

Astrofotografie im Lichte des Ruhrgebiets

Nicht jeder hat die Möglichkeit, zu einem Beobachtungsplatz fernab künstlicher Lichtquellen zu reisen, wo er Nebel, Sternhaufen und Galaxien unter dunklem Himmel fotografieren kann. Im Ruhrgebiet trotzte ein Sternfreund der Lichtverschmutzung. Mit einem Newton-Teleskop, einer Digitalkamera und einem kostenlosen Bildbearbeitungsprogramm gelangen ihm erstaunliche Astrofotos.

Von Ulrich Teschke

Mein Wohnort ist nicht gerade das, was man als Traum eines Astrofotografen bezeichnen würde. Rheinberg gehört zwar noch zum Niederrhein, befindet sich aber hinsichtlich der Lichtverschmutzung im Dunstkreis des Ruhrgebiets. In nur drei Kilometer Entfernung zu meiner Gartensternwarte befindet sich ein mittelgroßes Chemie- und etwa 16 Kilometer Luftlinie entfernt steht im Duisburger Norden eines der größten Stahlwerke Europas. Mehrere Kohlekraftwerke, eine Müllverbrennungsanlage, ein Skybeamer und zahlreiche Industriegebiete ergänzen den Reigen der Lichtverschmutzer.

Vor 25 Jahren, als ich mit der Astrofotografie begann, gab ich mich noch mit bescheidenen Ergebnissen vor aufgehelltem Himmelshintergrund zufrieden. Doch mit der Zeit wuchsen die Ansprüche, und die Deep-Sky-Fotografie auf Filmemulsio-

nen fand praktisch nur noch an dunklen Standorten in den Alpen oder auf La Palma statt – dort dann allerdings nur mit kleiner Ausrüstung.

Den Schritt zur Digitalfotografie zögerte ich lange hinaus, weil ich mir eine entscheidende Verbesserung der Situation nicht vorstellen konnte. Erst ein Artikel mit dem Titel »Lichtverschmutzung ausgetrickst« in *Sterne und Weltraum* gab mir den entscheidenden Schub (siehe SuW 6/2007, S. 76–81). In diesem Beitrag wird erläutert, wie der belgische Sternfreund Didier Keus unweit der Industriestadt Spa mit einem kompakten Refraktor, Linienfiltern und einer CCD-Kamera faszinierende Falschfarbenaufnahmen erstellte.

Ganz so weit wollte ich nicht gleich gehen, aber mit schmalbandigen Filtern, so dachte ich, müssten doch auch mit einer digitalen Spiegelreflexkamera Aufnahmen von meinem Garten aus gelingen. Im Herbst 2007 war es dann soweit: Ich

kaufte mir eine Canon EOS 350D und ließ die Kamera auch gleich für den Durchlass des H-alpha-Lichts umrüsten, in dem galaktische Nebel leuchten.

Meine Gartensternwarte besteht nur aus einem Kubikmeter Beton mit einer festen Säule darin, einer EQ-6-Montierung und Sichtschutzgittern, die das Licht der Straßenlaternen notdürftig abschatten. Auf die Säule setze ich ein Newton-Teleskop vom Typ Vixen R200-SS mit dem Öffnungsverhältnis 1:4, das mit einem Komakorrektor ausgestattet ist. Die ersten Aufnahmen führte ich noch am Leitrohr von Hand nach, doch inzwischen gönne ich mir den Luxus eines Autoguiders.

Der erste Versuch

Mein erstes Objekt sollte der Hantelnebel Messier 27 werden. Dieser Planetarische Nebel weist zwar keinen besonders großen Winkeldurchmesser auf, aber er leuchtet hell und farbig. Doch die ersten



Dieses detailreiche Bild des Orionnebels Messier 42 entstand unter dem lichtverschmutzten Himmel des Ruhrgebiets. Die Belichtung erfolgte mit einer Canon EOS 350Da an einem Acht-Zoll-Newton-Teleskop mit 800 Millimeter Brennweite. Die Gesamtbelichtungszeit beträgt 1240 Sekunden.

