

FILTERTECHNIKEN IM EINSATZ:

Neue Möglichkeiten für CMOS-Farbkameras

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Die heutige Filtertechnik ist die Grundlage der digitalen Fotografie, ohne die wir heute auch mit Farbkameras nur s/w-Bilder machen würden. Denn bei Farbkameras sitzt vor dem Fotosensor die sog. Bayer-Matrix, die sich zu 50% aus Grün und jeweils 25% aus Rot und Blau zusammensetzt. Um die zunehmende Lichtverschmutzung zu kompensieren oder Falschfarbenaufnahmen mittels Hubble-Palette aufnehmen zu können, werden in der Astrofotografie zusätzlich oftmals gerne Filter vor die CCD-/CMOS-Kamera gesetzt. Dafür wurden bisher meistens Monochrom-Kameras verwendet, da diese keine Bayer-Matrix besitzen und dadurch jeder Pixel die größtmögliche Empfindlichkeit hat. Nachteilig ist aber, dass das gleiche Himmelsobjekt mehrfach aufgenommen werden muss. Spielt dabei das Wetter nicht mit, fehlt der Aufnahme beispielsweise die Farbinformation. Aufgrund der Weiterentwicklung der Farbkameras und der Nutzung als sog. One Shot Camera (OSC) für eine Aufnahme, sind diese inzwischen ebenfalls sehr beliebt in der Astrofotografie. Auch hier kann man zusätzliche Filtertechnik verwenden. Wie gut dies inzwischen geht und welche Möglichkeiten es gibt, soll dieser Artikel aufzeigen.

Lichtverschmutzung

Die Lichtverschmutzung ist heute der größte Feind für den ambitionierten Hobby-Astronomen. Während man es in der Stadt gewohnt ist nur noch Sternbilder zu erkennen oder helle Objekte wie Planeten und Mond beobachten zu können, wird dies in den Stadtrandgebieten auch immer mehr zur Realität. Denn die Lichtverschmutzung nimmt immer mehr zu. Eine veröffentlichte Studie des Deutschen Geo-Forschungszentrums (GFZ)

aus dem Jahr 2018 [1] bestätigt, dass in den meisten Bundesländern die nächtliche Beleuchtung zunimmt: sowohl in der Fläche, als auch in der Helligkeit. Dies liegt nach der Studie vor allem an dem Wechsel der Außenlampen hin zur LED-Beleuchtung. Denn in den meisten Fällen wird der geringere Strombedarf von LED-Lampen für eine größere Ausleuchtung genutzt oder die Lampen werden falsch angebaut, wodurch sie in den Himmel abstrahlen, statt ihrem eigentli-

chen Grund nachzugehen und den Boden zu beleuchten. Der von einem internationalen Wissenschaftlerteam herausgegebene Weltatlas der Lichtverschmutzung [2] lässt erkennen, dass künstliche Beleuchtung inzwischen massiv unseren Nachthimmel weltweit erhellt. So leben ca. 80% der Weltbevölkerung inzwischen unter einem lichtverschmutzten Himmel – in Europa und den USA sind es sogar 99% der Bevölkerung. Die Nacht verschwindet laut dieser Studie zunehmend, da die Größe der beleuchteten Fläche um rund 2% pro Jahr zunimmt.

Die Webseite Lightpollutionmap [3] stellt eine weltweite Karte zur Verfügung, die die aktuelle Lichtverschmutzung festhält und für den eigenen Ort wiedergibt. Die Landkarte vereint VIIRS¹⁾, DMSP²⁾, Weltatlas-Overlays und IAU-Observatorien miteinander und zeigt die SQM³⁾-Ergebnisse ihrer Nutzer. Das heißt, man kann sich sogar an der Aktualität dieser Lichtverschmutzungskarte selbst beteiligen, um sie ständig auf den neusten Stand anzupassen. Abbildung 1 zeigt diese Karte für den Raum Bremen/Lilienthal und lässt erkennen, dass man hier

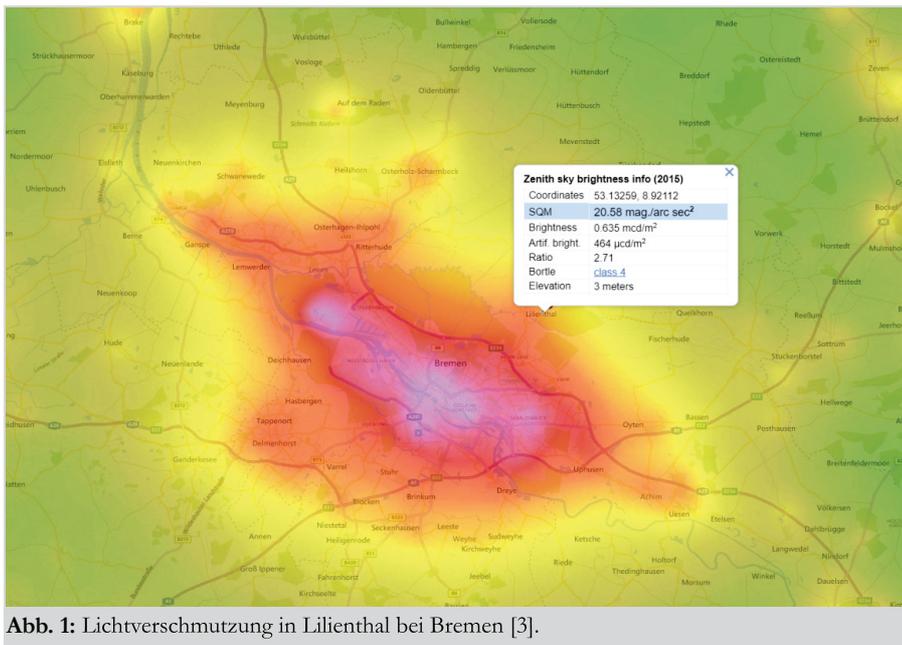


Abb. 1: Lichtverschmutzung in Lilienthal bei Bremen [3].

