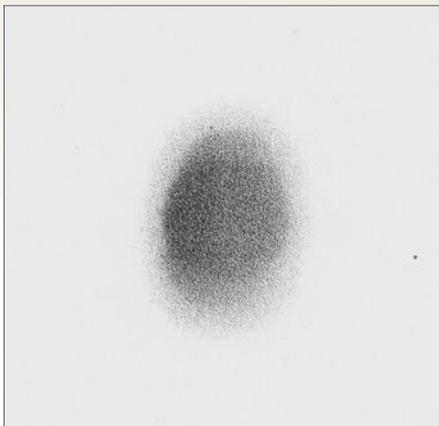


Abb. 12: NGC 6572. Herrmann Vogels Reinzeichnung der Beobachtung vom September 1885 zeigt das Objekt deutlich verwaschener als seine ursprüngliche Skizze.

NGC 6572

Der Planetarische Nebel NGC 6572 im Schlangenträger wurde von Herrmann Vogel bei vorzüglicher Luft mit einer Vergrößerung von 600× bis 1500× am großen Wiener Refraktor beobachtet. Vogel beschrieb NGC 6572 als klein, sehr hell, eiförmig mit verwaschenen Rändern. Weiter schrieb Vogel, dass es scheine, als ob der Nebel aus mehreren Schichten bestünde: eine runde mittlere, die die hellste darstellt, eine elliptische schwächere und schließlich eine schwache, unregelmäßig, ovale Schale, die das Ganze einhüllt. Diese Schichten sind schön in Vogels Skizze erkennbar, während sie auf der Reinzeichnung deutlich schwieriger zu erkennen sind. Bemerkenswert ist noch die Tatsache, dass Vogel in seiner Beschreibung kein Wort zur deutlich grünlichen Färbung des Nebels, die schon im kleinen Fernrohr auffällig ist, verliert.

NGC 6905

Bei schwacher Vergrößerung beschreibt Vogel den Nebel als gleichmäßig erleuchtete Scheibe. Bei höherer Vergrößerung erschien ihm NGC 6905 dann als Doppel-

nebel, ähnlich dem Hantelnebel (M 27) in kleineren Teleskopen. Zur Zentralregion bemerkte Vogel: »Fast genau in der Mitte des Nebels befindet sich ein feines Sternchen, welches immer deutlich zu erkennen ist. In der Mitte leuchten zeitweilig noch zwei, am vorausgehenden Rande ein Lichtpünktchen auf.« Zum Vergleich mit Lord Rosses Zeichnungen bemerkte er, dass er der von 1844 den Vorzug geben würde.

NGC 7009

NGC 7009, der Saturnnebel, wurde von Vogel ebenfalls mit Vergrößerungen von 600× bis 1500× beobachtet. Bei schwacher Vergrößerung erschien ihm der Nebel als helle elliptische Scheibe mit verwaschenen Rändern. Zu beiden Seiten beschreibt er einen in Spitzen auslaufenden Nebelansatz mit einem Knoten oder Sternchen an der westlichen Spitze. Bei höherer Vergrößerung, konnte er im Nebel zwei dunkle parallel laufende langgestreckte Höhlungen erkennen.

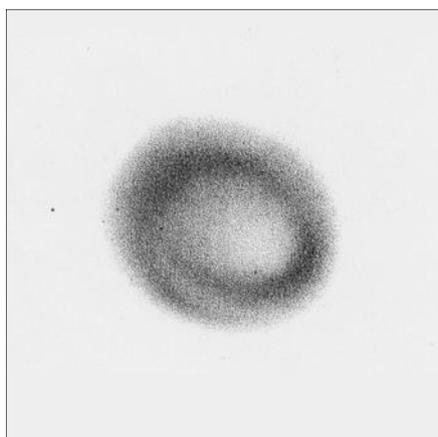


Abb. 15: NGC 7662. Der elliptische Ring sowie die dunkle kreisförmige Struktur im Südwestbereich sind schön in der Zeichnung festgehalten. Man beachte die deutlich unterschiedliche Erscheinung sowie den fehlenden Zentralstern zu der in Birr von Bindon Stoney angefertigten Zeichnung (Abb. 5).

NGC 7662

NGC 7662 beschrieb Vogel als hellen Planetarischen Nebel von schwach elliptischer Gestalt. Bei höherer Vergrößerung, konnte er deutlich einen elliptischen Ring von ungleicher Helligkeit und Breite erkennen. Neben weiteren Details bemerkte er: »Erwähnenswerth dürfte noch eine von Nebel nicht ganz freie, aber doch auffallend dunkle kreisförmige Stelle sein, der Mitte des Objekts südlich vorangehend, die noch innerhalb des elliptischen Ringes gelegen ist.« Zu Lord Rosses Beobachtung bemerkte er noch, dass er den hellen Stern, der in Lord Rosses Zeichnung in der Mitte zu finden ist nicht auffinden konnte. Die Spiralstruktur konnte Vogel ebenfalls so deutlich wie in Lord Rosses Zeichnung abgebildet nicht nachvollziehen.

- [1] 3rd Earl of Rosse: Observations on some of the Nebulae, Phil. Trans. of the Royal Society of London 134, 321 (1844)
- [2] 3rd Earl of Rosse: Observations on the Nebulae, Phil. Trans. of the Royal Society of London 140, 499 (1850)
- [3] 3rd Earl of Rosse: On the construction of specula of six-feet-aperture; And a selection from the observations of Nebulae made with them, Phil. Trans. of the Royal Society of London 151, 681 (1861)
- [4] Parsons L.: Observations of Nebulae and Clusters of Stars 1848–1878, Scient. Trans. Roy. Dublin Soc. Vol. II, 1 (1880-2)
- [5] Lassell, W.: Miscellaneous Observations with the Four-foot Equatoreal at Malta – Observations of Remarkable Nebulae, MemRAS 36, 39 (1867)
- [6] Vogel, H. C.: Einige Beobachtungen mit dem großen Refraktor der Wiener Sternwarte, Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam Vierter Band Nr. 14 (1884)
- [7] Key, H. C.: On the Planetary Nebula H IV. Geminorum, MNRAS 28, 154 (1868)
- [8] Fauth, P.: Astronomische Beobachtungen und Resultate aus den Jahren 1890 und 1891, erhalten auf seiner Privatsternwarte zu Kaiserslautern (1893)

Beobachtung *Planetarischer Nebel*

Techniken und Tricks für eine erfolgreiche Beobachtung



STEFAN BINNEWIES

VON CHRISTIAN BUSCH

Nur wenige Objekte bieten so vielfältige Erscheinungsformen und Strukturen wie Planetarische Nebel. Planetarische Nebel gibt es in allen Formen und Größen – angefangen von nahezu stellaren Objekten, über mittelgroße Scheiben bis hin zu sehr lichtschwachen und ausge dehnten Gashüllen. Je nach Typus gibt es eine Reihe von Techniken, welche die Erkennbarkeit von Details fördern und die Beobachtung effektiver werden lassen.

Die Ausdehnung von Planetarischen Nebeln liegt meist im Bogensekundenbereich und geht gerade bei den kleineren Vertretern mit einer recht großen Flächenhelligkeit einher. So kann man ohne Probleme eine Vergrößerung bis hin zum Doppelten des Objektiv- bzw. Spiegeldurchmessers einsetzen. Insofern ist es von Vorteil, wenn man Okulare besitzt, die diese Vergrößerungen ermöglichen.

Viele Planetarische Nebel besitzen eine hohe Flächenhelligkeit, so dass bei den hellen Objekten eine Beobachtung der Farbe sehr reizvoll sein kann. Es gilt die Regel, dass Farbe umso einfacher zu erkennen ist, je größer die eingesetzte Optik ist, denn die Zapfen, die im Auge für das Farbsehen zuständig sind, reagieren erst ab einer bestimmten Lichtintensität. Hierbei muss allerdings darauf geachtet werden, keinerlei Filter einzusetzen. Diese verfälschen nämlich den Farbeindruck, da sie nur Licht einer bestimmten Wellenlänge passieren lassen. Die erkennbaren Farben beschränken sich vornehmlich auf den grünen bis gelben Bereich, da das Auge bei 550nm am empfindlichsten ist (vgl. S. 61). Die [OIII]-Emissionslinie bei 501nm, in der die Planetarischen Nebel am stärksten strahlen, wird am ehesten wahrgenommen. Sie liegt im blaugrünen Bereich des Spektrums am kurzwelligen Rand der Hellempfindlichkeitskurve des Auges.

Abb. 1: Planetarische Nebel – hier NGC 6543 mit seinem ausgedehnten Halo – haben es vielen visuellen Beobachtern angetan. Ihr Formenreichtum und die Unterschiedlichkeit ihrer Charaktere sorgen für kurzweilige Beobachtungsstunden, für jedes Fernrohr gibt es leichte und herausfordernde Ziele.

Planetarische Nebel mit kleiner Ausdehnung

Die kleinsten Vertreter sind die so genannten stellaren Planetarischen Nebel. Sie weisen sehr geringe Durchmesser von nur wenigen Bogensekunden auf, so dass sie auch bei höchsten Vergrößerungen nur schwer als ausgedehntes Objekt erkannt werden können. Im Gegenzug weisen sie eine hohe Flächenhelligkeit auf, so dass sie auch mit kleineren Teleskopen unter weniger gutem Himmel dankbare Beobachtungsobjekte abgeben (s. ausführlichen Artikel S. 35).

Möchte man einen solchen Nebel beobachten, stellt sich meist zuerst die Frage, wie man diese Objekte im dichten Sternfeld identifizieren kann. Wichtig ist eine detaillierte Aufsuchkarte, die mindestens Sterne bis zur Helligkeit des Planetarischen Nebels enthalten sollte – besser noch schwächere. Mittels Starhopping tastet man sich an die gesuchte Position heran. Meist ist an der Stelle dann schon ein »Sternchen« zu sehen. Doch um wirklich sicher zu gehen, dass dies auch das gesuchte Objekt ist, wendet man einen Trick an, der im Allgemeinen »Filterblink« oder [OIII]-Blink genannt wird: Man nimmt dazu einen [OIII]-Filter und hält ihn immer wieder abwechselnd einmal zwischen Okular und Auge und dann wieder nicht. Dabei blickt man auf die Stelle, an welcher man den Planetarischen Nebel vermutet. Wenn sich der [OIII]-Filter zwischen Okular und Auge befindet, behält der Nebel seine Helligkeit bei, während die Umgebungssterne dunkler werden. Schwenkt man den Filter hinaus, erstrahlen die Sterne wieder heller. Beim schnellen Hin- und Herschwenken des Filters beginnen die Sterne zu blinken. Der Planetarische

Nebelfilter für Planetarische Nebel

Da ziemlich alle Planetarischen Nebel im Licht des zweifach ionisierten Sauerstoffs leuchten, ist die Anschaffung eines so genannten [OIII]-Filters anzuraten. Dieser entscheidet gerade bei den lichtschwachen Objekten über Sehen oder Nicht-Sehen. Ein UHC-Filter steigert zwar ebenfalls den Kontrast, allerdings nicht in dem Ausmaß wie ein OIII-Filter. Dennoch gibt es ein paar Exemplare, die auf einen UHC-Filter besser ansprechen als auf einen [OIII]. Um schnell zwischen den einzelnen Filtern wechseln zu können, bietet sich ein Filterschieber an, der zwischen Okularauszug und Fangspiegel montiert wird. Mittels Verschieben können die diversen Filter schnell in den Strahlengang und wieder hinaus gebracht werden.

Nebel selbst behält dabei seine Helligkeit bei. Man muss also darauf achten, welcher »Stern« immer gleich hell erscheint und kann so das gesuchte Objekt identifizieren. Noch einfacher wird das »Blinking«, wenn man einen Filterschieber sein Eigen nennt.

Gerade bei sehr kleinen Nebeln mit einem Durchmesser von unter 3" sollte man nicht erwarten, sonderlich viele Details sehen zu können. Oftmals wird man sich damit begnügen müssen, eine winzige kleine, ausgedehnte Scheibe zu erkennen. Wenn die Ausdehnung größer als 5" ist, kann man allerdings durchaus versuchen, Strukturen im Inneren auszumachen. Das ist natürlich nicht einfach und erfordert hohe und höchste Vergrößerungen bis zum Doppelten des Spiegel bzw. Objektivdurchmessers. Wichtig ist zu wissen, dass es auch bei schlechtem Seeing immer wieder Momente mit ruhiger Luft gibt, in denen der Nebel scharf im Okular zu sehen ist. Diese Zeitfenster gilt es auszunutzen, sich das Gesehene einzuprägen und wenn möglich gleich in eine Zeichnung zu übertragen. So wird man mit ein wenig Geduld interessante Beobachtungen machen können. Beim Einsatz von Nebelfiltern sollte man auf das Transmissions-

maximum achten. Manche Filter erreichen nicht einmal 90%, so dass das Objekt bei den eingesetzten hohen Vergrößerungen zu dunkel wird und die Detailerkennung leidet. Für die Beobachtung von PN mit sehr geringer Flächenhelligkeit sind diese Filter eher ungeeignet.

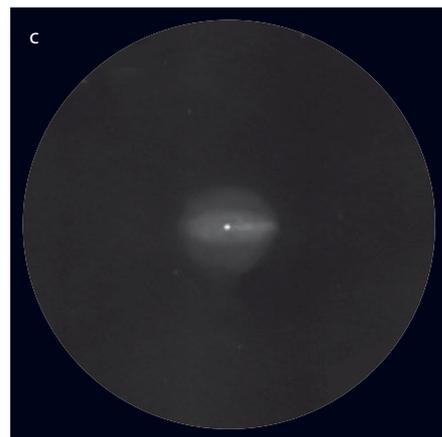
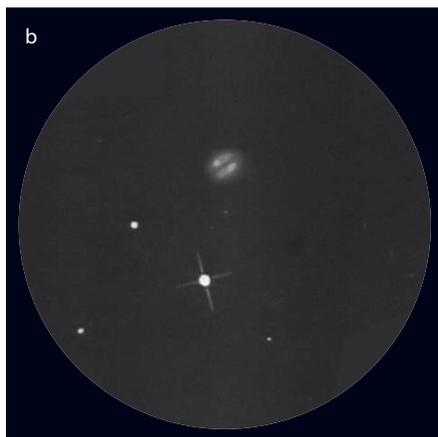
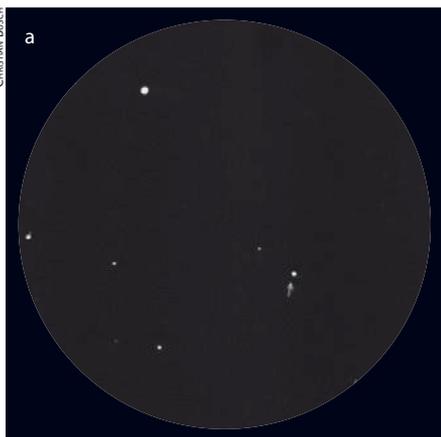
Ein Beispiel für einen interessanten stellaren PN ist Dolidze-Dzhimshelshvili1, der 55000 Lichtjahre entfernt mit einer Helligkeit von 13^m0 im Sternbild Herkules zu finden ist. Bereits in der Dämmerung konnte dieser Nebel bei 200× mittels Filterblink mit einem 18"-Teleskop identifiziert werden, aber auch schon mit Fernrohren ab 10" Öffnung dürfte dieser Planetarische Nebel bei guten Himmelsbedingungen zu beobachten sein.

Mittelgroße Planetarische Nebel

Die wohl dankbarsten Beobachtungsobjekte (insbesondere für kleinere Teleskope bis 8" Öffnung) sind Planetarische Nebel mit einem Durchmesser von 20" bis 100" und einer Helligkeit von 10^m0 bis 12^m0. Aufgrund der meist hohen Flächenhelligkeit sind sie auch bei weniger gutem Himmel sinnvoll zu beobachten.

Abb. 2: Viele Planetarische Nebel sind sehr klein und nur mit sehr hohen Vergrößerungen von einem Stern zu unterscheiden.

- a) DdDm 1, ein PN im Galaktischen Halo. 13"-Newton, 250×.
 b) Der »Cheeseburger« NGC 7026. Es sind zwei Schalen mit kleinen Knoten zu sehen. 18"-Newton, 410×.
 c) IC 2149. Bei hoher Vergrößerung erkennt man eine lineare Struktur. 18"-Newton, 310×.



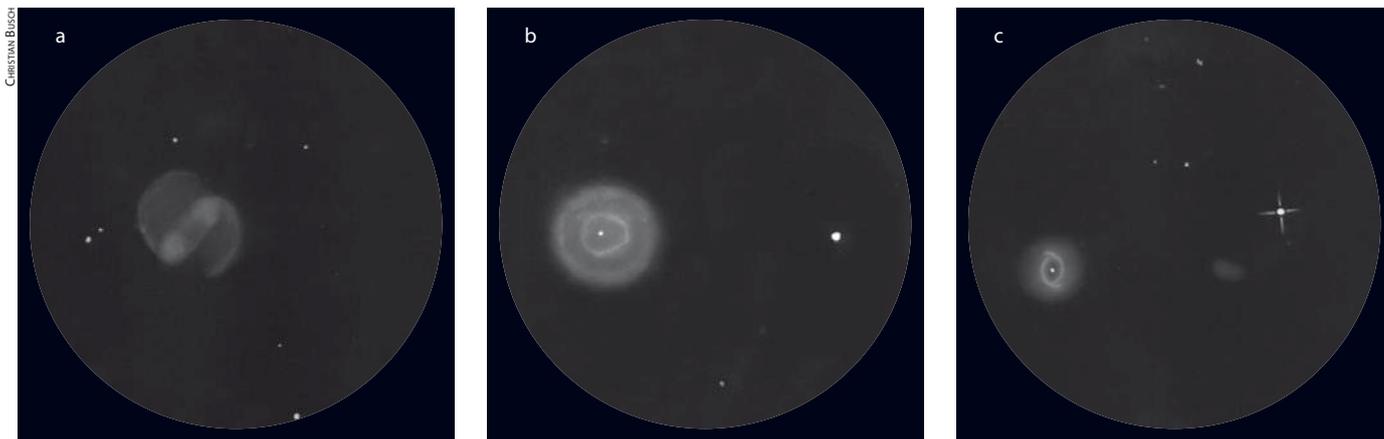


Abb. 3: Am leichtesten zu beobachten sind die mittelgroßen, hellen Planetarischen Nebel.

- a) Der »Kleine Hantelnebel« Messier 76 mit umgebenden Schalen. 13"-Newton, 190x.
 b) Der »Eskimonebel« NGC 2392. Zwei Schalenstrukturen geben dem Nebel seinen Namen. 13"-Newton, 190x.
 c) Der »Katzenaugennebel« NGC 6543 mit Halofragment beim helleren Stern. 18"-Newton, 200x.

Hilfreich beim Aufsuchen dieser Objekte ist auch hier eine gute Sternkarte, die allerdings nicht so detailliert sein muss wie bei den sternförmigen PN. Es reicht, wenn sie je nach Helligkeit des Planetarischen Nebels Sterne bis 11^m0 enthält. Damit lässt sich das Aufsuchgebiet und die Lage des Nebels hinreichend genau festlegen. Oft tritt der Fall ein, dass man schon bei Übersichtsvergrößerungen eine winzig kleine Scheibe erkennen kann. Zudem verraten sich die Planetarischen Nebel in manchen Fällen auch durch ihre etwas eigentümliche Farbe.

Hat man das Objekt sicher identifiziert, kann man sich daran machen, die Vergrößerung langsam zu steigern. Je kleiner der Nebel ist, umso höher kann bzw. sollte man vergrößern. In dieser Hinsicht sind Planetarische Nebel sehr gutmütig, da sie meist eine hohe Flächenhelligkeit aufweisen, die hohe Vergrößerungen problemlos zulässt. Hat man die optimale Vergrößerung gefunden, so sollte man den Nebel mit und ohne [OIII]-Filter betrachten. Bei manchen Nebeln steigert ein solcher Filter die Erkennbarkeit von Details, bei anderen erschwert er sie. Insofern sollte man sich durchaus die Zeit nehmen, den Anblick mit und ohne Filter zu vergleichen.

Wenn man die optimale Kombination aus Vergrößerung und Filter gefunden hat, steht einer Beobachtung der Strukturen nichts mehr im Weg. Zuerst sollte man versuchen, die Form des Nebels zu erfassen. Am Anfang wird man eine Einteilung in rund, oval und länglich vornehmen. Mit zunehmender Beobachtungserfahrung könnte man diese durch die Angabe der so genannten Elongation weiter spezifizieren, also das Verhältnis der langen Achse zur kurzen. 2:1 bedeutet, dass der Nebel doppelt so lang wie breit ist, 3:1 dreimal

so lang. Auch Zwischenstufen wie 3:2 oder 5:3 sind möglich.

Als nächstes wird man sich ansehen, welche Struktur der Rand des Nebels hat. Manche sind scharf begrenzt, andere wie der bekannte Eulennebel Messier 97 im Sternbild Ursa Maior laufen diffus nach außen aus und haben keinen wirklich festgelegten Rand. Ganz besonders interessant wird es, wenn der Nebel Gasbögen (im Englischen »Lobes«) besitzt, die sich weit nach außen ziehen. Ein sehr schönes Exemplar hierfür ist Messier 76, der Kleine Hantelnebel im Sternbild Perseus. Deutlich seltener wird man abgesprengte Fragmente erkennen können. Ein Objekt ist der Katzenaugennebel NGC 6543, bei dem unter gutem Landhimmel bereits mit 10" Öffnung unter Verwendung eines [OIII]-Filters ein solches Hüllenfragment beobachtet werden kann.

Die Beobachtung der allgemeinen Form und des Randes gehören zu den leichteren Aufgaben bei einer detaillierten Studie eines Planetarischen Nebels. Schwieriger ist dagegen die Beobachtung von Strukturen in der Nebelhülle. Das liegt zum einen an der geringen Größe der Details und zum anderen kommt erschwerend hinzu, dass das Innere meist recht hell und daher der Kontrast zu den schwachen Strukturen nicht sonderlich groß ist. Daher sollte man zuerst versuchen, die allgemeine Helligkeitsverteilung des Nebels zu studieren. Oft erkennt man bei genauer Beobachtung eine leichte Helligkeitsabnahme im Zentrum, die dem Objekt eine Ringform verleiht. Die Ausprägung dieser Mittenverdunkelung kann ganz unterschiedlich sein – beim Ringnebel Messier 57 ist sie sehr groß, bei NGC 7354 zwar vorhanden, aber nicht sonderlich auffällig und bei NGC 7139 im Sternbild Cepheus gar nicht

sichtbar. Es kommt auch vor, dass eine solche Verdunkelung nicht symmetrisch in der Mitte liegt, sondern ein wenig an den Rand verschoben ist. Ein Beispiel hierfür ist NGC 6781 im Sternbild Adler.

Die Erfassung kleinster Details nimmt im Allgemeinen die meiste Zeit in Anspruch, die man sich nehmen sollte, denn nur so wird man alle sichtbaren Strukturen erfassen können. Planetarische Nebel sind auch hier dankbare Objekte, da sie eine Vielzahl von unterschiedlichen Strukturen bieten, die man so nur bei wenigen Objektgattungen findet. Manche Nebel haben im Inneren eine feine, ringförmige Struktur, die von einer Verdichtung des ausgeworfenen Materials herrührt, also ein Indiz für eine höhere Dichte ist. Besonders schön ist dies beim Eskimonebel NGC 2392 im Sternbild Zwillinge zu beobachten, dessen Namensgebung auf diesen Umstand zurück zu führen ist. Aber auch NGC 7662, der Blaue Schneeball im Sternbild Andromeda, weist einen solchen inneren Ring auf. Die Detektion ist bei diesem Objekt allerdings nicht ganz einfach, da der Kontrast zwischen Ring und hellem Innenbereich nicht sonderlich groß ist. Weitere erkennbare Details sind hellere Stellen oder schwache balkenähnliche Strukturen, die von einem ungleichmäßigen Auswurf der Nebelmaterie herrühren können.

Große und lichtschwache Planetarische Nebel

Da Planetarische Nebel expandieren – durchschnittlich mit einer Geschwindigkeit von 20km/s – dehnt sich die Nebelhülle im Laufe der Zeit immer weiter in den Weltraum aus. Durch die Ausdehnung nimmt die Gasdichte der Hülle ab und der Nebel dünnt aus. In Verbindung mit ei-

Planetarische Nebel zeichnen

Zuerst verschafft man sich im Okular einen Überblick über das Objekt und die umgebenden Feldsterne. Bei einer Zeichnung muss das Objekt nicht zwangsläufig in der Mitte stehen. Man sollte das zu zeichnende Feld besser so wählen, dass markante Sterngruppen oder helle Sterne ebenfalls mit enthalten sind.

stellt man sich am besten einen gut sichtbaren Stern ins Zentrum des Gesichtsfeldes und stellt sich diesen als Mittelpunkt eines Ziffernblattes vor. 0 Uhr ist oben, 3 Uhr ist rechts usw. Die Entfernung zum Gesichtsfeldrand schätzt man mit Prozentangaben ab, z.B. bedeutet 50%, dass sich der Stern genau in der Mitte zwischen Zentrum und Rand befindet. Die Lage der

Hat man dies getan, kommen die schwächeren Sterne an die Reihe. Es müssen nicht alle schwachen Sterne eingezeichnet werden. Sterngruppen oder Sterne, die nahe beim Objekt stehen, sollten allerdings in der Zeichnung vermerkt werden, um so die Ausdehnung des Objekts besser zu Papier bringen zu können. Alternativ kann man sich mit einem Sternkartenprogramm auch einen Ausdruck machen, indem die Sterne schon enthalten sind und man nur noch die Nebelkonturen einzeichnen muss. Weil das umgebende Feld relativ klein ist, wird dies in den meisten Fällen allerdings nicht nötig sein.

Nachdem die Sterne eingezeichnet sind, versucht man, die Umrisse des Objekts zu Papier zu bringen. Hierbei sollte man sich ruhig Zeit lassen, um die Lage und Form gut abschätzen zu können.

Danach bringt man die groben Schattierungen an und arbeitet sich zu den kleinsten Details vor. Wie detailliert eine Zeichnung wird, hängt von der persönlichen Ausdauer des Beobachters ab. Gerade bei sehr strukturierten Objekten ist es oftmals unmöglich, alle gesehenen Strukturen in die Zeichnung einzutragen. Hier wird man einen Kompromiss finden müssen. Es ist durchaus hilfreich, sich Notizen in die Zeichnung zu machen, um das Gesehene bei der Reinzeichnung besser nachvollziehen zu können.

Zu Hause kann die Rohzeichnung in eine Reinzeichnung übertragen werden. Dies kann mittels eines Computers geschehen, mit Hilfe von weißen Stiften auf schwarzem Karton oder durch eine Bleistiftzeichnung, die eingescannt und danach invertiert wird. Hierbei sollte man versuchen, die Helligkeit des Objekts möglichst genau zu treffen, um den natürlichen Anblick im Okular wiederzugeben. Das wird nicht immer gelingen, denn manchmal wird man schwache Kontraste diverser Strukturen in der Zeichnung hervorheben müssen, um sie überhaupt sichtbar zu machen.

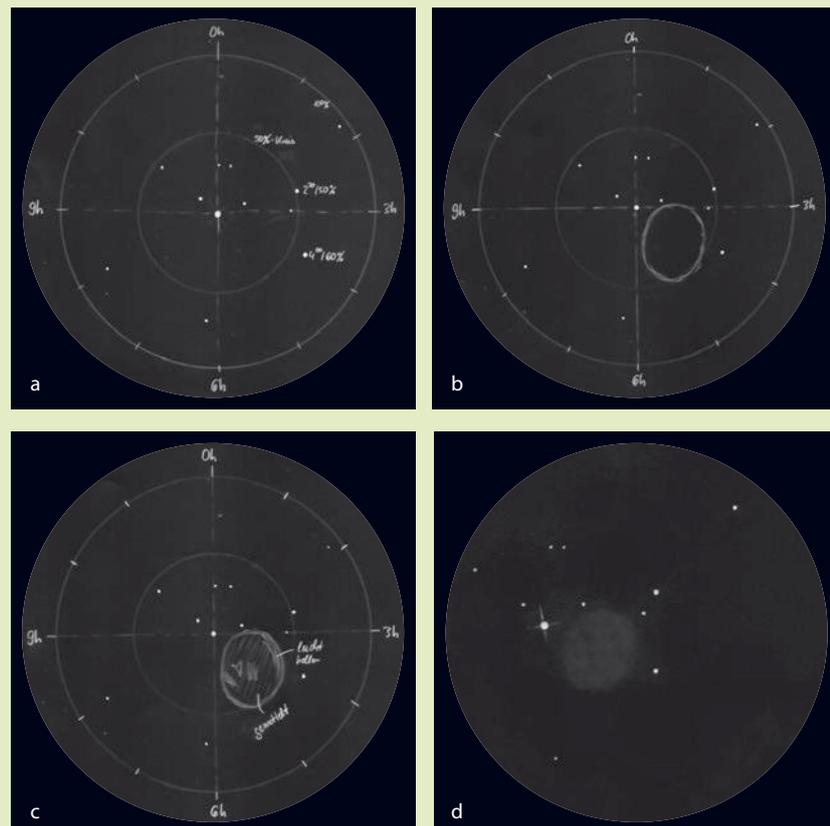


Abb. 1: Die verschiedenen Arbeitsschritte bis zur Fertigstellung einer Rohzeichnung am Beispiel von Abell 72:

- Einzeichnen der Feldsterne
- Einzeichnen der Umrisse des Objektes
- Einzeichnen immer feinerer Details mit zusätzlichen Kommentaren, die die Anfertigung der Reinzeichnung erleichtern.
- Fertige Reinzeichnung

Der erste Schritt ist das Eintragen der hellsten Feldsterne. Mit diesen steckt man das zu zeichnende Feld ab. Hierbei

markanten Sterne kann man nun mit Hilfe der »Uhrzeit« und der Entfernung zum Gesichtsfeldrand recht genau eintragen.

ner Abkühlung des Zentralsterns und der damit verbundenen geringer werdenden Anregung wird der Planetarische Nebel immer schwächer und im Laufe der Zeit sogar unsichtbar. Das passiert typischerweise in einem Zeitrahmen von einigen zehntausend Jahren. Man kann prinzipiell die Faustregel aufstellen, dass ein Planeta-

rischer Nebel umso älter ist, je größer und lichtschwächer er uns erscheint.

Die größten Planetarischen Nebel erreichen Durchmesser von über 1° . Das ist aber eher die Ausnahme, die typischen Größen liegen bei $300''$ bis $900''$ bzw. $5'$ bis $15'$. Man kann meist davon ausgehen, dass ein Nebel umso schwächer erscheint, je größer er ist.

Die Größe und die geringe Flächenhelligkeit derartiger Nebel erfordern andere Beobachtungstechniken als bei den kleinen Objekten. Wichtig für eine erfolgreiche Beobachtung ist ein dunkler Himmel. Aufgrund der geringen Flächenhelligkeit reagieren große Nebel nämlich sehr empfindlich auf aufgehellten Himmel. Deshalb ist es von großem Vorteil, wenn

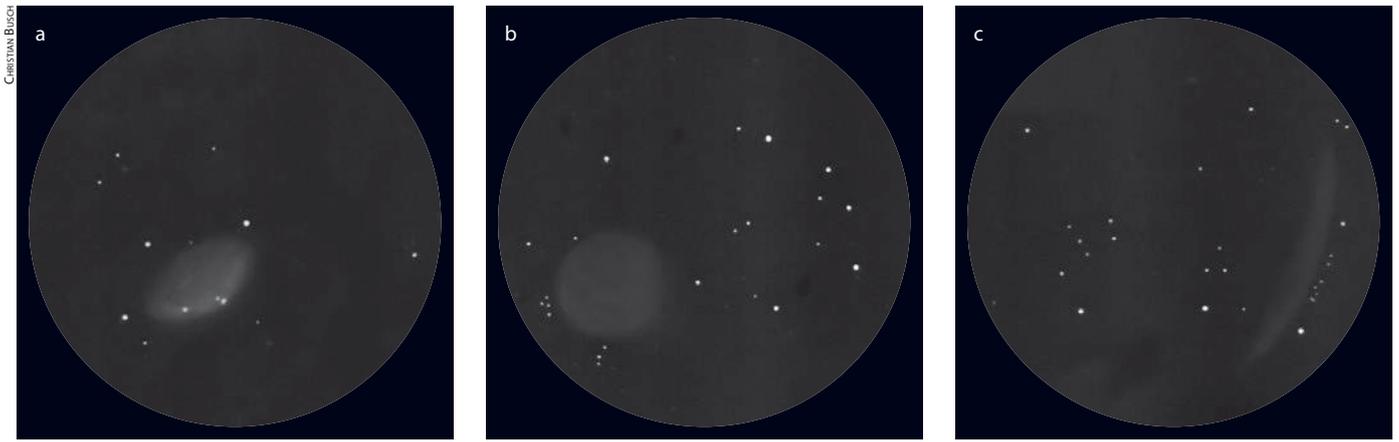


Abb. 4: Sehr schwierig wahrzunehmen sind die großen lichtschwachen Planetarischen Nebel.

- a) Abell 31, ein riesiger PN im Sternbild Krebs. 13"-Newton, 120x.
- b) PuWe 1, mit 20' Durchmesser noch größer als der Helixnebel. 18"-Newton, 90x.
- c) Sharpless 216, mit 90' größter und vermutlich ältester PN am Himmel. 18"-Newton, 90x.

man einen dunklen und abgeschirmten Beobachtungsplatz benutzt. Ebenfalls hilfreich ist ein schwarzes Tuch, das man sich bei Bedarf über den Kopf ziehen kann, um störendes Fremdlicht abzuschirmen. Zudem sollte das Teleskop über genug Öffnung verfügen. Mit Teleskopen ab 12" Öffnung kann man dabei schon interessante Beobachtungen machen.

Um einen lichtschwachen Planetarischen Nebel zu identifizieren, ist eine gute Aufsuchkarte sehr hilfreich. Zusätzlich sollte man mit Hilfe des Digitized Sky Survey ein Foto der näheren Umgebung ausdrucken. Dabei ist es empfehlenswert, dem blauen Spektralbereich (Zusatz »blue«) den Vorzug zu geben, da er etwa von 380nm bis 550nm reicht und die Linie des zweifach ionisierten Sauerstoffs ein-

schließt, in der die meisten Planetarischen Nebel leuchten. Auch das dunkeladaptierte Auge ist in diesem Bereich am empfindlichsten. Man kann damit auch ganz gut abschätzen, wie groß die Chancen sind, den Planetarischen Nebel tatsächlich beobachten zu können. Je heller der Nebel auf den blauen Platten erscheint, umso so größer sind die Chancen ihn zu sehen.

Hat man die gesuchte Stelle identifiziert, sollte man für die weitere Beobachtung unbedingt einen [OIII]-Filter einsetzen. Dieser dunkelt den Himmelshintergrund sehr weit ab und sorgt so für einen maximalen Kontrast. Ein [OIII]-Filter entscheidet oftmals zwischen Sehen und Nicht-Sehen. Wer sich also gerne an alte Planetarische Nebel heranwagen möchte, wird um den

Kauf eines solchen Filters nur schwerlich herunkommen.

Fast genauso wichtig wie die Verwendung eines Filters ist die richtige Wahl der Vergrößerung. Je größer der Planetarische Nebel ist, umso geringer sollte die Vergrößerung ausfallen. Das ist ein wesentlicher Unterschied zur Beobachtung kleiner Nebel, die vornehmlich bei hohen und höchsten Vergrößerungen beobachtet werden.

Die richtige Wahl der Vergrößerung berechnet sich über die so genannte Austrittspupille (AP). Diese beschreibt den Durchmesser des Lichtbündels, der das Okular verlässt, und lässt sich aus der Formel:

$$\text{Austrittspupille} = \text{Teleskopöffnung} / \text{Vergrößerung errechnen.}$$

Wird die AP größer als der maximale Wert der geöffneten Augenpupille, gelangt nicht mehr alles Licht vom Fernrohr ins Auge. Bei jungen Menschen ist dies ungefähr bei einem Wert von 7mm der Fall, bei älteren ist der Pupillendurchmesser geringer: Die Minimalvergrößerung eines Teleskops ergibt sich deshalb aus der Formel Teleskopöffnung in Millimetern/7. Für die Beobachtung der größten Planetarischen Nebel sollte man die Minimalvergrößerung des Teleskops einsetzen, natürlich vorausgesetzt, der Himmel lässt dies zu. Gute Beobachtungsergebnisse erhält man aber oftmals nur mit einer AP von 4mm bis 5mm. Hier ist der Himmelshintergrund schon so dunkel, dass sich ein lichtschwacher PN bei Verwendung eines [OIII]-Filters erkennen lässt.