Die Aufnahme unten zeigt kontrastreich den Hantelnebel Messier 27. Das gelungene Bild dieses Planetarischen Nebels war das erste Erfolgserlebnis unter einem von künstlichen Lichtquellen aufgehellten Himmel. Es besteht aus fünf Belichtungen von jeweils drei Minuten bei ISO 800.



ohne Filter aufgenommenen Rohbilder sahen genau so aus, wie das, was ich von den Filmemulsionen her gewohnt war. Ernüchterung machte sich bei mir breit! Trotzdem machte ich mich daran, die Bilder weiterzuverarbeiten.

Ich hatte mich für das im Internet kostenlos erhältliche astronomische Bildbearbeitungsprogramm IRIS entschieden und konnte mit Hilfe der hervorragenden Anleitung im »Praxisbuch der Astronomie mit dem PC« von Steffen Brückner mehrere Bilder kombinieren. Die Feinarbeit erfolgte mit Photoshop. Der Ernüchterung folgte nun ungläubiges Staunen. Aus den scheinbar lausigen Rohbildern entstand ein kontrastreiches Bild des Planetarischen Nebels Messier 27, das alle meine bisherigen Bemühungen in den Schatten stellte (siehe Bild oben rechts).

Nun war mein Feuer entfacht. In der nächsten Stufe wollte ich gemäß meiner ursprünglichen Idee einen Schmalband-

filter einsetzen. Als Objekt nahm ich den Orionnebel Messier 42 ins Visier – einfach und doch so schwierig: Einfach ist es, ein brauchbares Bild vom Orionnebel zu erhalten; schwierig ist es jedoch, die gesamte Dynamik vom hellen Zentrum des Nebels bis hin zu den zarten Ausläufern zu erfassen.

So sammelte ich eine halbe Nacht lang Rohdaten, mit Belichtungszeiten von 0,3 Sekunden für die Trapezsterne im Zentrum des Nebels sowie mit 60 Sekunden ohne Filter und bis zu 180 Sekunden mit H-alpha-Filter für den Nebel. Den gesamten Bildverarbeitungsprozess zu erläutern, würde an dieser Stelle zu weit führen, Details erläutere ich auf meiner Website. Gesagt sei hier nur, dass ich das H-alpha-Bild als Rotkanal in die am längsten belichtete Aufnahmeserie einfügte und die mit IRIS gemittelten Aufnahmeserien verschiedener Belichtungszeiten mit Photoshop in Ebenen übereinander schichtete.

Der letzte Schritt nach dem Verschmelzen dieser Ebenen bestand in einem Rechenverfahren zur Bildschärfung, einer »echten Unschärfemaskierung«, nicht zu verwechseln mit dem Filter »Unschärfemaskierung« in einigen Bildbearbeitungsprogrammen. Der Bearbeitungsaufwand war enorm, zumal ich dabei für mich Neuland betrat. Aber das Ergebnis ließ mich erneut staunen (siehe Bild oben links): Ein derart detailreiches Bild hatte ich mit meinen einfachen technischen Mitteln am Rande des Ruhrgebiets kaum erwartet!

Signal-Rausch-Abstand

Nach der schweren Geburt des Orionnebels wandte ich mich Objekten mit geringeren Helligkeitsunterschieden zu. Sie ermöglichen es, mit nur einer einzigen, aber möglichst lange dauernden Belichtung zu arbeiten. Zunächst musste ich über meinen eigenen Schatten springen und lernen, dass nicht jedes einzelne Rohbild,

sondern nur das Endergebnis gut aussehen soll. Dieses wird umso besser, je mehr Informationen die Rohbilder enthalten und je besser sich das interessierende Signal vom Rauschen trennen lässt, also ein großer Signal-Rausch-Abstand.

Das Rauschen entsteht überwiegend im Bildsensor selbst. Seine einzelnen Bildelemente (englisch: *pixel*) setzen temperaturbedingt Ladungsträger frei, den so genannten Dunkelstrom. Diese Ladungsträger sammeln sich während der Belichtung der Himmelsaufnahme in den Pixeln an. Am Ende der Belichtung werden die Pixelinhalte ausgelesen. Dabei entsteht ein weiteres, durch die Ausleseelektronik bedingtes Rauschen. Dieses Ausleserauschen ist dem Signal des fotografierten Himmelsobjekts überlagert, ebenso wie der Dunkelstrom. Bei höheren Außentemperaturen und wenn sich der Bildsensor durch die Benutzung erwärmt, wird das Rauschen stärker.