- 1) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite.
- 2) Defense Meteorological Satellite Program
- 3) Sky Quality Meter: Messung der Helligkeit des Nachthimmels in Magnituden pro Bogensekunde-Quadrat

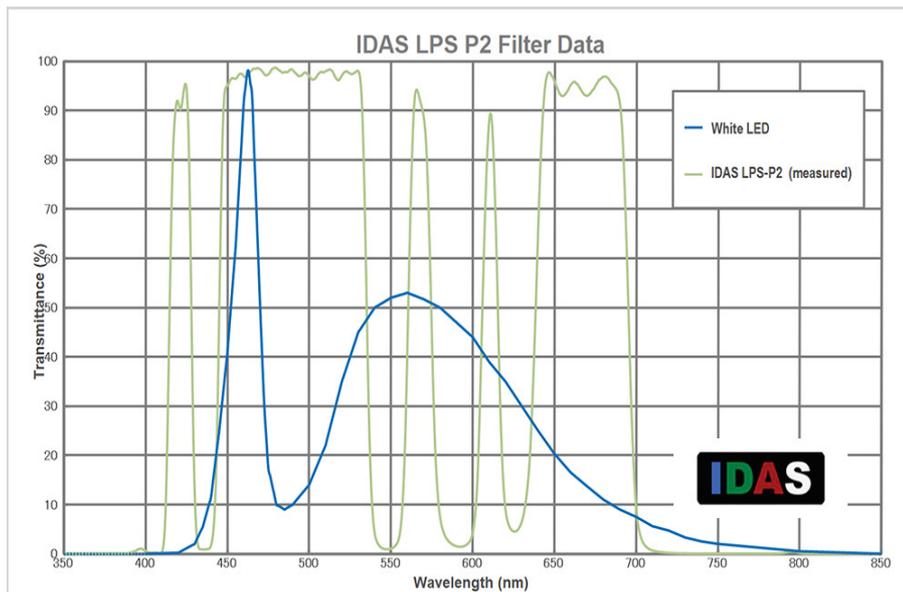


Abb. 2: Transmissionskurve des IDAS-Filters LPS-P2 von Hutech [4].

mit einem SQM-Wert von 20,58 mag/arcsec² rechnen kann. Je bläulicher die Karte gefärbt ist, desto besser ist die Himmelsqualität. Wie man an dieser Stelle erkennen kann, fehlt die Farbe Blau gänzlich. Optimalere SQM-Werte liegen in Deutschland eher bei 21,79 mag/arcsec². Als Bortle-Skala⁴⁾ wird der Wert 4 in Lilienthal angegeben, was es immerhin ermöglicht, dass man die Milchstraße strukturlos erkennen sollte. Allerdings sind die Wolken deutlich durch die Lichtverschmutzung aufgehellt und am Horizont ist die Lichtaufhellung ebenfalls klar erkennbar. Daher ist der Einsatz von Filtertechnik hier unabdingbar, um Galaxien oder Nebelstrukturen optimal erkennen oder aufnehmen zu können.

Filtertechnik und Bayer-Matrix

Bei Filtertechniken haben sich dabei der Einsatz eines CLS-Filters bei astromodifizierten DSLR-Kameras oder eines IDAS-Filters bei gekühlten CMOS-Farbkameras durchaus bewährt. Beim CLR-Filter heben sich dabei der Grünstich des Filters und der Rotstich der DSLR-Kamera ohne Infrarot-Sperrfilter quasi ge-

genseitig auf. Während der CLS-Filter daher auch in stark lichtverschmutzten Gegenden noch gute Ergebnisse liefert, kann der IDAS-Filter auch an einem optimalen Standort eingesetzt werden, um mehr Struktur aus Nebeln und Galaxien herauszuarbeiten. Dies wurde in Namibia auf der Kiripotib-Farm im Mai/Juni 2019 ausprobiert, die mit dem optimalen SQM-Wert von 22 mag/arcsec² und dem Bortle-Wert von 1 aufwarten kann. Trotz dieses ungetrübten Himmels waren mit IDAS-Filter noch leichte Verbesserungen bei den Aufnahmen auszumachen. Positiv kommt hinzu, dass dieser Filter keine Farbverfälschung aufweist, da er über das gesamte Spektrum arbeitet. Beim CLS-Filter ist hingegen eine Farbanpassung bei der späteren Bearbeitung unumgänglich. Dies hält sich aber bei modifizierten DSLR-Kameras im Rahmen.