Doch trotz technischer Hilfsmittel und der richtigen Vergrößerung wird sich ein lichtschwacher Nebel nicht in den Vordergrund drängen. Wenn man Glück hat, wird man ein schwaches Glimmen wahrnehmen können. Wenn man auf den ersten Blick nichts erkennen kann, kann man sich

Typische Planetarische Nebel							
Name	anderer Name	Sternbild	R. A.	Dekl.	Größe	Helligkeit	Uran.
DdDm 1		Her	16 ^h 40,3 ^{min}	+38° 42'	0,6"	14 ^m 6	–
NGC 7026		Cyg	21 ^h 06,3 ^{min}	+47° 51'	10"	10 ^m 3	85
NGC 6781		Aql	19 ^h 18,5 ^{min}	+06° 32'	109"	11 ^m 4	206
NGC 2392	Eskimonebel	Gem	07 ^h 29,2 ^{min}	+20° 55'	15"	9 ^m 2	139
NGC 7662	Blauer Schneeball	And	23 ^h 25,9 ^{min}	+42° 32'	15"	8 ^m 3	88
M 97	Eulennebel	UMa	11 ^h 14,8 ^{min}	+55° 01'	150"	9 ^m 9	46
NGC 6543	Katzenaugennebel	Dra	17 ^h 58,5 ^{min}	+66° 38'	18"	8 ^m 1	30
NGC 7354		Cep	22 ^h 40,3 ^{min}	+61° 17'	20"	12 ^m 2	34
NGC 6826	Blinkender Nebel	Cyg	19 ^h 44,8 ^{min}	+50° 32'	25"	8 ^m 8	55
M 76	Kleiner Hantelnebel	Per	01 ^h 42,3 ^{min}	+51° 34'	65"	10 ^m 1	37
M 57	Ringnebel	Lyr	18 ^h 53,6 ^{min}	+33° 01'	71"	8 ^m 8	117
NGC 7139		Cep	21 ^h 46,1 ^{min}	+63° 48'	78"	13 ^m 3	33
IC 2149		Aur	05 ^h 56,3 ^{min}	+46° 07'	8"	10 ^m 7	66
Abell 31	PK 219+31.1	Cnc	08 ^h 54,2 ^{min}	+08° 55'	980"	12 ^m 0	187
PuWe 1	PK 158+17.1	Lyn	06 ^h 19,6 ^{min}	+55° 37'	1200"	11 ^m 2p	41
Sharpless 216		Per	04 ^h 45,6 ^{min}	+46° 49'	5400"	–	–

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

eines weiteren Tricks bedienen: dem »Field Sweeping«. Hierbei bewegt man das Teleskop leicht hin und her und schaut dabei durch das Okular. Diese Bewegung sollte sanft ausgeführt werden und nicht ruckartig. Das Auge nimmt schwache Kontraste besser wahr, wenn sich das Objekt leicht bewegt, so dass diese Methode in vielen Fällen zum Erfolg führt.

Der Einsatz von [OIII]-Filtern bei sehr schwachen Objekten kann tückisch sein. Der Filter gaukelt dem Beobachter manchmal einen leichten Nebelschleier vor, wo in Wirklichkeit keiner ist. Insbesondere schwache Sterngruppen erzeugen gerne solche nichtexistenten Nebel. Daher sollte man das Gesehene kritisch beurteilen und im Zweifelsfall mit dem DSS-Ausdruck vergleichen, um auch wirklich sicher zu gehen, dass man den Planetarischen Nebel identifiziert hat und nicht einer Täuschung aufgesessen ist.

Feinste Details wird man in diesen großen PN meist vergeblich suchen, aber Helligkeitsvariationen im Innenbereich und unregelmäßige Ränder gleichen diesen Missstand aus. Ein dankbares Objekt für mittlere Teleskope ab 12" Öffnung ist Abell 31 mit einer Helligkeit von 12^m0 und einem Durchmesser von 980" im Sternbild Krebs.

Interessant ist insbesondere der helle und relativ scharf definierte Rand auf einer Seite. Hier trifft das expandierende Material auf das interstellare Medium, wird komprimiert und aufgeheizt. Im Gegensatz dazu läuft der Nebel auf der anderen Seite sanft nach außen aus.

Zentralsterne

Bei der Beobachtung von Planetarischen Nebeln kann es auch interessant sein, den Stern ins Visier zu nehmen, der den Nebel erzeugt hat – den Zentralstern. Im Prinzip ist ein solcher Sternrest nichts anderes als der nachglühende Kern des ehemaligen Sterns. Aufgrund der sehr hohen Oberflächentemperaturen von bis zu 150000K liegt das Strahlungsmaximum im ultravioletten Bereich, was zur Folge hat, dass er auf Fotos und auch unserem Auge bläulich erscheint.

Leider gibt es gerade für kleinere Teleskope nicht sonderlich viele Planetarische Nebel, in denen ein Zentralstern beobachtet werden kann. Der bekannteste und wohl auch hellste befindet sich in NGC 6826, dem »Blinkenden Planetarischen Nebel« im Sternbild Schwan. Der Zentralstern hat eine Helligkeit von 10^m4

und sorgt für einen interessanten Effekt: Blickt man auf den Stern, verschwindet der Nebel, schaut man indirekt daneben, wird der Nebel wieder hell (vgl. S.31). Wiederholt man dies, hat man den Eindruck eines blinkenden Nebels. Dieser Effekt wird jedoch umso geringer, je größer die verwendete Optik ist – Besitzer kleinerer Fernrohre sind hier also im Vorteil.

Um Zentralsterne einfacher beobachten zu können, wird ein leichter Orangefilter empfohlen, manchmal auch »Zentralsternfilter« genannt. Da der PN in diesem Spektralbereich keine Emissionslinien besitzt, wird das Licht der leuchtenden Hülle des Nebels unterdrückt, so dass der Zentralstern besser zur Geltung kommen soll. Zu bedenken ist dabei aber, dass man dadurch einen nicht zu vernachlässigenden Teil des Sternlichts ebenfalls unterdrückt.

Surftipps

Beobachtungstechniken und Hintergründe:

www.blackskies.org/tips.html

Beobachtungstechnik und ausgewählte Planetarische Nebel:

www.astronomical.org/oldsite/portal/modules/wfsection/article.php?articleid=114

Was ist das Indirekte Sehen?

Unser Auge ist in der Lage, die Umgebung sowohl in sehr hellem Licht als auch nahezu bei Dunkelheit zu erkennen. Um diesen großen Bereich an Beleuchtungsstärken zu überdecken, befinden sich im Auge zwei Typen von Lichtsinneszellen: die farbtauglichen, aber nachtblinden Zapfen für die hell beleuchteten Szenen und die lichtempfindlichen, farbblinden Stäbchen für das Schwarz-Weiß-Sehen bei wenig Licht. Wenn wir ein Objekt direkt ansehen, dann fällt sein Bild im Auge auf die Stelle des schärfsten Sehens, die so genannte Sehgrube. Dieser Ort ist dicht mit Zapfen besetzt, Stäbchen gibt es hier keine. Diese Stelle des Auges ist also nachtblind und zum Erkennen lichtschwacher Ziele ungeeignet.

Bildverarbeitung im Gehirn

Weiter außen, von der Sehgrube entfernt, mischen sich mehr und mehr Stäbchen in die Netzhaut: Das Sehen wird zunehmend lichtempfindlicher. In den Randbereichen finden sich schließlich nur noch Stäbchen. Diese sind zur Erhöhung der Empfindlichkeit intern verschaltet, was die Wahrnehmungsleistung bei schwachem Licht immens erhöht: Wenn ein Lichtsignal ein Stäbchen trifft und dort werden die in der Nähe liegenden Stäbchen mit erregt, sozusagen vorgespannt. Damit genügt dort eine geringere Lichtmenge, um ein Signal zu erzeugen. Weiter entfernt liegende Stäbchen werden jedoch gehemmt. Das Auge erreicht mit dieser Verschaltung eine Kontrastanhebung an Kanten, ganz ähnlich der Schärfungsfunktion in einem Bildverarbeitungsprogramm. Schließlich werden zur weiteren Erhöhung der Empfindlichkeit mehrere Stäbchen zusammengeschaltet und liefern

gemeinsam einen Impuls an das Gehirn. In elektronischen Kameras heißt dieses Vorgehen Binning und dient demselben Zweck: Erhöhung der Empfindlichkeit auf Kosten der Auflösung [1]. Unser Auge verarbeitet Helligkeiten und Bewegungsinformationen getrennt: Da Bewegungen Gefahr signalisieren können, reagiert das Auge im Zusammenspiel mit dem Gehirn sehr schnell und empfindlich auf diese Wahrnehmung, ganz ohne Helligkeits- und Formerkennung. Eine lichtschwache Struktur wird deshalb deutlicher gesehen, wenn sie sich bewegt [2].

Absichtlich daneben

Das normale, scharfe Sehen wird als direktes oder foveales Sehen bezeichnet – Fovea ist das lateinische Wort für die Sehgrube. Die Methode, das wahrzunehmende Objekt absichtlich außerhalb der Sehgrube zu platzieren, nennt man indirektes oder extrafoveales Sehen. Um dies anzuwenden, muss man absichtlich am Objekt vorbeischaun, ein Winkel zwischen 15° und 20° ist günstig. Wegen des Blinden Flecks, der von der Sehgrube in Richtung Nase liegt, muss man mit dem rechten Auge rechts bzw. mit dem linken Auge links vorbeischaun. Ein anfangs nur schwach erkennbares Beobachtungsziel wird plötzlich viel deutlicher, anfangs nicht sichtbare Lichteindrücke werden wahrnehmbar. Zunächst sieht man mit diesem Vorgehen nur ein diffuses Etwas. Mit einiger Übung kann man indirekt und gleichzeitig konzentriert schauen und so Einzelheiten der Objekte ausmachen. Die größte Schwierigkeit besteht anfangs darin, nicht dem natürlichen Reflex zu folgen und das Beobachtungsziel direkt anzublicken. Zusätzlich zum Indirekten Sehen kann der »Bewegungssensor« des Auges aktiviert werden: Ein kleiner

Stups ans Fernrohr und das Bild bewegt sich ein wenig. Hierdurch erhöht sich die Empfindlichkeit des Sehens nochmals.

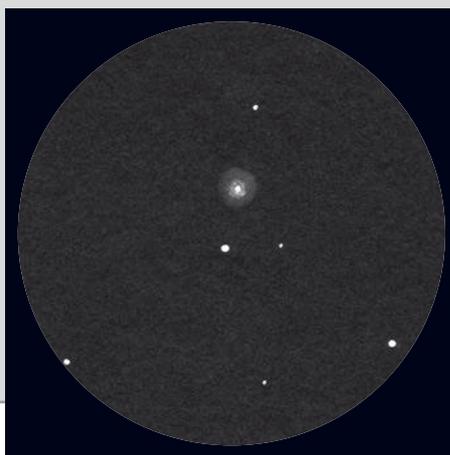
Experimente mit den Augen

Das Indirekte Sehen verfügt über eine Kontrastanhebung, über die das direkte Sehen nicht verfügt. Deshalb werden kontrastschwache Einzelheiten mit indirektem Sehen auch dann besser erfasst, wenn genügend Licht vorhanden ist. Um dies zu prüfen, kann man die Länge eines Kometschweifes auf einem Bild einmal mit direktem und einmal mit Indirektem Sehen verfolgen. Gut geeignet ist ein elektronisches Bild, welches man sich am Monitor ansieht: Mit indirektem Sehen ist der Schweif merklich länger, wie sich durch Kontrastanhebung in einem Grafikprogramm überprüfen lässt.

In den Außenbereichen der Netzhaut erkennt das Auge keine Strukturen, sondern nur Bewegungen. Dies lässt sich leicht nachweisen: Man blickt geradeaus und fixiert einen Gegenstand in einiger Entfernung. Ein Helfer steht in etwa 2 Metern Abstand seitlich hinter einem. Er streckt einen Arm vor und bewegt die Finger. Die Hand wird so von der weiterhin geradeaus blickenden Versuchsperson deutlich wahrgenommen. Der Helfer zieht allmählich die Hand weiter nach hinten, immer die Finger bewegend, bis sie so gerade eben noch wahrnehmbar ist. Das Bild der Hand fällt nun auf die periphere Netzhaut. Wenn jetzt der Helfer aufhört, die Finger zu bewegen, wird die Hand völlig unsichtbar und sofort wieder sichtbar, wenn die Finger erneut bewegt werden.

[1] Campbell, N. A., Reece, J. B., Markl, J.: Biologie, Pearson Studium, New Jersey (2005)

[2] Gregory, R. L.: Eye and brain, Princeton University Press, Princeton (1997)



Der Planetarische Nebel NGC 6826

ist das Paradebeispiel für die Demonstration des Indirekten Sehens. Fixiert man den Zentralstern, ist der umgebende Nebel kaum zu sehen (links). Blickt man etwas am Objekt vorbei, »ertrinkt« der Stern fast in dem nun sichtbaren hellen Nebel (rechts).

Messier 57

Eine visuelle Studie des Ringnebels

VON UWE GLAHN



STEFAN BINNEWIES

Der Ringnebel gehört zu den beliebtesten Deep-Sky-Objekten am Himmel überhaupt. Wohl jeder Amateurastronom kennt diesen Planetarischen Nebel und kann über dessen Erscheinungsbild im Fernrohr berichten. Doch so bekannt er auch ist, so intensiv wird über ihn diskutiert. Messier 57 wird oft von Amateuren aufgesucht, doch meist bleibt es bei einer flüchtigen Beobachtung. Die allerwenigsten Amateure kennen den Nebel genauer, obwohl er in vielen Bereichen visuelle Besonderheiten bietet, die in typischen Amateurfernrohren beobachtet werden können.

Erster Eindruck

Bereits der Entdecker Antoine de Darquier de Pellepois beschreibt im Januar 1779 die Form und Struktur des Nebels als »...matt, perfekt begrenzt und mit ähnlicher Größe wie Jupiter«. Ein erstes Zeichen von einer runden Form wird also visuell schon früh erkannt. Etwa sechs Jahre später bemerkt Wilhelm Herschel mit besserer Ausrüstung dessen Ringcharakter

und beschreibt diese mit den Worten »...der einen regelmäßigen, konzentrischen dunklen Fleck in der Mitte hat«. Sogar die unterschiedlichen Helligkeitsverteilungen fallen ihm auf, er bemerkt sie als »...Die Enden der längern Axe scheinen weniger glänzend und nicht so deutlich abgetrennt als die übrigen«.

Der visuell 8^m,8 helle Nebel kann schon mit kleinsten Ferngläsern als stellarer Punkt wahrgenommen werden. Sei-

▲ **Abb. 1: M 57, der Ringnebel in der Leier,** ist der populärste Planetarische Nebel am Himmel. Auch wenn die visuelle Beobachtung dieses Fotos erreicht, gelingt mit Geduld und Übung die Beobachtung zahlreicher interessanter Einzelheiten.

Abb. 2: Zeichnungen des Ringnebels von verschiedenen modernen Beobachtern.

- a) Martin Schoenball, 10", 197×, guter Landhimmel
- b) Uwe Glahn, 16", 720×, hochalpiner Himmel
- c) Ronald Stoyan, 24", 857×, Stadthimmel
- d) Serge Viellard, 24", 1100×, hochalpiner Himmel

nen flächigen Charakter erhält der Nebel ab Vergrößerungen von etwa 15×. Große Ferngläser oder kleine Fernrohre zeigen dies selbst bei Mond oder starker Lichtverschmutzung. Steigert man die Vergrößerung bis etwa 40×, wird die für den Nebel so typische Ringform erkennbar. Allerdings wirkt diese noch kreisrund. Die ovale Form offenbart sich erst bei höherer Vergrößerung von etwa 100× und besserem Himmel. Sie zeigt sich als im Verhältnis von etwa 3:2 in Richtung Nordost-Südwest ausgerichtet. Auch mit kleinsten Fernrohren lässt sich dies nachvollziehen – ein Bild also, welches jeder von uns als Einsteiger kennen gelernt hat. Erstaunlicherweise zeigt bereits ein Fernrohr mit 4" Öffnung die helleren Bereiche in den kurzen Achsen, so wie es Herschel vor über 220 Jahren beschrieb.

Auf Pirsch nach Details in M 57

Steigert man nun Schritt für Schritt die Öffnung, scheint sich zunächst nichts zum Bild im kleinen Fernrohr zu ändern. Der Nebel wirkt zwar heller, die ovale Form klarer und das Nebelinnere dunkler, doch zeigen sich bei der flüchtigen Betrachtung keine weiteren auffälligen Details. Viele Amateure lassen sich von diesem Anblick enttäuschen und widmen sich nach kurzer Zeit all zu oft anderen Objekten. Tatsache ist, dass es uns der Nebel selbst mit größeren Öffnungen und Einsatz von Nebelfiltern schwer macht. Doch es lohnt sich ein wenig Zeit zu investieren, denn es lassen sich ihm durchaus einige Details in mittleren Fernrohren von 8" bis 10" Öffnung entlocken.

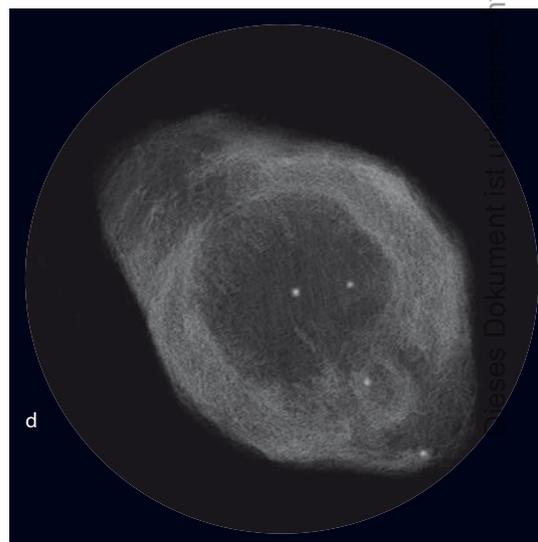
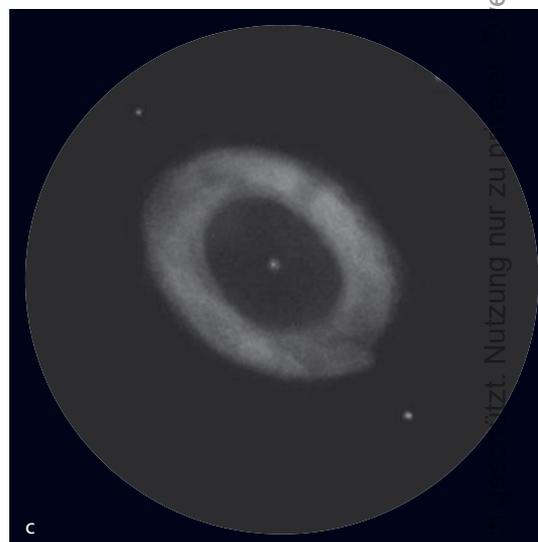
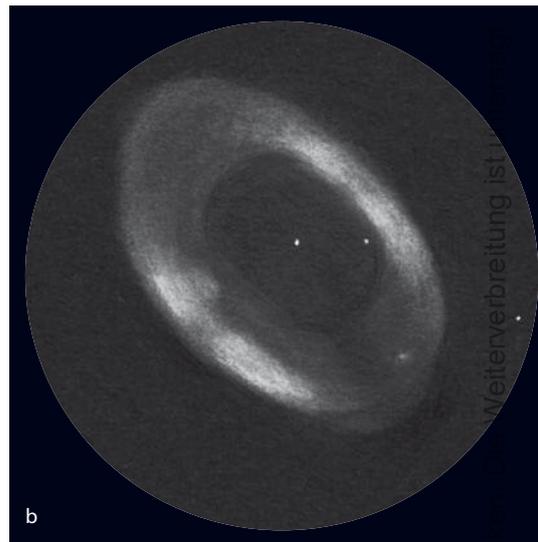
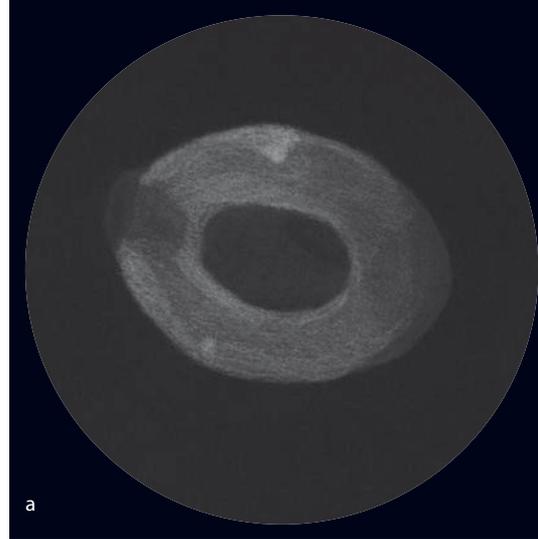
Bleiben wir zunächst bei der Ringstruktur. Nebelfilter zeigen hier nur wenig Wirkung. Zwar wirkt der PN kontrastreicher, die feinen Details im Ring gehen aber verloren, da diese gerade in den äußeren Bereichen im Licht der H α -Linie leuchten. Ohne Filter also erscheinen die helleren Bereiche auf den Seiten der kurzen Achsen nicht gleichmäßig verteilt. Der leicht hellere nordwestliche Bereich wirkt etwas schmaler als sein Gegenstück und besteht aus zwei länglichen Helligkeitszentren, die schwer in genauer Form und Größe festzumachen sind. Der breiter wirkende südöstliche Ringabschnitt scheint eben-

falls zweigeteilt. Aus dem äußeren, südöstlichen Abschnitt lässt sich ein helleres Gebiet in Richtung Ringmitte verfolgen, reicht aber nicht bis zu den dunkleren inneren Bereichen. Interessanter als die hellen Ringfragmente sind jedoch die schwächeren Abschnitte an den langen Achsen. Die nordöstliche Seite ist dabei heller und etwas weiter nach außen zu verfolgen. Bei intensiver Beobachtung fällt auf, dass diese nicht exakt auf der langen Achse sitzt, sondern leicht in Richtung Nord verschoben ist. Im schwachen Ausläufer der südwestlichen Seite kann man klar eine abgestufte Helligkeitsverteilung erkennen. Blickweise sind auch von der Ringmitte nach außen verlaufende Dunkelstrukturen zu erahnen.

Nebeldetails mit großer Öffnung

Die Ringmitte wirkt auch in großen Fernrohren mit Nebel gefüllt, auch wenn die Fläche als vollkommen homogen zu sehen ist. Die auf vielen Fotografien erkennbaren Querstreifen, auch »Rosse'schen Querstreifen« genannt, sind weder mit noch ohne Filter zu erkennen. Da sie hauptsächlich in der für das Auge nur bedingt wahrnehmbaren HeII-Linie bei 486nm leuchten, liegen von Amateuren auch keine zuverlässigen visuellen Beobachtungen dieser schwachen Innenstrukturen vor. Falls überhaupt, dann können diese erst mit Teleskopöffnungen jenseits von 30" Öffnung wahrgenommen werden.

Während die Farbe des hellen Ringnebels bei niedriger Vergrößerung, die nach unten durch die Austrittspupille von 6mm – 7mm (vgl. S. 28) begrenzt wird, oft als dezentes Blau beschrieben wird, verschwinden die Farben bei den meist angewendeten höheren Vergrößerungen. Die Helligkeit des Nebels reicht dann visuell nicht mehr aus, um die für das Farbsehen verantwortlichen Zapfen signifikant anzuregen. Vereinzelt sind Beobachtungen mit sehr großen Öffnungen bekannt, die von unterschiedlichen Farbeindrücken des Rings berichten. Sogar die von Fotografien bekannte rötliche Einfärbung konnte von einem französischen Beobachter in einem 30"-Fernrohr wahrgenommen werden. Eine Beobachtung ist jedoch mit verbreiteten Amateurfernrohren nicht möglich.



Der Ringnebel und seine intergalaktischen Nachbarn

Name	Typ	R. A.	Dekl.	Größe	Helligkeit
Messier 57	PN	18 ^h 53 ^m 35 ^s	+33° 01' 47"	86" × 62" (3,6' Halo)	8 ^m ,8
IC 1296	Gx	18 ^h 53 ^m 19 ^s	+33° 03' 59"	1,1' × 0,8'	14 ^m ,3
LEDA 2024204	Gx	18 ^h 53 ^m 56 ^s	+33° 07' 51"	0,4' × 0,2'	17 ^m ,5b
LEDA 2813669	Gx	18 ^h 53 ^m 10 ^s	+33° 05' 37"	0,3' × 0,1'	15 ^m ,4j

Der bereits im August 1935 am 100"-Hooker-Spiegelteleskop fotografisch nachgewiesene Halo [1] lässt sich in zwei konzentrische Schalen charakterisieren. Während die größere, im Durchmesser 216" (3,6') messende Schale [2] hauptsächlich in der [NII]-Linie leuchtet, ist die auf Amateuraufnahmen oft zu sehende kleinere Schale auch im H α -Licht deutlich nachweisbar. Beide Strukturen sind jedoch kaum in der visuell von den Stäbchen gut wahrnehmbaren [OIII]-Linie präsent, ein Aspekt also, der die Beobachtung äußerst schwierig gestaltet. Tatsächlich liegen nur wenige Beobachtungen von Teleskopen größer als 20" vor, die alle bei exzellenten Beobachtungsbedingungen erfolgten. Selbst diese sicher extremen Sichtungen beschreiben das Halo nicht wie fotografisch zu erkennen als geschlossene Schalenstruktur, sondern geben lediglich eine Andeutung der fasrigen Struktur, die sich am hellen Ring anschließt.

Die Sterne in und um M 57

Der Zentralstern bzw. dessen Sichtbarkeit wird regelmäßig und teils hitzig diskutiert. Seit seinen ersten zuverlässigen Erwähnungen durch Friedrich von Hahn im Jahre 1800 und Lord Rosse 1850 glaubten verschiedene Beobachter unterschiedlich viele Sterne im Nebel wahrzunehmen. Der Helligkeit nach sollte der 15^m,7 helle Stern [3] unter idealen Bedingungen bereits mit Teleskopen der 8"-10"-Klasse erreichbar sein. Hauptproblem ist hier jedoch der helle Hintergrund des Nebels selbst, der die erreichbare Grenzgröße herabsetzt. Der Kontrast des Zentralsterns zum Hintergrund ist hier deutlich geringer, was zur Folge hat, dass größere Öffnungen zur Sichtung des Sterns notwendig sind. Erschwerend kann eine physiologische Eigenart des Auges hinzukommen, die besonders bei niedrigen Vergrößerungen eine helle Lichtquelle mittig im Ring vortäuscht. Beide Faktoren lassen zuverlässige Beobachtungen mit 12" Öffnung unter Verwendung möglichst hoher Vergrößerung und bester Luftruhe (Seeing) möglich erscheinen. Anders herum kann es auch vorkommen, dass selbst in 20"-Telesko-

pen der Stern nicht zu sehen ist. Gesichert gelten kann eine Beobachtung daher erst dann, wenn der Stern über mehrere Sekunden »gehalten« werden kann.

Neben dem Zentralstern selbst befinden sich jedoch noch drei weitere hellere Sterne innerhalb der Struktur des Ringnebels. Ein nur 8,5" nordwestlich des eigentlichen Zentralsterns befindlicher und oft als »zweiter Zentralstern« bezeichneter Stern weist Helligkeiten im Bereich von etwa 17^m auf. Eine zuverlässige Helligkeitsbestimmung ist auf Grund der schon oben genannten Schwierigkeit des hellen Nebelhintergrundes kaum möglich. Sichere Beobachtungen vom Stern liegen mit Teleskopen von größer als 20" wiederholt und auch nach eigener Erfahrung vor. Ausnahme und als absolute Untergrenze anzusehende Beobachtungen lassen sich nach Erfahrungen des Autors auch mit 16" Öffnung nachvollziehen. Perfekte Bedingungen was Durchsicht und Luftunruhe angehen sind unabdingbar.

Ein weiterer Stern am äußeren Rand des Ringnebels zeigt den Effekt der Abhängigkeit des Kontrastes zur Wahrnehmung der stellaren Grenzgröße auf ideale Weise. Während dieser auf Fotografien mindestens genau so hell wie der Zentralstern selbst wirkt, kann er nur bedingt mit großer Öffnung als sehr schwacher Stern gesehen werden, während bei gleichen Bedingungen der Zentralstern ständig und einfach gehalten werden kann. Grund dafür ist der im Vergleich zum Zentralstern hellere Hintergrund verursacht durch das Ringfragment. Beobachtungen des Autors lassen den Stern mit 16" unter Ausnahmebedingungen als Untergrenze sichtbar werden. Unter normal guten Bedingungen wurde der Stern wiederholt mit Öffnungen von 20"-24" gesehen. Von dem vierten Stern, der sich am Ringinneren zwischen Zentralstern und dem Stern am Außenrand des Ringes befindet, liegen nur wenige Amateurbearbeitungen vor. Die Zeichnung des französischen Beobachters Serge Viellard zeigt mit 24" Öffnung unter sehr guten Bedingungen der französischen Hochalpen den Stern schwach angedeutet.

Die Umgebung des Ringnebels

Die Sternumgebung vom Ringnebel ist nicht weniger interessant als die Studien der Sterne innerhalb des Nebels. Im Gegensatz zu diesen bieten die außerhalb des Nebels gelegenen Sterne genaue photometrische Daten. Daher werden sie zum einen gern zur Grenzgrößenbestimmung herangezogen, zum anderen zur Abschätzung der Sichtbarkeit des Zentralsterns. Letzteres zeigt, dass Sterne mindestens jenseits 16^m, besser 16^m,5 sichtbar sein müssen, um eine Chance auf eine visuell erfolgreiche Beobachtung des Zentralsterns zu haben.

Dabei fängt die Erfassung der Sternhelligkeiten bereits mit kleinen Öffnungen an. Schon mit 4" Öffnung kann der 13^m-Stern südöstlich des Ringnebels wahrgenommen werden. Doch auch die Vielzahl der benachbarten 14^m-16^m-Sterne eignen sich hervorragend für Grenzgrößenbestimmungen mit kleineren Öffnungen (vgl. Surftipp).

Die intergalaktische Umgebung wird dominiert von der 14^m,3 hellen Spiralgalaxie IC 1296, die sich etwa 5' nordwestlich des Ringnebels befindet. Unter besten Bedingungen kann sie ab Öffnungen von etwa 10" beobachtet werden. Auf Grund ihrer geringen Flächenhelligkeit gelingt eine sichere Sichtung erst mit Teleskopen der 14"-16"-Klasse. Mit sehr großen Teleskopen von mehr als 25" kann sogar ihre Spiralstruktur wahrgenommen werden. In der näheren Umgebung befinden sich zwar weitere schwache Galaxien, die aber allesamt sehr große Öffnung benötigen. Neben der 17^m,5 hellen LEDA 2024204 7,5' nordöstlich von M 57, befindet sich die ähnlich helle LEDA 2813669 6,5' nordwestlich.

- [1] Duncan, J. C.: A Faint Envelope around the Ring Nebula in Lyra, *PASP* 47, 271 (1935)
- [2] Moreno, M. A., Lopez, J. A.: Extended filamentary structures in the halo of the Lyra planetary nebula NGC 6720, *Astron. Astrophys.* 178, 319 (1987)
- [3] Harris, H. C.: Trigonometric Parallaxes of Central Stars of Planetary Nebulae, *Astron. J.* 133, 631 (2007)
- [4] Stoyan, R., Kafalis, S.: Der Ringnebel und seine Mythen, *Eine amateurastronomische Betrachtung*, *interstellarum* 28, 40 (2003)
- [5] Stoyan, R.: Objekte der Saison, M 57, *interstellarum* 47, 24 (2006)

Surftipp

Sternhelligkeiten um M 57: www.hacastronomy.com/m57.htm

Flächenhelle Planetarische Nebel

Beobachtungsziele für städtische Standorte

VON UWE PILZ

Nur eine Handvoll Planetarische Nebel prägen unser visuelles Gedächtnis dieser Objektklasse. Vom Ringnebel, dem Hantelnebel und vom Helixnebel werden sehr oft Bilder gezeigt. Es sind aber etwa 5000 Planetarische Nebel in unserer Milchstraße bekannt. Visuell entdeckt wurden 132, die als NGC- und IC-Objekte verzeichnet sind. Die Amateure der Fachgruppe Deep Sky beobachteten etwa 300, davon wurde die Hälfte auch in großen Instrumenten als rein sternförmig beschrieben, zahlreiche weitere als flächig ohne Struktur.

Viele dieser kleinen, aber flächenhellen Objekte offenbaren Einzelheiten, wenn man nur hartnäckig danach sucht. Als Ausgleich für die visuellen Schwierigkeiten sind diese Nebel für städtische Standorte geeignet: Eine Himmelsaufhellung bietet fast keine beobachterischen Nachteile. Auch Vollmondnächte können für Deep-Sky-Beobachtung benutzt werden, wenn man sich an diese Objekte hält.

Strukturen

Planetarische Nebel sind vielgestaltig und weichen meist von der Kugelsymmetrie ab. Die Ursachen sind nicht bis ins Letzte geklärt, aber einige Effekte spielen gewiss eine Rolle:

- Das Magnetfeld des Sterns bündelt das ausströmende Gas zu zwei Gasblasen [1]. Dadurch entstehen meist bipolare Strukturen wie im Hantelnebel.
- Viele Sterne sind Doppel- oder Mehrfachsterne. Die Gravitationswirkung von Begleitern oder von großen Planeten verändert die ursprüngliche Struktur der Gashülle.
- Nachfolgende Eruptionen können mit größerer Geschwindigkeit abgegeben werden und die früher entsandten Schalen »einholen«. Dadurch wird das Gas zusammengeschoben und es bildet sich eine Schockfront. Es entstehen dichte, später gut sichtbare Bereiche mit kontrastreichen Kanten und gasarme Gebiete [2].
- Man blickt in einem zufälligen Winkel auf den Nebel. Durch Projektionseffekte stellen sich Strukturen anders dar. Die Formenvielfalt der ausgedehnten Planetarischen Nebel ist bei den »Nebelzwerge« in gleicher Weise vorhanden. Es ist nur viel schwieriger, dies zu sehen. Planetarische Nebel leuchten infolge der Energie, welche der Zentralstern abstrahlt. Da solche Sterne sehr heiß sind, ionisieren sie mit ihrer Strahlung das dünne Gas des Nebels, wobei die Atome ein oder mehrere Elektronen verlieren. Wenn die Atome sich wieder mit einem freien Elektron vereinigen (rekombinieren) wird elektromagnetische Strahlung frei. Dabei springt das eingefangene Elektron meist in einer Kaskade von Energieniveau zu Energieniveau.

Abb. 1: Die meisten Planetarischen Nebel – im Bild der Ringnebel M 57 – sind ziemlich kleine Objekte. Wenn die Helligkeit gleichzeitig hoch ist, hilft dies bei der Beobachtung von lichtverschmutzten Standorten, weil die Flächenhelligkeit hoch ist und dadurch der helle Hintergrund nicht stört.



PETER WIENERROITHER

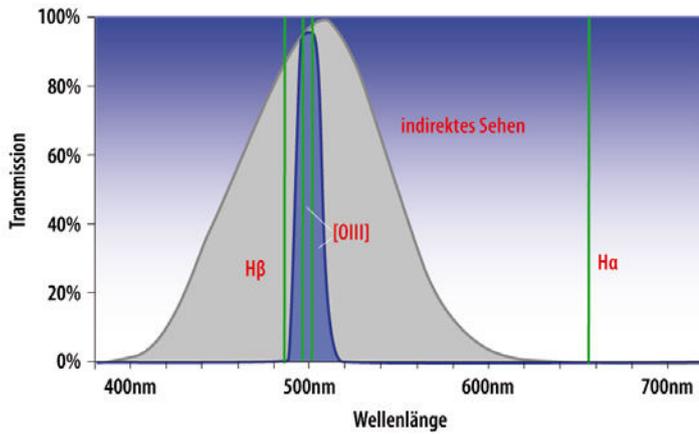


Abb. 2: Ein [OIII]-Filter lässt nur Licht der Linien des zweifach ionisierten Sauerstoffs bei 500,67nm und 495,90nm passieren (blaue Kurve). Diese Linien liegen in der Nähe des Empfindlichkeitsmaximums für das indirekte Sehen (graue Kurve).

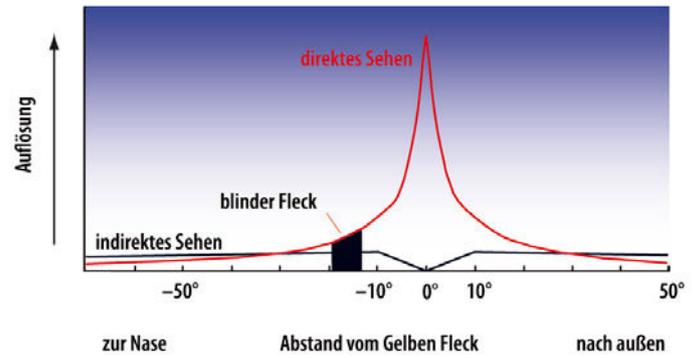


Abb. 3: Das Auflösungsvermögen des Auges ist beim Indirekten Sehen viel geringer als beim normalen Tagessehen.

veau bis es den energieärmsten Zustand erreicht. Jeder Sprung ist mit der Ausendung einer ganz bestimmten, für ihn und das Atom charakteristischen Strahlungsportion verbunden. Im Gegensatz zu glühenden Körpern sind bei leuchtenden Nebeln durch ein Prisma keine Regenbogenfarben, sondern nur einzelne Emissionslinien zu sehen.