Zum Rauschen des Bildsensors addiert sich dann noch die Helligkeit des Himmelshintergrunds, der an meinem Standort recht deutlich vorhanden ist. Das Signal des aufzunehmenden Himmelsobjekts sollte stärker sein als die Rauschbeiträge des Bildsensors und der Hintergrundhelligkeit zusammen, damit sich die weitere Bearbeitung der Aufnahme lohnt. Das bedeutet in der Praxis, die Bilder so lange wie möglich zu belichten, ohne dass dabei die hellsten Partien des Objekts ausbrennen. Wie hell der Himmelshintergrund dabei wird, spielt keine Rolle.

Rechts werden zwei Rohbilder miteinander verglichen, eines mit 300 Sekunden und eines mit 600 Sekunden Belichtungszeit. Zu beiden Bildern ist die Häufigkeitsverteilung der Pixelwerte als Histogramm dargestellt. Das kürzer belichtete Rohbild sieht zwar ansprechender aus, aber das länger belichtete zeigt eine breitere Erhebung im Helligkeitsverlauf des Histogramms. Somit vergrößert sich bei längerer Belichtungszeit der Signal-Rausch-Abstand.

Schmalbandige Nebelfilter

Speziell im Licht einer Großstadt stellt dieses Verfahren den Astrofotografen vor besondere Schwierigkeiten. Bereits nach Belichtungszeiten von zwei bis drei Minuten ist der Hintergrund sehr hell, aber das Signal hebt sich kaum vom Rauschen ab. Nun kommt wieder mein ursprünglicher



Ansatz zum Tragen: Schmalbandige Nebelfilter, wie das von mir genutzte Baader UHC-S-Filter, lassen das von Gasnebeln bei charakteristischen Wellenlängen emittierte Licht nahezu ungehindert passieren, während sie das Streulicht, das von irdischen Lichtquellen stammt, zu einem erheblichen Teil herausfiltern (siehe Kasten rechts). Dadurch lassen sich die Belichtungszeiten bequem auf 10 bis 15 Minuten ausdehnen, bis eine vergleichbare Hintergrundhelligkeit erreicht wird. Gleichzeitig ist das Signal aber fast fünf Mal stärker geworden.

Bei Belichtungszeiten von 15 Minuten und mehr muss sich der Beobachter natürlich schon überlegen, wie viele Rohbilder er aufnehmen möchte, denn die Beobachtungszeit ist kostbar. Bei hellen Objekten

Der Vergleich zweier Rohbilder des Emissionsnebels NGC 281 im Sternbild Kassiopeia veranschaulicht den Einfluss des Rauschens. Das obere Bild wurde 300 Sekunden, das untere 600 Sekunden belichtet. Die Histogramme stellen die Häufigkeitsverteilung der in den Bildern enthaltenen Pixelwerte dar. Die linke Flanke des Helligkeitsverlaufs wird vom Rauschen des Bildsensors und von der Hintergrundhelligkeit des Himmels dominiert, die rechte Flanke entspricht dem etwas stärkeren, gewünschten Signal des Himmelsobjekts. Das untere Bild eignet sich für die Bearbeitung besser, weil hier der Signal-Rausch-Abstand größer ist.

begnüge ich mich mit fünf bis sechs Bildern, bei geringem Signal-Rausch-Abstand dürfen es auch zehn Bilder sein. Zwischen aufeinanderfolgenden Aufnahmen versetze ich den Bildausschnitt um einige Pixel, damit sich der systematische Anteil des Rauschens bei der späteren Summation der Einzelbelichtungen nicht aufaddiert. Bei dieser kleinen Pause kühlt dann auch gleich der Kamera-Chip wieder etwas ab. Beim Abbauen meiner Ausrüstung oder am nächsten Abend erstelle ich dann noch einige Dunkelbilder, wobei es wichtig ist, diese mit gleicher Belichtungszeit und Temperatur aufzunehmen wie die Objektbilder.