Man setzt daher auch bei Farbkameras Filtertechnik ein, aber wie wirkt sich dies auf die Empfindlichkeit aus? In der Kamertechnik wird die Empfindlichkeit eines Fotosensors anhand seiner Quanteneffizienz (QE) beschrieben. Sie drückt die prozentuale Anzahl von Photonen aus, die in den einzelnen Pixeln des

Sensors Elektronen auslösen, die für die Bildinformation gespeichert werden können. Bei Farbkameras verringert sich die Quanteneffizienz gegenüber Monochrom-Kameras bereits durch die eingebaute Bayer-Matrix. Diese rekonstruiert die fehlenden Farben des Filtermusters RGBG durch Interpolation (Zwischenwertermittlung) der Nachbarpixel. Das heißt, aus bekannten Pixelwerten eines Bildes werden die neuen Werte mittels Interpolationsalgorithmen berechnet. Dafür gibt es zahlreiche unterschiedliche Interpolationsmethoden, die unterschiedliche Ergebnisse produzieren. Dies liegt in der Auswertung der bekannten Pixelwerte begründet und der daraus resultierenden Festlegung der neuen Bildinhalte. Die Gemeinsamkeit aller Interpolationsmethoden hat damit Auswirkung auf den Inhalt von Punktdichte und Farbtiefe. Die Qualität des fertigen Bildes wird dadurch auf jeden Fall herabgesetzt. Auch wird jedes Bild durch den Interpolationsvorgang etwas an Schärfe verlieren, wodurch die Detailtiefe beim späteren Bildergebnis etwas leidet. In DSLR-Kameras kommen teilweise neben der Bayer-Matrix weitere Filter (z.B. Tiefpass-, IR-Sperrfilter) zum Einsatz, die die Qualität ebenfalls negativ beeinträchtigen können. Aus diesem Grund wird beispielsweise bei einer modifizierten DSLR-Kamera der IR-Sperrfilter entfernt.

Filter sind grundsätzlich für verschiedene Bereiche des Lichtspektrums ausgelegt und blockieren einen bestimmten Bereich oder lassen definierte Wellenlängen durch. Der Wellenlängenbereich, in dem der Filter das Licht durchlässt, wird dabei als Transmissionsfenster bezeichnet. Seine Breite wird durch die Halbwertsbreite FWHM (Full Width at Half Maximum)⁵⁾ angegeben. Das Transmissionsfilter sollte steile Flanken besitzen, um das ge-

4) Bortle-Skala: gibt das Ausmaß der Lichtverschmutzung eines astronomischen Beobachtungsstandorts ohne optische Hilfsmittel an.

5) FWHM: sagt etwas über die Qualität (Bildunschärfe) einer CCD-Aufnahme aus und ist dementsprechend von der Fokussierung und dem Seeing abhängig

wünschte Spektrum optimal durchlassen zu können und um unerwünschte Spektren auszuschließen. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel anhand des IDAS-Nebelfilters. Er soll zum einen die Quellen künstlichen Streulichts kompensieren und zum anderen die natürlichen Farben nicht beeinträchtigen. Dies gilt allerdings besonders für die Filterung von Quecksilber- und Natriumdampflampen, denn in Abbildung 2 kann man auch gut erkennen, dass weißes LED-Licht kaum gefiltert werden kann. Man kann aber auch erkennen, dass $H\alpha$ - und OIII-Linien durchgelassen werden. Bei einem aufgehellten Stadthimmel ist dadurch eine doppelt so lange Belichtung möglich, bevor der Himmelshintergrund durchkommt. Das Himmelsobjekt erscheint vor dem Hintergrund kontrastreicher. Dabei ist der Filter sowohl für Nebelgebiete, als auch für Galaxien, Sternhaufen und Kometen einsetzbar.

Auf der anderen Seite lassen sich nicht nur bestimmte Spektren blockieren, sondern auch bestimmte Wellenlängen explizit durchlassen. Schmalbandfilter arbeiten so, um beispielsweise nur die Wasserstofflinien $H\alpha$ oder $H\beta$ wahrnehmen zu können. So wird auch nach der bekannten Hubble-Palette aufgenommen, indem drei Schmalbandaufnahmen in $H\alpha$ (Wasserstoff), SII (Stickstoff und Schwefel) und OIII (Sauerstoff) zu einem Falschfarbenbild kompensiert werden. Das heißt, es wird SII = Rot, $H\alpha$ = Grün und OIII = Blau zugeordnet. Damit stimmt, bis auf SII, die Farbe der Emissionslinie nicht mehr mit der Realität überein, aber die Reihenfolge im Spektrum bleibt immerhin erhalten. Durch die Falschfarbendarstellung kann die Nebelstruktur wesentlich besser herausgearbeitet werden, insbesondere die Schockfronten und Dunkelnebel. Zudem lässt sich für die wissenschaftliche Auswertung erkennen, welche Elemente in den Gasnebeln oder Galaxien enthalten sind. Solche Falschfarbenaufnahmen