Einige dieser Linien liegen im sichtbaren Bereich. Besonders wichtig sind die beiden Linien des zweifach ionisierten Sauerstoffs, die bei 500,67 und 495,90 Nanometern liegen und als [OIII]-Linien bezeichnet werden. Hierfür gibt es engbandige Filter, welche das Hintergrundleuchten fast völlig eliminieren. In vielen Fällen kann die Detailsichtbarkeit Planetarischer Nebeln mit solchen Filtern er-

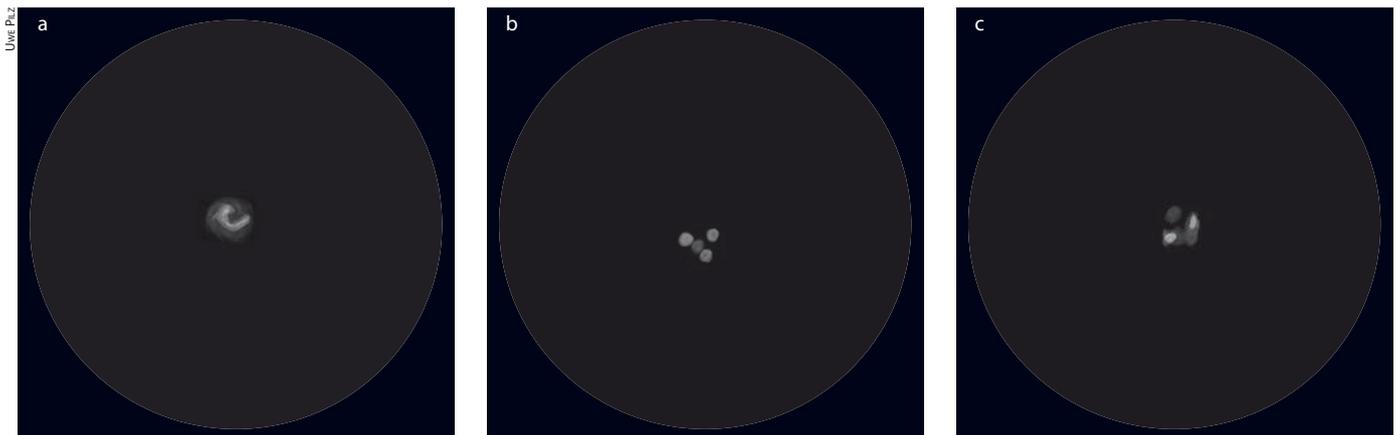
heblich verbessert werden. Geeignet sind [OIII]-Filter und UHC-Filter.

Visuelle Beobachtung

Die meisten der flächenhellen Planetarischen Nebel sind sehr klein und besitzen oft nur Durchmesser von wenigen Bogensekunden. Einige Paradestücke sind jedoch sowohl hell als auch ausgedehnt und deshalb

Abb. 4: Zeichnungen heller Planetarischer Nebel am 320mm-Newton.

- a) IC 4997, 480x. Der Nebel hat einen Durchmesser von nur 2" und war erst nach einer längeren Beobachtungsphase von einem Stern zu unterscheiden. Glücklicherweise liegt ein 10^m-Stern wenige Bogenminuten neben dem Nebel. Er hilft dabei, die Nebeldetails von Beugungsstrukturen zu unterscheiden. Eine sehr ruhige Luft ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Beobachtung dieses Winzlings.
- b) NGC 6741, 480x. Das knapp 10" große Objekt erscheint zunächst als homogene Fläche. Längeres aufmerksames Schauen bringt Helligkeitsknoten ohne wahrnehmbare Form hervor. Sie wurden in der Zeichnung rund dargestellt.
- c) NGC 7027, 480x. Der mit etwa 15" recht große Nebel hat eine rechteckige Form und ist von Dunkelbänder durchzogen. Einige helle Knoten sind bei längerem Betrachten wahrnehmbar. An einem nachgeführten Instrument brächte eine höhere Vergrößerung zusätzliche Details hervor.
- d) IC 2149, 240x. Dieser Nebel ist knapp 10" groß und zeigt eine bipolare Struktur. Eine höhere Vergrößerung brächte keinen Zuwachs an Einzelheiten.
- e) M 76, mit [OIII]-Filter bei 72x. Die Beobachtung erfolgte bei Vollmond. Der Kleine Hantelnebel ist ein Beispiel für einen Nebel, der auch bei geringerer Vergrößerung und in kleineren Instrumenten eine Fülle von Einzelheiten bietet.
- f) NGC 1514, 240x. Verhältnismäßig großer Nebel, der keine extremen Vergrößerungen verträgt. Der helle Jet in der Nähe des Zentralsterns offenbarte sich erst nach längerer Beobachtung. Möglicherweise täuscht ein Hintergrundstern diese Struktur vor.



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

unter dunklem Himmel schon in größeren Feldstechern zu erkennen. Der Ringnebel, der Hantelnebel, der Kleine Hantelnebel, der Blaue Schneeball und der Eskimonebel gehören in diese Kategorie. Unter aufgehelltem Himmel und in einem mittelgroßen Fernrohr erfordern diese Objekte keine besonderen Beobachtungspraktiken: Unter Einsatz eines [OIII]-Filters sieht man bei mittleren Vergrößerungen zwischen 100- und 250-fach eine große Fülle von Details. Die schwachen äußeren Nebelbögen gehen allerdings im Hintergrundleuchten unter und bleiben den Beobachtern an dunklen Standorten vorbehalten.

Identifikation

Um kleine, helle Planetarische Nebel zu beobachten, müssen diese zunächst identifiziert werden. Bei einer geringen bis mittleren Vergrößerung sind sie kaum von einem Stern zu unterscheiden. Hier helfen genaue Sternkarten: Die leistungsfähigen Planetariums-Programme enthalten den Hubble Guide Star Catalog und reichen bis 15^m. Hiermit ist das Aufsuchen möglich. Es ist zweckmäßig, zwei Aufsuchkarten auszudrucken: Eine mit 5°-10° Kantlänge zum Starhopping in die richtige Himmelsgegend und eine mit etwa 1° Kantlänge zur Identifikation des Nebels selbst. Am Ort des Nebels oder direkt daneben ist in der Karte meist ein Stern eingezeichnet. Dies ist der Nebel selbst, der vom automatisch arbeitenden Plattenscanner nicht von einem Stern unterschieden wurde. Ein weiteres Hilfsmittel ist der [OIII]-Blink. Wenn man einen [OIII]-Filter zwischen Auge und Okular hält, dann werden alle Sterne dunkler, nur der Planetarische Nebel behält seine Helligkeit.

Sehtchnik und Vergrößerung

Das Geheimnis der Detailwahrnehmung an dieser Objektklasse heißt vergrößern. Der Nebel muss ausgedehnt, flächig erscheinen, was bei wenigen Bogensekunden Durchmesser bedeutet, sehr hohe,

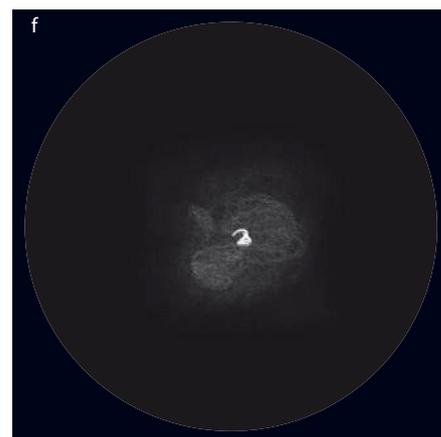
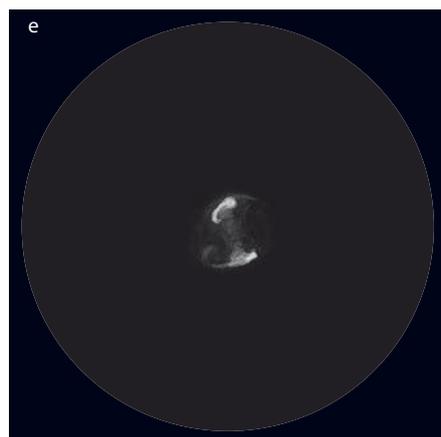
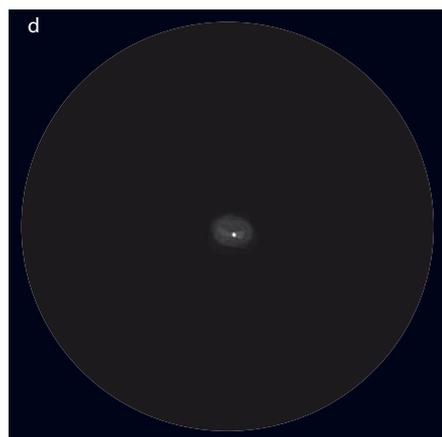
Flächenhelle Planetarische Nebel							
Name	Bemerkung	Sternbild	R. A.	Dekl.	Größe	Helligkeit	DSRA/ Uran.
M 76	Kleiner Hantelnebel	Per	01 ^h 42 ^m 18 ^s	51° 34'	4,8'	10 ^m 1	2/37
NGC 1514		Tau	04 ^h 09 ^m 12 ^s	30° 47'	1,9'	10 ^m 9	-/95
IC 2149		Aur	05 ^h 56 ^m 19 ^s	46° 07'	0,1'	10 ^m 7	3/66
NGC 2392	Eskimonebel	Gem	07 ^h 29 ^m 12 ^s	20° 55'	0,7'	9 ^m 2	10/139
IC 4593		Her	16 ^h 11 ^m 40 ^s	12° 04'	2,0'	10 ^m 7	-/200
NGC 6210		Her	16 ^h 44 ^m 28 ^s	23° 49'	0,2'	8 ^m 8	13/156
NGC 6572		Oph	18 ^h 12 ^m 04 ^s	06° 51'	0,1'	8 ^m 1	22/204
M 57	Ringnebel	Lyr	18 ^h 53 ^m 34 ^s	33° 02'	1,5'	8 ^m 8	14/117
NGC 6741		Sge	19 ^h 02 ^m 34 ^s	20° 46'	0,1'	11 ^m 4	-/-
NGC 6790		Aql	19 ^h 23 ^m 10 ^s	01° 31'	0,1'	8 ^m 1	-/251
NGC 6826	Blinkender Nebel	Cyg	19 ^h 44 ^m 46 ^s	50° 31'	2,3'	8 ^m 8	6/55
M 27	Hantelnebel	Vul	19 ^h 59 ^m 34 ^s	22° 43'	8,0'	7 ^m 5	14/162
IC 4997		Sge	20 ^h 20 ^m 10 ^s	16° 45'	0,1'	10 ^m 5	14/208
NGC 7027	Blaue Schneeball	Cyg	21 ^h 07 ^m 04 ^s	42° 14'	0,3'	8 ^m 4	14/85
NGC 7662		And	23 ^h 25 ^m 53 ^s	42° 33'	0,1'	8 ^m 3	15/88

sonst selten benutzte Vergrößerungen zu wählen. Der Einsatz einer Barlowlinse kann zweckmäßig sein, da die extrem kurze Okularbrennweite für fast keine andere Beobachtungsaufgabe benötigt wird. Es ist nicht selten, dass die optimale Vergrößerung die eigentliche Maximalvergrößerung des eigenen Instruments übersteigt. Deren Angabe ist so ausgelegt, dass die Auflösungskraft des Fernrohres an die des Auges angeglichen wird. Kontrastreiche Einzelheiten können getrennt werden, wenn sie unter einem Winkel von etwa 1' erscheinen. Für kontrastarme Details sind größere Sehwinkel erforderlich, ca. 3' bis 5'. Für die Beobachtung winziger lichtschwacher Nebel gelten jedoch andere Regeln. Solche Objekte beobachtet man am besten mit indirektem Sehen. Dabei schießt man so am Objekt vorbei, dass das Licht auf die lichtempfindlicheren Stäbchen im Auge fällt. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass das Empfindlichkeitsmaximum der Stäbchen im blaugrünen Spektralbereich gut ausgenutzt wird, wo die Plane-

tarischen Nebel in den [OIII]-Linien stark leuchten. Jedoch ist die Winkelauflösung beim indirekten Sehen um den Faktor 10 geringer. Dies gilt dann aber auch für kontrastschwache Objekte. Eine angemessene Vergrößerung liegt bei 100x pro Zoll Öffnung. Mit diesem Wert können mit indirektem Sehen Einzelheiten erkannt werden, die durch das Auflösungsvermögen des Fernrohres begrenzt sind.

Das Teleskop

Eine gewisse Mindesthelligkeit muss der Nebel haben, damit er vom Auge wahrgenommen wird. Ein hohes Lichtsammelvermögen, also eine große Teleskopöffnung ist deshalb von Vorteil. Empfohlen werden mindestens 200mm (8 Zoll). Recht helle Nebel können dann bis 400-fach vergrößert werden, wenn es die Luftruhe gestattet. Das ist auch die Grenze dessen, was die Mechanik eines gut laufenden Dobsons hergibt. Noch größere Geräte ergeben hellere Bilder und fördern das Erkennen von Einzelheiten.



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Das Auge muss sich an die Wahrnehmung kontrastarmer und lichtschwacher Einzelheiten erst gewöhnen. Es ist deshalb ratsam, den Nebel eine längere Zeit zu beobachten, beginnend mit mittleren bis hohen Vergrößerungen und später mit sehr hohen. Eine halbe Stunde Beobachtungszeit für ein Objekt ist nicht zu viel. Während dieser längeren Beobachtungsphase bietet die Atmosphäre meist ruhige Momente, welche für die Wahrnehmung der nur wenige Bogensekunden großen inneren Strukturen nötig sind.

Es sollte natürlich geprüft werden, ob ein [OIII]-Filter mehr Einzelheiten zu Tage fördert. Bei überraschend vielen Planetarischen Nebeln ist dies nicht der Fall, da der Kontrast ohnehin schon recht hoch ist. Die Spiegelungen an der beschichteten Filteroberfläche verringern hingegen den Kontrast.

Der Beobachter

Das Erkennen von Einzelheiten in den winzigen Nebelfleckchen ist eine Herausforderung für Auge und Gehirn. Aus diesem Grund sollten für diese Organe optimale Bedingungen geschaffen werden:

- Alkohol und Nikotin meiden: Die Wahrnehmung wird durch beide Stoffe merklich herabgesetzt.
- Ausgeschlafen beobachten: Das Maß an erkennbaren Einzelheiten sinkt rasch bei Müdigkeit.
- Zucker- und Fettreserven im Blut: Vor der Beobachtung eine Kleinigkeit essen. Nüsse sind eine gute Wahl. Das Gehirn benötigt recht viele Energie für angestrengte Tätigkeiten.

Zeichnung

In allen Stadien der Beobachtung sollten Skizzen angefertigt werden. Man wird feststellen, dass die wenigen und grob erfassten Einzelheiten der ersten Skizze durch darauf folgende vermehrt und verfeinert werden. Besonders heikel ist es, die korrekte Lage z.B. eines dunklen Gebietes oder eines in den Raum ragenden Nebelteils anzugeben: Man nimmt die Einzelheit mit indirektem Sehen zwar wahr, aber die Ortszuordnung ist sehr vage. Auch diese Unsicherheit lässt sich mit Übung und durch wiederholtes längeres Beobachten beseitigen. Es ist auch lohnend, ein Objekt mehrmals aufzusuchen, ggf. nach einer längeren Pause. Die alten Zeichnungen sollte man erst nach der Beobachtung

hervorholen, damit man möglichst unvoreingenommen ans Teleskop geht.

Zumindest am Anfang, wenn man noch unsicher ist, wünscht man einen Vergleich der eigenen Beobachtung mit anderen Quellen. Leider lassen sich für die kleinen Nebel kaum hoch aufgelöste Fotos finden. Die spektralen Empfindlichkeiten von Auge und elektronischen Kameras unterscheiden sich zudem merklich. Selbst in den Fällen, wo Fotos vorhanden sind, darf man kaum deckungsgleiche Strukturen erwarten.

Objektauswahl

Die Tabelle enthält eine kleine Objektliste, die den Einstieg in dieses Beobachtungsgebiet ermöglicht. Erweitert werden kann diese durch die NGC- und IC-Objekte, welche seinerzeit visuell entdeckt wurden und somit eine auswertbare Ausdehnung haben. Die in der Deep-Sky-Liste darüber hinaus beobachteten Nebel lohnen in jedem Fall eine Inspektion, auch wenn das Objekt als punktförmig beschrieben wurde. Wer sich auf lange Sicht mit der Beobachtung dieser kleinen, hellen Nebel beschäftigen möchte, benötigt irgendwann »Nachschub« an Beobachtungsmaterial. Das Standardwerk hierfür ist der Katalog von Perek und Kohoutek mit über 1000 Nebeln, der in einer erweiterten Version im Jahre 2000 herausgegeben wurde. Leider enthält die letztere keine visuellen Helligkeiten. Der PK-Katalog ist in vielen Planetariumsprogrammen integriert, dort können auch Helligkeit und Größe entnommen werden. Insgesamt muss man diese Angaben mit Vorsicht genießen, insbesondere den Durchmesser. Eine der genauesten Datenbanken zu Planetarischen Nebeln bietet die Software Eye & Telescope. Mit diesem Programm kann man die Sichtbarkeitswahrscheinlichkeit für jede Teleskop-Himmel-Kombination berechnen und den Okularanblick simulieren lassen.

- [1] García-Segura, G.: Shaping Bipolar and Elliptical Planetary Nebulae: Effects of Stellar Rotation, Photoionization Heating, and Magnetic Fields, *Astrophys. J.* 517, 767 (1999)
- [2] Reimers, C., Dorfi, E. A., Höfner, S.: Shaping of PN by dust driven AGB winds, *Astrophysics and Space Science* 272, 205 (2000)

Planetarische Nebel hochaufgelöst

Deep-Sky-Beobachtungen am 600mm-Cassegrain der Nürnberger Sternwarte

VON RONALD STOYAN



CHRISTOPH HOFMANN

»Ernsthafte Beobachtungen sind inmitten einer Großstadt nicht möglich« lautet ein vielzitatierter Spruch. »Insbesondere ein Großteleskop lässt sich nicht vernünftig nutzen« ein anderer. Wenn man sich statt auf ausgedehnte Objekte geringer Flächenhelligkeit auf kleine helle Ziele konzentriert, lässt sich eindrucksvoll der Gegenbeweis antreten. Planetarische Nebel bilden exzellente Beispiele dafür, dass visuelle Extrembeobachtung auch inmitten einer Großstadt von einer halben Million Einwohnern möglich ist.

Der 24"-Cassegrain der Nürnberger Volkssternwarte steht inmitten der Großstadt. Er ist an allen Seiten kilometerweit von Häusern und Fabriken umgeben. Die Milchstraße ist fast nie sichtbar, und selbst geübte Beobachter erreichen nur eine visuelle Grenzgröße von 4^m5. Sind unter solchen Bedingungen visuelle Deep-Sky-Beobachtungen sinnvoll möglich?

Lichtverschmutzung

Nach oberflächlicher Einschätzung ist die Lichtverschmutzung der Hauptverursacher der schlechten Beobachtungsbedingungen in einer Großstadt. Diese wirkt negativ, indem sie die Flächenhelligkeit des Himmelshintergrunds heraufsetzt –

Abb. 1: Die Sternwarte in Nürnberg liegt inmitten von Wohngebieten der 500000-Einwohner-Stadt. Die Aufnahme zeigt den Blick aus der Kuppel der 1930 errichteten Sternwarte mit dem 600/6000-Cassegrain und einem 7"-Leitrohr.

von etwa 21 Größenklassen pro Quadratbogensekunde auf unter 19. Dies mindert den Kontrast flächenhafter Himmelsobjekte, denn der Quotient aus der Summe der Flächenhelligkeiten von Objekt und Hintergrund und der Flächenhelligkeit des Hintergrunds bestimmt über die Chancen einer visuellen Detektion. Mit schlechteren Werten für den Himmelshintergrund sinken die Chancen, einen Nebel von 23 Größenklassen pro Quadratbogensekunde zu sehen. Es lässt sich deshalb von vornherein leicht abschätzen, dass nebelhafte Objekte geringer Flächenhelligkeit keine guten Ziele abgeben.

Unangetastet von der Lichtverschmutzung bleibt jedoch die Licht sammelnde und auflösende Leistung des 600mm-Cassegrains. Das Teleskop fängt 7347 Mal so viele Photonen ein wie das durchschnittliche menschliche Auge. Die Auflösung zweier Lichtpunkte gelingt bis 0,2" Abstand – das entspricht dem 9000stel des Monddurchmessers. Die Lichtverschmutzung wirkt hier nur begrenzt schädlich ein: Lediglich Punktlichtquellen werden vom aufgehellten Himmel verschluckt. Der Verlust an Grenzgröße entspricht dem Betrag, der auch mit dem bloßen Auge verloren geht: Ist die Helligkeit der

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

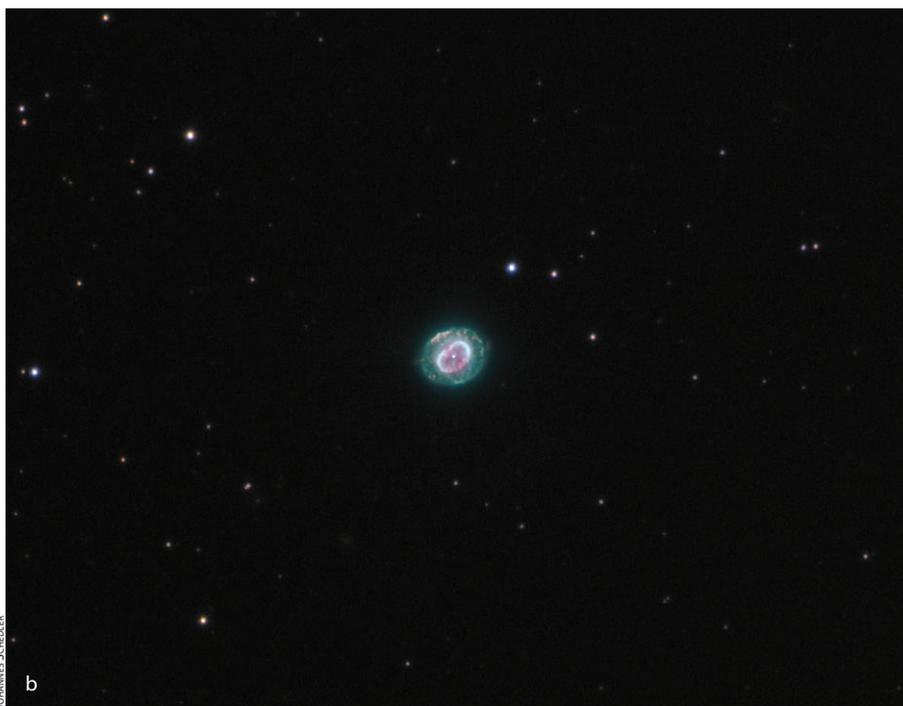


Abb. 2: Nur die besten Amateuraufnahmen übertreffen an kleinsten Planetarischen Nebeln die visuelle Beobachtung in punkto Auflösungsvermögen. Diese beeindruckenden Resultate entstanden an einem 16"-Cassegrain bei 4000mm Brennweite: NGC 2392 (a), NGC 7662 (b).

schwächsten mit bloßem Auge sichtbaren Sterne nur 4,5 Größenklassen statt 6,5, wird auch die Grenzgröße des Hauptteleskops um 2 Größenklassen herabgesetzt.

Seeing

Das Hauptproblem bei der visuellen Beobachtung in der Stadt ist jedoch nicht die Lichtverschmutzung, sondern das Seeing. Vier Komponenten lassen sich unterscheiden:

1. Das Seeing durch die Ausstrahlung der Stadt, insbesondere bei Hochdrucklagen im Winter, verursacht durch die Heizungen und Abgase der Stadt, und bei heißen Witterungslagen im Sommer, wenn Asphalt und Dächer die tagsüber aufgenommene Wärme wieder abgeben.
2. Dieselben Ursachen haben zur Folge, dass sich auch die Sternwartenkuppel selbst aufheizen kann und Temperaturunterschiede zwischen Außenluft und Kuppel-Innenraum entstehen können, was ebenfalls zu Luftturbulenzen führt.
3. Das Seeing durch die Windströmungsverhältnisse am Kuppelspalt, das so genannte Kuppelseeing.
4. Der vierte Beitrag kommt schließlich von den in der Kuppel selbst befindlichen Personen, die ebenfalls Wärme abgeben – je mehr Personen sich in der Kuppel aufhalten, desto größer ist diese Wirkung.

Die günstigsten Seeingbedingungen sollten sich deshalb bei windarmen Inversionswetterlagen ohne großen täglichen Temperaturgang ergeben, wie sie ab und zu um die Zeitpunkte der Tag-und-Nacht-Gleichen auftreten. Gleichzeitig sollten so wenig Menschen wie möglich in der Kuppel sein. Insgesamt gibt es vielleicht nur zwei bis drei geeignete Nächte pro Jahr.

Zwischen den erfolgreichen Beobachtungen lagen zahlreiche Nächte, in denen keine Ergebnisse zustande kamen – zu oft machte das Seeing einen Strich durch die Rechnung. Aber auch in den wenigen guten Nächten war es eine Qual, den richtigen Schärfepunkt zu finden. Zum einen hat der Cassegrain-Reflektor einen ziemlich »weichen« Fokus, insbesondere bei Vergrößerungen über 500 \times . Zum anderen macht das Fehlen einer manuellen Fokussierung eine intuitive schnelle Scharfstellung unmöglich, allzu oft musste mit dem motorischen Fokus nach dem Schärfepunkt im Trüben gefischt werden.

Vergrößerung

Stattliche 6000mm Brennweite des Cassegrain führen dazu, dass man selbst mit langbrennweitigen Okularen relativ hohe Vergrößerungen erhält – mit einem 40mm-Okular sind es 150 \times , schon ein 10mm-Okular erlaubt gar 600 \times . Bei den Beobachtungen der Planetarischen Nebel betrug die Vergrößerung durchweg 857 \times . Dieser Wert mag auf den ersten Blick unrealistisch hoch klingen. In der Realität stellt sie jedoch das Optimum dar, die so

genannte förderliche Vergrößerung: Erst bei dieser Vergrößerung lassen sich die Beugungsscheibchen, zu denen jede Optik einen Stern abbildet, als solche auch erkennen. Erst mit dieser Vergrößerung nutzt man deshalb das Auflösungsvermögen des Teleskops überhaupt aus. Gleichzeitig nimmt die erreichbare Grenzgröße einen maximalen Wert an, sie lag nach eigenen Schätzungen etwa um $15''.5$. Es müssen jedoch sehr gute Seeingverhältnisse herrschen, um überhaupt mit der förderlichen Vergrößerung arbeiten zu können – dann lässt die Licht sammelnde und auflösende Macht des 600mm-Teleskopes bisherige Erfahrungen mit kleineren Teleskopen unter weitaus dunklerem Himmel deutlich übertreffen.

Sehr hilfreich ist eine stabile Nachführung, wenn man Vergrößerungen jenseits $500\times$ nutzen will. Exzellente Okulare sind ebenfalls eine wichtige Voraussetzung für derartige Grenzbeobachtungen. Mit einem binokularen Ansatz wurde experimentiert, die Vergrößerung ließ sich am Eskimonebel (NGC 2392) jedoch nur bis $400\times$ steigern.

Ergebnisse

NGC 2392

Der Eskimonebel ist bei $400\times$ binokular eigentlich ungenügend hoch vergrößert, beim beidäugigen Sehen scheint jedoch die Vergrößerung höher zu sein als sie eigentlich ist. Von den dunklen Flecken im innersten Bereich um den Zentralstern ist der nördliche am deutlichsten. Er bildet den »Mund« des Eskimogesichts, das sich nur mit etwas Übung zusammensetzt, einmal gefunden aber schnell wiederzuerkennen ist. Der innere Bereich ist hell abgegrenzt. Der $10''.5$ -Zentralstern überstrahlt ihn fast.

Die umgebende äußere Nebelschale leidet schon unter der Lichtverschmutzung. Die unter dunklem Himmel sichtbare diffuse randliche Aufhellung ist kaum sichtbar, die Fläche bleibt fast homogen bis zum inneren Ring.

NGC 7009

Der Saturnnebel ist ein schwieriges Beobachtungsobjekt, die eigenartige ovale Form des Zentralbereichs wird auf Zeichnungen meistens nicht richtig getroffen. Der $12''.8$ helle Zentralstern ist mit der großen Öffnung klar zu sehen – mit $14''$ Öffnung gelingt das selbst unter Alpenhimmel nicht. Der helle Rand des inneren Bereichs ist komplex geformt, eine »Polkappe« scheint am nördlichen Ende auf-

gesetzt. Die Wahrnehmung der »Ringansichten«, nach denen der Nebel seinen Namen erhielt, ist durch die Lichtverschmutzung behindert.

NGC 7026

Die beiden Kerne des Nebels können schon im 63/840-Refraktor voneinander getrennt werden. Im $24''$ -Cassegrain sind die beiden länglichen Kerne deutlich, die unter dunklem Himmel sichtbaren Ausläufer verschwinden aber im hellem Stadthimmel.

NGC 7027

Die eigenartige Form dieses Nebels ist schwer zu fassen. Dunkellinien durchziehen den in Abstufungen hellen Körper. Die hellste Stelle ist im östlichen Bereich enthalten. Der Zentralstern von $16''.3$ wurde bisher noch von keinem seriösen Beobachter gesichtet.

NGC 7662

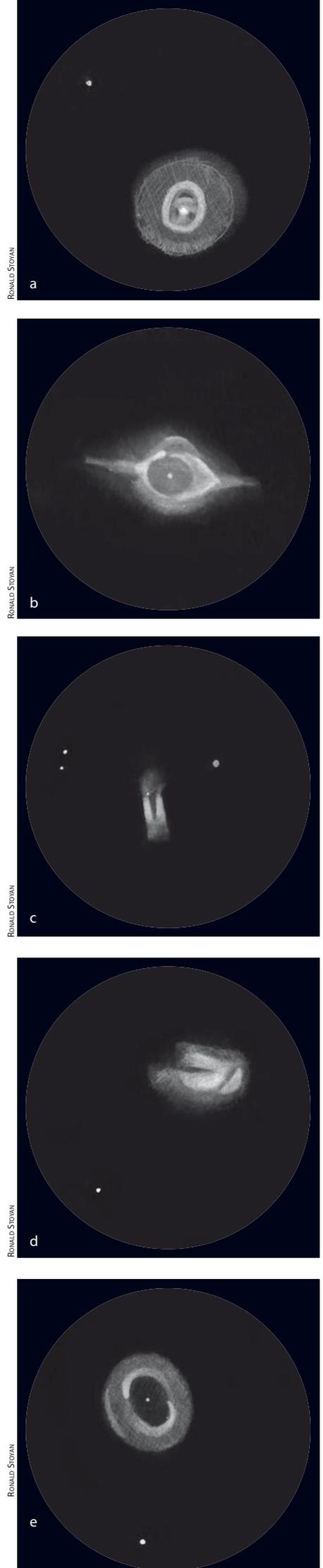
Bei schwacher Vergrößerung leuchtet dieser Nebel blau und erhielt deshalb den Spitznamen »Blauer Schneeball«. Bei $857\times$ ist der $12''.5$ -Zentralstern sichtbar – auch dies gelingt mit $14''$ Öffnung bei bis zu $600\times$ unter besten Bedingungen nicht. Der innere Rand des Nebelrings ist in zwei Sicheln ausgebildet, die nicht miteinander verbunden sind. An der südwestlichen Außenseite ist eine hellere »Kappe« zu sehen.

Fazit

Ein 600mm-Teleskop ermöglicht auch in einer Großstadt die Wahrnehmung enormen Detailreichtums durch seine Licht sammelnde und auflösende Wirkung. Allerdings muss das Seeing sehr gut sein, damit die hohen Vergrößerungen, die zur Beobachtung Planetarischer Nebel erforderlich sind, auch eingesetzt werden können. Somit ergeben sich nur wenige Gelegenheiten für erfolgversprechende Beobachtungen, die dann jedoch bisherige Erfahrungen mit kleineren Geräten unter weitaus dunklerem Himmel deutlich übertreffen.

Abb. 3: Fünf Planetarische Nebel, gezeichnet am 600/6000-Cassegrain der Nürnberger Sternwarte.

- a) NGC 2392, $400\times$
- b) NGC 7009, $857\times$
- c) NGC 7026, $857\times$
- d) NGC 7027, $857\times$
- e) NGC 7662, $857\times$



Planetarische Nebel des Abell-Kataloges

Entdeckung, Hintergründe und interessante Objekte

VON UWE GLAHN

Unter Amateurastronomen, gleich ob Fotograf oder visueller Beobachter, gelten die Planetarischen Nebel des Abell-Kataloges als Herausforderung. Als Grund werden oft deren geringe Flächenhelligkeiten aufgeführt. Die Vermutung, dass sehr große Fernrohre sowie allerbeste Beobachtungsbedingungen zwingend für die Sichtbarkeit der Nebel von Nöten sind, tun ihr Übriges und verleihen den Planetarischen Nebeln den Ruf von »Extremobjekten«. Trotzdem oder gerade deswegen faszinieren sie. Dass jedoch neben der anspruchsvollen Beobachtung deren spannende Entdeckung sowie die anzutreffende Formenvielfalt das eigentlich Besondere darstellen, will der Artikel erklären.

M. DURKIN, L. JOE, A. BLOCK, NOAO, AURA, NSF

Abb. 1: Abell 70 ist eines der spektakulärsten Objekte des berühmten Kataloges schwacher Planetarischer Nebel. Hier ist die Nebelblase vor eine weit entfernte Hintergrundgalaxie projiziert.

Meilensteine, die gerade die visuelle Beobachtung der schwachen Nebel ermöglichten, waren neben dem Aufkommen großer Amateurteleskope und der Herausgabe entsprechend exakter Kartenwerke besonders die Entwicklung spezieller Nebelfilter in den 1980er Jahren. Diese erst ließen es zu, das Licht der Planetarischen Nebel (PN) so zu filtern, dass deren schwacher Kontrast zum Hintergrund steigt und sie so nachweisbar werden. Seit dieser Zeit begannen zunächst amerikanische Amateure erste Beobachtungsversuche, erkannten die Schwierigkeit, aber auch die Schönheit und die damit verbundene Faszination. Der Mythos »Abell PN« war geboren und breitete sich in den folgenden Jahren auf die gesamte Amateurszene aus.

Visuelle Vorgeschichte

Zurückblickend fanden die ersten Entdeckungen jedoch ohne jegliche Karten oder Filter statt. Am Abend des 8. Juli 1788 schwenkte Friedrich Wilhelm Herschel in einem seiner vielen »Sweeps«, die der Entdeckung noch nicht katalogisierter Objekte dienten, über ein »sehr schwaches,

stellares« Objekt am südöstlichen Ende des Sternbildes Drachen. Damit fand er den ersten Abell-PN, der zunächst in Dreyers New General Catalog (NGC) als Nummer 6742 aufgenommen wurde. Zum Einsatz kam ein sehr einfaches, durch Flaschenzüge bewegliches Spiegelfernrohr nach Newtonbauart mit einem Spiegeldurchmesser von 18,7" und einer Brennweite von 6,1m. Aus heutiger Sicht entspricht dieses eingesetzte Fernrohr unter Berücksichtigung des nur durch Polieren reflektierenden Metallspiegels sowie einfachster Okularkonstruktionen ohne jegliche Vergütung modernen Amateurfernrohren mit Öffnungen von etwa 12": eine wahre Meisterleistung, die heute immer noch jeder mit seinen eigenen Augen nachempfinden kann. Herschel entdeckte somit den ersten der insgesamt vier visuell gefundenen Objekte des Kataloges. Es sollten 16 Jahre vergehen, bis ebenfalls Herschel mit gleicher instrumenteller Ausstattung im Oktober 1794 Abell 75 (NGC 7076) fand. Es folgten Abell 81 (IC 1454), der durch William Frederick Denning im August 1891 mit einem 10"-Newton aufgefunden wurde. Den letzten visuell entdeckten Abell-PN fand Stephane Javelle am großen 30"-Refraktor der

Sternwarte Nizza mit Abell 37 (IC 972). Er beschrieb ein »schwaches, sehr kleines, rundes, aufgelöstes« Objekt.