Zusätzlich nahm ich einmal auch Bilder einer gleichmäßig beleuchteten Fläche auf (englisch: *flatfield*). Diese Aufnahmen erstellte ich mit und ohne Linienfilter. Dividiert man die Rohbilder durch das jeweilige Flatfield, so lässt sich der Einfluss unterschiedlicher Pixelempfindlichkeiten und die ungleichmäßige Ausleuchtung des Bildes durch die Vignettierung der Optik ausgleichen. Mit dem Erzeugen der Rohdaten ist jedoch erst der kleinere Teil der Arbeit erledigt, die Bildbearbeitung ist mindestens ebenso wichtig.

Aus Rohdaten entsteht ein Bild

Die Bildbearbeitung beginnt in IRIS mit dem Abziehen des gemittelten Dunkelbildes von jeder Einzelaufnahme und dem Dividieren durch das Flatfield. Dann erst erfolgt die Konvertierung der Rohbilder (RAW-Format) in Farbbilder. Das Ausrichten der Bilder kann einfach an einem einzigen Stern erfolgen, sofern die Kamera während der Belichtungsreihe nicht verdreht wurde. Beim Mitteln der Bilder verwende ich vorzugsweise das Sigma-Median-Verfahren.

Hierbei werden Pixel mit extrem hohen oder niedrigen Werten in mehreren Durchläufen durch den Mittelwert der übrigen Pixel ersetzt. Dazu muss der Nutzer dem Programm den »Sigma-Koeffizienten« vorgeben, der den Toleranzbereich der zulässigen Pixelwerte um den Mittelwert definiert. Für diesen Koeffizienten hat sich der Wert 2 bewährt, für die Anzahl der Durchläufe ebenfalls 2. Nach diesen Vorbereitungen sieht das Bild schon viel besser aus. Mit einiger Feinarbeit lässt es sich noch weiter verbessern. Die hierfür erforderlichen Schritte möchte ich im Folgenden näher beschreiben.

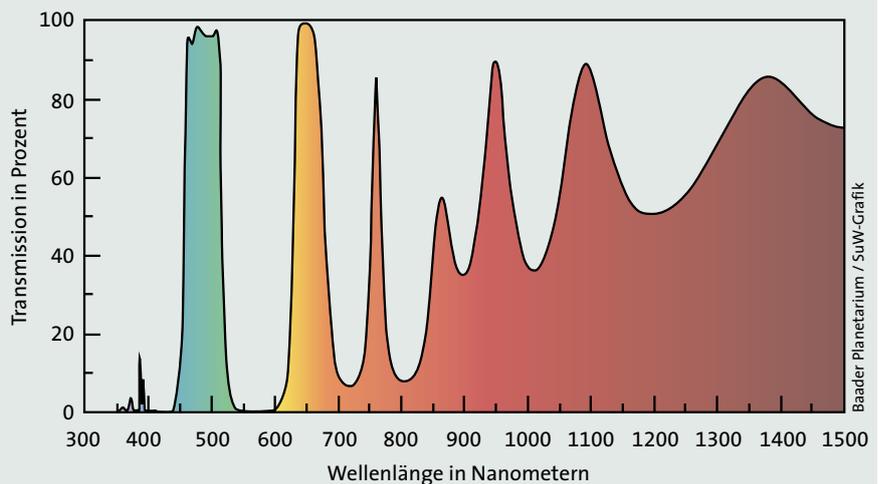
Mit Filter der Lichtverschmutzung ein Schnippchen schlagen

Galaktische Nebel, insbesondere Sternentstehungsregionen, senden ihr Licht bei bestimmten charakteristischen Wellenlängen aus. Im Unterschied dazu lässt sich die durch künstliche Lichtquellen bedingte Aufhellung des Himmels bei nahezu jeder Wellenlänge nachweisen. Mit Hilfe schmalbandiger Nebelfilter lassen sich die für das Objekt charakteristischen Spektrallinien selektieren, das störende Licht bei anderen Wellenlängen wird unterdrückt. Für meine Aufnahmen nutze ich einen UHC-S-Filter von Baader Planetarium. Auf diese Weise können Astrofotografen auch lichtschwächere Gasnebel wie NGC 281 oder den Zirkusnebel NGC 6992 (siehe Bilder auf S. 78) bequem erreichen.