werden allerdings mit reinen Monochromkameras angefertigt, um die bestmögliche Auflösung und Empfindlichkeit zu erhalten. Und durch die Hubble-Bilder ist die Hubble-Palette auch bei ambitionierten Astrofotografen sehr beliebt. Trotzdem sind theoretisch auch mit Farbkameras beispielsweise $H\alpha$ -Aufnahmen möglich, wie beide Bilder der Abbildung 3 zeigen, die 4,5 Stunden Gesamtblichtung beinhalten. Allerdings wird in diesem Fall nur der Rotfilter der Bayer-Matrix ausgenutzt. Das heißt, dass 3/4 der Sensorfläche ungenutzt bleiben. Zudem ist die Reproduktion der Sternfarben nicht mehr möglich. Die linke Aufnahme in Abbildung 3 wurde dabei als normale Farbaufnahme behandelt, während die rechte Aufnahme die eher übliche $H\alpha$ -Darstellung zeigt. Die Farbdarstellung war möglich, indem im Programm Deep Sky Stacker (DSS) die Super-Pixel-Methode beim Stacken ausgewählt wurde. Diese Methode verzichtet auf eine Bayer-Matrix-Interpolation, um aus RGB alle Primärfarben zu gewinnen, und erstellt stattdessen ein Super-Pixel aus jeder Pixel-Vierergruppe (RGBG). Jeder dieser Vierergruppen enthält alle Informationen über die Primärfarben und die Luminanz, die benötigt werden. Durch den $H\alpha$ -Filter dominiert dabei na-

türlich die Farbe Rot. Für $H\alpha$ -Bildverarbeitung wird dies von DSS empfohlen. Allerdings wird durch die Pixel-Vierergruppe die Bildgröße auch auf ein Viertel verkleinert. Die Bildergebnisse sprechen aber für sich und mit einer Farbkamera holt man so das Beste aus dem vorhandenen Bildmaterial heraus. Bei Monochromkameras würde man allerdings anders vorgehen und die Auflösung natürlich so belassen.

Bildergebnisse mit $H\alpha$ und RGB

Der Pelikannebel selbst hat mit ca. 25 Bogenminuten fast die Größe des Mondes am Himmel. Seit seiner Entdeckung im Jahr 1891 durch Max Wolf wurde der Nebel deutlich heller. Durch die $H\alpha$ -Aufnahme kommen der Elefantenrüssel sowie die Dunkelwolken und Ionisationsfronten wesentlich besser zum Vorschein, wie die Abbildung 3 zeigt. Der Einsatz eines $H\alpha$ -Filters hatte sich also gelohnt. Ein markantes Detail von IC 5070 ist eine Dunkelwolke, die Elefantenrüssel genannt wird und im Hinterkopf des Pelikans sitzt. Sie besitzt sogar eine eigene Katalogbezeichnung: IC 5067. Am Ende des Elefantenrüssels entstehen neue Sterne, wie seine Jets es verraten, mit deren Hilfe der junge Stern überschüssigen Drehimpuls der auf ihn

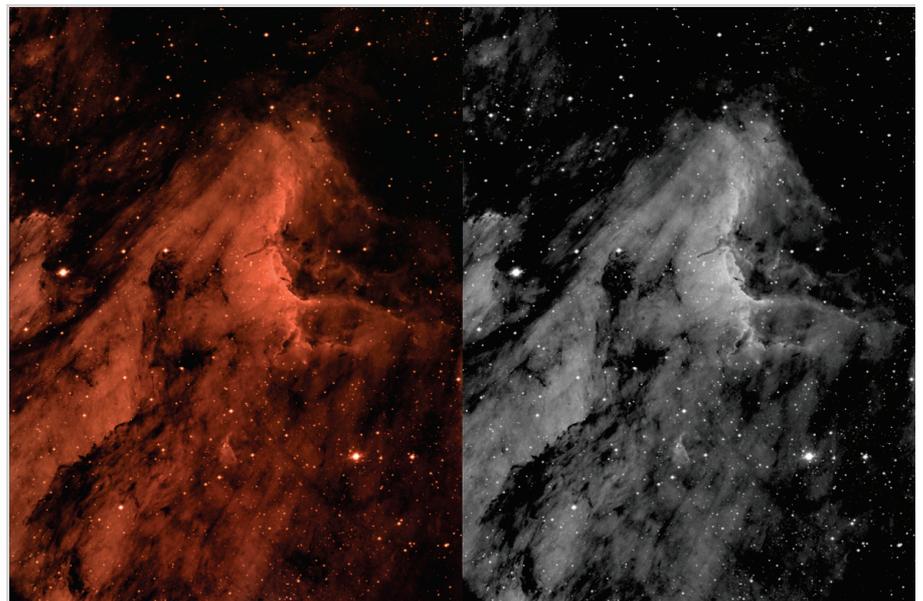


Abb. 3: Pelikannebel (IC 5070) als reine $H\alpha$ -Aufnahme mit Astronomik-Filter ASHA12.