Abells fotografische Entdeckungen

Doch erst das 20. Jahrhundert begründete die Entstehung des eigentlichen Abell-Kataloges. Die 936 Plattenpaare des auf dem Mount Palomar installierten Schmidt-Spiegelteleskops bildeten die Grundlage aller restlichen entdeckten PN des Kataloges (vgl. S. 44). Für die Astronomen der damaligen Zeit bedeutete dies eine Mammutaufgabe: die visuelle Begutachtung und gleichzeitige Verifizierung und Katalogisierung der Masse an bis dato völlig unbekanntem Objekten auf allen zur Verfügung stehenden Platten. Schon kurz nach dem Entwickeln und somit noch während der laufenden Himmelsdurchmusterung fingen die Astronomen mit der zeitaufwendigen Auswertung an. Im August 1955 stellten die beiden Astronomen G. O. Abell und A. G. Wilson erstmalig eine Liste mit 13 schwachen Kugelsternhaufen, die später in den Palomar-Katalog aufgenommen wurden, und 73 Planetarischen Nebeln vor [5]. Dabei bemerkten sie, dass zwei schon bekannte Objekte enthalten waren (IC 972 und IC 1454), ließen diese aber in der Liste.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die

Der 1927 in Los Angeles geborene und 1957 am California Institute of Technology promovierte **Georg Odgen Abell** war der führende Astronom bei der Erstellung der PN-Liste und gab den entdeckten Objekten später auch seinen Namen. Bekannt wurde er auch für die Katalogisierung der gleichnamigen Galaxienhaufen [6, 7], ebenfalls auf den Fotoplatten des »Big Schmidt«. 1966 wurde dann von Abell der endgültige Katalog [8] veröffentlicht. 15 neue Objekte, teilweise auch von den Astronomen R. G. Harrington und R. Minkowski bei deren Durchmusterung der Platten gefunden, wurden hinzugefügt, zwei Objekte wurden gestrichen. Neben der reinen Auflistung wie im Katalog von 1955 wurden jetzt auch Themen wie die Charakteristik, die Zentralsterne sowie die Entstehung der PN behandelt. Unklar bleibt jedoch, warum zwei schon bekannte Objekte (NGC 6742 und NGC 7076) in die Liste mit aufgenommen wurden. Letzte Station der Liste war die wissenschaftliche Bestätigung des PN-Charakters ihrer Objekte. Für die Astronomen der 1960er und 1970er Jahre war es nur beschränkt möglich, exakte Aussagen darüber zu treffen, sodass sich einige Fehlklassifikationen in den Katalog schlichen. Momentan sind von den 1966 gelisteten 86 Objekten insgesamt 79 als Planetarische Nebel anerkannt und in das Standardwerk für Planetarische Nebel, den Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae, kurz SEC [9] aufgenommen.

Herausforderung Abell-Katalog

Die visuelle Beobachtung der Abell-PN stellt auf Grund höchst unterschiedlicher Eigenheiten der Objekte verschiedene Anforderungen rund um die Beobachtung. Aspekte wie Beobachtungserfahrung, Himmelsbedingungen, Teleskopöffnung, Wahl der richtigen Austrittspupille (Vergrößerung), Filtereinsatz und exaktes Auffinden entscheiden im Zusammenspiel über das Sehen oder Nicht-Sehen.

Einen der zentralen, aber gern vernachlässigten Aspekte stellt die **Beobachtungserfahrung** dar. Für die erfolgreiche Sichtung der PN ist die vollkommene Beherrschung von Sehtechniken wie das indirekte Sehen zwingend erforderlich. Mit Beobachtungserfahrung soll auch der Umstand eines geübten Auges angesprochen werden. Viele der Objekte befinden sich in Helligkeitsbereichen, die als »grenzwertig« bezeichnet werden müssen und somit dicht an der Wahrnehmungsschwelle liegen. Hier muss der Beobachter entscheiden, ob es sich um eine Aufhellung,

Abb. 2: Zeichnungen verschiedener Abell-PN mit einem 16"-Newton und [OIII]-Filter.

- a) Abell 12, 450x, guter Landhimmel.
- b) Abell 21, 100x, guter Landhimmel.
- c) Abell 36, 75x, guter Landhimmel.
- d) Abell 86, 129x, guter Landhimmel.

um Einbildung oder gar um Sternketten handelt.

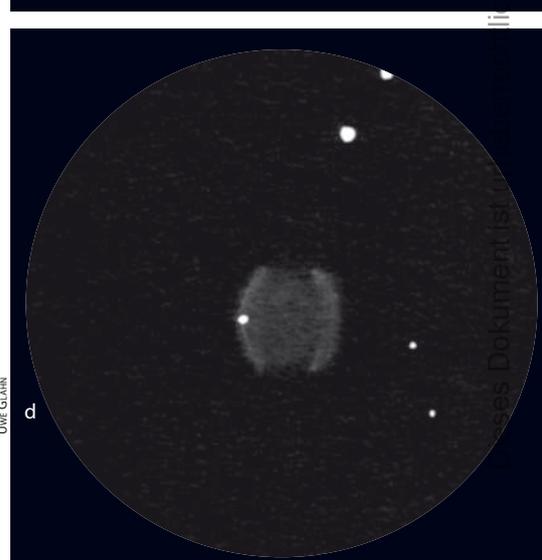
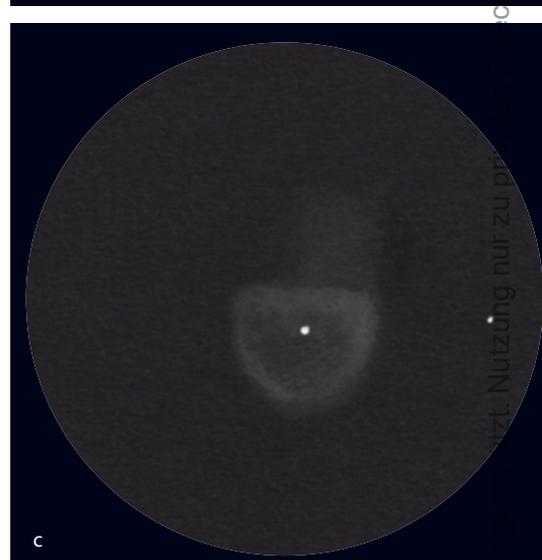
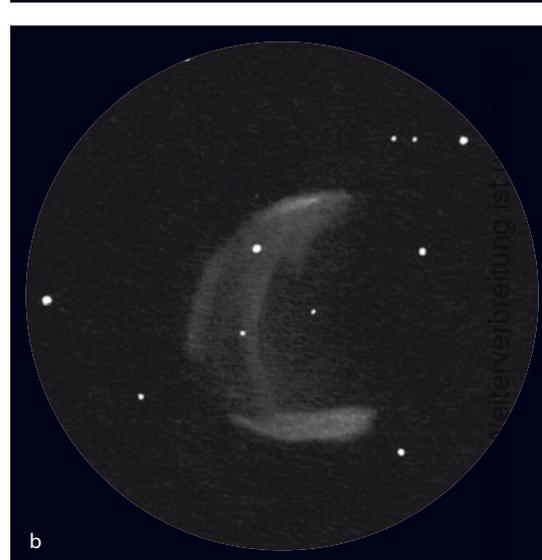
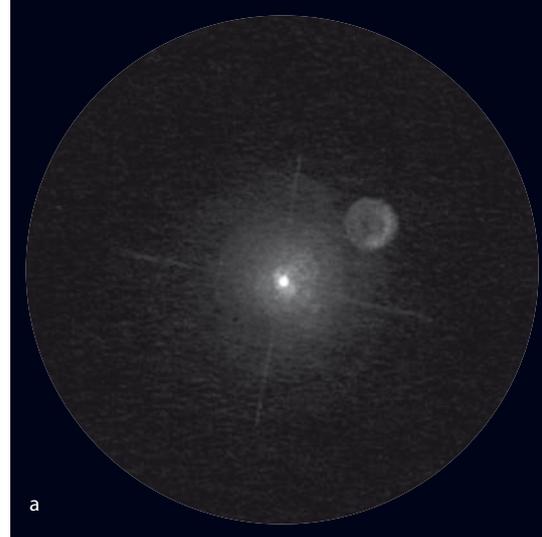
Die **Himmelsbedingungen** sind gerade für die Beobachtung der Abell-PN sehr wichtig. Hier gilt wie bei vielen Deep-Sky-Objekten: je dunkler der Himmel, desto besser die Beobachtungschancen. Die Beobachtung einiger schwacher Objekte des Kataloges ist sogar nur dann möglich, wenn man exzellente Beobachtungsplätze aufsucht, wie sie in Mitteleuropa nur im hochalpinen Raum anzutreffen sind. Doch sollte man sich davon nicht abschrecken lassen: Ein Großteil der PN lässt sich bereits unter gutem Landhimmel, wie er immer noch an vielen Orten Deutschlands anzutreffen ist, erfolgreich beobachten.

Weniger als zunächst zu erwarten wäre, spielt die **Teleskopöffnung** eine Rolle. Bereits mit heute unter Einsteigern verbreiteten Geräten der 8"-10"-Klasse lässt sich eine Vielzahl der PN beobachten. Selbst mit kleinen Geräten von 3"-5" Öffnung können einige der Objekte beobachtet werden. So konnte der Autor allein sieben PN mit dieser Teleskopöffnung erfolgreich sehen (Abell 4, 10, 12, 21, 39, 50, 81).

Beobachtungstaktik

Oft vernachlässigt, für die visuelle Wahrnehmung aber entscheidend, ist die Wahl der richtigen **Austrittspupille** (AP). In der Regel handelt es sich bei den Abell-PN um für diese Objektklasse großflächige Nebel, deren Durchmesser meist in Bereichen von etwa 1' und darüber liegen. Ihre Gesamthelligkeit ist auf diese große Fläche verteilt, die für die Beobachtung und Fotografie entscheidende Flächenhelligkeit ist daher meist sehr niedrig – ein Umstand also, der eine kleine AP unter 1mm und damit resultierende hohe Vergrößerung vollkommen ausschließt. In der Praxis hat sich gezeigt, dass je nach Objektgröße eine AP zwischen 2mm und 4mm als ideal zu bezeichnen ist. Nur bei wenigen, sehr großen Objekten des Kataloges ist die maximal sinnvolle AP von etwa 7mm gewinnbringend. Hier gilt: je schwächer der PN, desto größer sollte die AP gewählt werden.

Die **Filterbeobachtung** gehört bei Objekten wie den PN, die Strahlung in Emissionslinien aussenden, zu den entschei-



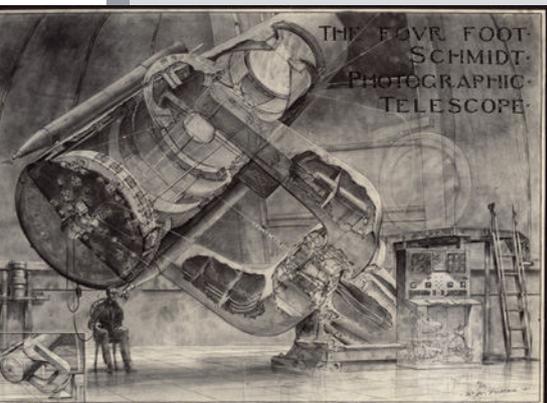
Uwe Gähnk

Der Palomar Observatory Sky Survey (POSS)

Zu dem wohl größten Meilenstein in der modernen Entdeckungsgeschichte von Deep-Sky-Objekten, nicht nur der Abell-PN, zählen die Ergebnisse des Palomar Observatory Sky Survey (POSS). Grundlage des POSS war die Planung für das erst in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts gegründeten Bergobservatoriums Mount Palomar, neben dem 5m-Spiegelteleskop ein weiteres Instrument für die Aufnahme großer Himmelsfelder zu installieren. Ein von Bernhard Schmidt in Hamburg gerade erst entwickeltes, revolutionär neues Teleskopdesign wurde zugleich mit einem 18"-Teleskop verwirklicht und diente primär für die Entdeckung von Supernovae, aber auch für die Erprobung der noch neuen Teleskopkonstruktion. Auf Grund der positiven Ergebnisse und auf Anregung der damals ansässigen Astronomen wurde ein größeres Teleskop gleicher Bauart geplant und ab 1938 in zehnjähriger Bauzeit umgesetzt.

Herzstück des damals größten, heute immer noch zweitgrößten Schmidt-Spiegelteleskops der Welt war der 48" messende Hauptspiegel, der den Beinamen »Big Schmidt« trägt. Am 29. September 1948 begann mit dem First Light einer der spannendsten Abschnitte für die Entdeckung neuer Himmelsobjekte. Nach den ersten Belichtungen der jeweils 36cm × 36cm großen, 1mm

dünnen Fotoplatten, die am Himmel immerhin nutzbare 5,4° abbildeten, stand deren hohe Qualität schnell fest. Die heute immer noch geschätzten, selbst in Amateurkreisen bekannten Astronomen Baade und Minkowski waren tief beeindruckt und begannen unverzüglich mit der wissenschaftlichen Arbeit. Bald konnten erste Ergebnisse präsentiert werden [1]. Doch verblieb ihnen nur knapp ein Jahr Zeit, bevor die Entscheidung für eine komplette Himmelsdurchmusterung gefällt wurde, finanziert von der National Geographic Society: Der Startschuss für den POSS fiel im November 1949. Ab diesem Zeitpunkt wurde das Instrument ausschließlich für die knapp neun Jahre andauernde Belichtung des kompletten Nordhimmels bis zu einer Deklination von -33° genutzt [2]. Ergebnis waren insgesamt 936 Plattenpaare, jeweils mit rot- und blauempfindlichen Kodakemulsionen aufgenommen. Um den Himmel komplett zu katalogisieren folgte auf der Südhalbkugel am Australischen Anglo-Australian Observatory mit dem baugleichen UK-Schmidt Teleskop (UKST) eine weitere fotografische Himmelsdurchmusterung in den Jahren 1973 bis 1980. Verbesserungen der Teleskoptechnik sowie der fotografischen Emulsionen begründeten in den Jahren 1985 bis 1999 einen zweiten Anlauf der fotografischen Himmelsdurchmusterung am Nordhimmel, ebenfalls wieder mit dem Big Schmidt auf dem Mount Palomar. Ergebnis des POSS II [3] waren 897 Platten für jeweils drei Wellenlängenbereiche. Neu war neben den in der Empfindlichkeit gesteigerten blau- und rotgefilterten Platten eine weitere Aufnahme im nahen Infrarot. Die Qualität stieg signifikant im Vergleich zum POSS I, die Auflösung wurde erhöht und die Grenzgröße von 21^m auf 22^m.5 im blauen Bereich gesteigert. Zusätzlich wurden ab 1994 alle aus den aktuellen und vorigen Himmelsdurchmusterungen gewonnenen Platten gescannt und somit digitalisiert. Heute sind alle digitalisierten Platten aller POSS-Durchmusterungen als Digitized Sky Survey (DSS) im Internet frei verfügbar und erlauben auch Amateuren einen tiefen Blick in den Himmel [4].



Die Nebel des Abell-Kataloges wurden auf Aufnahmen des »Big Schmidt« auf dem Mount Palomar entdeckt. Zeichnung des Teleskops von Russel W. Porter.

denden Faktoren. Die Verwendung eines [OIII]-Filters ist für die meisten Objekte unabdingbar. Viele werden erst mit diesem Filter überhaupt sichtbar. Der UHC-Filter bringt zwar auch einen Wahrnehmungsgewinn, die Kontraststeigerung reicht jedoch meist nicht aus. Eine große Fehlerquelle ergibt sich jedoch aus der Tatsache, dass schwache Sterne bei Filtereinsatz für den Nebel gehalten werden. Somit muss zunächst ohne Filter ausgeschlossen werden, dass in der direkten Umgebung Sterne zu Verwechslungen führen könnten. Besitzer von Filterrädern oder -schiebern können dies auch mittels Filterblink bewerkstelligen. Es ist jedoch auf exaktes Fokussieren und hinreichend Zeit zwischen den Filterpositionen zu achten. Den Filter mit der Hand zwischen Okular und Auge zu halten, funktioniert nur sehr bedingt.

Letzter, eigentlich selbstverständlich anzusehender Punkt ist das exakte **Auffinden** der Nebel. Im Gegensatz zu hellen Objekten reicht hier nicht eine grobe, mittels einfacher Sternkarte ermittelte und aufgesuchte Position. Auch das Anfahren mittels GoTo wird nicht zum Erfolg verhelfen. So trivial es auch klingen mag, die Suche ist erst dann abgeschlossen, wenn man auf die Bogenminute genau an umgebenden Sternen die Sollposition des PN festmachen kann. Für eine solche exakte Suche reichen selbst genaue Sternatlanten wie Uranometria nicht mehr aus. Für den letzten Schritt sind daher Aufsuchkarten aus Sternkartenprogrammen oder Auszüge aus dem DSS mit großer Grenzgröße notwendig.

Katalogfehler

Bevor man sich den eigentlichen PN des Kataloges zuwendet, muss man sich mit den enthaltenen Katalogfehlern befassen. Insgesamt bezeichnet man heute sieben Objekte der einst 86 katalogisierten und als Planetarische Nebel bezeichneten Nebel als nicht zu dieser Klasse gehörig. Neben zwei unspektakulären Plattenfehlern (Abell 17 und 32) katalogisierte man damals auch andere Objektklassen wie Nebel, Supernovaüberreste und Galaxien. So zählt Abell 11 zu den Reflexionsnebeln, der vom Autor jedoch visuell nicht gesehen werden konnte. Abell 64 und 76 haben sich als Galaxien, Abell 76 sogar als Ringgalaxie herausgestellt. Beide sind mit mittelgroßen Fernrohren auch visuell zu beobachten. Abell 85 dagegen ist nachweislich ein Supernovaüberrest und wird oft auch unter der Bezeichnung CTB 1 geführt. Eine visuelle Beobachtung stellt sich als äußerst schwierig heraus, da nur

Abb. 3: Fotografische Galerie der Abell-Nebel.

- a) Abell 4
- b) Abell 12
- c) Abell 21
- d) Abell 31
- e) Abell 35
- f) Abell 36
- g) Abell 39
- h) Abell 71
- i) Abell 72
- j) Abell 74
- k) Abell 79
- l) Abell 80

wenig vom Nebel in der visuell wahrnehmbaren [OIII]-Linie leuchtet. Eine visuelle Beobachtung soll nach amerikanischen Berichten dennoch möglich sein. Dem Autor jedoch ist eine erfolgreiche Beobachtung selbst unter allerbesten Bedingungen noch nicht geglückt. Immer noch ein unsicherer Kandidat ist Abell 9, der sich am nördlichen Rand des Offenen Sternhaufens M 38 befindet. Aktuelle Untersuchungen [10] haben gezeigt, dass es sich wohl doch um einen PN handelt, obwohl dieser nicht im SEC aufgenommen wurde. Sogar ein Kandidat für den Zentralstern [11] wurde gefunden. Eine visuell erfolgreiche Beobachtung ist dem Autor selbst mit 30" Öffnung und perfekten Himmelsbedingungen noch nicht geglückt. Zwar auch heute noch als PN bezeichnet und katalogisiert, nach neuen Messungen aber wohl als Emissionsnebel einzustufen, ist Abell 71 [12]. Dieser konnte vom Autor als schwache Aufhellung mit Filter beobachtet werden.

Glanzlichter des Katalogs

Bekannte und in der Astronomieszene als Highlights zu bezeichnende Katalogobjekte gibt es nur wenige. Die Besonderheit von **Abell 12** [13] ist der extrem geringe Abstand von ca. 50" zum südöstlich stehenden 4^m1 hellen μ Ori. Dieser sehr große Helligkeitsunterschied macht den Einsatz eines [OIII]-Filters unbedingt erforderlich. Ist dieser Filter gewählt, kann der Nebel auch mit 4" Öffnung knapp neben μ Ori gesehen werden. Im 16"-Teleskop ist eine zarte Ringstruktur mit unterschiedlicher Helligkeitsverteilung im Ring selbst zu beobachten.

Abell 21 [14], besser bekannt unter der Bezeichnung »Medusanebel«, kann unter optimalen Himmelsbedingungen bereits mit 3" Öffnung und [OIII]-Filter als halbkreisförmiges Objekt wahrgenommen werden. Erst größere Öffnung und inten-



Die Planetarischen Nebel des Abell-Katalogs

Name	PK	PNG	Sternbild	R. A.	Dekl.	Größe	Gesamthelligkeit	Flächenhelligkeit	Helligkeit Zentralstern	Uran. (2. Auflage)
Abell 1	119+06.1	119.4+06.5	Cep	00 ^h 12,9 ^m	+69° 11'	46" × 42"	18 ^m 7	20 ^m 5	18 ^m 2	15 (8)
Abell 2	122-04.1	122.1-04.9	Cas	00 ^h 45,6 ^m	+57° 57'	33" × 29"	14 ^m 5	16 ^m 0	13 ^m 4	36 (18)
Abell 3	131+02.1	131.5+02.6	Cas	02 ^h 12,2 ^m	+64° 09'	60"	16 ^m 0	18 ^m 3	16 ^m 0	17 (17)
Abell 4	144-15.1	144.3-15.5	Per	02 ^h 45,4 ^m	+42° 33'	22"	14 ^m 8	17 ^m 1	12 ^m 7	62 (43)
Abell 5	141-07.1	141.7-07.8	Per	02 ^h 52,2 ^m	+50° 36'	134" × 121"	16 ^m 0	20 ^m 3		38 (43)
Abell 6	136+04.1	136.1+04.9	Cas	02 ^h 58,9 ^m	+64° 30'	188" × 174"	15 ^m 0	19 ^m 0	17 ^m 4	17 (17)
Abell 7	215-30.1	215.5-30.8	Lep	05 ^h 03,1 ^m	-15° 36'	871" × 670"	13 ^m 2	15 ^m 4		269 (137)
Abell 8	167-00.1	167.0-00.9	Aur	05 ^h 06,6 ^m	+39° 08'	62"	17 ^m 6	19 ^m 6	17 ^m 6	65 (59)
Abell 9	PN o. Reflexionsnebel?		Aur	05 ^h 28,9 ^m	+36° 03'	40" × 34"				97 (59)
Abell 10	197-14.1	197.2-14.2	Ori	05 ^h 31,8 ^m	+06° 56'	35" × 32"	14 ^m 0	19 ^m 5	12 ^m 7	180 (96)
Abell 11	Reflexionsnebel		Ori	05 ^h 37,4 ^m	+08° 16'	34" × 30"	17 ^m 1			180 (96)
Abell 12	198-6.1	198.6-06.3	Ori	06 ^h 02,4 ^m	+09° 39'	37"	12 ^m 4	19 ^m 2	11 ^m 4	181 (96)
Abell 13	204-8.1	204.0-08.5	Ori	06 ^h 04,8 ^m	+03° 56'	174" × 134"	15 ^m 3	19 ^m 9	17 ^m 3	226 (116)
Abell 14	197-3.1	197.8-03.3	Ori	06 ^h 11,1 ^m	+11° 47'	40" × 27"	17 ^m 5			182 (96)
Abell 15	233-16.1	233.5-16.3	CMa	06 ^h 27,0 ^m	-25° 23'	34"	15 ^m 8	16 ^m 1	14 ^m 6	317 (154)
Abell 16	153+22.1	153.7+22.8	Lyn	06 ^h 43,9 ^m	+61° 47'	143" × 133"	15 ^m 4	17 ^m 7	17 ^m 2	21 (27)
Abell 17	Plattenfehler									
Abell 18	216-0.1	216.0-00.2	Mon	06 ^h 56,2 ^m	-02° 53'	71" × 66"	17 ^m 0		17 ^m 3	228 (115)
Abell 19	200+8.1	200.7+08.4	Gem	06 ^h 59,9 ^m	+14° 37'	80" × 67"	16 ^m 3		16 ^m 7	183 (95)
Abell 20	214+7.1	214.9+07.8	CMi	07 ^h 23,0 ^m	+01° 46'	65"	14 ^m 0	16 ^m 6	14 ^m 2	229 (115)
Abell 21	205+14.1	205.1+14.2	Gem	07 ^h 29,0 ^m	+13° 15'	744" × 509"	10 ^m 2	16 ^m 0	16 ^m 4	184 (95)
Abell 22	215+11.1	215.6+11.1	CMi	07 ^h 36,1 ^m	+02° 42'	105" × 68"	15 ^m 4	20 ^m 0		229 (115)
Abell 23	249-5.1	249.3-05.4	Pup	07 ^h 43,3 ^m	-34° 45'	54"	13 ^m 1	12 ^m 6		362 (171)
Abell 24	217+14.1	217.1+14.7	CMi	07 ^h 51,6 ^m	+03° 00'	265" × 180"	13 ^m 9	17 ^m 2	16 ^m 7	230 (114)
Abell 25	224+15.1	224.3+15.3	Mon	08 ^h 06,8 ^m	-02° 53'	150" × 145"	15 ^m 4	18 ^m 9		230 (114)
Abell 26	250+0.1	250.3+00.1	Pup	08 ^h 09,0 ^m	-32° 40'	40"	18 ^m 1	17 ^m 1		362 (171)
Abell 27	252+4.1	252.6+04.4	Pyx	08 ^h 31,9 ^m	-32° 06'	47" × 40"	15 ^m 6			363 (171)
Abell 28	158+37.1	158.8+37.1	UMa	08 ^h 41,6 ^m	+58° 14'	268"	13 ^m 5	15 ^m 9	16 ^m 8	21 (26)
Abell 29	244+12.1	244.5+12.5	Pyx	08 ^h 40,2 ^m	-20° 54'	482" × 335"	14 ^m 3	18 ^m 4		321 (153)
Abell 30	208+33.1	208.5+33.2	Cnc	08 ^h 46,9 ^m	+17° 53'	127"	13 ^m 0	14 ^m 4	14 ^m 6	141 (74)
Abell 31	219+31.1	219.1+31.2	Cnc	08 ^h 54,2 ^m	+08° 54'	970" × 930"	12 ^m 0	15 ^m 5	18 ^m 0	187 (94)
Abell 32	Plattenfehler									
Abell 33	238+34.1	238.0+34.8	Hya	09 ^h 39,2 ^m	-02° 49'	275" × 260"	12 ^m 9	14 ^m 7	16 ^m 2	233 (113)
Abell 34	248+29.1	248.7+29.5	Hya	09 ^h 45,6 ^m	-13° 10'	281" × 268"	12 ^m 9	16 ^m 3	16 ^m 2	278 (133)
Abell 35	303+40.1	303.6+40.0	Hya	12 ^h 53,7 ^m	-22° 52'	938" × 636"	13 ^m 3	9 ^m 6	18 ^m 9	329 (149)
Abell 36	318+41.1	318.4+41.4	Vir	13 ^h 40,7 ^m	-19° 53'	478" × 281"	11 ^m 8	11 ^m 5	15 ^m 7	331 (149)
Abell 37	326+42.1	326.7+42.2	Vir	14 ^h 04,4 ^m	-17° 14'	43" × 40"	13 ^m 6	17 ^m 3	13 ^m 1	331 (129)
Abell 38	346+12.1	346.9+12.4	Sco	16 ^h 23,3 ^m	-31° 45'	154" × 94"	15 ^m 5	20 ^m 5		375 (165)
Abell 39 / (IC 942)	47+42.1	047.0+42.4	Her	16 ^h 27,6 ^m	+27° 55'	170"	12 ^m 9	15 ^m 8	15 ^m 2	156 (69)
Abell 40	359+15.1	359.1+15.1	Oph	16 ^h 48,6 ^m	-21° 01'	30" × 27"	17 ^m 8	19 ^m 7	16 ^m 2	337 (146)
Abell 41	9+10.1	009.6+10.5	Ser	17 ^h 29,1 ^m	-15° 13'	16" × 7"	15 ^m 6	16 ^m 0	11 ^m 8	293 (126)
Abell 42	16+13.1	016.0+13.5	Oph	17 ^h 31,5 ^m	-08° 19'	60" × 57"	16 ^m 5		16 ^m 4	293 (126)

sive Beobachtung offenbaren die faserige Struktur und machen aus dem Objekt eines der schönsten des ganzen Kataloges. Ebenfalls schon mit kleinerer Öffnung visuell zu beobachten ist **Abell 39**. Mit größeren Öffnungen im Bereich von 14"-16" ist sogar der Ringcharakter visuell zu erreichen. Auch Abell 75 [15] zeigt

bereits Ansätze von Struktur und dürfte ab Teleskopöffnungen von 6"-8" zu beobachten sein. Es zeigt sich ein nach Westen hin offenes Oval mit zwei schwachen Sternen innerhalb des PN. Ebenfalls mit 4" Öffnung zu sehen ist das letzte bekannte Objekt des Kataloges – **Abell 81**. Der für einen Abell-PN helle Nebel ist bei höherer

Vergrößerung kreisrund und zeigt seine typische Ringform ab Teleskopen mittlerer Öffnung.

Unbekannte Schönheiten

Neben den bekannteren und öfters erwähnten Objekten bietet der Katalog

Name	PK	PNG	Sternbild	R. A.	Dekl.	Größe	Gesamthelligkeit	Flächenhelligkeit	Helligkeit Zentralstern	Uran. (2. Auflage)
Abell 43	36+17.1	036.0+17.6	Oph	17 ^h 53,5 ^m	+10° 37'	80" × 74"	14 ^m 7	14 ^m 7	15 ^m 2	204 (86)
Abell 44	15-3.1	015.6-03.0	Sgr	18 ^h 30,2 ^m	-16° 45'	63" × 39"	15 ^m 8		15 ^m 4	295 (126)
Abell 45	20-0.1	020.2-00.6	Sct	18 ^h 30,3 ^m	-11° 37'	302" × 281"	12 ^m 8	20 ^m 1	16 ^m 2	295 (126)
Abell 46	55+16.1	055.4+16.0	Lyr	18 ^h 31,3 ^m	+26° 56'	63" × 60"	13 ^m 8	15 ^m 7	13 ^m 9	160 (67)
Abell 47	30+3.1	030.8+03.4	Ser	18 ^h 35,4 ^m	-00° 14'	17" × 15"	19 ^m 5		16 ^m 6	250 (106)
Abell 48	29+0.1	029.0+00.4	Aql	18 ^h 42,8 ^m	-03° 13'	43" × 37"	17 ^m 2		16 ^m 3	250 (105)
Abell 49	27-3.1	027.3-03.4	Sct	18 ^h 53,5 ^m	-06° 29'	35" × 33"	16 ^m 2	21 ^m 0	15 ^m 0	295 (125)
Abell 50 / (NGC 6742)	78+18.1	078.5+18.7	Dra	18 ^h 59,3 ^m	+48° 28'	31" × 30"	13 ^m 4	19 ^m 4	11 ^m 9	83 (33)
Abell 51	17-10.1	017.6-10.2	Sgr	19 ^h 01,0 ^m	-18° 12'	64" × 58"	14 ^m 0	15 ^m 4	14 ^m 0	341 (145)
Abell 52	50+5.1	050.4+05.2	Aql	19 ^h 04,5 ^m	+17° 57'	37" × 34"	16 ^m 5	17 ^m 8		161 (67)
Abell 53	40-0.1	040.3-00.4	Aql	19 ^h 06,8 ^m	+06° 24'	30" × 27"	16 ^m 3	20 ^m 5	14 ^m 7	206 (85)
Abell 54	55+6.1	055.3+06.6	Vul	19 ^h 08,7 ^m	+22° 59'	67" × 47"	16 ^m 8		16 ^m 7	161 (67)
Abell 55	33-5.1	033.0-05.3	Aql	19 ^h 10,5 ^m	-02° 21'	47" × 32"	13 ^m 2	19 ^m 9	12 ^m 3	251 (105)
Abell 56	37-3.2	037.9-03.4	Aql	19 ^h 13,1 ^m	+02° 53'	188" × 174"	14 ^m 1	19 ^m 7		251 (105)
Abell 57	58+6.1	058.6+06.1	Vul	19 ^h 17,1 ^m	+25° 37'	40" × 34"	14 ^m 4	17 ^m 6	13 ^m 3	161 (67)
Abell 58	37-5.1	037.5-05.1	Aql	19 ^h 18,3 ^m	+01° 47'	44" × 37"	17 ^m 4			251 (105)
Abell 59	53+3.1	053.3+03.0	Sge	19 ^h 18,7 ^m	+19° 34'	94" × 80"	16 ^m 4	21 ^m 1	17 ^m 2	161 (67)
Abell 60	25-11.1	025.0-11.6	Sgr	19 ^h 19,3 ^m	-12° 15'	88" × 77"	16 ^m 2	18 ^m 0	16 ^m 9	296 (125)
Abell 61	77+14.1	077.6+14.7	Cyg	19 ^h 19,2 ^m	+46° 15'	201"	13 ^m 5	17 ^m 4	16 ^m 1	83 (33)
Abell 62	47-4.1	047.1-04.2	Aql	19 ^h 33,3 ^m	+10° 37'	161" × 151"	14 ^m 7	18 ^m 2	16 ^m 8	207 (85)
Abell 63	53-3.1	053.8-03.0	Sge	19 ^h 42,2 ^m	+17° 05'	40" × 27"	16 ^m 9	14 ^m 7	15 ^m 6	162 (85)
Abell 64	Galaxie PGC 63630		Aql	19 ^h 45,6 ^m	+05° 34'	40" × 34"	15 ^m 3	14 ^m 0		252 (85)
Abell 65	17-21.1	017.3-21.9	Sgr	19 ^h 46,6 ^m	-23° 08'	134" × 34"	13 ^m 8	15 ^m 9	14 ^m 1	342 (144)
Abell 66	19-23.1	019.8-23.7	Sgr	19 ^h 57,5 ^m	-21° 37'	295" × 241"	14 ^m 9	17 ^m 4		342 (144)
Abell 67	43-13.1	043.5-13.4	Aql	19 ^h 58,5 ^m	+03° 02'	69" × 61"	13 ^m 6	18 ^m 7	13 ^m 8	252 (104)
Abell 68	60-4.1	060.0-04.3	Vul	20 ^h 00,2 ^m	+21° 43'	40" × 37"	15 ^m 2	13 ^m 3	14 ^m 2	163 (66)
Abell 69	76+1.1	076.3+01.1	Cyg	20 ^h 19,9 ^m	+38° 25'	25" × 22"	20 ^m 2		18 ^m 2	119 (48)
Abell 70	38-25.1	038.1-25.4	Aql	20 ^h 31,6 ^m	-07° 05'	45" × 40"	14 ^m 7	18 ^m 5	14 ^m 0	298 (124)
Abell 71	85+4.1	084.9+04.4	Cyg	20 ^h 32,4 ^m	+47° 21'	165" × 150"	14 ^m 5	18 ^m 9	16 ^m 6	85 (32)
Abell 72	59-18.1	059.7-18.7	Del	20 ^h 50,0 ^m	+13° 33'	134" × 121"	12 ^m 7	16 ^m 2	14 ^m 3	209 (84)
Abell 73	95+7.1	095.2+07.8	Cep	20 ^h 56,4 ^m	+57° 26'	80" × 66"	17 ^m 0	20 ^m 5	17 ^m 4	56 (20)
Abell 74	72-17.1	072.7-17.1	Vul	21 ^h 16,9 ^m	+24° 09'	871" × 791"	15 ^m 8	17 ^m 1	19 ^m 0	165 (65)
Abell 75 / (NGC 7076)	101+8.1	101.8+08.7	Cep	21 ^h 26,4 ^m	+62° 53'	67" × 47"	14 ^m 5	11 ^m 3	13 ^m 4	33 (9)
Abell 76	Galaxie PGC 85185		Aqr	21 ^h 30,0 ^m	-02° 49'	13"	15 ^m 5	12 ^m 7		255 (103)
Abell 77	97+3.1	097.5+03.1	Cep	21 ^h 32,2 ^m	+55° 53'	67" × 50"	14 ^m 0	15 ^m 9	13 ^m 9	57 (19)
Abell 78	81-14.1	081.2-14.9	Cyg	21 ^h 35,5 ^m	+31° 42'	113" × 88"	13 ^m 4	13 ^m 3	14 ^m 5	121 (47)
Abell 79	102-2.1	102.9-02.3	Lac	22 ^h 26,3 ^m	+54° 50'	59" × 49"	15 ^m 3	18 ^m 7	15 ^m 1	57 (19)
Abell 80	102-5.1	102.8-05.0	Lac	22 ^h 34,8 ^m	+52° 26'	161" × 114"	16 ^m 0	19 ^m 6	17 ^m 8	58 (19)
Abell 81 (IC 1454)	117+18.1	117.5+18.9	Cep	22 ^h 42,3 ^m	+80° 27'	34" × 31"	14 ^m 4	18 ^m 6	12 ^m 7	14 (2)
Abell 82	114-4.1	114.0-04.6	Cas	23 ^h 45,8 ^m	+57° 04'	94"	12 ^m 7	13 ^m 0	14 ^m 8	35 (18)
Abell 83	113-6.1	113.6-06.9	Cas	23 ^h 46,8 ^m	+54° 45'	42" × 37"	15 ^m 5	19 ^m 7	14 ^m 6	35 (18)
Abell 84	112-10.1	112.9-10.2	Cas	23 ^h 47,7 ^m	+51° 24'	147" × 114"	13 ^m 0	18 ^m 5	14 ^m 7	35 (30)
Abell 85	SNR CTB 1		Cas	23 ^h 59,2 ^m	+62° 27'	~2000"				15 (18)
Abell 86	118+8.2	118.7+08.2	Cep	00 ^h 01,6 ^m	+70° 43'	70"	16 ^m 7			15 (8)

aber noch eine Vielzahl von unbekanntem Schönheiten. **Abell 33** präsentiert sich inmitten eines interessanten Sternumfeldes, dominiert von einem 7^m2 hellen Stern, der direkt an der südwestlichen Flanke des scharf begrenzten und kreisrund erscheinenden PN leuchtet. Dieser hebt sich als fremdartig-schönes Objekt vor dem Hin-

tergrund ab. Der hellere **Abell 36** zeigt sich unter Verwendung von größerer Öffnung als hochinteressanter PN voller Struktur. Der um den auffälligen Zentralstern ungleichmäßig geformte Ring weist Richtung Norden schwache Ausläufer auf. Die interessanteste Paarung des Kataloges überhaupt und am gesamten Himmel in der

Art einzigartig ist die Kombination von Galaxie und PN – **Abell 70**. Bei diesem steht exakt in Sichtlinie des nördlichen Ringabschnittes eine Galaxie. Diese ist ab etwa 14" Öffnung als hellerer Ringabschnitt ohne Filter zu sehen. Bei Verwendung einer sehr großen Öffnung von 24" hebt sich die Galaxie deutlich vom Ring

des PN ab und erscheint mit einem Achsenverhältnis von 3:1. Der relativ kleine **Abell 82** fällt durch die im Zentrum parallelgrammförmig angeordneten Sterne auf. Der PN selbst erscheint bei mittlerer Vergrößerung und [OIII]-Filter grob rund mit hellerer Nordwestflanke. Der ebenfalls recht einfach zu beobachtende **Abell 84** weist an seiner Ostflanke einen 11^m hellen Stern auf. Mit [OIII]-Filter ist ein etwa rundes Scheibchen zu erkennen, das an der Ost- und Westseite besser definiert scheint.