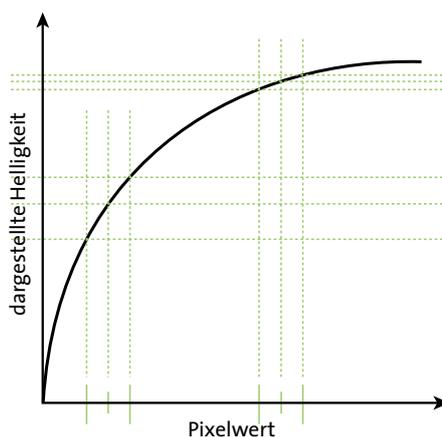
Baader Planetarium

Bei der Fotografie von Galaxien mit Linienfiltern ist zu beachten, dass das kontinuierliche Licht ihrer Sterne durch den Filter beträchtlich geschwächt wird. Das Licht der in einer Galaxie enthaltenen Gasnebel lässt der Filter hingegen passieren. Auf diese Weise lassen sich die Sternentstehungsgebiete in Galaxien besonders hervorheben. Galaxien, die eine hohe Sternentstehungsrate aufweisen, wie beispielsweise NGC 891, erweisen sich somit auch für die Schmalbandfotografie unter lichtverschmutztem Himmel als lohnende Ziele.



Baader Planetarium / SuW-Grafik

Dargestellt ist der Anteil des vom Baader UHC-S-Filter durchgelassenen Lichts in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Im Bereich des künstlichen Streulichts von 550 bis 600 Nanometer lässt das Filter kein Licht passieren. Bei Wellenlängen um 500 Nanometer und 656 Nanometer, wo galaktische Nebel ihre Linienstrahlung aussenden, ist die Transmission maximal.



SuW-Grafik

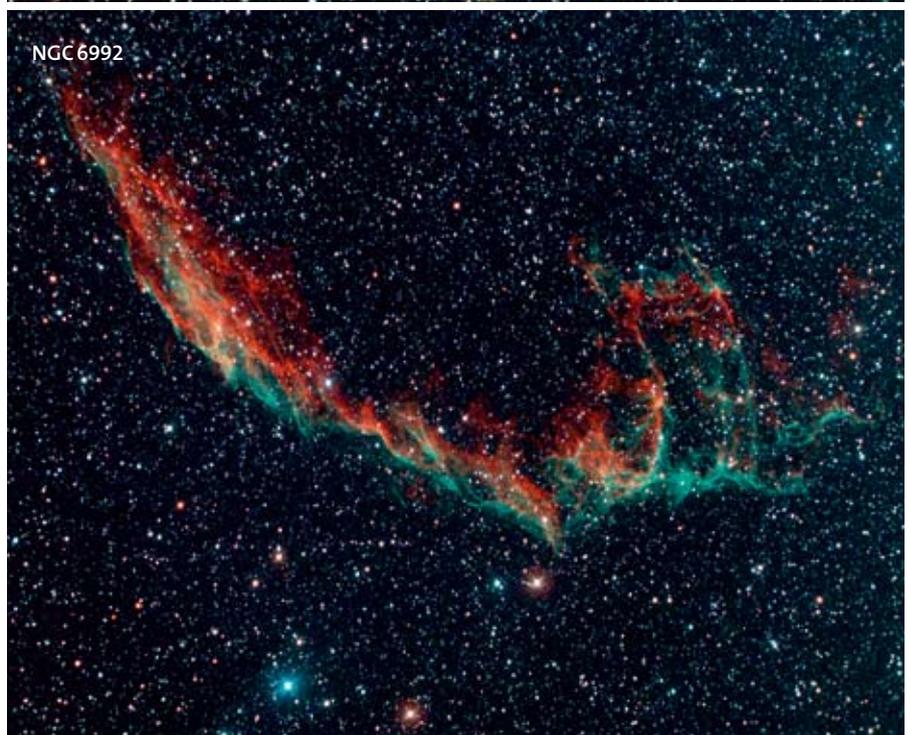
Eine Gradationskurve beschreibt den Zusammenhang zwischen den Pixelwerten einer CCD-Aufnahme und den Helligkeiten, mit denen sie auf einem Bildschirm erscheinen. Im vorliegenden Beispiel einer nichtlinearen Gradation werden Helligkeitsunterschiede bei niedrigen Pixelwerten gestreckt und bei hohen Pixelwerten gestaucht.