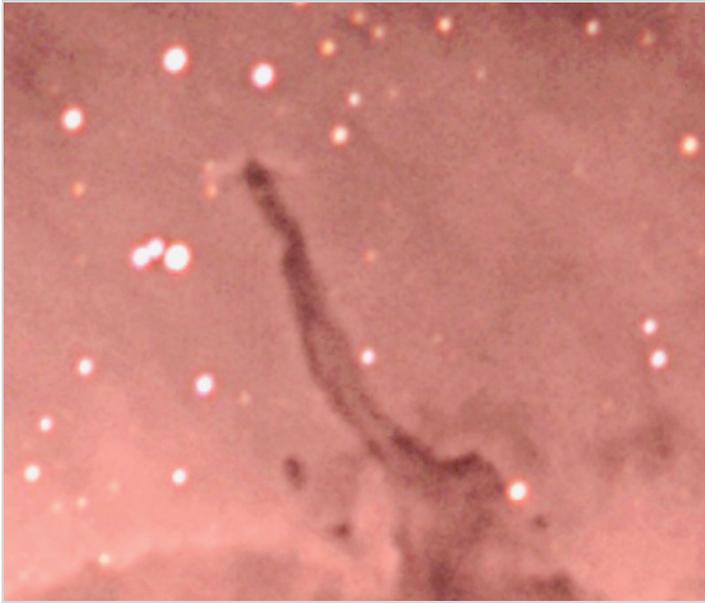


Abb. 4: Bildausschnitt der Sternentstehung am Ende des Elefantenrüssels im Pelikannebel.

niederfallenden Gaswolken los wird. Abbildung 4 zeigt einen Bildausschnitt, der nur den Elefantenrüssel enthält und bei dem man diese Jets am Ende sehen kann, obwohl diese Aufnahme nur mit 560 mm Brennweite gemacht wurde.

Wenn man nun ein $H\alpha$ -Bild mit einer RGB-Aufnahme kombiniert, können auch die Sternfarben fast ganz wieder zurückgewonnen werden. Denn die $H\alpha$ -Aufnahme wird dann als reine Luminanz-Aufnahme verwendet, so dass die Farbe hauptsächlich von den RGB-Bil-

dern kommt. Wie ein solches Bildergebnis aussehen kann, zeigt das Bild des Nordamerikanebels (NGC 7000), der in Abbildung 5 liegend dargestellt wird. Es handelt sich hierbei ebenfalls um einen diffusen Gasnebel im Sternbild Schwan, der dem nordamerikanischen Kontinent sehr ähnlich sieht. Er besteht überwiegend aus Wasserstoff, der teilweise in ionisierter Form (HII) auftritt und sichtbares Licht in Form tieferer Strahlung emittiert. Das Bild zeigt nur einen Ausschnitt des gesamten Nebels, der auch als „Große Wand“ bezeichnet wird. Es zeigt den südlichen Teil des Nordamerikanebels, also quasi Mexiko mit dem Golf von Mexiko. Das Gebiet „Großen Wand“ (BCR 31) mit den dichten angrenzenden dunklen Staubwolken kann auf dem Bildausschnitt in Abbil-

dung 5 sehr gut erkannt werden. Sie bilden die scharfe Grenze zu einer ausgeprägten Molekülwolke, die sich südöstlich davon erstreckt. Der Nebel wurde 1786 von Wilhelm Herschel entdeckt. NGC 7000 war eines der ersten Objekte, die fotografisch nachgewiesen werden konnten.

Die Abbildung 5 wurde in drei Nächten aufgenommen und besitzt eine Gesamtbelichtung von 14 Stunden. Als Teleskop kam ebenfalls das SC-Teleskop C11 von Celestron mit HyperStar-Reducer zum Einsatz. Die Einzelbelichtungen betragen 2 min mit der ASI183MCpro, damit kein Verstärkerglühen der Kamera im Bild auftritt. Im Grunde wurden daher die gleichen Rahmendaten verwendet, wie beim Pelikannebel. Nur das in diesem Fall $H\alpha$ - und RGB-Aufnahmen miteinander kombiniert wurden, wovon die Aufnahme hinsichtlich Struktur- und Detailtiefe profitiert.

Duofilter-Technik

Nachdem nun der Unterschied zwischen Breitband- und Schmalbandfiltern (IDAS und $H\alpha$) verdeutlicht wurde, widmen wir uns an dieser Stelle den neuen Dual-Band-Passfiltern, die auch Duofilter genannt werden. Sie gehören quasi zu den Schmalbandfiltern, nehmen sich aber verschiedene Wellenlängen gleichermaßen vor. So kann der L-eNhanze Dual-Bandpassfilter von Optolong die Spektralbereiche $H\alpha$ (656 nm), $H\beta$ (486,1 nm) und O-III (501 nm) gleichermaßen durchlassen. Dies ist besonders für Farbkameras interessant, denn die durchgelassenen Bereiche werden auf die Bayer-Matrix entsprechend verteilt ($H\alpha$ = Rot, $H\beta$ = Blau, OIII = Grün). Das heißt, es wird anders als bei einer $H\alpha$ -Aufnahme mit einer Farbkamera die gesamte Bayer-Matrix ausgenutzt. Diese Filter sind daher speziell für die sog. One Shot Cameras (OSC) entwickelt worden. Dadurch kommt man sehr nah an die Empfindlichkeit einer Monochromka-



Abb. 5: Nordamerikanebel (NGC 7000) mit Großer Wand als kombinierte $H\alpha$ -/RGB-Aufnahme.

mera heran, da alle Pixel gleichermaßen genutzt werden können. Aktuell haben die Hersteller STC, Optolong und ZWOptical diesen neuen Filtertyp im Einsatz. Die hier gezeigten Aufnahmen aus Abbildung 7 und 8 sind mit dem Optolong-Filter erstellt worden, dessen Transmissionskurven die Abbildung 6 zeigt. Wie man erkennen kann, werden H β , H α und OIII mit über 90% durchgelassen. Alle anderen Wellenlängen werden abgeschnitten.