Visuelle Herausforderungen

Viele Amateure wählen die Abell-PN aber weniger auf Grund der Schönheit einzelner Objekte aus, sondern wegen der visuellen Herausforderung, schwache Objekte beobachten zu können, und um die Grenzen der eigenen Wahrnehmung, die Leistung des Teleskops und die Himmelsbedingungen auszureizen. Genau davon gibt es im Katalog genug Beispiele, deren visuelle Beobachtung von »schwierig« bis »annähernd unmöglich« reicht. Die Auswahl soll anhand von jeweils vier Beispielen aufzeigen, welche Objekte nach Berichten anderer Beobachter sowie Erfahrungen des Autors mit unterschiedlichen Schwierigkeiten beobachtet werden können.

Visuell anspruchsvoll

Als visuell anspruchsvoll, aber durchaus möglich kann **Abell 6** aufgeführt werden. Dieser etwa 3' große, exakt runde PN befindet sich nur etwa 8' nordöstlich eines 6^m6 hellen Sterns. Noch größere Schwierigkeiten als der Stern selbst bereitet eine enge Sterngruppe aus mehreren 12^m bis 13^m hellen Sternen, die sich unmittelbar südöstlich des PN befindet und bei der Beobachtung stört. Letztendlich konnte aber wiederholt eine exakt runde Aufhellung an der Stelle des PN beobachtet werden. Der große, im Durchmesser etwa 15' × 12' messende **Abell 7** kann dagegen nur bei maximaler AP und exzellenten Himmelsbedingungen wahrgenommen werden. Dann zeigt sich allerdings auch die für diesen PN typische unterschiedliche Helligkeitsverteilung. Wer Sternkarten aufmerksam liest, dem fällt 1° südlich von Hantelnebel M 27 ein weiteres PN-Symbol auf – **Abell 68**. Dieser ist ungleich schwerer zu beobachten und kann nur mittels genauen Kartenmaterials sicher identifiziert werden. Zu sehen ist dann eine etwa 0,5' große runde Aufhellung direkt westlich eines schwachen 15^m-Sternpaares. Zu den größten PN des Kataloges, sogar des ge-

samten Himmels, gehört **Abell 74**. Dieser etwa 13' × 15' messende PN ist lediglich mit maximal möglicher Austrittspupille und [OIII]-Filter beobachtbar. Als hilfreich für die erfolgreiche Beobachtung der exakt gleichmäßig ausgeleuchteten Fläche empfiehlt sich das Bewegen des Teleskops und die Suche nach einer schwach leuchtenden Fläche. Ohne Filter ist zwar der Nebel verschwunden, dafür die 15^m helle Galaxie PGC 66471 innerhalb des nördlichen Abschnittes des PN zu sehen.

Die Herausforderungen

Absolute visuelle Herausforderungen stellen stets Objekte mit ausgeprägtem Ringcharakter dar, die relativ zur Größe nur eine geringe leuchtende Fläche bieten. Beispiele sind **Abell 5** und **Abell 13**. Beide konnten vom Autor bei besten Bedingungen und Einsatz eines 16"-Teleskops nur vermutet werden. In beiden Fällen war nur ein Ringabschnitt wahrzunehmen, eine positive Sichtung des ganzen Rings war nicht möglich. Ebenfalls eine Herausforderung bilden **Abell 80** und **Abell 86** [16]. Zwar konnten beide vom Autor erfolgreich und sicher beobachtet werden, die Sichtungen sind aber selbst nach intensiver Beobachtung und unter besten Bedingungen als sehr anspruchsvoll einzustufen. Von den beiden Objekten war jeweils nur eine in Form und exakter Position schwierig zu bestimmende Aufhellung zu erkennen.

Grenzwertige Beobachtungen

Doch es geht noch extremer, denn es gibt annähernd unmöglich zu sehende Objekte, die auch nach mehrmaligen Versuchen von verschiedenen erfahrenen Beobachtern nicht wahrgenommen werden konnten. Dies heißt zwar nicht zwingend, dass diese PN nicht zu beobachten sind, eine enorme Herausforderung stellt die Sichtung aber allemal dar. Dazu gehört gleich der erste Eintrag des Kataloges, **Abell 1**, der selbst auf tief belichteten Aufnahmen kaum zu erkennen ist. Auch der schon bei den möglichen Fehlklassifizierungen genannte **Abell 9** am Rand des offenen Sternhaufens M 38 gehört zu den Kandidaten. Hier kommt erschwerend das schwierige Aufsuchen innerhalb des Sternhaufens dazu. **Abell 40** ist ähnlich wie **Abell 58** auch nur unter Schwierigkeiten auf dem DSS zu erkennen, ein zwar wenig zuverlässiges, aber doch grobes Anzeichen, dass eine visuelle Beobachtung nur bedingt möglich ist. Tatsächlich konnten beide PN unter gutem Landhimmel mit 16" Öffnung nicht erkannt werden.

- [1] Minkowski, R.: The Diffuse Nebula in Monoceros, PASP 61, 151 (1949)
- [2] Abell, G. O.: The National Geographic Society-Palomar Observatory Sky Survey, Astron. Soc. Pac. Leaflets 8, 121 (1959)
- [3] Reid, I. N et al.: The Second Palomar Sky Survey, PASP 103, 661 (1991)
- [4] The STScI Digitized Sky Survey: archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form
- [5] Abell, G. O.: Globular Clusters and Planetary Nebulae Discovered on the National Geographic Society-Palomar Observatory Sky Survey, PASP 67, 258 (1955)
- [6] Abell, G. O.: The Distribution of Rich Clusters of Galaxies, Astrophys. J. Suppl. 3, 211 (1958)
- [7] Abell, G. O., Corwin, H. G., Olowin, R. P.: A Catalog of Rich Clusters of Galaxies, Astrophys. J. Suppl. 70, 1 (1989)
- [8] Abell, G. O.: Properties of Some Old Planetary Nebulae, Astrophys. J. 144, 259 (1966)
- [9] Acker, A. et al.: Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae, European Southern Observatory, Garching (1992)
- [10] Kaler, J. B., Shaw, R. A., Kwitter, K. B.: Large planetary nebulae and their significance to the late stages of stellar evolution, Astrophys. J. 359, 392 (1990)
- [11] Kwitter, K., Lydon, T. J., Jacoby, G. H.: Identification of faint central stars in extended, low-surface-brightness planetary nebulae, Astron. J. 96, 997 (1988)
- [12] Pismis, P., Hasse, I., Quintero, A.: A comparative study of morphology and velocity field of the emission nebulae S153, S207, S211, S212, and A71, PASP 103, 843 (1991)
- [13] Stoyan, R.: Ods: PK 198-6.1, interstellarum 13, 82 (1998)
- [14] Stoyan, R.: Ods: PK 205+14.1, interstellarum 6, 54 (1996)
- [15] Stoyan, R.: Ods: NGC 7076, interstellarum 11, 78 (1997)
- [16] Kafalis, S.: Hart am Limit: der Planetarische Nebel Abell 86, VdsJ 16, 58 (2005)

Surftipps

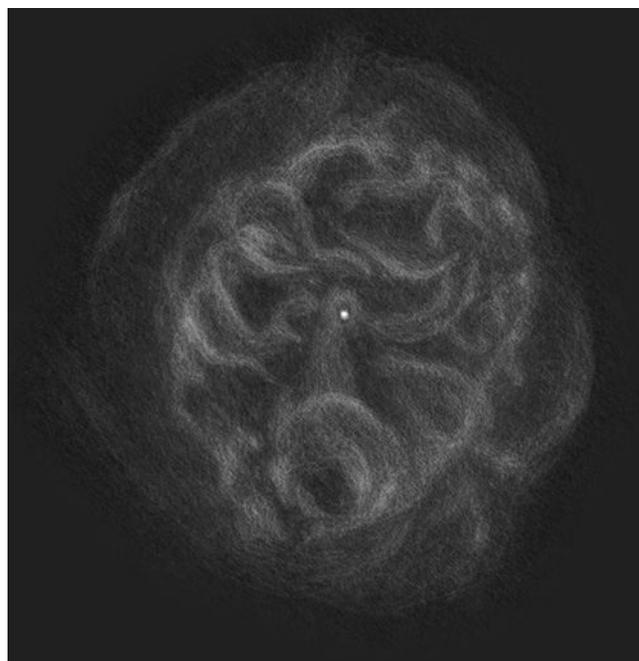
- Stathis Kafalis:** www.stathis-firstlight.de/deepsky/abell.htm
- Martin Schoenball:** www.schoenball.de/astronomie/projekte/abellpn.htm
- Reiner Vogel:** www.biophysik.uni-freiburg.de/Reiner/ATM/Abell_PN/Abell_PN.html
- Uwe Glahn:** www.deepsky-visuell.de/Projekte/AbellPN.htm
- Jim Shields (engl.):** www.astronomy-mall.com/Adventures.In.Deep.Space/abellpn.htm
- Jaakko Saloranta (engl.):** www.ursa.fi/ds/abell.html
- Eric Honeycutt (engl.):** www.stathis-firstlight.de/deepsky/abell_honeycutt.htm
- Dave Aucoin (engl.):** www.geocities.com/Deepskydave/Abell.html

Augen auf

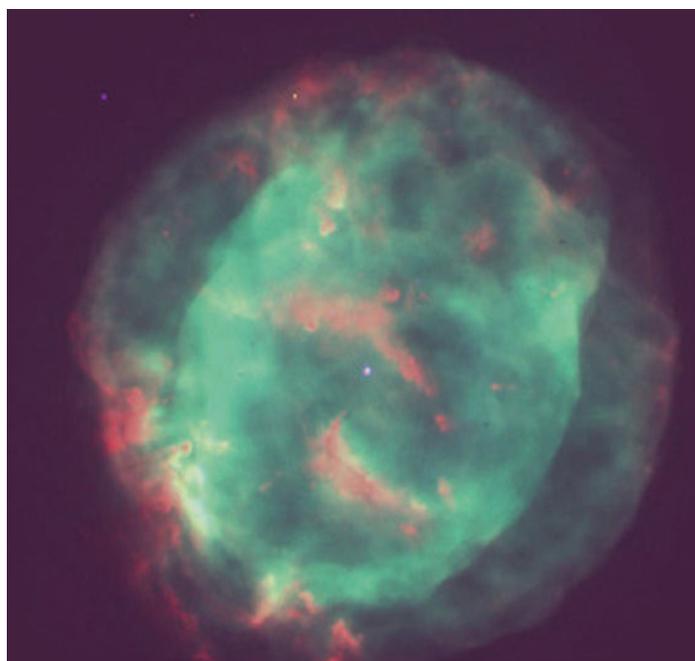
Der Wahrheitsgehalt visueller Beobachtungen

VON RONALD STOYAN UND UWE GLAHN

Planetarische Nebel reizen Amateurastronomen aufgrund ihrer hohen Flächenhelligkeit und reichem Feindetail. Einige wenige Deep-Sky-Beobachter präsentieren Beobachtungsergebnisse, die durch besonders extreme Auflösung auffallen. Doch das menschliche Auge hat wie alle Sinnesorgane unseres Körpers physiologische Grenzen. Am Fallbeispiel von NGC 6818 wird die wissenschaftlich begründete Beurteilung solcher Beobachtungen exemplarisch gezeigt.



JOHANNES SCHILLING



NASA/STScI

Abb. 1: Der Planetarische Nebel NGC 6818. Im Vergleich die Zeichnung am 10"-Newton bei 377 \times und das Foto des Hubble-Weltraumteleskops.

NGC 6818 ist ein Planetarischer Nebel (PN) im Sternbild Sagittarius. Die Objektdaten zeigen ihn als einen typischen Vertreter der hellen und kleinen PN, die sich im Teleskop hoch vergrößern lassen und dank ihrer hohen Flächenhelligkeit gute Chancen auf Detailwahrnehmung bieten.

Die Beobachtung

Für die Objekte der Saison wurde eine Zeichnung des Nebels eingesandt, die mit einem 254mm-Teleskop bei 377-facher Vergrößerung entstanden war. Diese übertraf bei weitem alle visuellen Ergebnisse, die bei der Vorstellung von NGC 6818 [1] außerdem eingereicht worden waren. Der Autor beschrieb seine Beobachtung:

»Mit 377 \times ist ein heller, leicht ovaler, blaugrün überhauchter Nebel mit Zentralstern direkt zu sehen. Das Oval ist Nord-Süd ausgerichtet. Indirekt ist ein sehr schwacher, ausgedehnter Halo auszumachen, der eher eine rundliche Form aufzuweisen scheint. Auf den ersten Blick zeigt der Nebel lediglich eine Ringstruktur mit schwer fassbaren Aufhellungen. Bei indirekter Beobachtung jedoch scheint das Innere flammenartig zu wogen. Das ist keine Täuschung: Längerer und geduldiger indirekter Beobachtung erschließen sich viele einzelne Aufhellungen im Ring sowie flammenartige Bögen und Flächen, die häufig in Richtung Zentrum züngeln. Im Halo erscheinen Ansätze eines äußeren Ringes

und einige schwache Aufhellungen. Ein erstaunlicher Reichtum auf engem Raum.«

Die Beurteilung

Bereits eine erste Abschätzung lässt die Wahrnehmung der gezeichneten Details mit einem 10"-Teleskop als unrealistisch erscheinen. Ein direkter Vergleich mit dem Foto des Hubble-Weltraumteleskops zeigt, dass nahezu keines der sehr feinen Filamente auf der Zeichnung (bis 0,3" Dicke!) einer realen Struktur zugeordnet werden kann.

Die exakte Berechnung durch einen Experten (siehe Kasten) bestätigt, dass selbst ein mehrfach so großes Teleskop nicht für derartige Beobachtungen ausreichen würde – exzellente Beobachtungsbedingungen

Die Berechnung der Sichtbarkeits-Wahrscheinlichkeit

Zentralstern

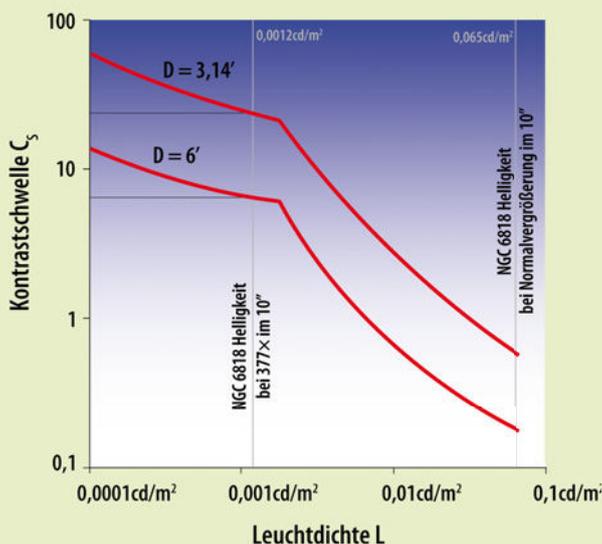
Die Berechnung der Sichtbarkeit von Sternen im Teleskop basiert auf der Grenzgröße mit bloßem Auge. Die Fernrohröffnung lässt exakt bestimmen, um wie viel das Lichtsammelvermögen gegenüber dem bloßen Auge steigt. Dazu wird der Gewinn an lichtsammlender Fläche gegenüber dem Auge mit der Pupillenöffnung von 7mm ermittelt.

Unter Vernachlässigung von Obstruktion und Verlusten durch die Transmission des Lichts in der Optik ergibt sich im 254mm-Reflektor eine Steigerung um den Faktor 1316. Das entspricht einem Grenzgrößengewinn von $2,5 \cdot \log(1316) = 7^m8$. Die Grenzgröße mit bloßem Auge müsste also 9^m1 betragen haben, um den Zentralstern von NGC 6818 im 10-Zöller zu sehen. Die weltweit besten vermeldeten Grenzgrößen betragen jedoch nur zwischen 7^m5 und 8^m0 . Selbst wenn die Grenzgröße den für deutsche Mittelgebirge außerordentlich guten Wert von 7^m0 annehmen würde, wäre immer noch ein mindestens doppelt so großes Teleskop notwendig, um einen 16^m9 -Stern zu sehen – oder das Auge des Beobachters müsste etwa drei Mal so empfindlich wie das durchschnittliche menschliche Sehorgan sein. Solche »Katzenaugen« sind der Wissenschaft jedoch nicht bekannt.

Nun steht der Zentralstern von NGC 6818 aber nicht vor dunklem Hintergrund, sondern im hellen Nebel. Somit spielt der Kontrast zwischen dem Nebel und dem Bild des Sterns eine entscheidende Rolle. Das 10"-Teleskop erzeugt ohne Berücksichtigung der Obstruktion ein zentrales Beugungsscheibchen von ca. $0,5''$, auf den die Helligkeit von 16^m9 verschmiert ist. Dies bedeutet eine Leuchtdichte von $0,096\text{cd/m}^2$, die man in Relation zur Leuchtdichte des Nebels von $0,065\text{cd/m}^2$ setzen muss. Der resultierende Kontrast beträgt 1,47.

Schwache Kontraste sind umso leichter wahrzunehmen, je größer die betreffenden Flächen sind. Ab einer be-

stimmten Kleinheit der Fläche kann diese nicht mehr gesehen werden. Bei 377-facher Vergrößerung sind bei dem Kontrast von 1,5 minimal noch $5''$ große Flächen zu sehen – das Beugungsscheibchen hat aber nur $0,5''!$ Die Wahrnehmbarkeit eines



Es hängt von der Leuchtdichte eines Objektes und seiner scheinbaren Ausdehnung (Sehwinkel) ab,

welche Kontraste noch erkannt werden können (nach [3, 4]). Eingetragen sind die Daten für die Sichtbarkeit des Zentralsterns und der Nebeldetails in NGC 6818, wenn ein 10"-Teleskop und 377-fache Vergrößerung verwendet werden. Die in der Abbildung eingezeichneten Kurven geben die Kontrastschwellen für ein Objekt von $3,14'$ Größe im Okular an (Zentralstern) und eins von $6'$ (Nebeldetail von ursprünglich $0,95''$ angenommenen Sehwinkel).

Man liest an den Schnittpunkten von Kurve mit NGC-Helligkeit (bei 377x ist sie $0,0012\text{cd/m}^2$) ab: Für den Zentralstern einen Mindestkontrast von 24 und für das Nebeldetail von 6,5. Beide für das Erkennen notwendigen Schwellenwerte sind deutlich größer als die Gegebenheiten bei NGC 6818 im Okular eines 10"-Teleskopes mit 377x, also bleiben sie für das Auge unsichtbar!

Die Kontrastschwellenkurven sind nach Middleton [6] entwickelt, welcher sie aus den umfangreichen Messungen von Blackwell [7] entnahm und in aktuellen photometrischen Größen darstellte.

so schwachen Sterns in diesem PN ist also doppelt unmöglich!

Nebelkontraste

Die Berechnung der Sichtbarkeit von astronomischen Objekten mit bekannter Größe und Flächenhelligkeit ist – wie bereits in mehreren interstellarem Beiträgen gezeigt [5] – ohne Weiteres möglich. Grundlage dazu bilden Untersuchungen zur Erkennbarkeit von Kontrasten, die insbesondere während des Zweiten Weltkriegs durchgeführt wurden. Sie stützen sich auf statistische Auswertungen von über zwei Millionen Messungen und geben eine 50%-Wahrscheinlichkeit der Sichtung an. Diese Werte wurden beidäugig ermittelt – monokular am Fernrohr wird man also weniger erwarten müssen.

NGC 6818 besitzt eine Flächenhelligkeit von 15^m6 . Dies entspricht einer Leuchtdichte von $0,065\text{cd/m}^2$ (zur Umrechnung siehe [5]). Bei 377-facher Vergrößerung wird der $20''$ kleine Nebel auf eine scheinbare Größe von $2,1'$ vergrößert. Gleichzeitig sinkt jedoch die Leuchtdichte im Okular auf $0,0012\text{cd/m}^2$.

Durch Auswertung des Grünzugs der HST-Aufnahme von NGC 6818 erhält man maximale Kontrastwerte im Nebel von etwa 2. Für das Auge gibt es eine Untergrenze der scheinbaren Ausdehnung, ab der es diese Kontraste auflösen kann. Im vorliegenden Fall erreicht dieser Wert ca. $20'$. Umgerechnet auf den $20''$ großen Nebel bedeutet das, dass das Auflösungsvermögen des 10-Zöllers bei 377x etwa $4''$ betragen würde.

Eine Analyse der Zeichnung zeigt aber, dass Details von weit weniger als $1''$ Durchmesser aufgezeichnet wurden. Um diese Details bei einer Vergrößerung von 377x sehen zu können, wäre ein Teleskop von über $2,5\text{m}$ Öffnung notwendig. Würde man $1000\times$ vergrößern können, benötigte man »nur« ein Teleskop von 1390mm Öffnung.

Es zeigt sich also auch hier, dass die gezeichneten Details nicht der Beobachtung mit dem genannten Instrument entstammen können.

■ Klaus-J. Stepputat

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

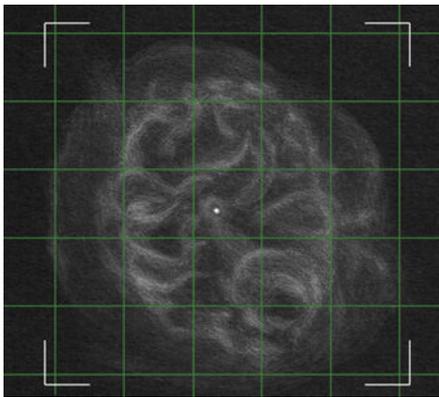


Abb. 2: Visualisierung des wahren Auflösungsvermögens der Nebeldetails in NGC 6818 bei Verwendung eines 10"-Newtons und 377-facher Vergrößerung. Die Maschenweite beträgt 4".

und ein erstklassiges Instrument vorausgesetzt: Der Zentralstern des Nebels, der auf der Zeichnung festgehalten ist, besteht aus zwei Sonnen von 17^m1 und 17^m7 in nur $0,09''$ Abstand, die gemeinsam mit 16^m9 leuchten [1]. Selbst mit einem dreimal so großen Teleskop könnte dies nicht visuell wahrgenommen werden.

Besonders faszinieren die fein strukturierten Nebeldetails. Doch auch hier ergibt die Überprüfung, dass die Wahrnehmung solch kleiner Einzelheiten weder mit einem 254mm-Teleskop noch bei 377-facher Vergrößerung möglich sein kann. Bei einer aufgrund des Seeings nur extrem selten zu realisierenden Vergrößerung von $1000\times$ bräuchte man ein Teleskop von 1400mm Öffnung, um solch eine fantastische Auflösung zu erreichen. Blicke man mit der Vergrößerung bei $377\times$, müsste man den Durchmesser der Optik gar auf über 2,5 Meter steigern!

Interpretation

Die subjektive Kraft der eigenen Augen ist enorm. Was wir sehen, halten wir für wahr. Der Autor schreibt zu seiner Zeichnung: »Dass ich den Zentralstern wegen seiner Schwäche nicht sehen kann und darf, wo ich ihn doch eindeutig auf die beschriebene Art beobachten kann, dieser Einwand wirkt auf mich einfach lächerlich.« Er vertritt dagegen die Meinung, dass »solange jede Zeichnung auf tatsächlich Gesehenem beruht, ist jede auch objektiv. Ich wüsste nicht, wo die Realität der Objekte spürbarer würde als in der eigenen beobachtenden Begegnung.«

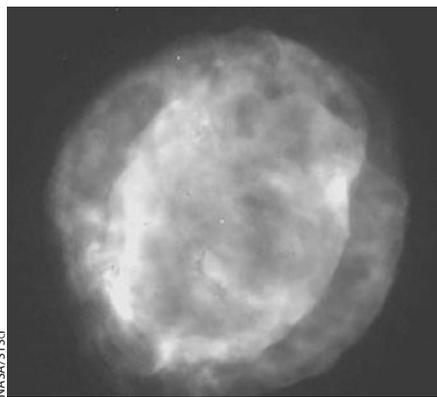


Abb. 3: Vergleich des Grünauszuges der HST-Aufnahme.

Doch diese Sichtweise ist bedenklich, gerade wenn man sich im Grenzbereich der Wahrnehmung bewegt. Unser Auge liefert nämlich keineswegs immer ein verlässliches Bild, und lässt sich auch leicht »hereinlegen«. Ursache dafür ist die »Bildbearbeitung«, die unser Gehirn mit den von den Augen gemeldeten Daten vornimmt. Bevor wir die Bilder bewusst wahrnehmen, werden diese zunächst gedreht, skaliert, mit Farbinformationen ergänzt und übereinander gelegt. Nicht bei allen Arten von Objekten laufen diese Schritte fehlerfrei – zahlreiche optische Illusionen belegen, wie leicht sich unser Bildbearbeitungssystem ein X für ein U vormachen lässt: Gerade Linien erscheinen plötzlich krumm, Kontraste werden falsch eingeschätzt und Farben anders wahrgenommen [2]. Im täglichen Leben bei ausreichend Helligkeit und Kontrast und dem beidäugigen Sehen überspielt das Gehirn diese Bildfehler meist so geschickt, dass wir sie nicht wahrnehmen. Nachts aber, bei schwierigen astronomischen Objekten am Fernrohr, versagen diese Kontrollmechanismen. Wir müssen selbst aktiv werden, um Bildfehler zu vermeiden.

Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser

Jeder visuelle Beobachter kennt die Schwierigkeiten des Sehens am Rand der Wahrnehmung: Feinste Details kommen und gehen, tauchen plötzlich woanders wieder auf, verbinden sich und verschwinden wieder. Dreht man das Okular, wartet einige Minuten oder versucht es in der nächsten Nacht, erscheinen womöglich ganz andere Bilder.

Es ist die Kunst der visuellen Beobachtung, diese Einbildungen unter Kontrolle zu halten und von den verlässlich gesehenen Einzelheiten zu trennen. Viele Beobachter verwenden bewusste Kontrollmechanismen, um Beobachtungsfehler auszuschließen. Dabei spielt die zeitlich und örtlich unabhängige Verifikation eine große Rolle: Man versucht, dasselbe Detail zwei- oder mehrmals zu sehen, um sicher zu sein. Damit das Gehirn nicht an die erste Wahrnehmung anknüpft, muss der Bildeindruck verändert (z.B. durch Änderung der Bildorientierung) oder ein genügend großer zeitlicher Abstand zwischen beiden Beobachtungen eingeplant werden. Mit der Zeit gewinnt man ein Gefühl, welchen der »gesehenen« Details man vertrauen kann. Bei sehr erfahrenen Beobachtern arbeitet diese Kontrolle unterbewusst sehr effizient, viele Ergebnisse entstehen jedoch erst nach mehreren Fehlversuchen.

Der Autor der Zeichnung schreibt aber zu seiner Wahrnehmung: »Natürlich müssen wir beim Beobachten wach sein, aufmerksam und kritisch: aber nicht um dem Gesehenen zu misstrauen, sondern um ihm immer mehr Vertrauen zu schenken.« Und er führt weiter aus: »Eine neue Zeichnung von NGC 6818 würde bestimmt in vielen Details anders werden: Für mich ist das aber kein Zeichen von bloß subjektiver, illusionärer Wahrnehmung. Diese Tatsache weist vielmehr auf eine gewisse Unausschöpfbarkeit der beobachteten Objekte für das lebendige menschliche Auge hin.«

Doch eine solche Herangehensweise produziert Fantasieprodukte, die als subjektiv erlebbare Kunstform durchgehen mögen, aber nichts mehr mit einer objektiven Abbildung des astronomischen Objektes zu tun haben – wie das hier gezeigte Beispiel der Zeichnung von NGC 6818.

- [1] Steinicke, W., Stoyan, R.: NGC 6818, *interstellarum* 41, 26 (2005)
- [2] Ditzinger, T.: *Illusionen des Sehens*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (2006)
- [3] König, A., Köhler, H.: *Die Fernrohre und Entfernungsmesser*, Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg (1959)
- [4] Siedentopf, H.: *Grundlagen der Astrophysik*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart (1950)
- [5] Stepputat, K.-J.: *Das Astronomische Sehen*, *interstellarum* 47, 65 (2006)
- [6] Middleton, W. E.: *Vision through the atmosphere*, University of Toronto Press (1952)
- [7] Blackwell, H. R.: *Contrast Thresholds of the Human Eye*, *Journal of the Optical Society of America* 36, 624 (1946)

Steckbrief NGC 6818

Name	Typ	Sternbild	R. A.	Dekl.	Größe	Helligkeit	Flächenhelligkeit	Helligkeit Zentralstern	DSRA
NGC 6818	PN	Sgr	$19^h 44,0^{min}$	$-14^\circ 9'$	20"	9^m3	15^m6	16^m9	22 (30)

Planetarische Nebel: Vielfalt in Form, Farbe und Größe

Ein Interview mit dem Astrofotograf Radek Chromik



Abb. 1: NGC 1514, CCD-Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 3625mm, STL-11K, 21×1min (L), 10×1min (R), 10×1min (G), 10×1min (B) Astronomik Typ 2c Filter. *Radek Chromik*

interstellarum: Planetarische Nebel scheinen eine magische Anziehungskraft auf Astrofotografen auszuüben – spätestens seit Georg Reus, dem ersten großen PN-Spezialisten, damals noch auf chemischem Film. Was ist der besondere fotografische Reiz dieser Objekte?

Radek Chromik: Planetarische Nebel findet man in den verschiedensten Formen, Farben und Größen. Die Farbenvielfalt und insbesondere deren Variation im gleichen Objekt sind fast unerschöpflich. Kleine, nur wenige Bogensekunden große, homogen erscheinende Fleckchen bis zu ausgedehnten, etliche Bogenminuten sich erstreckenden Objekten voller Filamente und Strukturen buhlen im gleichen Sternbild um Beobachter und Fotografen. Viele Nebel sind zudem recht hell und können relativ schnell und farbenreich abgebildet werden. Es gibt aber auch Nebel, welche viele Stunden an Belichtung benötigen – diese Vielfalt finde ich eben faszinierend.

interstellarum: Die meisten Planetarischen Nebel sind sehr klein, es gibt aber auch einige größere Objekte. Welche Brennweite ist eine gute Ausgangsposition?

Radek Chromik: Größere Nebel wie der Hantelnebel können sicherlich schon mit einem Meter Brennweite sehr ansprechend dargestellt werden. Bei vielen PN mit wenigen Bogensekunden Ausdehnung kann man wohl nicht genug Brennweite haben. Erst ab zwei Meter Brennweite erreicht man einen vernünftigen Abbildungsmaßstab. Lange Brennweiten benötigen aber gutes Seeing und eine präzise Nachführung.

interstellarum: Das Nyquist-Kriterium, das die fotografische Bildauflösung mit der Pixelgröße des Kamerachips verbindet, spielt eine wesentliche Rolle in der Astrofotografie. Welche Konfigurationen sollte man anstreben?

Radek Chromik: Das Optimum liegt bei etwa 3 Pixeln pro Seeingscheibchen. Das bedeutet beim durchschnittlichen Seeing von ca. 2" an meinem Standort in den Berner Voralpen sollten die einzelnen Pixel etwa 0,5" bis 0,7" abdecken, was mit den 9µm großen Pixeln der STL11K CCD-Kamera bei der reduzierten Brennweite von ca. 3,6m mit 0,52" pro Pixel ideal erreicht wird. Sollte das Seeing ausnahmsweise unter die 2"-Marke sinken, sind die 0,32" pro Pixel bei 5,8m Brennweite sicher günstiger. Aber viele PN sind so

hell, dass man auch ruhig mit einer größeren Auflösung arbeiten kann.

interstellarum: Planetarische Nebel zeichnen sich ja durch ihre Emissionslinien, vor allem H α und [OIII] aus, die sich in roten und grünen Farbtönen widerspiegeln. Mit welchen Filtern sollte man arbeiten?

Radek Chromik: Das hängt vom Ziel ab, das man sich gesteckt hat, und ist auch eine Frage des Geschmacks. H α -Daten im Bild bringen oft schwach leuchtende Filamente besonders im roten Farbbereich hervor, da viele Gasnebel in diesem Spektralbereich leuchten.

interstellarum: Ist auch der Einsatz von Linienfiltern möglich?

Radek Chromik: Natürlich. Ich habe mit Linienfiltern aber keine Erfahrung.

interstellarum: Sind die RGB- oder LRGB-Methode besser geeignet?

Radek Chromik: Aus meiner Sicht ist die LRGB-Methode die günstigere Variante. Man kann damit den Luminanzkanal mit voller Auflösung belichten und die RGB-Kanäle dann gebinnt aufnehmen, um satte Farben

zu bekommen. Im Interesse der Auflösung wäre aber ein durchgehend ungebinntes Belichten ideal.

interstellarum: Wie wird die Gewichtung der Belichtungszeiten der Farbkanäle durchgeführt? Welche Einstellungen haben sich als praxistauglich erwiesen?

Radek Chromik: Mit der STL11K von SBIG und den von mir verwendeten Astronomik Typ 2-Filtern erscheint mir die Belichtung der RGB-Kanäle im Verhältnis 1:1:1 ideal, wobei die Belichtungszeit der RGB-Kanäle am besten etwa gleich lange dauern sollte wie die Exposition des Luminanzkanals.

interstellarum: Muss dann trotzdem bei der Bildbearbeitung an der Farbbalance gedreht werden?

Radek Chromik: Bei der Montage der Bilder im Bearbeitungsprogramm MaxIm DL werden die Kanäle im Verhältnis 1,3 : 1 : 1,35 gewichtet. Nach meinen Erfahrungen ergeben sich so recht natürlich wirkende Farben.

interstellarum: Was ist mit »natürlich« gemeint? Welche Methode verwenden Sie für die Farbkalibrierung – oder gibt es bestimmte Vorbilder, denen man nacheifert?

Radek Chromik: Ich versuche eine ähnliche Farbbalance im Vergleich zu Bildern anderer Fotografen (auch der Profisternenwartenbilder) zu bekommen, eine bestimmte Kalibrierung verwende ich aber nicht. Die oft zu satten Farben einiger amerikanischer Astrofotografen probiere ich zu vermeiden und es ist mir auch ein Anliegen, meine Bilder »milde« zu bearbeiten ohne allzu fest zu schärfen und die Objekte so aussehen zu

lassen, wie sie sich uns mit großer Öffnung visuell präsentieren würden.

interstellarum: Gibt es speziell für die PN-Fotografie empfehlenswerte Bildbearbeitungstechniken? Welche Programme sind zu empfehlen?

Radek Chromik: Die Bildbearbeitung unterscheidet sich nicht wesentlich von der Bearbeitung von Galaxien- oder Nebelbildern. Häufig müssen bei schwachen Objektstrukturen, welche den hellen Kern des PN umgeben, zwei Bilder kombiniert werden, ein länger belichtetes für die schwächeren und ein kürzer belichtetes für den Kern. Im Zusammenspiel mit Linienfiltern wie Ha oder [OIII] kann so die ganze Dynamik der Objekte gezeigt werden.