Die mit einem UHC-5-Linienfilter aufgenommenen Objekte geben nach der Bildbearbeitung feine Details preis: helle und dunkle Gebiete im Gasnebel NGC 281 (oben), Filamente im Zirrusnebel NGC 6992 (Mitte) und knotenförmige Gebiete in der Edge-On-Galaxie NGC 891 (unten).

■ **Schritt 1: Farbkalibrierung.** Der Astrofotograf sollte tunlichst den Monitor seines PCs kalibrieren, damit er keine böse Überraschung erlebt, wenn er das Bild auf einem anderen Gerät zeigt oder einen Fotoabzug bestellt. Mit Hilfe von Testbildern und der zugehörigen Anleitung stellt er zunächst seine Grafikkarte so ein, dass auf dem Monitor möglichst alle Graustufen und alle Farbabstufungen sichtbar sind. Benötigt er lediglich brauchbare Abzüge, so lässt er vom Fotogeschäft seines Vertrauens ein Testbild auf Papier erstellen und passt die Farbwiedergabe seines Monitors an dieses Bild an. Die umfassende Farbkalibrierung heißt »Colormanagement« und wurde von Siegfried Bergthal in SuW 3/2009, S. 90, ausführlich beschrieben.

■ **Schritt 2: Weißabgleich.** Da der Weißabgleich einer Digitalkamera eher Glücksache ist, sollte der Fotograf sich nicht darauf verlassen und im aufgenommenen Bild die Farben kalibrieren. Hierzu sucht er sich im Bildfeld seiner Aufnahme mit Hilfe eines Planetariumsprogramms einen sonnenähnlichen Stern vom Spektraltyp G2. In der Bildbearbeitungssoftware IRIS lässt sich ein gewünschter Stern am Bildschirm durch ein Rechteck auswählen. Gibt man nun im Kommandofenster den Befehl »white2« ein, dann stellt das Programm die Farben und Helligkeiten des Bildes so ein, dass der gewählte Stern in der Mitte weiß erscheint. Sollte nun der Hintergrund des Bildes sehr hell oder gar farbig sein, markiert man noch ein Rechteck im Himmelshintergrund einer dunklen Bildecke und tippt den Befehl »black« im Kommandofenster ein. Dadurch wird der dunkelste Teil des Bildes schwarz.

■ **Schritt 3: Strecken.** Der wichtigste vorbereitende Schritt ist das Strecken der Helligkeits- und Farbwerte. Die mächtigsten Werkzeuge in IRIS sind das dynamische Strecken und das Farbstrecken. Hierbei werden feine Helligkeits- beziehungsweise Farbunterschiede betont, hellere Bereiche



entzerrt und die darin vorhandenen Strukturen des Objekts herausgearbeitet. Auch geringe Farbnuancen treten hervor, und Sterne bekommen sichtlich Farbe, wie das Bild des Zirkusnebels NGC 6992 links in der Mitte zeigt. Hierbei ist jedoch Vorsicht geboten, denn schnell ist die Schraube des guten Geschmacks überdreht. Beim Strecken der Helligkeits- und Farbwerte besteht auch die Gefahr, die Vignettierung des Bildes und die Farbe des Hintergrunds zu betonen, was unerwünscht ist. In diesem Fall empfiehlt sich zum Schluss noch das Entfernen der Aufhellung mit dem Befehl »remove gradient (polynomial fit)«. Danach speichert der Nutzer das Bild am besten mit dem Befehl »savepsd2 name« mit 16-bit Farbtiefe für Photoshop.

Zum Schluss die Feinarbeit

Nun ist es bald geschafft. Beim Betrachten mit Photoshop erscheint das Bild zunächst nur grau; um das fotografierte Himmelsobjekt sichtbar zu machen, müssen die Tonwerte in mehreren Schritten extrem angepasst werden. Die Feinabstimmung der Farben und Helligkeiten erfolgt mit den Gradationskurven und der Farbbalance.