Bildergebnisse mit dem Duofilter

Soweit also die Theorie. Jetzt musste der Duofilter in der Praxis zeigen, was er wirklich abbilden kann. Das war Ende des Jahres 2019 zwar aufgrund der Wetterlage nicht häufig möglich, aber doch an einigen Abenden mit relativ kurzen Belichtungszeiten machbar. Ein solcher Abend, der mit ca. 2-3 Stunden ein enges Aufnahmefenster bot, war der 30. November. Bis das Teleskop ausgekühlt und

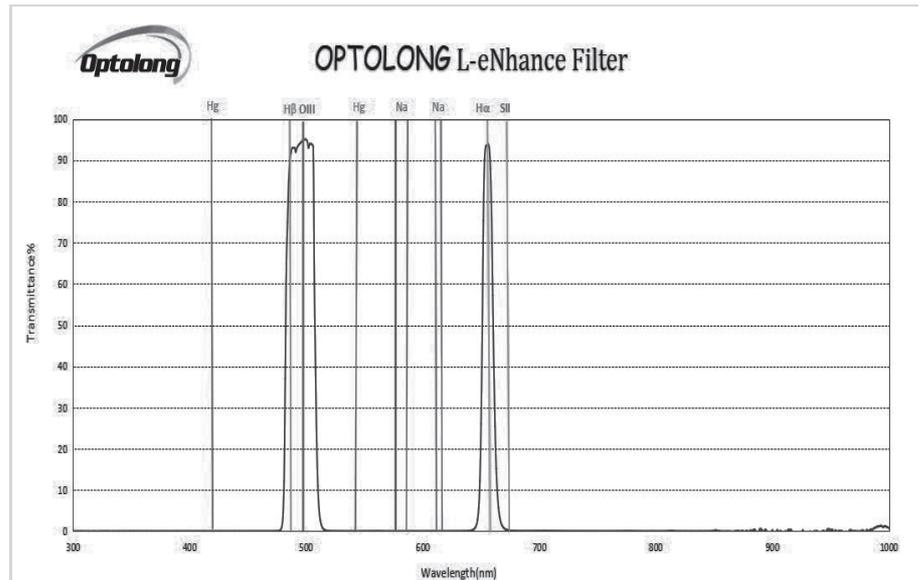


Abb. 6: Transmissionskurven des L-eNhanche-Filters von Optolong [5].

alles richtig eingestellt ist, vergeht bei mir meistens eine Stunde, so dass am Ende nur 1,5 Stunden Belichtungszeit zur Verfügung standen, um den Crescent-Nebel NGC 6888 aufzunehmen.

Dabei handelt es sich um einen 5.000 Lichtjahre entfernten Emissionsnebel im

Sternbild Schwan, der auch als Sichelnebel bezeichnet wird. Er wird von einem sog. Wolf-Rayet-Stern (WR 136) beleuchtet und wurde vermutlich auch ursprünglich von ihm abgestoßen. Solche Sterne zählen zu sehr massereichen und heißen Sternen, die enorm starke Stern-



Abb. 7: Aufnahme des Crescent-Nebels NGC 6888 mit dem Dual-Band-Passfilter von Optolong.

winde von etwa 2.000 km/s entstehen lassen. Dadurch verlieren sie in relativ kurzer Zeit (z.B. 10.000 Jahre bei unserer Sonne) ihre gesamte Masse. Das Leuchten des Nebels wird durch zwei unabhängig auftretende Ionisationsvorgänge ausgelöst. Der Hauptstern ist dabei hauptsächlich für das Leuchten von OIII verantwortlich. Die starken Sternwinde kollidieren des Weiteren mit dichtem interstellarem Medium, weshalb eine Stoßfront entsteht, an der sich das Material aufheizt und ebenfalls ionisiert. Der WR-Stern selbst wird in den nächsten Millionen Jahren als Supernova explodieren. Bis dahin wird sich der Crescent-Nebel mit 85 km/s weiter ausdehnen.

Das NGC6888-Nebelobjekt wurde bereits 1792 von Wilhelm Herschel entdeckt und als Sichelnebel bezeichnet. Er ist trotzdem relativ lichtschwach, denn deutlich längere Aufnahmen von 9,5 Stunden reichten bisher bei mir nicht an die Detailfülle heran, die nun der Duofilter bei nur 1,5 Stunden Gesamtbelichtung zu Tage brachte (siehe Abbildung 7). Und auch Herschel scheint nicht den Nebelkörper, sondern nur eine Sichel erkannt zu haben, wie aus seiner Namensgebung schließen lässt. Schließlich hatte er auch keine Filter zur Beobachtung zur Verfügung. Mit dem

C11-HyperStar-System hat man zugegebener Weise eine hohe Lichtausbeute (Öffnungsverhältnis: 1/2), aber dies alleine ist nicht der Grund für die detaillierte Darstellung des Crescent-Nebelkörpers mit der ASI071MCpro, bei der 2min-Einzelbelichtungen Ende November zu einem Endergebnis kombiniert wurden. Bei einer reinen H α -Aufnahme ist ebenfalls der Körper sehr gut erkennbar und damit das HII-Gebiet, wie ich in einer anderen Nacht herausfand. Der ionisierte Wasserstoffanteil kann aber auch in Abbildung 7 im Bildhintergrund mit dem Duofilter sehr schön erkannt und farblich dargestellt werden, während die OIII-Abbildung leider aufgrund des geringeren Vorkommens etwas untergeht. Aber die Sterne besitzen sogar unterschiedliche Sternfarben, obwohl es sich im Grunde um eine Falschfarbenaufnahme handelt.