Abb. 2: NGC 2022, CCD-Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 5800mm, STL-11K, 14x2min (L) gebinnt, 1x10min (R), 1x10min (G), 1x10min (B) Astronomik Typ 2c Filter, RGB gebinnt. *Radek Chromik*



Abb.3: NGC 2371, CCD-Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 5800mm, STL-11K, 6x15min (L), 1x15min (R), 1x15min (G), 1x15min (B) Astronomik Typ 2c Filter, RGB gebinnt. *Radek Chromik*



Abb. 4: Jones 1, CCD-Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 5800mm, STL-11K, 24x10min (L) gebinnt, 8x5min (R), 8x5min (G), 8x5min (B) Astronomik Typ 2c Filter, RGB gebinnt. *Radek Chromik*

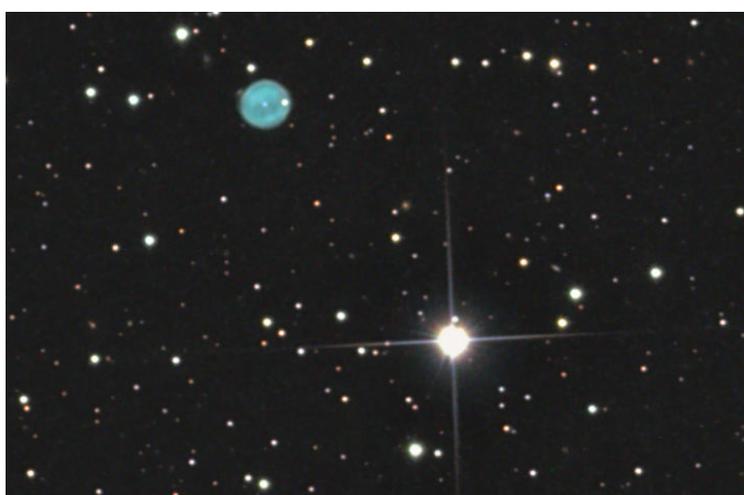


Abb. 6: NGC 6742, CCD-Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 3625mm, STL-11K, 4x10min (L) gebinnt, 2x10min (R), 2x10min (G), 2x10min (B), Astronomik Typ 2c Filter. *Radek Chromik*



Abb. 5: NGC 6543, CCD-Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 3625mm, STL-11K, 9x2min (L), 4x2min (R), 4x2min (G), 4x2min (B). Astronomik Typ 2c Filter. *Radek Chromik*



Abb. 7: PK151+2.1 (Sharpless 207), CCD-Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 3625mm, STL-11K, 10x10min (L) gebinnt, 6x5min (R), 6x5min (G), 6x5min (B), RGB 3x3 gebinnt, Astronomik Typ 2c Filter. *Radek Chromik*



Abb. 8: Simeis 22, CCD Aufnahme, 500mm-Cassegrain bei 3625mm, STL-11K, 17x10min (L), 6x10min (R), 6x10min (G), 6x10min (B), Astronomik Typ 2c Filter. *Radek Chromik*

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Planetarische Nebel

Herausforderungen für Astrofotografen

VON STEFAN BINNEWIES

Etwa 1000 Planetarische Nebel sind für den gut ausgerüsteten Astrofotografen am Himmel erreichbar, doch nur bei einem Bruchteil lassen sich auf der Aufnahme auch die beiden Hauptkomponenten dieser Objekte separieren. Sehr oft verschmelzen Zentralstern und sphärisch darum herum liegende Nebelhülle auf dem Foto zu einem »stellaren Klecks« ohne Struktur – der Planetarische Nebel ist zu klein, als dass er mit der eingesetzten Aufnahmetechnik aufgelöst werden konnte.

Deshalb geht die erste Forderung noch vor der Aufnahme in Richtung einer Datenrecherche über das interessierende Objekt. Durchmesserangaben, Angaben über die Helligkeit und am besten auch noch eine bereits existierende Aufnahme sollten beschafft werden und Berücksichtigung finden. Großartige Quellen und wahre Fundgruben diesbezüglich sind der zweibändige Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Ne-

bulae [1] und der Planetary Nebula Image Catalogue von Bruce Balick (vgl. Surftipps), zusammen mit Daten und Bildern zu nahezu allen Planetarischen Nebeln.

Technik richtig Einsetzen

Da der Großteil der Planetarischen Nebel (PN) eine nur geringe Winkelausdehnung besitzt, sollte zur Aufnahme eine möglichst lange Teleskopbrennweite ein-

gesetzt werden. Als Faustregel für eine ausreichende Auflösung gelten wenigstens 1 Meter Brennweite bei Objekten, die mindestens eine Bogenminute im Durchmesser groß sind, 2 Meter bei Nebeln, die nur noch halb so groß sind, usw. Diese Regel gilt für alle im Amateurbereich gängigen CCD-Kameras. Werden dagegen digitale Spiegelreflexkameras oder CCD-Kameras eingesetzt, die direkt Farbbilder liefern, ist für eine äquivalente Detailauf-

Abb. 1: Der Helixnebel NGC 7293 als Komposit aus den Kanälen L, H α , R, [OIII] und B (a) und nur als H α -Auszug (b) sowie als [OIII]-Auszug (c). 24"-Hypergraph bei 1800mm, SBIG ST-10XME CCD-Kamera, 140min (a) bzw. 40min (b) und 20min (c). *Josef Pöpsel*



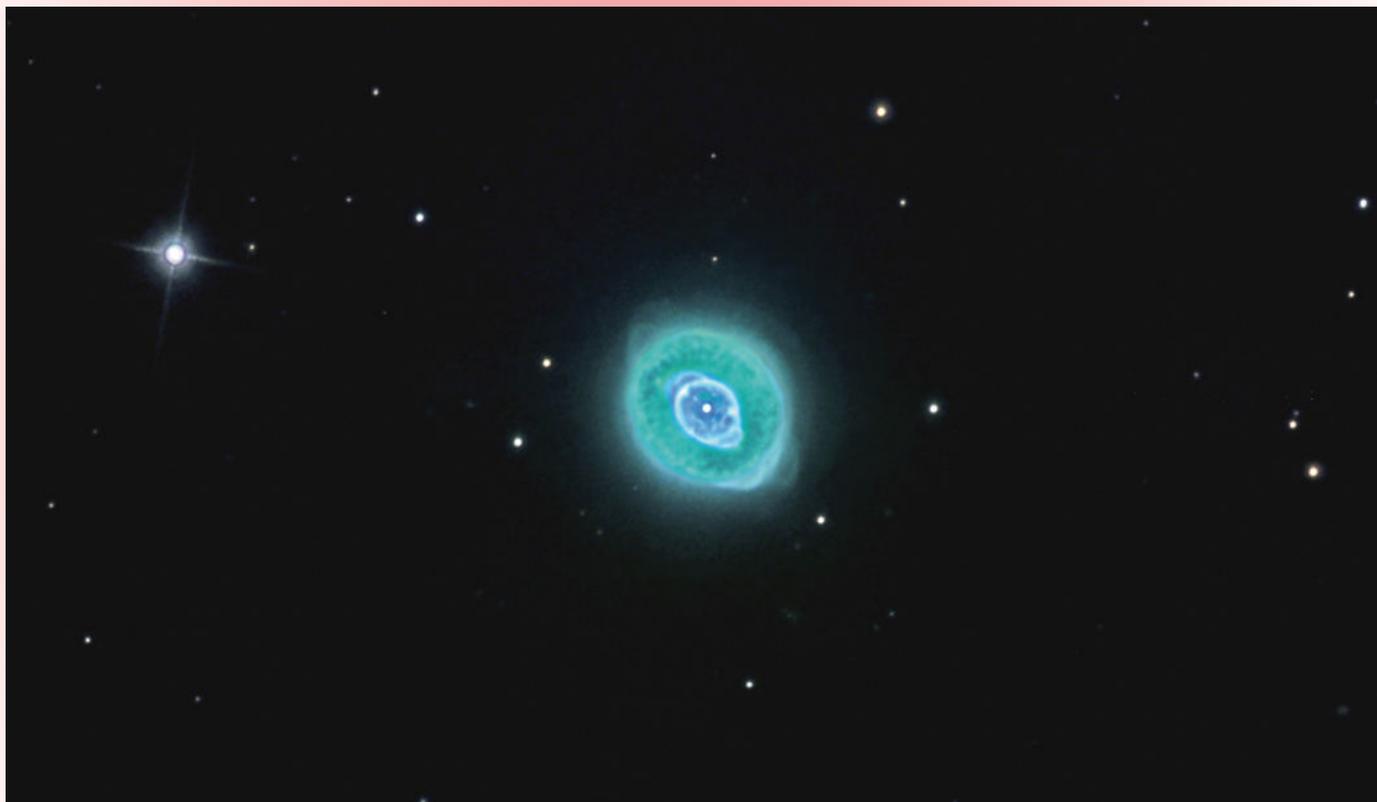


Abb. 2: NGC 3242, 24"-Hypergraph bei 4940mm, LRGB-Komposit, SBIG ST-10XME CCD-Kamera, 75min Belichtung in Namibia. *Rainer Sparenberg und Stefan Binnewies*

lösung die Brennweite zu verdoppeln, bei Einsatz von klassischen Filmemulsionen ist gar ein Aufschlag von etwa 400% notwendig, um mit hochwertigen CCD-Aufnahmen mithalten zu können.

Egal welche Brennweite Verwendung findet, es versteht sich von selbst, dass

während der Aufnahme das Teleskop so exakt wie möglich dem Leitstern folgen muss. Abweichungen von 2" und mehr sind auf Aufnahmen ab 2 Metern Brennweite anhand länglicher Sterne zu erkennen, ein Effekt der auch die Details im Planetarischen Nebel verwischt. Gleiches

gilt für die Luftunruhe (Seeing), die in unseren Breiten im Flachland nur selten über einen längeren Zeitraum unter diesem Wert liegt und somit trotz perfekter Fokussierung und Nachführung häufig der limitierende Faktor bei der Bildqualität wird. Dennoch, bei Planetarischen Nebeln mit einer großen Flächenhelligkeit lohnt es sich auch mit noch deutlich längerer Brennweite zu fotografieren, denn bei einer guten Aufnahmedeckung, also einem hohen Signal/Rausch-Verhältnis auf dem Chip, lassen sich anschließend mit geeigneten Bildbearbeitungs-Programmen über spezielle Schärfungsalgorithmen feine, durch das Seeing verwischte Details artefaktfrei wieder herausarbeiten. Beispielhaft erklärt wird das auf der Website von Ken Crawford.

Filter nutzen

Im Gegensatz zu Sternen und Galaxien senden Planetarische Nebel ihr Licht nicht in einem Kontinuum, sondern in wenigen intensiv leuchtenden Emissionslinien aus. Zwei Linien treten dabei besonders deutlich hervor: die $H\alpha$ -Linie des Wasserstoffs bei 656,3nm und die des doppelt ionisierten Sauerstoffs ([OIII]) bei 500,7nm. Weitere Linien des Sauerstoffs, des Stickstoffs und des Heliums spielen auch noch eine

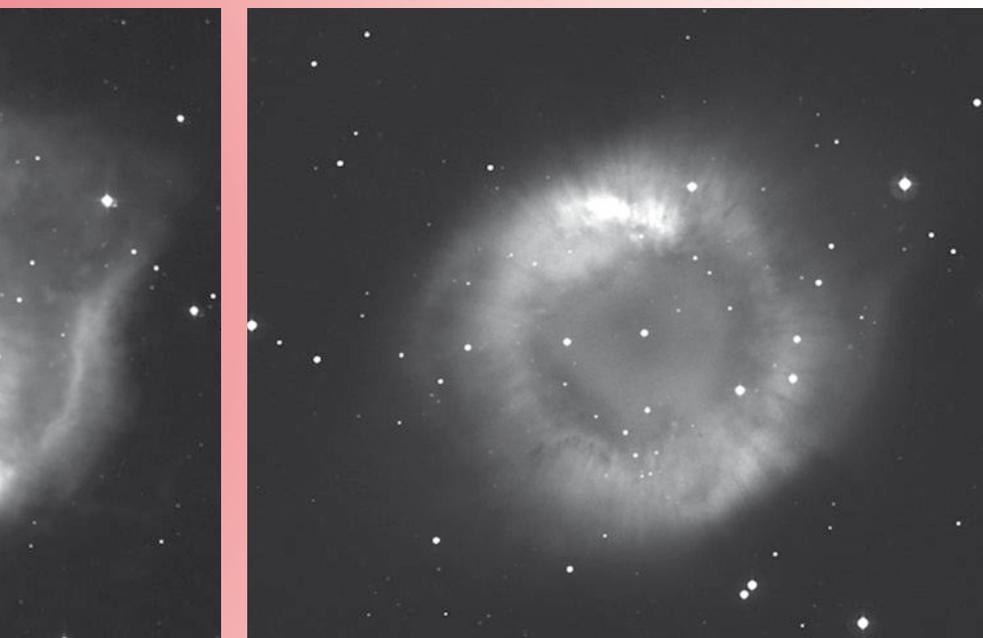




Abb. 3: Abell 72, 24"-Hypergraph bei 4940mm, LRGB-Komposit, SBIG STL-11000M CCD-Kamera, 360min belichtet auf der Insel Kreta. *Stefan Binnewies, Stefan Heutz, Bernd Koch und Josef Pöpsel*

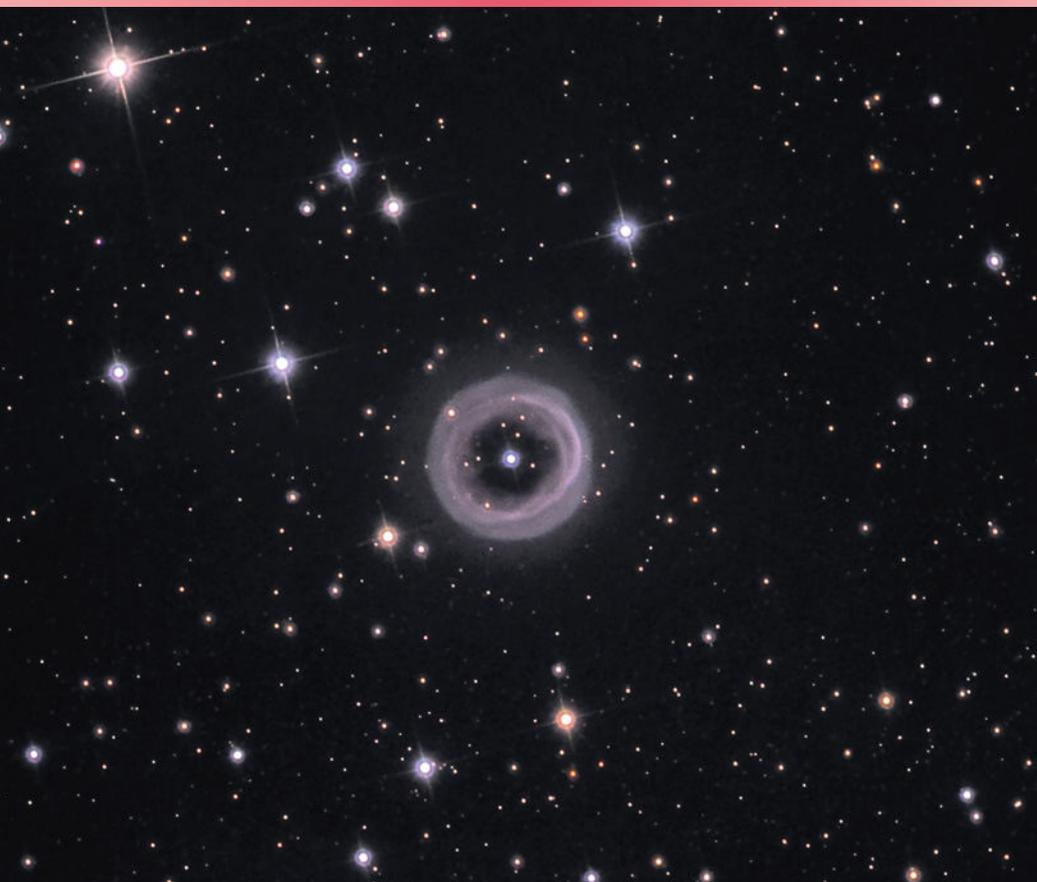


Abb. 4: Shapley 1, 24"-Hypergraph bei 4940mm, LRGB-Komposit, SBIG ST-10XME CCD-Kamera, 150min Belichtung in Namibia. *Rainer Sparenberg und Stefan Binnewies*

Rolle, diese ist aber weniger dominant. Die Linienintensität der $H\alpha$ - und der $[OIII]$ -Strahlung variiert von PN zu PN und ist für die Grundfarbe verantwortlich. Diese reicht von Blau über Grün bis nach Rot. Auch innerhalb eines Planetarischen Nebels erreichen die Linienintensitäten lokal unterschiedliche Maxima und sind die Ursache für die insgesamt bunte Erscheinung dieser Objektklasse kosmischer Kolibris.

Die diskontinuierliche Strahlung der Planetarischen Nebel lässt sich durch geeignete Filter ($H\alpha$ - und $[OIII]$ -Filter) ohne entscheidenden Intensitätsverlust auf einen CCD-Chip bringen. Ausgespart bleibt dann das übrige Spektrum – Airglow, Lichtverschmutzung, sogar helles Mondlicht spielen bei der Aufnahme kaum noch eine Rolle. Somit lassen sich Planetarische Nebel, wenn sie durch enge Linienfilter aufgenommen werden, selbst aus einer Großstadt heraus sehr gut fotografieren.

Unterschiedliche Herausforderungen

Ziel der meisten Astrofotografen dürfte es sein, einen Planetarischen Nebel in einer möglichst detailreichen Aufnahme zu porträtieren. Doch die Nebel geben noch mehr her. Einige ihrer Zentralsterne sind variabel, so beispielsweise bei NGC 2346 im Einhorn, andere verändern gleich ihr ganzes Aussehen innerhalb weniger Jahre wie Minkowski's Butterfly im Schlangenträger [2]. Dieses zu verfolgen, vielleicht dabei sogar in ein internationales Überwachungsprogramm eingebunden zu sein, sind weitere reizvolle Aspekte bei der Astrofotografie. Selbst Neuentdeckungen sind noch möglich; 2008 ist so mitten im Schwan ein 4' durchmessender Nebelring unter Mithilfe von Amateurastronomen entdeckt worden. Die definitive Zuordnung des Objekts zu den Planetarischen Nebeln steht allerdings noch aus.

Planetarische Nebel sind nicht unbedingt nur klein und im Verhältnis zu ihrem Durchmesser relativ leuchtkräftig, sie können auch groß, dann aber extrem leuchtschwach sein. Der unbenannte Nebelring im Schwan bei R. A. $20^h 15^m 22,16^s$ und Dekl. $+38^\circ 2' 41,9''$, der inoffizi-

ell »Soap-BubbleNebula« genannt wird (Abb. 6), ist so ein Beispiel – wenig leuchtkräftig hob er sich bisher nicht genügend aus den Wasserstoffnebeln unserer Milchstraße heraus. So fiel er bei den fotografischen Durchmusterungen niemandem auf. Erst die Linienfilterfotografie mit genügender Brennweite und der Einsatz der CCD-Technik offenbarten seine Existenz. Weitere sehr lichtschwache Planetarische Nebel sind so in den letzten Jahrzehnten entdeckt worden, einige davon so groß, dass sie mit einer Brennweite von nur 100mm als deutliche Scheiben aufgenommen werden können. Allerdings verlangen diese Kandidaten lange Belichtungszeiten durch enge Linienfilter, das Seeing spielt dann endlich einmal keine Rolle mehr. Einen guten Einstieg in diese Klasse der großen und schwachen Planetarischen Nebel gibt die Internetseite von Jens Bohle.

Fazit

Die Aufnahme der Planetarischen Nebel fordert also das ganze fotografische Equipment: lange Brennweiten, exakte Nachführung, beste Luftruhe, enge Filterung, lange Belichtungszeiten und zusätzlich die Bereitschaft sich vor jeder Aufnahme mit seinem Zielobjekt auseinander zu setzen. Und wie so oft in der Astrofotografie: Der Weg zum gelungenen Bild ist mindestens so spannend wie anschließend die Befriedigung groß ist, das fertige Ergebnis in den Händen halten zu können.

- [1] Acker, A. et al.: The Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae, Parts I, II, European Southern Observatory, Garching (1992)
 [2] Pöpsel, J., Binnewies, S.: Der Planetarische Nebel »Minkowski's Butterfly«, SuW 45 Nr. 2, 72 (2006)

Surftipps

Planetary Nebula Image Catalogue:
www.astro.washington.edu/users/balick/PNIC
 Bildbearbeitungstricks von
 Ken Crawford: www.rdelisol.net/ProcessingToolBox/ProcessingTool%20Box.html
 Große und schwache Planetarische Nebel: www.jens-bohle.de/projekt_grosse_pn.htm
 Homepage des Autors:
www.capella-observatory.com



Abb. 5: NGC 6894, 24"-Hypergraph bei 4940mm, LRGB-Komposit, SBIG STL-11000M CCD-Kamera, 260min Belichtung auf der Insel Kreta. Volker Wendel, Stefan Binnewies und Josef Pöpsel

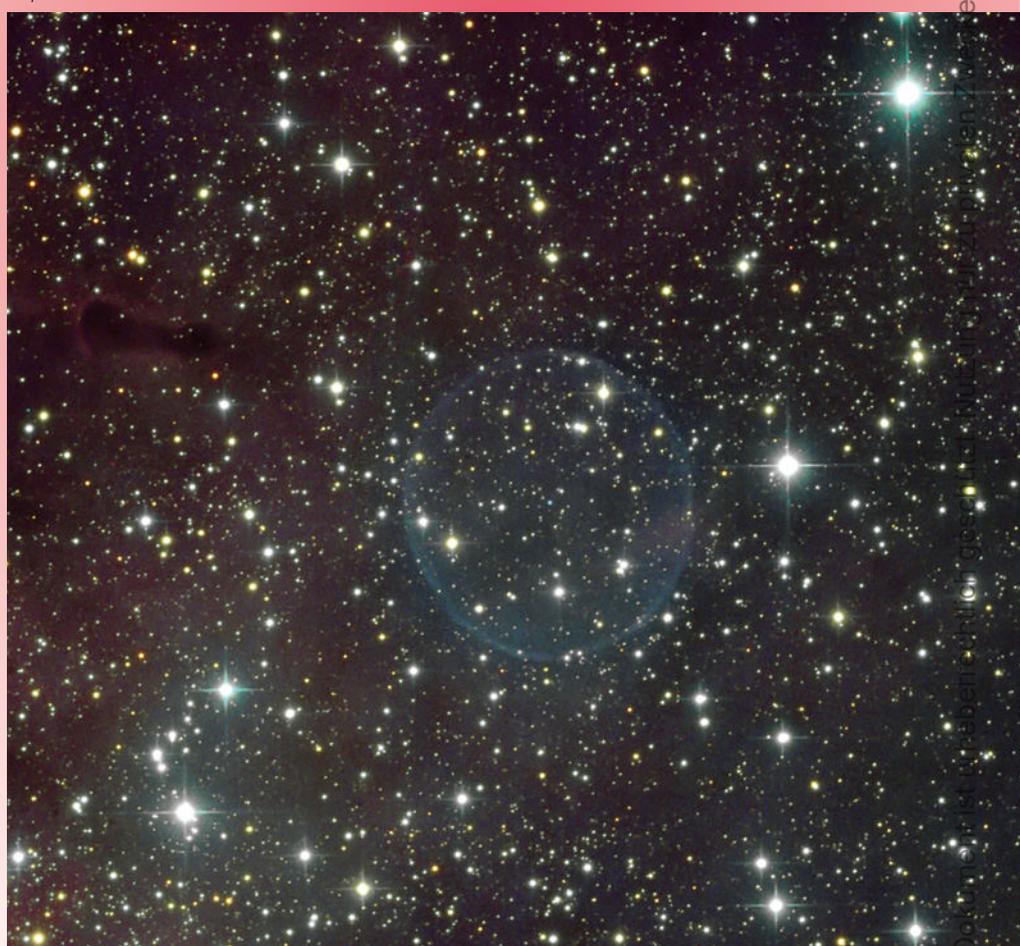


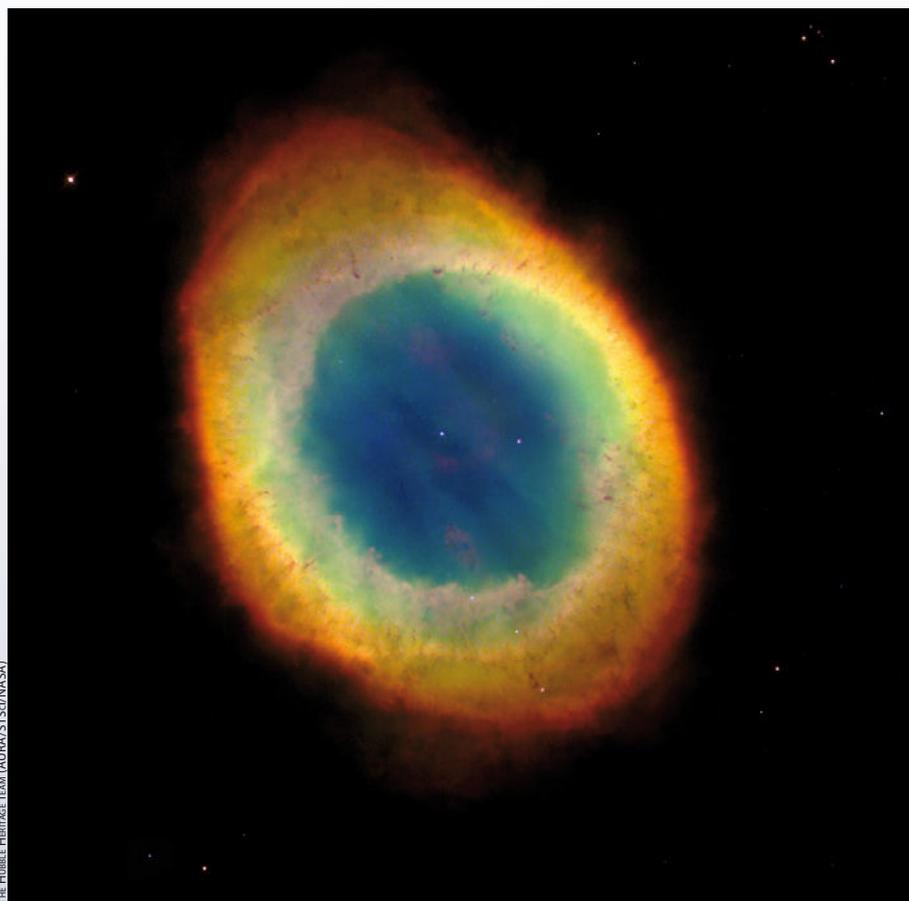
Abb. 6: Nebelring im Schwan, Komposit aus den Kanälen Ha, [OIII], R, G, B, SBIG STL-11000M CCD-Kamera, 630min Belichtung auf der Insel Kreta. Stefan Binnewies und Josef Pöpsel

Welche Farbe hat der Ringnebel?

Die korrekte Farbbalance von RGB-Aufnahmen

VON PETER UND SUSANNE FRIEDRICH

Das Jahr 1882 markiert den Beginn der Astrofotografie, als Andrew Ainslie Common, ein englischer Astronom, zum ersten Mal erfolgreich den Orionnebel aufnahm. Noch wurde in Schwarz-Weiß fotografiert, die ersten Farbaufnahmen entstanden erst Ende der 50er Jahre und zeigten, was mit dem Auge kaum wahrnehmbar ist: ein farbiges Universum. Doch was sind die echten Farben der Himmelsobjekte? Wie würde das Auge diese Farben wahrnehmen? Diese Fragen beschäftigen auch im Zeitalter der CCD-Fotografie die Astrofotografen noch immer.



The Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

Abb. 1: Welche Farbe hat der Ringnebel eigentlich wirklich, wenn man ihn mit bloßem Auge sehen könnte? Und wie sorgt man dafür, dass eigene Astrofotos dies korrekt wiedergeben? Die bekannte Fotografie des Weltraumteleskops Hubble ist ein Dreifarbenkomposit, gewonnen mit Linienfiltern in den Wellenlängen 658nm (rot, NII), 501nm (grün, [OIII]) und 469nm (blau, Hell).

Die Anfänge der Astrofotografie

A. A. Common war allerdings nicht der erste, der versuchte astronomische Objekte zu fotografieren. Bereits 1840 hatte J. W. Draper eine Daguerreotypie des Mondes erstellt. 1855 wurde die erste Daguerreotypie der Sonne gewonnen, die sogar einige Sonnenflecken zeigte. Einige Sterne wurden ebenfalls in dieser Zeit aufgenommen. Diese Technik war jedoch aufwändig, die Platten wenig lichtempfindlich und somit nicht gut für die Astrofotografie geeignet. Die moderne Ära der Fotografie begann im Jahre 1889 durch George Eastman mit der Markteinführung von Emulsionen, die auf flexible Filme aufgebracht waren. A. A. Common nutzte bereits diese Art von Emulsionen, allerdings auf Platten. Angespornt durch Aufnahmen des Kometen von 1882, die David Gill mit einer Portrait-Kamera gewonnen hatte, begann Common 1880 mit Aufnahmen des Orionnebels. 1883 gelang ihm die erste Aufnahme des Orionnebels, die auch Sterne zeigte, die mit dem Auge gerade einmal zu ahnen waren und deren Existenz diskutiert wurde (Abb. 2). 1884 bekam er für seine Erfolge in der Astrofotografie die Goldmedaille der Royal Astronomical Society.

Der erste Farbnegativfilm kam 1935 auf den Markt, aber erst am Ende der 50er Jahre gab es Emulsionen, die »schnell« genug waren, dass sie auch in der Astro-



Abb. 2: Der Orionnebel, aufgenommen am 30.1.1883 von A. A. Common. Die Belichtungsdauer betrug 37min. Diese Aufnahme zeigt zum ersten Mal Sterne, die kaum mit dem Auge zu sehen waren.

fotografie eingesetzt werden konnten. W. C. Miller beschäftigte sich als erster damit und fotografierte am Hale-Observatorium Deep-Sky-Objekte. Er verwendete dabei einen 100 ASA-Film, dessen Empfindlichkeit bei einer Belichtungszeit von vier Stunden allerdings auf 7 ASA abfiel. Diese Abnahme der Filmempfindlichkeit mit der Dauer der Belichtungszeit wird Schwarzschild-Effekt genannt. Fatal ist dabei, dass die drei Farbschichten, aus denen ein Farbfilm – damals wie heute – aufgebaut ist, einen unterschiedlichen Schwarzschildeffekt aufweisen, d.h. die Empfindlichkeit jeder Farbschicht nimmt mit der Belichtungszeit unterschiedlich ab: Farbverschiebungen sind die Folge. Ein Weg den Schwarzschildeffekt zu verringern bzw. die Empfindlichkeit der Filme zu steigern, ist die Verwendung einer gekühlten Kamera – ein aufwändiges Verfahren, da man dafür sorgen muss, dass der gekühlte Film nicht vereist. Dennoch wurde dieses Verfahren mit großem Erfolg auch von Amateuren eingesetzt.

1981 veröffentlichte David Malin, damals Astronom am Anglo-Australian Observatory, eine Aufnahme des Orionnebels [2, 3], die so ganz anders war als die bis dahin üblichen kräftig rot leuchtenden Fotos des Nebels. Der Orionnebel präsentierte sich in gelbroter Färbung, die nicht eine Folge des Entwicklungsprozesses war, sondern durch die Filmemulsionen und Filter-Kombinationen bedingt war, die so gewählt wurden, dass der Nebel so erschien, wie ihn das Auge sehen

würde, wenn es nur empfindlich genug wäre. Wie kann man so etwas erreichen? Dazu muss man zunächst etwas über das Licht der Nebel, das Auge und die Aufnahmemedien wissen. Da heutzutage meist mit CCD- oder Digitalkameras gearbeitet wird, beziehen sich die weiteren Erklärungen darauf.

Nachts sind alle Katzen grau

Das menschliche Auge besitzt zwei verschiedene, lichtempfindliche Rezeptoren: Zapfen und Stäbchen. Die Zapfen kommen in drei verschiedenen Sorten vor, von denen jede für Licht bestimmter Wellenlängen empfindlich ist: S-Zapfen für blaues Licht, M-Zapfen für smaragdgrünes und L-Zapfen für gelbgrünes. Die Zapfen ermöglichen also das Farbsehen. Abb. 3 zeigt die relativen Empfindlichkeiten der verschiedenen Zapfen in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichts, die Summe dieser drei Kurven beschreibt die spektrale Hellempfindlichkeitskurve des Auges. Sie hat ihr Maximum bei 555nm im grünen Bereich. Mit den Stäbchen hingegen kann man keine Farben wahrnehmen. Sie sind jedoch wesentlich lichtempfindlicher und deshalb für das Sehen in der Dämmerung und Nacht zuständig, wenn die Lichtreize nicht mehr ausreichen, um die Zapfen anzuregen [4, 5, 6]. Dies ist der Grund, warum man nachts keine Farben wahrnehmen kann. Die Dunkelempfindlichkeitskurve ist gegen die Hellempfindlichkeitskurve zu kürzeren Wellenlängen verschoben und hat ihr Maximum bei

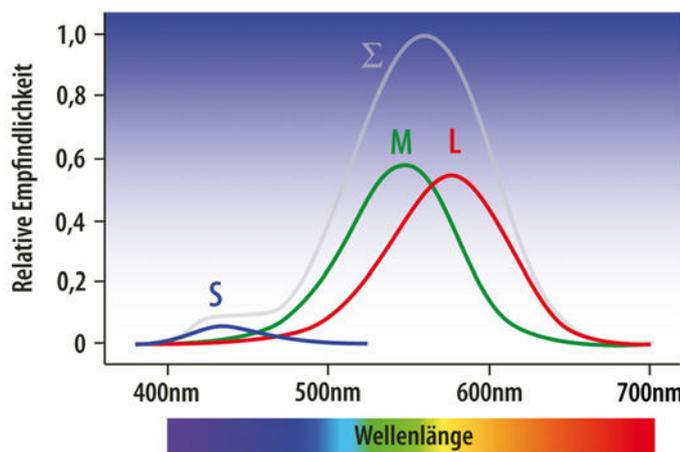


Abb. 3: Die relativen Empfindlichkeiten der farbempfindlichen Zapfen im Auge. Die Summe der drei Empfindlichkeitskurven beschreibt die Hellempfindlichkeitskurve des Auges.

498nm (Purkinje-Effekt). Bei 656nm sind die Stäbchen völlig unempfindlich, so dass man einen schwachen Nebel, der nur im Licht der H α -Linie leuchten würde, überhaupt nicht wahrnehmen könnte.

Farben und Spektren

Lässt man das weiße Licht einer Glühbirne unter flachem Winkel auf eine CD fallen, dann erkennt man, dass es aus den Farben des Regenbogens zusammengesetzt ist: von blau über grün, gelb, orange bis rot. Physiker nennen dies ein kontinuierliches Spektrum, wobei das blaue Licht eine kürzere Wellenlänge besitzt als das rote. Die Sonne und alle Sterne senden solch ein kontinuierliches Spektrum aus, allerdings erkennt man in ihm an ganz bestimmten Stellen dunkle Linien, sog. Absorptionslinien. Sie entstehen, wenn Atome Licht, also elektromagnetische Strahlung absorbieren. Sie können diese nur in ganz bestimmten »Portionen« absorbieren, so dass die Positionen der Absorptionslinien im Spektrum charakteristisch für die jeweilige Atomsorte sind (vgl. Astro-Wissen auf S. 14). Wasserstoff absorbiert zum Beispiel im roten und blau-grünen Bereich besonders stark, die Linien nennt man H α - und H β -Linie. Atome können auch Licht emittieren. Wieder geschieht dies nur bei ganz bestimmten Wellenlängen, nämlich denselben, bei denen auch Licht absorbiert werden kann. Lässt man das Licht einer orangen Niederdruck-Natriumdampf Lampe, wie man sie häufig als Straßenlaterne findet, auf eine CD fallen, wird man nur

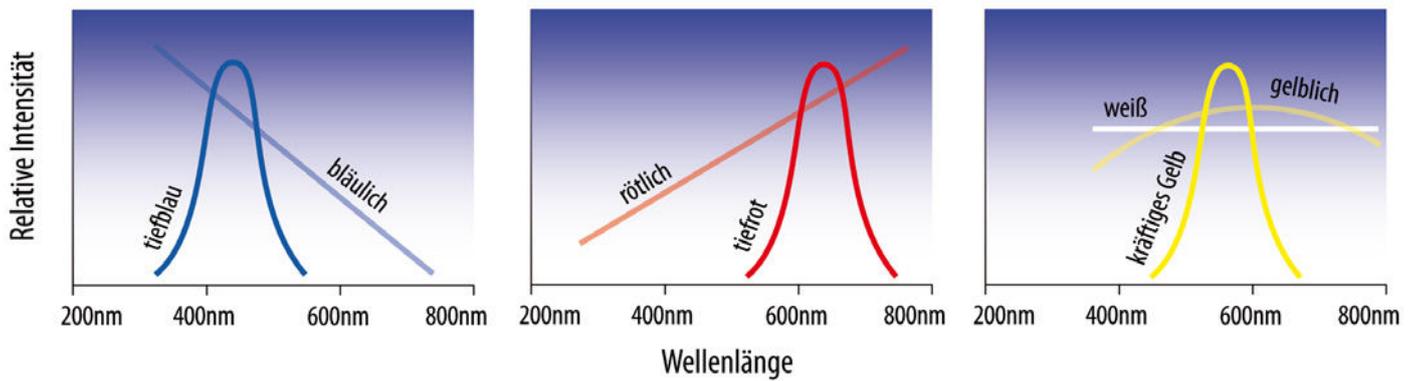


Abb. 4: Die Farben kontinuierlicher Spektren. Isolierte Bereiche im Spektrum werden als satte, kräftige Farben wahrgenommen, während breitere Verteilungen blasser erscheinen. Wenn blaues bzw. rotes Licht stärker vertreten ist, wird es als schwach bläulich bzw. schwach rötlich wahrgenommen. Eine gleichmäßige Verteilung der Anteile erscheint dem Auge als weißes Licht.

zwei orange leuchtende Linien sehen. Man nennt dies ein Emissionslinienspektrum. Gasnebel wie der Orionnebel oder Planetarische Nebel zeigen solche Emissionslinienspektren. Typische Linien sind die H α - und die H β -Linie des Wasserstoffs (656nm bzw. 486nm), die [OIII]-Linie des zweifach ionisierten Sauerstoffs bei 501nm und im blauen Bereich bei 468nm die Linie des einfach ionisierten Heliums.