Oft lassen sich mit Hilfe eines Hochpassfilters weitere im Objekt vorhandene Strukturen herausarbeiten. Der Hochpassfilter lässt die Bildteile mit großen Helligkeitsänderungen passieren, während die gleichmäßigen Bereiche grau erscheinen. Zunächst wird eine Kopie des Bildes mit dem Hochpassfilter bearbeitet, und der Schieberegler für den Radius so eingestellt, dass die gewünschten Strukturen deutlich hervortreten.

Diese gefilterte Kopie und das Original werden dann ineinander kopiert, wobei die Ausprägung der Struktur über den Deckungsgrad der Kopie eingestellt werden kann. Der Hochpassfilter ist vergleichbar mit der oben erwähnten echten Unschärfemaskierung und lässt sich auch mehrfach mit unterschiedlichen Radien auf ein Bild anwenden. Endlich ist das Bild fertig! Auch für einen geübten Bediener dauert der Bearbeitungsvorgang etwa zwei Stunden, bei schwierigen Rohdaten kann es auch beliebig mehr werden.

Die hier skizzierten Schritte verdeutlichen, dass mit modernen Methoden auch in einer lichtverschmutzten Umgebung Astrofotografie möglich ist. Unter Berücksichtigung einiger Tricks, die das Rauschen minimieren, lassen sich verwertbare Roh-

daten erstellen und mittels geeigneter Bearbeitung in ansehnliche Bilder verwandeln. Dies belegen die links dargestellten Aufnahmen des Gasnebels NGC 281 im Sternbild Kassiopeia, des Zirkusnebels NGC 6992 im Sternbild Schwan und der Galaxie NGC 891 im Sternbild Andromeda. Die Bilder von NGC 281 und NGC 891 bestehen aus sechs beziehungsweise fünf Einzelbelichtungen von jeweils 600 Sekunden. Das länger belichtete Bild des Zirkusnebels ist mit fünf Einzelbelichtungen von jeweils 900 Sekunden etwas rauschärmer.

Der Umfang dieses Artikels reicht leider nicht aus, um die Bildbearbeitung in allen Details darzustellen, aber ich hoffe hiermit zumindest einen Leitfaden gegeben zu haben, den interessierte Leser mit dem Freeware-Programm IRIS oder auf ähnliche Weise auch mit anderen Programmen nachvollziehen können. Eine detaillierte Schritt-für-Schritt-Anleitung, die anhand eines Beispiels den Weg von der Rohaufnahme zum fertigen Bild veranschaulicht, finden Sie auf meiner Webseite unter www.ulrich-teschke.de sowie unter dem untenstehenden Weblink. ©



ULRICH TESCHKE ist als Maschinenbauingenieur in der Entwicklung von Pneumatikkomponenten tätig. Er beschäftigt sich seit 1984 mit Astronomie und spezialisierte sich von Beginn an auf die Astrofotografie.

Literaturhinweise

Brückner, S.: Data Beckers Praxisbuch der Astronomie mit dem PC. Data Becker GmbH & Co. KG, Düsseldorf 2005

Jahns, H.: Im Lambda-Viertel-Takt zu besseren Bildern. In: Sterne und Weltraum 4/2007, S. 84–89

Weisheit, B.: Lichtverschmutzung ausgetrickst. Astrophotographie mit Linienfiltern. In: Sterne und Weltraum 6/2007, S. 76–81

Wienstein, S.: Mit Nebelfiltern den Durchblick gewinnen. Kleines Filter-1 × 1 für visuelle Beobachter. In: Sterne und Weltraum 12/2009, S. 78–84

Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Bildbearbeitung und Weblinks finden Sie unter www.astronomie-heute.de/artikel/1055326

Astronomie.de
der Treffpunkt für Astronomie

über 6000 Besucher täglich!

größter Gebrauchtmart mit über 100 Anzeigen pro Tag.

mehr als 150 Einträge in den 19 Diskussionsforen

astronomische Bildergalerie mit 1300 Amateuraufnahmen.

täglich Neuigkeiten und Artikel aus der Welt der Astronomie.

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

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