Das zweite Beispiel zeigt den bekannten Embryo- oder Seelennebel Sh2-199, der ebenfalls mit dem neuen Duofilter von Optolong aufgenommen wurde. Es entstanden Anfang Dezember 2019 dabei 40 Bilder, die einzeln mit 5 min belichtet wurden, so dass 3,5 Stunden zusammenkamen. Als Kamera kam erneut die ASI071MCpro zum Einsatz. Der Mond stand bereits im ersten Viertel bei 54 %,

weshalb ich mir zuerst keine großen Hoffnungen auf ein gutes Ergebnis machte. Bei der Bildbearbeitung zeigte sich dann aber, dass hier mehr Strukturen zu erkennen waren, als jemals zuvor bei anderen eigenen Aufnahmen. Auch die Tiefe war für die relativ geringe Belichtungszeit erneut beachtlich. Ich war so begeistert, dass ich das Bild bei astronomie.de [6] einreichte. Dort wurde es zum Astrofoto der Woche (AdW) angenommen und für die fünfte Kalenderwoche in diesem Jahr ausgewählt.

Der Embryo-Nebel ist ein Emissionsnebel im Sternbild Cassiopeia. Mehrere kleine offene Sternhaufen sind in diesem Nebel eingebettet: Cr 34, Cr 632 und Cr 634 im Kopf und IC 1848 im Rumpf. Mittig ist auf der Aufnahme in Abbildung 8 der Sternhaufen IC 1848 zu erkennen, nachdem der Nebel auch häufig bezeichnet wird. Der kleine Emissionsnebel IC 1871 ist links oben am Kopf zu finden. Es gibt außerdem eine Radioquelle innerhalb des Nebels (W5) und riesige Hohlräume existieren mit ihren Schockfronten. Entsprechend der Theorie der getriggerten Sternentstehung, wird das Gas am Rand dieser Hohlräume komprimiert, wodurch eine Kettenreaktion aufeinanderfolgender Entstehungen neuer Sterne im Nebel ausgelöst wird. Neuere Untersuchungen mit dem Spitzer Space Telescope (SST) zeigen, dass je weiter sich die Schockfront vom Zentrum entfernt, dort neue junge Sterne entstehen [7]. Das heißt, es wurde nachgewiesen, dass ältere Sterne näher am Zentrum liegen und jüngere weiter außerhalb. Der ca. 6.500 Lichtjahre entfernte Nebel erstreckt sich selbst auf über 100 Lichtjahre. Entdeckt wurde der offene Sternhaufen IC 1848 wahrscheinlich im Jahr 1890 von Edward Barnard. Da er seine Entdeckung nicht mit einer wissenschaftlichen Veröffentlichung untermauert ist ein genaues Datum nicht bekannt. Den Nebel Sh2-199 hat er damals sicherlich nicht wahrgenommen.

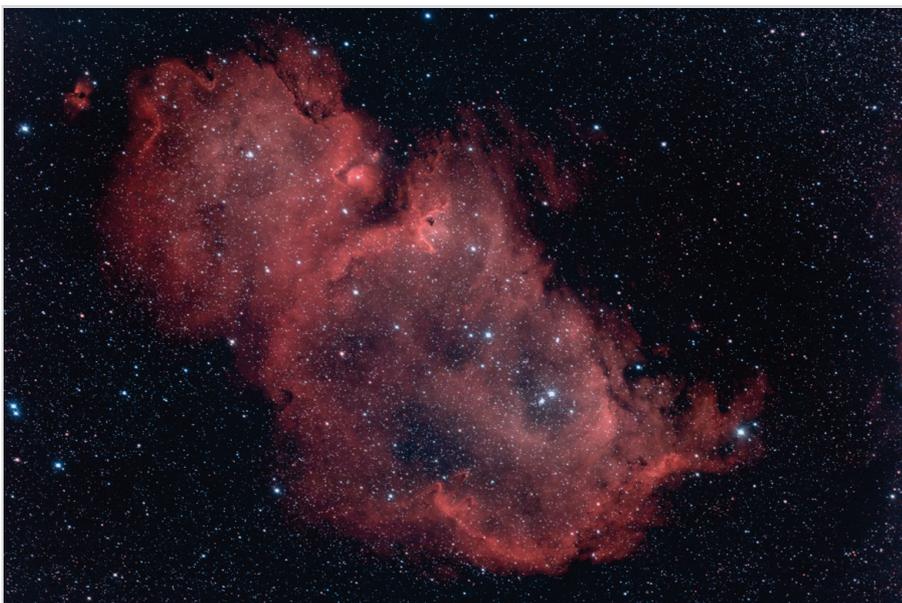


Abb. 8: Aufnahme des Embryo-Nebels (Sh2-199) mit dem Dual-Band-Passfilter von Optolong.

Fazit

Es gibt heute Filter für alle Gelegenheiten in der Astronomie. Allerdings erfüllen nicht alle Filter die an sie gestellten Anforderungen. Man sollte daher möglichst auf Erfahrungswerte anderer Hobbyastronomen aufsetzen, wenn diese vorhanden sind. So haben sich beispielsweise CLS- und IDAS-Filter in der Astrofotografie durchaus bewährt. Der IDAS-Filter besitzt durch die bessere Abdeckung im gelben und blauen Spektralbereich die Vorteile, dass zum einen eine höhere Lichtausbeute vorliegt und zum anderen eine bessere Farbbalance erreicht wird. Man erhält daher mit einem IDAS-Filter rauschärmere Bilder, die keiner Farbverfälschung unterliegen und den Kontrast des Himmelsobjekts erhöhen. Man kann daher im Grunde alle Bilder in unserer Region getrost mit diesem Filter durchführen. Sogar an optimalen Standorten wie Namibia waren leichte Vorteile bei der Bildgewinnung auszumachen. Der CLS-Filter ist ebenfalls empfehlenswert, insbesondere wenn eine größere Lichtverschmutzung vor-

liegt. Er ist besonders im gelben Spektralbereich empfindlich, wodurch die dadurch entstehende Farbverfälschung in der Bildverarbeitung später wieder ausgeglichen werden sollte. Dies ist aber im Grunde kein großer Nachteil und durch den geübten Astrofotografen ohne Probleme zu bewerkstelligen.

Der Einsatz von H α -Filtern konzentriert sich auf vorhandene HII-Gebiete. Dadurch lassen sich die Wasserstoffanteile hervorragend, auch bei starker Lichtverschmutzung, darstellen. Bereits nach relativ kurzer Belichtungszeit entstehen so eindrucksvolle Bilder. Allerdings werden die Sternfarben komplett unterschlagen, weshalb sie meistens als s/w-Bilder dargestellt werden. Die Kombination von RGB- und H α -Aufnahme kann dieses Manko beheben. Die Kombination beider Bilderergebnisse ist dabei ähnlich durchzuführen wie einzelne R/G/B-Aufnahmen. Das H α -Bild sollte dabei als Luminanz hinzugefügt werden, um die Farbgebung nicht zu beeinflussen. Und es ergeben sich dadurch fast immer qualitative Verbesserungen, da beide Auf-

nahmen voneinander profitieren. Allerdings ist die Bildbearbeitung auch anspruchsvoller und langwieriger.

Der Einsatz eines Duofilters bringt die Astrofotografen mit Farbkameras noch einmal einen großen Schritt nach vorne. Die Bayer-Matrix wird durch sie optimal ausgenutzt und fast natürliche Sternfarben erzeugt. Die Bildbearbeitung ist zudem so einfach wie bei einer reinen RGB-Aufnahme. Bereits relativ kurze Belichtungszeiten zeigen auch hier bereits eindrucksvolle Resultate. Hinzu kommt, dass die ursprüngliche Auflösung des Bildes beibehalten werden kann, da man keine Super-Pixel-Methode wie bei H α anwenden muss. Durch den Einsatz eines Duofilters in Kombination mit einer Farbkamera lassen sich daher ähnliche Bilderergebnisse erzielen, wie mit den zeitaufwendigen RGB-Filtermethoden einer Monochromkamera. Galaxien scheiden zwar bei der Beobachtung aus, aber Nebelgebiete und Planetarische Nebel (PN) profitieren von dieser neuen Filtermethode enorm.

Literaturhinweise

- [1] Kyba, C.C.M., Kuester, T., Kuechly, H.U., 2017. Changes in outdoor lightning in Germany from 2012-2016. International Journal of Sustainable Lightling IJSL, 112-123. DOI: <https://doi.org/10.26607/ijsl.v19i2.79>
- [2] Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, Dan Duriscoe, Christopher C. M. Kyba (und weitere): The new world atlas of artificial night sky brightness, ScienceAdvances, 10th June 2016, Vol. 2, No. 6, DOI: <https://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377>
- [3] Weltweite Landkarte der Lichtverschmutzung: <https://www.lightpollutionmap.info>
- [4] Herstellerseite von Hutech: <https://www.sciencecenter.net/hutech/idas/lps/plots/index.php>
- [5] Herstellerseite von Optolong: <https://www.optolongastronomy.com/cms/document/detail/id/14.html>
- [6] ADW 5. Woche: Der Emissionsnebel Sh2-199 - eine doppelte Blasenstruktur, <https://www.astronomie.de/neuigkeiten/5-woche-der-emissionsnebel-sh2-199-eine-doppelte-blasenstruktur/>
- [7] Koenig, Xavier P. & Lori E. Allen (Harvard-Smithsonian CfA): Spitzer Reveals Stellar 'Family Tree'. https://www.nasa.gov/mission_pages/spitzer/multimedia/20080722.html, NASA/JPL-Caltech. 22. August 2008