Das Auge empfindet Licht, das zu gleichen Anteilen alle Farben des Spektrums von blau bis rot enthält, als weißes Licht. Sind die blauen Anteile stärker vertreten, so erscheint das Licht in einem bläulichen Ton und in rötlichem, wenn mehr rote Anteile vertreten sind (Abb. 4). Dies ist der Grund, warum die meisten Sterne in weißlichem Licht leuchten, nur die rötlichsten oder blauen unter ihnen erscheinen schwach rötlich oder bläulich. Einzelne Emissionslinien hingegen zeigen kräftige und reine Farben.

Die Farben der Nebel...

Emissionsnebel wie der Orionnebel oder die Planetarischen Nebel bestehen aus leuchtendem Wasserstoffgas mit Beimengungen anderer Elemente, die je nach den physikalischen Bedingungen im Nebel (Dichte, Temperatur) unterschiedlich starke Emissionslinien produzieren. So findet man immer die H α - und die H β -Linie des Wasserstoffs, in Planetarischen Nebeln ist jedoch die [OIII]-Linie des Sauerstoffs bei 501nm im grünen Spektralbereich die stärkste Linie. Auch in vielen Emissionsnebeln ist sie anzutreffen. Da auch das Auge im grünen Spektralbereich am empfindlichsten ist, wird Grün eine wichtige Rolle in Planetarischen Nebel

spielen. Abb. 5 zeigt die [OIII]- und H α -Linie des Ringnebel zusammen mit den Linienstärken, die sich durch einen G- und R-Filter auf einem CCD-Chip bzw. für das hellempfindliche Auge ergeben. Diese erhält man, indem man die Intensitäten des Spektrums sowohl mit den verwendeten Durchlasskurven der Filter und der Kurve der CCD-Quanteneffizienz bzw. mit der Hellempfindlichkeitskurve des Auges multipliziert [8].

...und was das Auge daraus macht

Möchte man einen Nebel so darstellen, wie man ihn mit den Augen – wäre die Lichtintensität groß genug – sähe, dann muss man die mit der Kamera erhaltenen Farbauszüge (meist RGB) so gewichten, dass sie den Verhältnissen der stärksten Spektrallinien im jeweiligen Farbbereich ent-

sprechen (Abb. 6). Dazu kann man als Näherung die Höhen der Linien heranziehen, besser ist es jedoch, die Flächen unter den Linien zu integrieren. Die richtigen Wichtungsfaktoren ergeben sich daraus, dass die Verhältnisse der Emissionslinien im roten zum grünen und blauen Filter dieselben sein müssen, wie sie sich aus dem Spektrum multipliziert mit der Hellempfindlichkeitskurve des Auges ergeben. Beim Betrachten eines solchen Bildes (zur Problematik der Bilddarstellung s.u.) wird allerdings nochmals mit der Empfindlichkeit des Auges gewichtet, sodass meist die Gelb- und Grüntöne »unnatürlich« dominieren. Will man also statt einer Darstellung der vom Auge registrierten Lichtfarben eine solche, die der tatsächlichen Wahrnehmung entspräche, ist bei der Bearbeitung die Gewichtung mit der Helligkeitsempfindlichkeitskurve des Auges wegzulassen.

Extinktion der Erdatmosphäre (nach [9])						
Höhe über Horizont	atmosphärische Extinktion			Korrekturfaktor durch Extinktion		
	680nm	550nm	450nm	680nm	550nm	450nm
90,0°	1,0000	1,0000	1,0000	1,00	1,00	1,00
80,0°	0,9966	0,9953	0,9925	1,00	1,00	1,01
70,0°	0,9859	0,9804	0,9693	1,01	1,02	1,03
60,0°	0,9663	0,9534	0,9277	1,03	1,05	1,08
50,0°	0,9346	0,9101	0,8623	1,07	1,10	1,16
40,0°	0,8842	0,8425	0,7637	1,13	1,19	1,31
30,0°	0,8014	0,7348	0,6157	1,25	1,36	1,62
25,0°	0,7390	0,6565	0,5156	1,35	1,52	1,94
20,0°	0,6534	0,5530	0,3937	1,53	1,81	2,54
15,0°	0,5310	0,4143	0,2499	1,88	2,41	4,00
10,0°	0,3498	0,2318	0,1002	2,86	4,31	9,98
5,0°	0,1002	0,0407	0,0065	9,98	24,57	154,23

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Diese vom Prinzip sauberste Methode, ein Bild in den Farben herzustellen wie sie das Auge wahrnimmt, ist allerdings in der Praxis oft nicht anwendbar, weil kein geeignetes kalibriertes Spektrum des interessierenden Nebels zur Verfügung steht.

Rot plus Grün plus Blau gleich Weiß

Als Alternativen bieten sich zwei Möglichkeiten an, bei beiden wird ein Weißabgleich durchgeführt. Bei der ersten Methode macht man sich zu Nutze, dass die Addition von rotem, grünem und blauem Licht zu gleichen Teilen weißes Licht ergibt. Aus den Durchlasskurven der Farbfilter, der Quanteneffizienz und evtl. unter Berücksichtigung der Extinktion bestimmt man die Übertragungsfunktion und leitet daraus Wichtungsfaktoren für die Einzelaufnahmen ab. Bei der zweiten Methode wird die Kalibrierung anhand eines sonnenähnlichen Sterns mit Spektraltyp G2 vorgenommen, dessen Licht als (gelb-)weiß empfunden wird. Bei beiden Methoden wird hier auf die Gewichtung mit der Helligkeitsempfindlichkeit des Auges verzichtet, um jeweils Bilder zu erzeugen, die beim Betrachten einer unmittlerbaren Wahrnehmung des Objekts (s.o.) entsprechen – so weit es die Methoden grundsätzlich erlauben.

Methode 1: Weißabgleich durch Bestimmung des Übertragungsverhaltens

Unterschiedliche Durchlasskurven von Filtern und Empfindlichkeiten von CCD-Chips verschieben die Farbbalance. Sie muss entweder durch die Länge der Belichtungszeiten durch die verschiedenen Filter und/oder durch nachträgliche Wichtung bei der Bearbeitung korrigiert werden. Ein IR-Sperrfilter ist dringend zu empfehlen, damit nicht Licht aus anderen Spektralbereichen die Daten verfälscht. Um die Wichtungsfaktoren zu bestimmen, muss man zunächst die einzelnen Filterkurven (mit IR-Sperrfilter) mit der Quanteneffizienz des CCDs multiplizieren und dann »integrieren«, indem man z.B. diskrete Werte im betreffenden Bereich aufsummiert. Die Kehrwerte in den Filterbereichen ergeben dann die Wichtungsfaktoren, die entweder bereits bei der Belichtung oder später bei der Bearbeitung zu berücksichtigen sind. An dieser Stelle muss man zwischen Aufnahmen von Nebeln mit Emissionslinien und Aufnahmen von Sternen und Galaxien mit kontinuierlichen Spektren

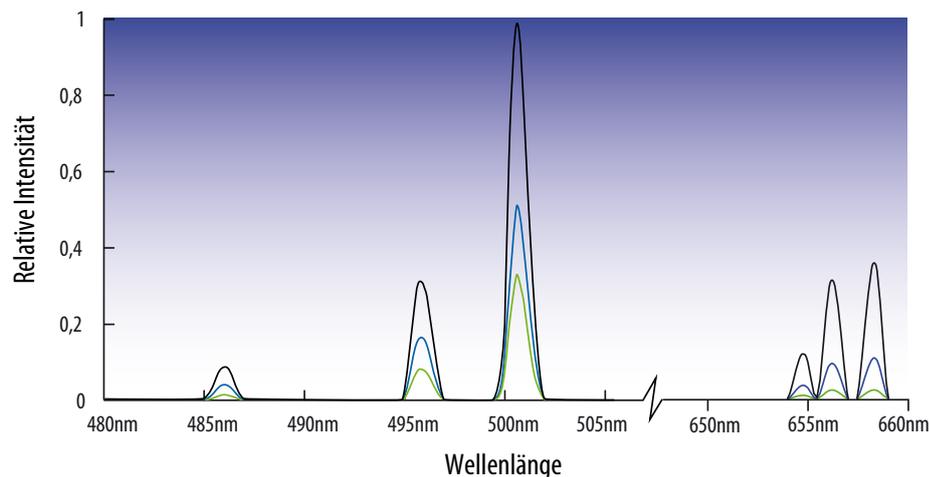


Abb. 5: Das Spektrum des Ringnebels. Gut zu erkennen ist die starke Linie des zweifach ionisierten Sauerstoffs [OIII] bei 501nm. Die grüne Kurve zeigt das Spektrum nachdem es mit der Hellempfindlichkeitskurve des Auges gewichtet wurde. Die blaue Kurve ergibt sich nach einer Wichtung mit der kombinierten Durchlass- bzw. Effizienzkurve eines Astronom-RGB-Filtersatzes und eines Kodak Enhanced KAI-11000M CCD-Chips.

unterscheiden: Linienfilter, sofern sie die Emissionslinien nicht beschneiden, eignen sich nur für Emissionslinienobjekte, RGB-Filter eignen sich für alle Objekte, da sie den visuellen Spektralbereich kontinuierlich überdecken und somit auch bei Sternen und Galaxien das gesamte Spektrum erfassen.

Da der künstlich aufgehellte Nachthimmel nicht farbneutral ist, führt er ebenfalls zu einer Farbverschiebung und sollte von den Einzelaufnahmen abgezogen werden. Auch die Extinktion muss berücksichtigt werden: Bekanntermaßen wird Licht unterschiedlicher Farbe in der Erdatmosphäre unterschiedlich gestreut, blaues mehr als rotes. Zudem nimmt die Luftmassenschicht, durch die ein Objekt beobachtet wird, vom Zenit zum Horizont nicht linear zu. Dies wirkt sich auf die einzelnen Farbaufnahmen unterschiedlich aus. Tabelle 1 gibt für drei verschiedene Wellenlängen und unterschiedliche Höhen über dem Horizont bei normaler Durchsicht Korrekturwerte, die mit den Wichtungsfaktoren multipliziert werden müssen.

Methode 2: Weißabgleich mit einem Referenzstern

Nicht immer stehen Filterdurchlasskurven und CCD-Quanteneffizienz zur Verfügung und oft sind auch die atmosphärischen Einflüsse schwer erfassbar. In diesem Fall können die Wichtungsfaktoren auch empirisch bestimmt werden. Dazu kalibriert man die Einzelaufnahmen in R, G und B an Hand eines Referenzsterns, der dieselbe oder eine der

Sonne ähnliche Spektralklasse (G2) oder einen ihr sehr ähnlichen Farbindex haben sollte. Dabei werden die Intensitäten des Referenzsterns in der roten, blauen und grünen Aufnahme so gewichtet, dass sie für den Betrachter Weiß ergeben. Die so ermittelten Wichtungsfaktoren können dann auf Objekte angewandt werden, die unter denselben Bedingungen aufgenommen wurden. Im Idealfall befindet sich ein Stern passenden Spektraltyps im Gesichtsfeld, sonst kann man entweder vor- oder hinterher eine Aufnahme eines G2-Referenzsterns bei gleicher Höhe und gleichen Belichtungszeiten aufnehmen. Begnügt man sich mit einem Stern von gleichem Farbindex, bieten viele Sternkataloge B- und V-Helligkeiten, mit denen man den Index $B-V = 0^m,65$.

Bei der praktischen Anwendung der Methode muss zunächst die Hintergrundhelligkeit der drei Farbbilder auf ein Niveau gebracht werden, falls durch eine Hintergrundsubtraktion nicht schon oder unvollständig geschehen, damit die Intensitätsmaxima ausgemessen werden können. Dazu werden in jeder Farbaufnahme Schnitte durch den Referenzstern gelegt und durch Addition passender Offsets unterschiedliche Hintergrundhelligkeiten ausgeglichen. Nun können die Intensitätsmaxima ausgemessen und das Verhältnis des Intensitätsmaximums mit dem höchsten Wert zu den Intensitätsmaxima geringeren Wertes bestimmt werden. Nach der Multiplikation mit den Wichtungsfaktoren und einer eventuellen erneuten

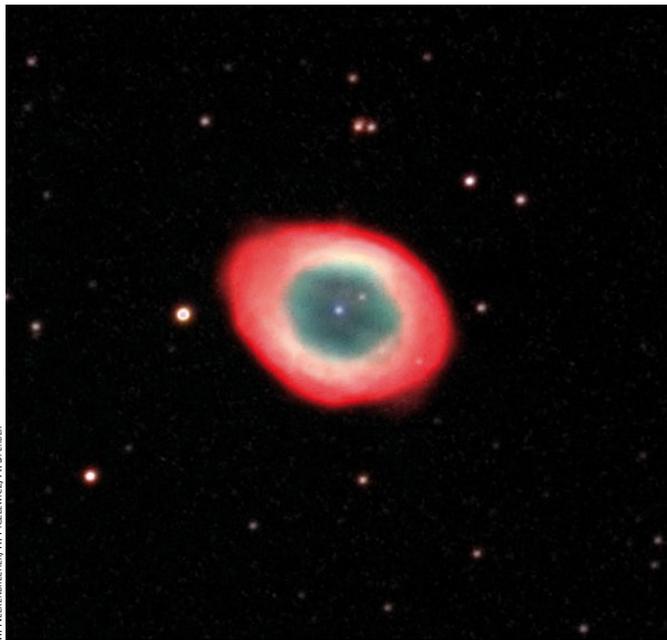


Abb. 6: Der Ringnebel M 57. Die Wichtungsfaktoren für die Farbaufnahmen wurden anhand der Verhältnisse der stärksten Linien von Helium, Sauerstoff und Wasserstoff im Spektrum von M 57 bestimmt. Filter zum Schärfen und Herausarbeiten von Details wurden nicht angewendet. 600mm-Cassegrain, STL-11000M, 600s (R), 300s (G), 300s (B).

Abb. 7: Die selbe Aufnahme wie in Abb. 6, jedoch wurden die Wichtungsfaktoren für die Farbaufnahmen anhand des Übertragungsverhaltens des CCDs und der RGB-Filter bestimmt. Eine Extinktionskorrektur wurde nicht durchgeführt. Das Rohbild wurde exakt wie das in Abb. 6 bearbeitet. 600mm-Cassegrain, STL-11000M, 600s (R), 300s (G), 300s (B).

Angleichung des Hintergrundes werden die Einzelaufnahmen kombiniert. Der Referenzstern sollte nun weiß erscheinen – wie man ihn mit dem Auge wahrnehmen würde.

Monitor- und Drucker-Kalibration

Der letzte Schritt in der Bearbeitung von Farbaufnahmen stellt die Darstellung auf einem Bildschirm oder der Ausdruck auf einem Drucker dar. Insbesondere letzteres sorgt immer wieder für Überraschungen.

Bei der Darstellung der Bilder müsste man streng genommen dieselben Filter (und eine Lichtquelle mit gleichmäßiger spektraler Verteilung) anwenden wie bei der Aufnahme. Da man darauf in der Regel keinen Einfluss nehmen kann, müssen ggf. die Wichtungsfaktoren den Charakteristiken des Projektionsgerätes oder Monitors angepasst werden. Diese Geräte arbeiten generell mit dem RGB-Farbraum, so dass mit RGB-Filtern gewonnene Aufnahmen die geringsten Probleme bei der Darstellung bereiten.

Drucker arbeiten dagegen im CMYK-Farbsystem, das eine Umrechnung erfordert. Für eine korrekte Umrechnung wäre die Kenntnis der spektralen Verteilung des aufgenommenen Objekts erforderlich.

Anderfalls bleibt die Umrechnung uneindeutig, was insbesondere bei Nebeln mit starken Emissionslinien zu Verfälschungen führt. Theoretisch wäre es ein Ausweg, bei der Aufnahme bereits Filter zu verwenden, die dem CMYK-System angepasst sind. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass sich verschiedene Drucker stark in der Farbwiedergabe unterscheiden. Der gesamten Problematik begegnet man am besten mit einer Kalibration des Druckers bezüglich der auf dem Bildschirm dargestellten Farben. Für die Kalibration des Monitors und die Erstellung von Farbprofilen für den Drucker gibt es kommerzielle Programme. Dies wird sich für viele Astrofotografen nicht anbieten, jedoch kann man in vielen Bildverarbeitungsprogrammen eine Druckerkennlinie einstellen und so Einfluss auf den Druck nehmen.

Schließlich kommt es für das Auge auch noch darauf an, in welchem Licht das gedruckte Bild betrachtet wird. Wie man aus Erfahrung weiß, unterscheiden sich Sonnenlicht und Glühbirnenlicht diesbezüglich sehr stark. Als Standardbeleuchtung ist Tageslicht (also Sonnenlicht) zu empfehlen, das eine Farbtemperatur von 5500K besitzt, also diejenige Temperatur, die ein schwarzer Körper haben müsste, damit dessen Licht denselben Farbein-

druck erweckt wie die tatsächlich vorhandene Beleuchtung.

- [1] Malin, D. F.: Colour Photography in Astronomy, *Vistas in Astronomy* 24, 219 (1980)
- [2] Malin, D. F.: The Orion Nebulae in Color, *S&T* 62, 414 (1981)
- [3] Malin, D. F.: Der Orionnebel in Farbe, *SuW* 21, 295 (1982)
- [4] Stepputat, K.: Das Astronomische Sehen, Teil 2: Grenzgröße und Adaption. *interstellarum* 43, 66 (2006)
- [5] Stepputat, K.: Das Astronomische Sehen, Teil 3: Sichtbarkeit und Kontrast. *interstellarum* 44, 68 (2006)
- [6] Stepputat, K.: Das Astronomische Sehen, Teil 5: Sichtbarkeitswahrscheinlichkeiten flächenhafter Deep-Sky-Objekte. *interstellarum* 47, 65 (2006)
- [7] Malin, D., Murdin, P.: *Colours of the stars*, Cambridge University Press, Cambridge (1984)
- [8] Vos, J. J.: Colorimetric and photometric properties of a 2-deg fundamental observer, *Color Research and Application* 3, 125 (1978)
- [9] Thinius, B.: RGB-Fotografie – Reale Farben, wie sehen die aus? www.inastars.de/rgbspect.htm
- [10] Bergthal, S.: Farben richtig darstellen, *SuW* 3/2009, 90 (2009)

von Stefan Seip

Wie funktioniert die Fotografie mit Linienfiltern?

Ein Linienfilter sperrt einen Großteil des einfallenden Lichtes, lässt aber selektiv das Licht eines bestimmten, eng begrenzten Wellenlängenbereichs passieren: Nur eine Linie des Spektrums wird durchgelassen. Linienfilter werden charakterisiert durch zwei Angaben, die sich auf ihre Durchlasskurven beziehen:

- **Die Lage:** Gemeint ist die horizontale Position der Durchlasskurve. Sie sagt aus, bei welcher Wellenlänge das Filter sein Transmissionsmaximum hat.
- **Die Halbwertsbreite:** Da die Breite der Durchlasskurve an ihrer Basis nur ungenau bestimmt werden kann, greift man auf den Wert zurück, der die Breite der Durchlasskurve auf der Hälfte ihrer Höhe angibt. Je geringer diese sog. Halbwertsbreite ist, desto »schmalbandiger« ist das Filter.

Verwendet man ein Linienfilter, dessen Transmissionsmaximum einer Wellenlänge entspricht, in der ein astronomisches Objekt viel Licht emittiert, blendet das Filter alle anderen Wellenlängen, auch die von Störlichtquellen, wirkungsvoll aus, ohne das Licht des Objektes signifikant zu schwächen. Einige Informationen sind daher hilfreich: Die Wellenlängen der Störlichtquellen sollten ebenso bekannt sein wie das Spektrum des aufzunehmenden Himmelsobjektes.

Als Beispiel dient das Emissionsspektrum einer typischen Straßenlampe, das demjenigen einer Quecksilberlampe gleicht. Anders als bei Temperaturstrahlern (z.B. Glühlampen) strahlt sie nur Licht in einzelnen spezifischen Wellenlängen ab, die bei 254nm, 405nm, 436nm, 546nm und 578nm liegen. Viele Planetarische Nebel jedoch haben ein Emissionsmaximum bei 500,7nm, dem grünen Licht des zweifach ionisierten Sauerstoffs ([OIII]), und bei 656,3nm, dem tiefroten Licht des angeregten Wasserstoffs (H α). Ein [OIII]- oder H α -Filter blockiert das Licht der Straßenlampen, während das Licht der Nebel fast ungehindert das Filter passiert. Mit langen Belichtungszeiten gelingen durch den Einsatz eines solchen Filters Aufnahmen auch an Standorten mit großer Lichtverschmutzung. Allerdings sind es einfach rote oder grüne Fotos, die auf diese Weise entstehen, so dass eine Schwarz-Weiß-Darstellung zu bevorzugen ist. Es ist aber möglich, drei durch verschiedene Li-

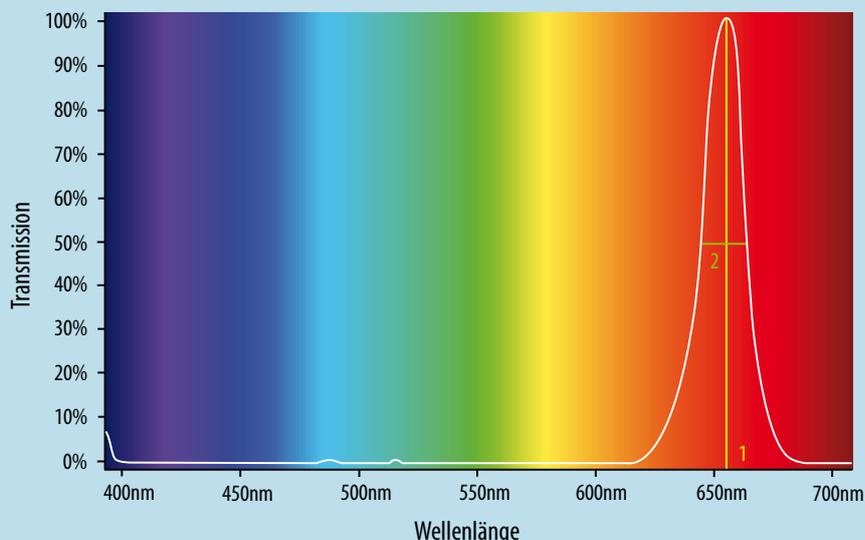


Abb. 1: Transmissionskurve eines H α -Linienfilters. Eingezeichnet ist die Lage des Transmissionsmaximums (gelbe Linie (1) bei 656nm = H α) und die Halbwertsbreite (grüne Linie (2)).



Abb. 2: M 27 im Licht der H α -Linie, aufgenommen mit einem 900mm-Teleskop, STL-11000M, H α -Filter, 19x5min, 2x2-Binching.

nienfilter aufgenommene Bilder zu einem Dreifarbenkomposit zu vereinigen – ähnlich dem Verfahren bei RGB-Aufnahmen, nur dass hier die Farbbereiche viel enger sind. Dafür geeignete dritte Linienfilter sind das H β - (Transmissionsmaximum bei 486nm) und das SII-Filter (Schwefel, Maximum bei 672nm). Bei einem H α -, [OIII]- und H β -Komposit kann man z.B. den drei Wellenlängen die Farben rot, grün und blau zuordnen. H α - und SII-Filter sind mit

unmodifizierten digitalen Spiegelreflexkameras nicht oder nur eingeschränkt zu gebrauchen. Die Kamera sollte für Astroaufnahmen umgebaut sein, wobei ein Sperrfilter vor dem Sensor entfernt werden muss. Wenn Sie eine digitale Spiegelreflexkamera verwenden, greifen Sie bevorzugt zu einem Filter mit der größeren Halbwertsbreite. Übrigens: Aufnahmen mit Linienfiltern gelingen auch in Nächten mit hellem Mondschein.

Planetarische Nebel ultrahochaufgelöst

Deep-Sky-Fotografie mit »Lucky Imaging«

VON BERND GÄHRKEN

Durch die Video- und Webcamrevolution ist es heute möglich Aufnahmen zu erzielen, deren Auflösung nicht mehr durch die Luftunruhe, sondern durch die Optik begrenzt ist. Dabei werden tausende kurz belichteter Aufnahmen automatisch ausgewertet und nur jene Bilder verwendet, bei denen das Seeing gut ist. Für diese Technik hat sich der Begriff »Lucky Imaging« etabliert.

Mit dieser Technik lassen sich im Idealfall Resultate erzielen, die mit denen einer adaptiven Optik vergleichbar sind. Um das Seeing einzufrieren, sollten die Belichtungszeiten möglichst kurz gewählt werden. Dadurch ist die Technik auf helle Objekte beschränkt. Meist sind Mond und Planeten das Ziel. Zum Glück gibt es auch einige sehr helle Deep-Sky-Objekte. Neben Doppelsternen sind dabei besonders Planetarische Nebel interessant.

Instrumentierung

Auf technischer Seite kann man durch die Wahl einer großen Optik und einer

lichtempfindlichen Kamera die Ausgangssituation verbessern. Bei vielen Volkssternen findet man inzwischen Teleskope mit Öffnungen zwischen 500mm und 1000mm Öffnung. Auch im privaten Bereich sind Optiken mit 300mm nicht mehr ungewöhnlich. Da die Belichtungszeiten kurz sind, genügt in der Regel eine einfache Montierung. Selbst mit azimutalen Dobson-Antrieben lassen sich brauchbare Resultate erzielen.

Kameraseitig war die Entwicklung der Mikrolinsenchips ein großer Schritt nach vorn. In der Astroszene haben die Überwachungskameras vom Typ Mintron und Watec weite Verbreitung gefunden. Trotz fehlender Kühlung haben sie ein sehr

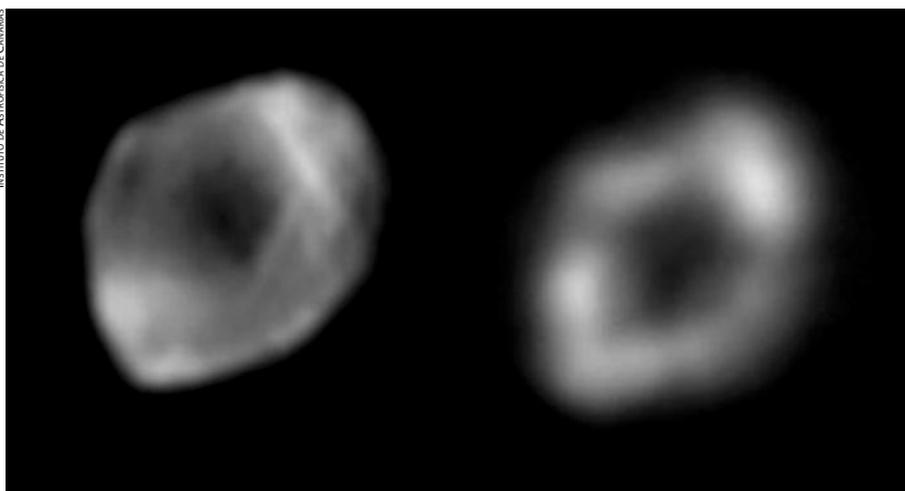
gutes Signal-Rausch-Verhältnis. Die Mintron-Kamera ist dabei etwas empfindlicher, rauscht aber dafür auch etwas stärker als die Watec-Modelle. Als typische Videokameras liefern sie Halbbilder, die während der Bildverarbeitung durch De-Interlacing getrennt werden sollten. Additionsprogramme wie Giotto bieten entsprechende Optionen.

Aufnahmetechnik

Die Kameras arbeiten analog und das Signal muss erst mit einem Grabber digitalisiert werden. Sie haben nur einen relativ kleinen Video-Chip, können aber dafür schnell ausgelesen werden. Die Dynamik ist mit 8 Bit gering. Da aber hunderte von Bildern addiert werden, hat das Summenbild einen ausreichenden Dynamikumfang, um weitere Bildverarbeitung zuzulassen. Die Mintron- und Watec-Kameras ermöglichen Belichtungszeiten zwischen 1/25s und einigen Sekunden.

Idealerweise wird man versuchen, am Teleskop die Belichtungszeiten der Rohbilder soweit wie möglich zu reduzieren. Das eigentliche Zielobjekt ist während der Aufnahme gewöhnlich nicht sichtbar. Wichtig ist, dass es im Feld zumindest einen ausreichend hellen Stern gibt, der zur Beurteilung der Bildqualität verwendet werden kann. Viele Planetarische Nebel haben einen hellen Zentralstern, der dazu bestens geeignet ist. Falls es keinen hellen Zentralstern gibt, finden sich in der Regel doch einige Feldsterne, die dazu genutzt werden können.

Abb. 1: Die Aufnahme des selten fotografierten **Vyssotsky 1-2** entstand bei sehr gutem Seeing, so dass 30% von 1170 Watec-Bildern mit einer Belichtungszeit von je 1,28s addiert werden konnten. Rechts ein Vergleichsbild des Nordic Optical Telescope.



INSTITUTO DE ASTRONOMIA DE CANARIAS

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.

Die ideale Belichtungszeit ist ein der Situation angepasster Erfahrungswert. Er hängt vorrangig von der Helligkeit des Kontrollsterns ab. Sechs Bilder pro Sekunde sind ein geeigneter Richtwert. In Extremfällen kann man auch auf zwei Bilder je Sekunde gehen. Höhere Belichtungszeiten sind nur bei sehr gutem Seeing sinnvoll. Mit den steigenden Rohbildbelichtungszeiten muss in der Regel die Sortierrate gesenkt werden – je länger die Rohbildbelichtungszeit, desto unwahrscheinlicher ist es, ein scharfes Bild zu erwischen. Bei einer halben Sekunde Belichtungszeit kann die Aufnahmedauer auf diese Weise eine ganze Nacht umfassen. Manchmal bleiben von zehntausend Rohbildern nur einige hundert für die Addition übrig. Wenn die notwendigen Sortierraten sehr klein sind und 5% unterschreiten, kann es vorkommen, dass die Ergebnisse einer Handselektion den Ergebnissen einer Softwareselektion überlegen sind. Zehntausend Bilder per Hand zu selektieren mag mühsam klingen, doch wenn man pro Bild nur eine Sekunde zur Ja-Nein-Entscheidung benötigt, ist die Aufgabe in etwa drei Stunden zu lösen. Manchmal kann man so Resultate erzielen, die im Amateur- und Profibereich neue Maßstäbe setzen. Das Bild des selten fotografierten Vyssotsky 1-2 ist dafür ein gutes Beispiel: Obwohl der Winzling weniger als 1% der Fläche des bekannten Ringnebels besitzt, ist in der Struktur doch die Verwandtschaft zum großen Bruder gut zu erkennen.

Geeignete Objekte

Anders als Galaxien konzentrieren sich die Planetarischen Nebel entlang der Milchstraßenebene und stehen meist in sternreichen Regionen. Der Sommer ist die beste Saison für die PN-Fotografie, weil durch den Blick in Richtung Milchstraßenzentrum die Zahl der Objekte weiter erhöht wird. Insgesamt sind ca. 2000 Planetarische Nebel bekannt. Die Zahl

Abb. 4: Der Saturnnebel NGC 7009, 31"-Cassegrain bei 4000mm Brennweite, Watec-Videokamera, 18% von 5871 Bildern mit je 0,32s Belichtungszeit verwendet. Rechts ein Vergleichsbild des HST im Licht der [OIII]-Linie.

Abb. 5: Der »Blaue Schneeball« NGC 7662, 31"-Cassegrain bei 4000mm Brennweite, Watec-Videokamera, 17% von 4189 Bildern mit je 0,64s Belichtungszeit verwendet, sowie Canon D60 (Farbkana). Rechts ein Vergleichsbild des HST im Licht der [OIII]-Linie.

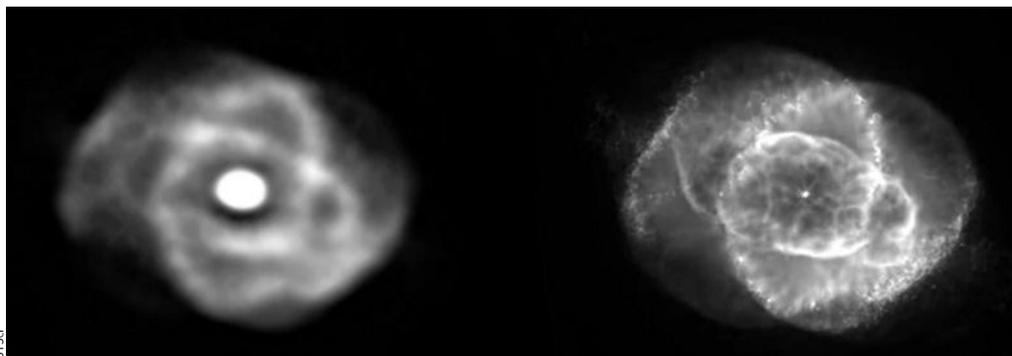
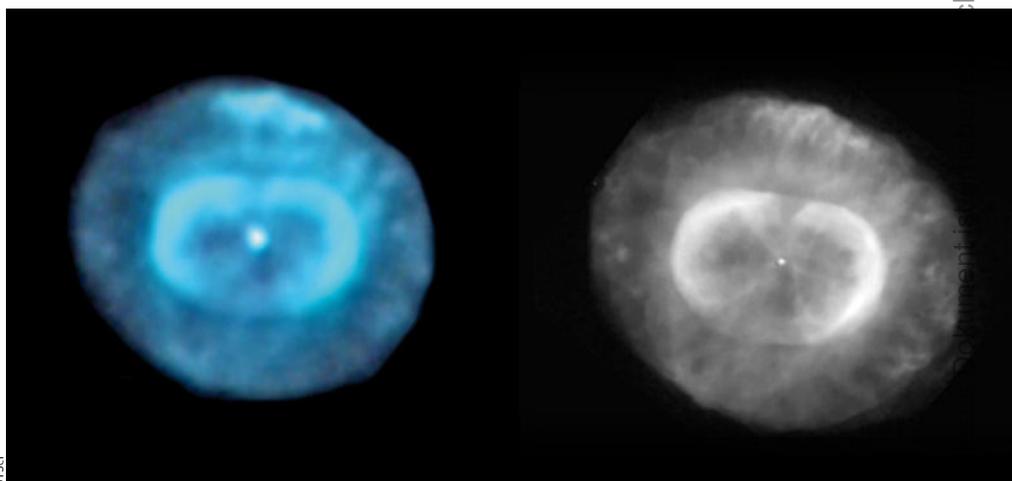
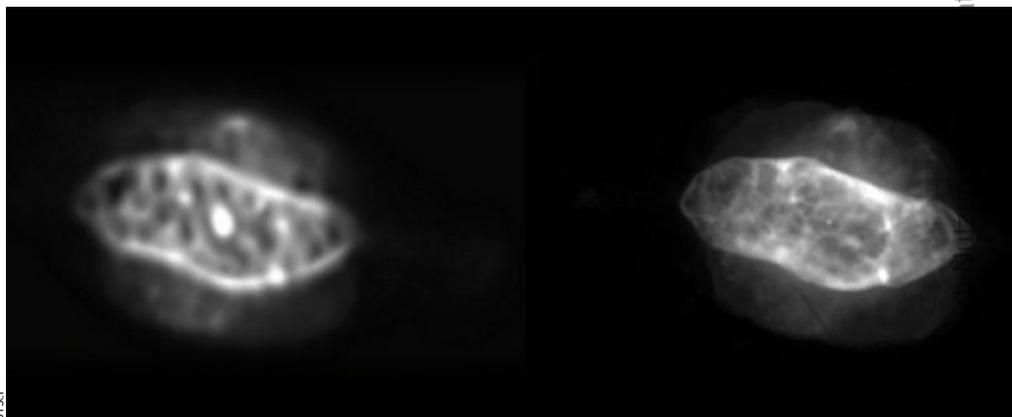
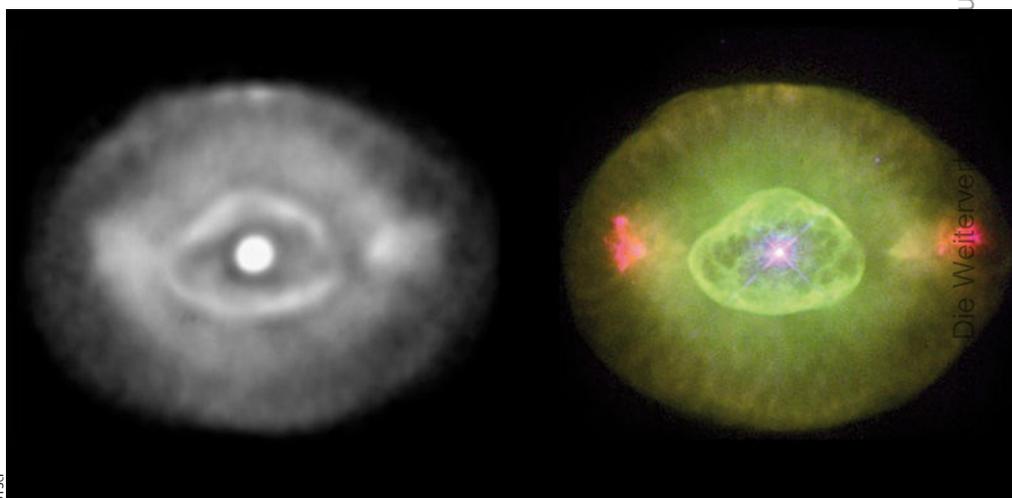


Abb. 2: Der Katzenaugennebel NGC 6543, 31"-Cassegrain bei 8000mm Brennweite, Mintron-Videokamera, 15% von 3600 Bildern mit je 0,24s Belichtungszeit verwendet. Rechts ein Vergleichsbild des HST.

Abb. 3: NGC 6826, 31"-Cassegrain bei 8000mm Brennweite, Mintron-Videokamera, UHC-Filter, 47% von 3610 Bildern mit je 0,64s Belichtungszeit verwendet. Rechts ein Vergleichsbild des HST.



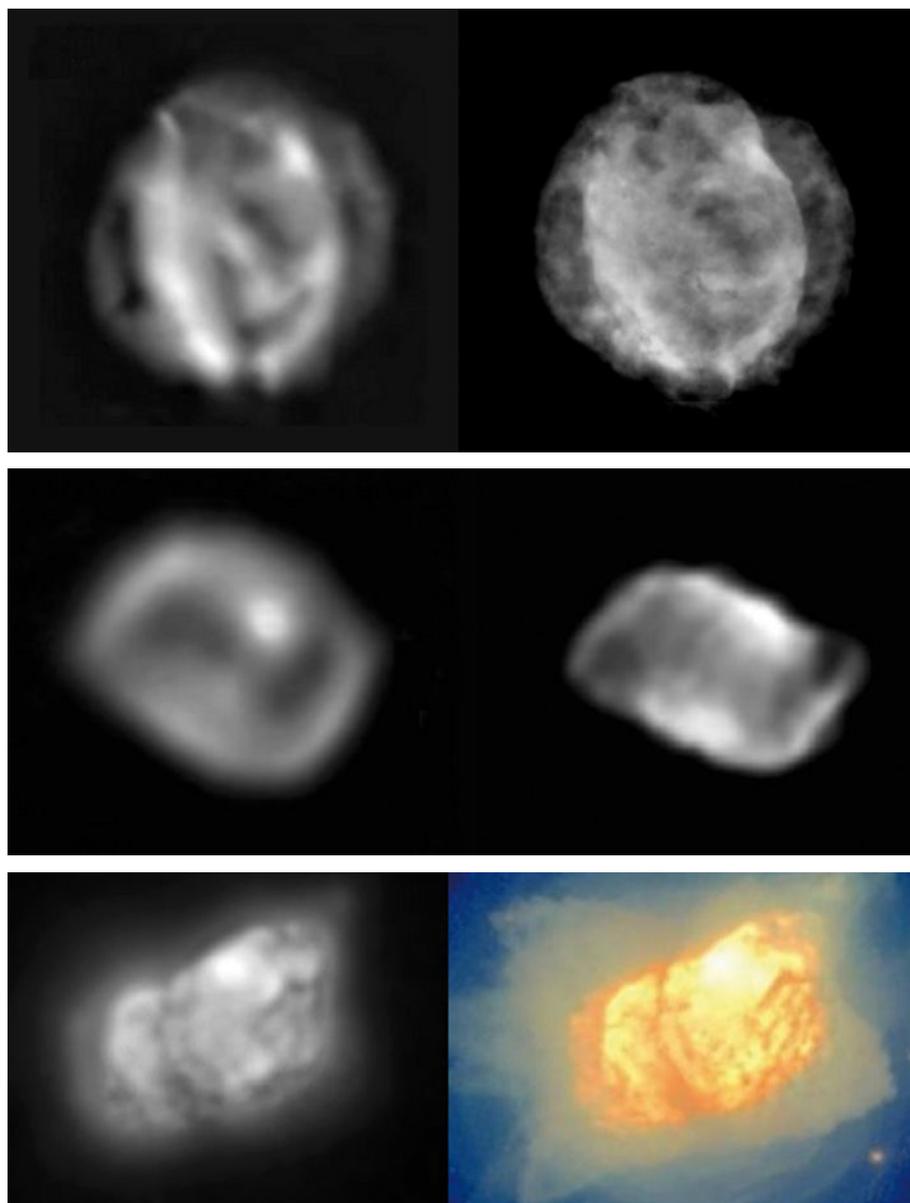


Abb. 8: NGC 7027 bei sehr gutem Seeing. Der helle PN misst $18'' \times 10''$. 31"-Cassegrain bei 8000mm Brennweite, Mintron-Videokamera, 10% von 3000 Bildern mit je 0,16s Belichtungszeit verwendet. Rechts ein Vergleichsbild des HST.

Surftipps

Deepsky-Browser: messier45.com
The IAC Morphological Catalog of Northern Galactic Planetary Nebulae:

www.iac.es/nebu/nebula.html

Catalogue of Galactic Planetary Nebulae:

www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Kohoutek/kohoutek/WEBcpgn2/text1/text1.html

Bildgalerie der Uni Tübingen:

astro.uni-tuebingen.de/groups/pn/

Archiv des HST: archive.stsci.edu/hst/search.php

Giotto: www.videoastronomy.org

Eye & Telescope: www.eyetelescope.com

Homepage des Autors: www.astrode.de/mplaneta.htm

der prominenten Objekte, die von vielen Amateuren regelmäßig aufgesucht werden, liegt aber nur bei einem Dutzend. Die Zahl der für das Lucky Imaging interessanten Zielobjekte liegt zwischen den Extremwerten. Wichtig ist dabei weder der Durchmesser noch die scheinbare Helligkeit sondern die Flächenhelligkeit. Es gibt einige Objekte mit 13^m die bei $2''$ Durchmesser noch interessante Resultate ermöglichen, während andere, nominell hellere Riesenobjekte nur auf extrem lang belichteten Aufnahmen sichtbar werden.

Hilfreich bei der Objektwahl sind filterbare Objektlisten, wie sie auf einigen Internetseiten oder in Computerprogrammen existieren. Besonders hilfreich ist die Filterfunktion des Programms Eye & Telescope, die nicht nur Zeit und Ort, sondern auch die Himmelsqualität und das

verwendete Instrument einbezieht. Die Resultate sind nach allen Katalogangaben wie Größe, Helligkeit, Flächenhelligkeit oder Sternbild sortierbar. Aus den ausgewählten Objekten kann ein Beobachtungsplan mit maßgeschneiderten Aufsuchkarten exportiert werden.

Unter den etwa 100 passenden Objekten finden sich auch einige Exoten, die selbst von den Berufsastronomen bislang nur ungenügend untersucht worden sind. Manchmal sind seit der spektroskopischen Entdeckung Jahrzehnte vergangen und hochaufgelöste Aufnahmen mit moderner Technik gibt es bislang kaum. Ähnlich wie die Amateure konzentrieren sich auch die Profis auf nur eine relativ kleine Zahl intensiv untersuchter Nebel. Während es zu einigen Nebeln im Internet hunderte von Facharbeiten gibt, kann es durchaus sein, dass andere ähnlich helle Objekte fast vollständig ignoriert werden.

Abb. 6: NGC 6818, 31"-Cassegrain bei 8000mm Brennweite, Mintron-Videokamera, 25% von 2496 Bildern mit je 0,64s Belichtungszeit verwendet. Rechts ein Vergleichsbild des HST im Licht der [OIII]-Linie.

Abb. 7: NGC 6741, 31"-Cassegrain bei 3200mm Brennweite, Mintron-Videokamera, 15% von 5477 Bildern mit je 0,64s Belichtungszeit verwendet. Rechts ein Vergleichsbild des HST im Licht der [OIII]-Linie. Der Durchmesser des selten fotografierten Nebels liegt bei $8''$.

Vergleichsaufnahmen

Manchmal ist es schwierig für die eigenen Bilder geeignete Vergleichsaufnahmen zu finden. Das Hubble-Weltraumteleskop hat zu einigen prominenten PN hochaufgelöste Bilder geliefert (vgl. Seite 15). Die Archive sind öffentlich zugänglich. Eine weitere wichtige Quelle ist der »IAC Morphological Catalog of Northern Galactic Planetary Nebulae«. Dieser Katalog enthält 243 Planetarische Nebel, deren Bilder mit dem 2,56m-NOT-Teleskop auf den Kanarischen Inseln entstanden sind. Das NOT nutzt ebenfalls die Technik des Lucky-Imagings. Dennoch kann es vorkommen, dass Amateuraufnahmen die Ergebnisse des NOT übertreffen. Auch beim Lucky-Imaging spielt das Seeing zum Aufnahmezeitpunkt noch eine große Rolle. Ein kleines Teleskop mit etwas länger belichteten Rohbildern kann bei gutem Seeing einem großen Teleskop mit kurz belichteten Rohbildern und schlechtem Seeing überlegen sein.

Georg Reus (1938–2008)

Eine Retrospektive in Bildern

ZUSAMMENGESTELLT VON RONALD STOYAN

Am 27.7.2008 verstarb der Astrofotograf Georg Reus [1]. Er war in den 1980er und 1990er Jahren einer der führenden Fotografen Planetarischer Nebel, denen er sich ganz verschrieben hatte. interstellarum-Lesern sind vor allem seine 47 Bilder im »Bildatlas Planetarischer Nebel« in Erinnerung [2, 3]. Wir zeigen nochmals Ausschnitte aus seinem Lebenswerk, in der Reihenfolge der von ihm selbst vergebenen Negativnummern. Alle Abbildungen entstanden mit einem 14"-SCT auf hypersensibilisiertem TP2415 mit manueller Nachführkontrolle.

M 27, Negativ #27, 14.8.1988, 4m Brennweite, 75min belichtet.



NGC 7026, Negativ #26, 12.8.1988, 4m Brennweite, 60min belichtet.



NGC 7026, Negativ #30, 7.9.1988, 4m Brennweite, 30min belichtet.



NGC 6543, Negativ #39, 7.9.1989, 8m Brennweite, 7min belichtet.



NGC 1501, Negativ #43, 1.12.1989, 4m Brennweite, 120min belichtet.



IC 418, Negativ #43, 2.12.1989, 8m Brennweite, 6min belichtet.



IC 2149, Negativ #44, 2.12.1989, 4m Brennweite, 33min belichtet.



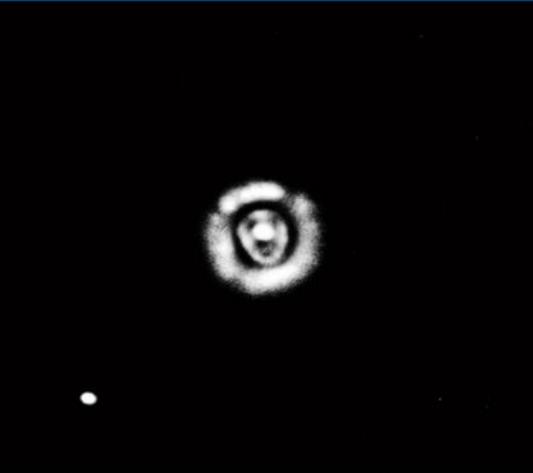
M 1-79, Negativ #54, 4.10.1991, 4m Brennweite, 150min belichtet.



IC 289, Negativ #60, 28.9.1992, 4m Brennweite, 120min belichtet.



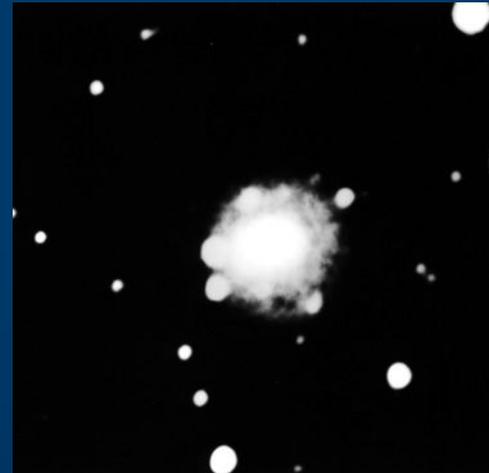
NGC 2392, Negativ #61, 22.2.1993, 4m Brennweite, keine Angabe zur Belichtung.



NGC 6804, Negativ #65, 23.5.1993, 4m Brennweite, 105min belichtet.



He 1-5, Negativ #68, 4.8.1994, 2,5m Brennweite, 150min belichtet.



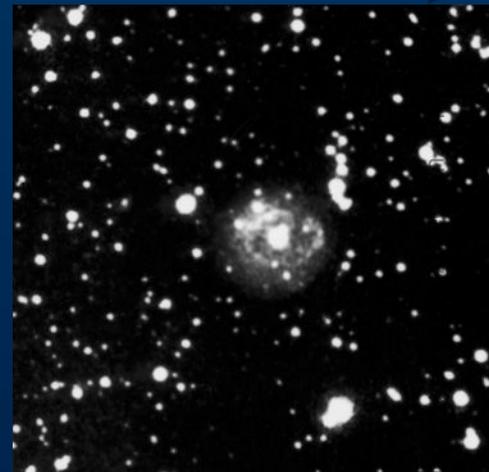
M 97 mit Galaxie MCG+9-19-14, Negativ #71, 23.3.1995, 2,5m Brennweite, 140min belichtet.



ARO 342, Negativ #72, 24.7.1995, 4m Brennweite, 165min belichtet.



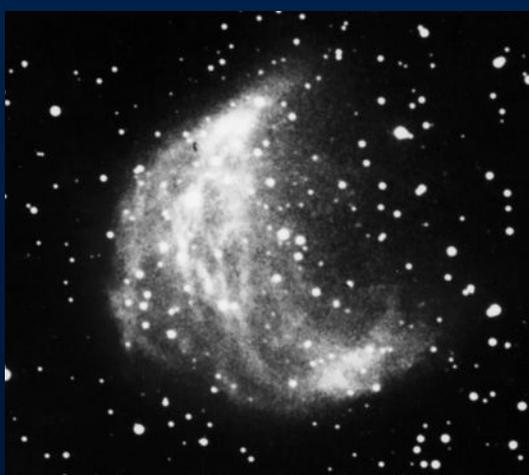
Abell 78, Negativ #75, 6.8.1995, 2,5m Brennweite, 135min belichtet.



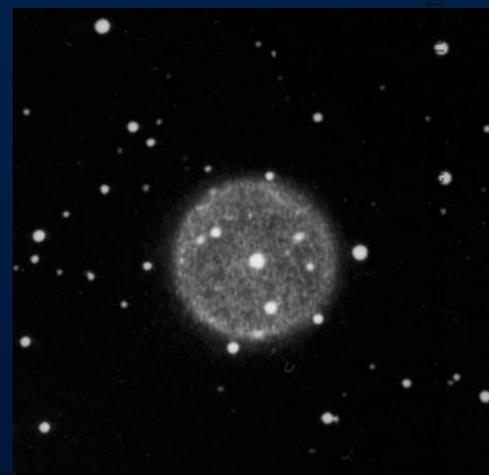
Simeis 22, Negativ #76, kein Datum, 2,5m Brennweite, 135min belichtet.



Abell 21, Negativ #78, 14.3.1996, 2,5m Brennweite, 150min belichtet.



Abell 39, Negativ #80, 21.3.1996, 2,5m Brennweite, 175min belichtet.



Literatur:

- [1] Stoyan, R.: Georg Reus (1938–2008), interstellarum 61, 74 (2009), [2] Reus, G., Stoyan, R.: Bildatlas heller Planetarischer Nebel – Teil 1, interstellarum 6, 13–17 (1996)
 [3] Reus, G., Stoyan, R.: Bildatlas heller Planetarischer Nebel – Teil 2, interstellarum 8, 11–17 (1996)

Astrofotos unserer Leser



M 27 mit Halo, CCD-Aufnahme, 10,25"-Cassegrain bei 3000mm, SBIG STL-1100M, 7×37min (H α), 7×10min (je RGB), Astronomik-Filter.
Immo Gerber



NGC 7008, CCD-Aufnahme, 12"-Schiefspiegler bei 5000mm (L) und 15"-Newton bei 1905mm (RGB), SBIG ST-10XME, CFW8 und AO7, 20×5min (L), 5×5min (je RG), 4×5min (B), AstroDon-Filter.
Bernd Flach-Wilken und Volker Wendel



NGC 1501, CCD-Aufnahme, 15"-Newton bei 3050mm, SBIG ST-10XME, CFW8 und AO7, 15×5min (L), 3×5min (je RGB), AstroDon-Filter.
Volker Wendel



NGC 1514, CCD-Aufnahme, 10"-Ritchey-Chrétien bei 1600mm, ATIK16HR, 12x10min (L), 4x10min (je RGB). *Wolfgang Kloehr*



▲ **NGC 2818**, CCD-Aufnahme, 14"-Ritchey-Chrétien bei 3000mm, SBIG ST10-XME, 14x5min (L), 3x5min (je RGB). *Wolfgang Kloehr, Ralf Mündlein, Reinhard Nürnberger*



Abell 24, CCD-Aufnahme, 12"-Newton bei 1370mm, SBIG ST-10XME, AO-8, 16x5min (L), 10x10min (H α), 6x5min (je RG), 6x9min (B), Astronomik LRGB Typ II. *Andreas Rörig*

▶ **NGC 6826**, CCD-Aufnahme, 12"-ACF bei 3000mm, SBIG ST-2000XM, 20x2min (L), 5x2min (je RGB), SBIG LRGB-Filter. *Michael Deger*



Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Verbreitung und zuminauerst Zweisitzer. Die Weiterverbreitung ist untersagt.



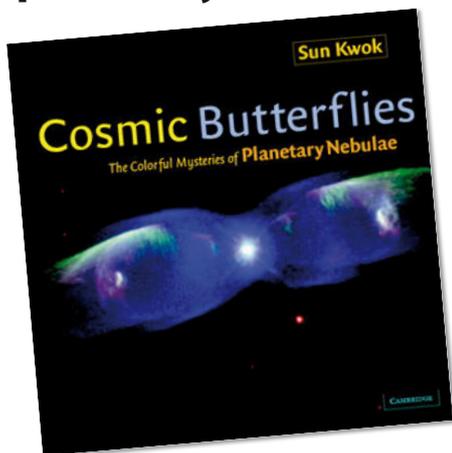
Lubos Kohoutek: Catalogue of Galactic Planetary Nebulae

Er war für Generationen von PN-Beobachtern die Referenz schlechthin: Der »PK«, der Katalog von galaktischen Planetarischen Nebeln der tschechischen Astronomen Perek und Kohoutek aus dem Jahr 1967. Lubos Kohoutek, Hauptobservator an der Sternwarte Hamburg-Bergedorf, hat im Jahr 2000 eine Neuauflage in zwei Bänden vorgelegt. Der erste Band gibt einen Katalog mit Koordinaten und alternativen Bezeichnungen sowie Listen mit Entdeckungsdaten und missklassifizierten PN. Im zweiten Teil sind Aufsuchfotos mit $10' \times 10'$ Seitenlänge von 714 der insgesamt behandelten 1510 Objekte gegeben, die insbesondere bei der Identifikation der kleineren Objekte nützlich sein können. Beide Bände können direkt bei der Hamburger Sternwarte bestellt werden und sind auch im Internet verfügbar.

■ Ronald Stoyan

Lubos Kohoutek: Catalogue of Galactic Planetary Nebulae, Abhandlungen aus der Hamburger Sternwarte, Band XII, 2001, www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Kohoutek/index.html

Sun Kwok: Cosmic Butterflies – The colorful mysteries of planetary nebulae



Wie entstehen Planetarische Nebel und wie hängt dies mit dem Endstadium der Sternentwicklung zusammen? Wie sieht die ferne Zukunft unserer Sonne aus? Der Autor Sun Kwok ist einer der bekanntesten Spezialisten auf dem Forschungsgebiet Planetarischer Nebel. In »Cosmic Butterflies« diskutiert er diese Fragen anhand der 2001 verfügbaren Erkenntnisse in der Astrophysik, die bis heute kaum an Gültigkeit eingebüßt haben. Eine Vielzahl beeindruckender Fotos des Hubble Space Telescope dient zur Illustration der Kapitel über die frühe

Entstehung dieser Nebel, das AGB-Stadium, deren proto-planetarische Anfangsphase bis hin zum gereiften Planetarischen Nebel. Weitere Abschnitte des Buches widmen sich der Morphologie dieser Objekte, den Techniken zu ihrer weiteren Erforschung und den zahlreichen noch ungelösten Rätseln zu ihrer Natur. Kwoks Buch ist auch acht Jahre nach seinem Erscheinen eine fundierte und gut verständliche Einführung in die Astronomie Planetarischer Nebel.

■ Thomas Rattei

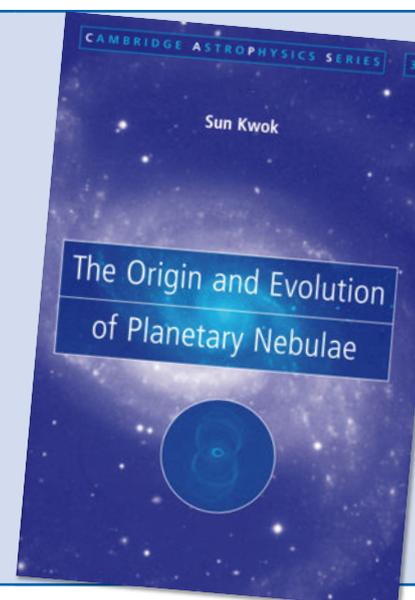
Sun Kwok: Cosmic Butterflies – The colorful mysteries of planetary nebulae, Cambridge University Press 2001, ISBN 978-0521791359, 190 S., 35€

Sun Kwok: The Origin and Evolution of Planetary Nebulae

Wer sich tiefer mit Planetarischen Nebeln befassen will, findet mit Kwoks anderem Buch einen astrophysikalischen Zugang zu dieser Objektklasse. Auf technisch anspruchsvollem Niveau informiert dieses für die Lehre konzipierte Fachbuch über die Entstehung Planetarischer Nebel. Obwohl es gerade über die frühen Phasen der Bildung der PN inzwischen neue Erkenntnisse gibt, ist Kwoks Buch immer noch die einzige, auch außerhalb von Institutsbibliotheken erhältliche Referenz zu Planetarischen Nebeln überhaupt.

■ Ronald Stoyan

Sun Kwok: The Origin and Evolution of Planetary Nebulae, Cambridge University Press 2000, ISBN 0-521-62313-8, 244 S., 50\$



Kleinanzeigen

Verkaufe Carbon-Sandwichtubus bis 12,5", 325 Innendurchm. 12 mm Wanddicke, 1,60 m lang, 7,5 kg, sehr fest und steif, fast wärmedehnungsfrei, 880,-€. 8 Carbonrohre, 20 mm Innendurchm. 0,8 mm Wanddicke, 1,40 m lang, je 115 g, 440,- €. • Ernst Schöberl, Tel.: 09725/239077, E-Mail: eschoe@fh-sw.de

Verkaufe Celestron 11 XLT-Vergütung, Carbon-Tubus, 9x50 Su., Flexi Taukappe, Baader Schiene VB 1950,-€. Coronado PST CaK, VB 370,-€, Großfeldstecher 22x100 von TS mit Tragekoffer, VB 220,-€. Alles neuwertig, kaum gebraucht. • Dr. Michael ANTON, Info auch weitere Optik-Foto 0571/7989310, E-Mail: staranton@aol.com

Surftipps

Institute und Datenbanken

astro.uni-tuebingen.de/groups/pn/
Universität Tübingen (D): Spektrale
 Aufnahmen vieler PN in den Wellenlängen
 Ha, [NII], [HeII] und [OIII]

vizier.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR?-source=V/84

Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae (E): Der umfassendste Katalog Planetarischer Nebel

www.iras.ucalgary.ca/salddb/Sec.html

University of Calgary (E): Browser, der auf Daten des SEC zugreift

<ftp://ftp.lowell.edu/pub/bas/deepsky/pn.bright>

Lowell Observatory (E): Aktuelle Daten der NGC/IC PN

www.iac.es/nebu/catalog.html

IAC Morphological Catalog of Northern Galactic PN (E): 607 Bilder von 234 Nebeln im FITS-Format

www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Kohoutek/kohoutek/WEBcgpn2/text1/index.html

www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Kohoutek/kohoutek/WEBcgpn2/table8-DEF/index.html

Catalogue of Galactic Planetary Nebulae (E): Daten und Bilder des PK-Nachfolgers

hubblesite.org/newscenter/archive/releases/nebula/planetary/

Space telescope Science Institute (E): Aufnahmen vieler PN des Weltraumteleskops Hubble

Amateurprojekte

www.astro-visuell.de/astro/projekt/pn/
Daniel Restemeier, Uwe Glahn (D):
 Zeichnerische Vorstellung von über 300 PN des nördlichen Himmels (bis 20° Deklination) mit Beobachtungsnotizen, und weiterführenden Informationen mit 16" Öffnung

www.astro-visuell.de/astro/projekt/exopn/exo1.html

Daniel Restemeier, Uwe Glahn (D):
 Zeichnungen und Beobachtungen sämtlicher PN der Nummer 1 des jeweiligen Objektkataloges mit 16" Öffnung

www.blackskies.org

Doug Snyder (E): umfangreiche Zusammenstellung sämtlicher PN mit detaillierten Aufsuchkarten, Beobachtungsnotizen und Objektlisten

www.jens-bohle.de/die_grossen_pn.htm

Jens Bohle (D): die 34 größten PN am Himmel (>9') mit Objektdateien und wenn vorhanden visuellen Amateurbeobachtungen und Fotos

www.astronomy-mall.com/Adventures.In.Deep.Space/pnfirsts.htm

Jim Shields (E): Liste von einigen PN mit der ersten Nummer des jeweiligen Kataloges

www.astronomy-mall.com/Adventures.In.Deep.Space/pnwinter.htm

Jim Shields (E): Beobachtungsnotizen einer Auswahl von 12 Winterobjekten unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades

www.astronomy-mall.com/Adventures.In.Deep.Space/pnsummer.htm

Jim Shields (E): Beobachtungsnotizen einer Auswahl von 12 Sommerobjekten unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades

www.astronomy-mall.com/Adventures.In.Deep.Space/pnfall.htm

Doug Snyder (E): Beobachtungsnotizen zu 9 Herbstobjekten unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades

www.astro-visuell.de/astro/berichte/humanson/humanson.html

Daniel Restemeier (D): Daten, Zeichnungen und Beobachtungsnotizen aller 3 PN des Humason-Kataloges

www.astronomy-mall.com/Adventures.In.Deep.Space/MASH.Planetaries.html

Steve Gottlieb, Kent Wallace (E):
 Beobachtungsnotizen zu 7 von den neu entdeckten MASH-PN mit 18" und 20" Öffnung

www.schoenball.de/astro/projekte/ppn/ppn.htm

Martin Schoenball (D): 12 Protoplanetarische Nebel mit Daten und Beobachtungen mit 10" Öffnung

Zeichnungen (Auswahl)

www.beyond-earth.de

Christian Busch (D): Zeichnungen mit 8", 13" und 18" Öffnung

www.blickinsuniversum.de/pn_index.html

Markus Dähne (D): Zeichnungen mit 10", 14" und 24" Öffnung

www.astro-visuell.de

Daniel Restemeier (D): Zeichnungen mit vorwiegend 10" und 16" Öffnung

www.deepsky-visuell.de/PN.htm

Uwe Glahn (D): Zeichnungen mit vorwiegend 16" Öffnung

www.schoenball.de/astro/projekte/ppn/ppn.htm

Martin Schoenball (D): Zeichnungen mit 10" Öffnung

www.andreas-domenico.de/astro/pn.html

Andreas Domenico (D): Zeichnungen mit 18" Öffnung

free.pages.at/visualastronomy/ds/pn/dspn.htm

Manuel Pötschacher (D): Zeichnungen mit 4" und 6" Öffnung

www.astrosurf.com/magnitude78/serge/diffus.html#N

Serge Vieillard (F): Zeichnungen mit 3" – 24" Öffnung

www.fortunecity.com/greenfield/twyford/637/drawings.htm

Mark Birkmann (E): Zeichnungen durch teilweise sehr große Fernrohre bis 40" Öffnung

www.jupiter-jp.net/ike/English/indexeng.htm

Kiminori Ikebe (E): Zeichnungen mit unterschiedlichen Instrumenten bis 20" Öffnung

personal.inet.fi/surf/deepsky/planetary.htm

Iiro Sairanen (E): Zeichnungen mit 4,5" und 16" Öffnung

www.kolumbus.fi/jaakko.saloranta/Deepsky/Planetaries.html

Jaakko Saloranta (E): Zeichnungen mit 8" Öffnung

skytour.homestead.com/sketch.html

Wes Stone (E): Zeichnungen mit unterschiedlichen Öffnungen

Fotos (Auswahl)

www.astrode.de/mplaneta.htm

Bernd Gährken (D): sehr detaillierte Aufnahmen mit vorwiegend 32" Öffnung

www.capella-observatory.com/PlanetaryNebulaeIndex.htm

Stefan Binnewies, Josef Pöpsel, Rainer Sparenberg (D): CCD Farbaufnahmen mit 24" Öffnung

www.astro-koop.de/pn.htm

Stefan Heutz, Wolfgang Ries (D): Aufnahmen mit 10,5" bis 24" Öffnung

Demnächst in interstellarum

Aktueller Stand der Planungen für die nächsten Ausgaben. Aufgrund von aktuellen Ereignissen können sich Verschiebungen ergeben.

40 Jahre Mondlandung

Auch unter Amateuras-
tronomen ist die Mei-
nung weit verbreitet,
die Mondlandung vor
40 Jahren sei inszeniert
gewesen. interstella-
rum zeigt die Argu-
mente der Verschwö-
rungstheoretiker und
ihre Widerlegung.



NASA

Seeing effektiv vorhersagen

Wolkenbedeckung und
Luftunruhe sind die
wichtigsten meteorolo-
gischen Kriterien für vi-
suelle Beobachtungen.
Ein Feldversuch mit Be-
teiligung der interstel-
larum-Leser testet ein
Vorhersagemodell.

Astro-Funkzentrale im Test

Mit dem »Wireless Te-
lescope Drive Master«
von Meade lassen sich
Kameras und Montie-
rungen verschiedener
Hersteller fernsteuern –
was zeigt die Praxis?



U. Dittler

**Heft 64 ist ab 15.5.2009
im Zeitschriftenhandel
erhältlich!**

Aktuelle Berichte, Meldungen aus der Forschung und Neuigkeiten aus der Astroszene erhalten Sie alle 14 Tage im kostenlosen interstellarum-Newsletter: www.interstellarum.de/newsletter.asp

Inserenten dieser Ausgabe

APM Telescopes	80	Berlebach Stativtechnik	76	Kiripotib Astrofarm	76
Astrocom	U3	Beyersdörfer GmbH	49	Lunt Solar Systems	29
Astrolumina	74	Farm Tivoli	76	Meade Instruments	U4
Astronomie.de	38	Fujinon Europe	6	Münze Österreich	7
Astronomie + Raumfahrt	30	Gerd Neumann jr.	74	Oculum-Verlag	74/79
Astro-Shop	U2	Intercon Spacetec	4/5	Teleskop-Service	80
ATT Essen	74	Jiri Drbohlav	76	Wolfgang Lille	76

Impressum

www.interstellarum.de | ISSN: 0946-9915

Verlag: Oculum-Verlag GmbH, Westliche Stadtmauerstr. 30a, D-91054 Erlangen

WWW: www.oculum.de

E-Mail: info@oculum.de

Tel.: 09131/970694

Fax: 09131/978596

Abo-Service: Oculum-Verlag GmbH, Westliche Stadtmauerstr. 30a, D-91054 Erlangen

E-Mail: aboservice@interstellarum.de

Tel.: 09131/970694 (Mo–Do 10:00–15:00)

Fax: 09131/978596

Bezug: Jahresbezugspreise 2009 inkl. Zustellung frei Haus: 54,90 € (D), 59,90 € (A, CH), 59,90 € (Ausland), erscheint zweimonatlich Anfang Feb., Apr., Jun., Aug., Okt., Dez., zusätzlich 2 Hefte interstellarum »Thema«



interstellarum erhalten Sie im Presse-Fachhandel mit dem »blauen Globus«. Dort können Sie auch Hefte nachbestellen, wenn sie nicht im Regal stehen.

**PRESSE
Fachhandel**

Vertrieb: für Deutschland, Österreich, Schweiz
Verlagsunion KG, Am Klängenweg 10, D-65396 Walluf

Grafik und Layout: Diana Hoh

Redaktion: redaktion@interstellarum.de

Ronald Stoyan (Chefredaktion), Daniel Fischer, Susanne Friedrich, Frank Gasparini

Mitarbeit: Ulrich Beinert (Technik-Wissen), Peter Friedrich (Schlagzeilen), Kay Hempel (Astronomie mit bloßem Auge), Manfred Holl (Sonne aktuell), Matthias Juchert (Objekte der Saison), André Knöfel (Himmelsereignisse), Matthias Kronberger (Objekte der Saison), Burkhard Leitner (Kometen aktuell), Uwe Pilz (Praxis-Wissen), Thomas Rattei (Rezensionen), Nico Schmidt (Astronomie mit dem Fernglas), Martin Schoenball (Deep-Sky-Herausforderung), Stefan Seip (First Light, Technik-Wissen), Wolfgang Vollmann (Veränderlicher aktuell)

Astrofotografie: Siegfried Bergthal, Stefan Binnewies, Radek Chromik, Michael Deger, Ullrich Dittler, Torsten Edelmann, Bernd Flach-Wilken, Michael Hoppe, Bernhard Hubl, Michael Jäger, Bernd Koch, Erich Kopowski, Walter Koprolin, Bernd Liebscher, Norbert Mrozek, Gerald Rhemann, Andreas Rörig, Johannes Schedler, Rainer Sparenberg, Sebastian Volmer, Mario Weigand, Volker Wendel, Dieter Willasch, Peter Wienerroither, Thomas Winterer

Manuskriptannahme: Bitte beachten Sie unsere Hinweise unter www.interstellarum.de/texte.asp

Copyright/Einsendungen: Für eingesandte Beiträge, insbesondere Fotos, überlassen Sie uns das Recht für einen einmaligen Abdruck und der Archiv-CD. Weitere Nutzungen in Büchern sind nicht gleichzeitig gegeben und bedürfen der Genehmigung durch den Autor. Ausgenommen davon ist der Abdruck ausgewählter Bilder in der Vorschau für die nächste Ausgabe und unter www.interstellarum.de.

Prinzipiell drucken wir nur unveröffentlichte Fotos und Texte. Parallelveröffentlichungen bereits eingesandter Materialien sind gesetzlich für den Zeitraum eines Jahres nach Abdruck untersagt (§ 2-1 Verlagsgesetz) – **wir bitten um Beachtung.**

Bitte informieren Sie uns, ob Ihre Beiträge schon an anderer Stelle veröffentlicht worden sind.

Wir behalten uns vor, bei der Bearbeitung Randpartien einer Aufnahme abzuschneiden und diese zu verkleinern/vergrößern, sowie orthografische und sprachliche Korrekturen vorzunehmen. Eingesandte Beiträge werden nicht sinnenstehend verändert bzw. gekürzt ohne Einverständnis des Autors. Der Verlag übernimmt keine Haftung für unverlangt eingesandtes Material.

Private Kleinanzeigen: können kostenlos unter www.interstellarum.de/kleinanzeigen.asp aufgegeben werden

Geschäftliche Anzeigen: es gilt Preisliste Nr. 10 vom 1.11.2008

Britta Friedsam, Anzeigenleitung, Fax: 09131/978596, E-Mail: werbung@interstellarum.de

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt.