

# **Entstehung und Eigenschaften von Emissionsnebeln**

von Klaus-Lukas Lunatschek

Klasse 8bbiun

BRG Kepler, Keplerstraße 1, 8020 Graz

Betreut von Herrn Mag. Norbert Steinkellner

Eingereicht am 1.3.2017

## Abstract

Diese Arbeit beschäftigt sich grundsätzlich mit der Nebelklasse Emissionsnebel. Um der Frage „Wie entstehen Emissionsnebel und was macht sie aus?“ nachzugehen, werden dafür notwendige Details über Licht behandelt. Dies betrifft vor allem die unterschiedlichen Lichtspektren der Emissionsnebel. Aufgeführt werden außerdem Beobachtungsmethoden bis hin zur Verwendung von Filtern in der Astronomie, geschichtliche Hintergründe, welche von den ersten Entdeckungen bis in die heutige Zeit reichen und die allgemeine Entstehungsgeschichte von Nebeln und Sternen. Da es sich hierbei um eine reine Literaturarbeit handelt, sind keinerlei praktische Anwendungen zu finden, jedoch Hinweise, um diese selbst durchführen zu können. Einige Eigenschaften der Emissionsnebel wurden während des Herausarbeitens besonders genau betrachtet: Wodurch leuchten sie? Unter welchen Voraussetzungen entstehen die einzigartigen Formen der verschiedenen Nebel? Anhand eines Emissionsnebels wird auch auf die Spektralanalyse eingegangen. Diese Arbeit kann somit auch als Einführung für angehende Astronomen verwendet werden.

## Vorwort

Schon als Kind hatte ich ein Auge auf die Astronomie geworfen. Mit meinen ersten Teleskopen versuchte ich immer wieder Sterne zu beobachten, was mir in der Stadt nur selten gelang. Zu diesem Zeitpunkt wusste ich bereits von Sternennebel – jedoch bot sich für mich nie die Gelegenheit, sie zu beobachten. Am Ende meiner Volksschulzeit wurde ich auf das BRG Kepler aufmerksam, ein Gymnasium mit einem eigenen Observatorium. Schon aus diesem Grund musste ich diese Schule besuchen. In der neunten Schulstufe erfuhr ich erstmals von dem Freigegenstand Astronomie. Durch meinen Besuch am Astronomie Kurs setzte ich mich zunehmend mit astronomischen Themen auseinander. Die Sternwarte wurde von uns zwar häufig benutzt, doch oft waren Wolken am Himmel ein unumgängliches Problem. Konnten wir nicht beobachten, so haben wir uns grob mit der Theorie auseinandergesetzt. An meinem ersten Ausflug der Teilnehmer des Astronomie Kurses zum internationalen Teleskoptreffen erblickte ich das erste Mal Sternennebel in ihrer vollen Pracht. Seit jeher war ich begeistert von diesen Gebilden. Nachdem wir uns auch im Astronomieunterricht mit ihnen beschäftigt hatten, war das Thema für meine vorwissenschaftliche Arbeit klar – ich werde über Sternennebel schreiben. Doch dieses Thema wäre viel zu groß, um es in einer VWA zusammenzufassen. Somit entschied ich mich, auf Kosten anderer Nebelarten, für eine ausführlichere Beschreibung der Emissionsnebel.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Entdeckungsgeschichte der Nebel .....	7
2.1	Die Erforschung der planetarischen Nebel.....	8
2.2	Charles Messier und seine Bedeutung für die Astronomie.....	9
3	Licht .....	10
3.1	Die verschiedenen Lichtspektren .....	11
4	Was sind Sternennebel?.....	13
5	Entstehung der Nebel.....	14
6	Emissionsnebel.....	17
6.1	Planetarische Nebel:.....	17
6.2	Interacting-Winds Theory:.....	18
6.3	Wolf-Rayet-Nebel: .....	18
6.4	Beobachtungsweisen:.....	19
6.5	Die Verwendung von Filtern .....	20
6.5.1	Breitband-Filter .....	21
6.5.2	Schmalband-Filter (auch UHC-Filter genannt) .....	22
6.5.3	Linien-Filter.....	22
6.6	Spektralanalyse.....	23
7	Berühmte Emissionsnebel:.....	25
8	Resümee:.....	34
9	Literaturverzeichnis.....	36
10	Abbildungsverzeichnis.....	38

# 1 Einleitung

In der Astronomie zählen Emissionsnebel zu den begehrtesten Nebeln, sei es auf Grund der Beobachtungen oder Erforschung dergleichen. In der folgenden Literatuarbeit sind detaillierte Informationen über diese Nebel enthalten. Wie kam es zu ihrer heutigen Bedeutung? Wie entstehen sie, was macht sie überhaupt aus und wie beobachtet man diese Prachtexemplare am besten? All diese Fragen wurden in dieser Arbeit ausführlich behandelt und ihre Antworten dargelegt.

Die Forschungen rund um Emissionsnebel haben jedoch noch lange nicht ihren Höhepunkt erreicht. Die Beschränkung als Beobachter auf der Erde macht es überaus schwer etwas über Objekte in derart gewaltigen Distanzen zu erfahren. Somit bergen vor allem Emissionsnebel noch immer große Geheimnisse.

Nichtsdestotrotz wurden in den letzten Jahren gewaltige Fortschritte erzielt. Hierbei gilt es anzumerken, dass jede erdenkliche Entdeckung der Nebel ausschließlich durch Beobachtungen erzielt wurde. Zu den weltweit bedeutendsten Wissenschaftlern zählt Sun Kwok, welcher rund um sein Spezialgebiet, den planetarischen Nebel (eine Untergruppe der Emissionsnebel), bedeutende Fortschritte durch die sogenannte „Interacting-Winds Theory“ erzielt hat. All seine Entdeckungen zählte er in seinem im Jahr 2001 erschienenen Buch „Cosmic Butterflies – The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae“ auf.

Weitgehend hilfreich ist ebenfalls auch die Literatur von Steven R. Coe, welcher in seinem Buch „Nebulae and How to Observe Them“ aus dem Jahr 2007 einen eindrucksvollen Einblick in die Astronomie verschafft. Das Buch bietet neben Fachwissen über Sternennebel auch äußerst wichtige Tipps zum Beobachten dieser einzigartigen Erscheinungen.

Diese Arbeit soll zunächst einen Gesamteindruck über Emissionsnebel verschaffen. Wissen über diese Nebel ist weit verstreut, was das Informieren besonders erschwert. Interessierte oder angehende Hobbyastronomen sollen durch diese Literatuarbeit einen prägnanten Überblick über einige astronomische Objekte bekommen. Ebenso werden andere Nebelarten nur kurz angeschnitten, da eine ausführliche Erklärung jener keinen Platz in dieser Arbeit gefunden hätte.

Wie bereits erwähnt, ist hier eine reine Literaturarbeit zu erwarten, da Forschungen und Beobachtungen auf diesem Gebiet aus zeitlichen Gründen nicht durchgeführt werden konnten. Zuerst werden wichtige geschichtliche Ereignisse dargelegt, welche einen tieferen Eindruck in die Erforschung der Nebel verschaffen. Anschließend werden einige Grundlagen der Astrophysik erläutert, um danach Erklärungen zu den Eigenschaften der Emissionsnebel verständlich darlegen zu können. Nachdem die Theorie weitgehend bekannt gemacht wurde, werden zum Schluss der Arbeit Forschungs- und Beobachtungsmethoden erläutert, welche einen Einblick in das praktische Arbeiten in der Astronomie liefern sollen. Einige durchaus bekannte Emissionsnebel sind anschließend samt Koordinaten und Kurzübersicht aufgelistet.

## 2 Entdeckungsgeschichte der Nebel<sup>1</sup>

Man beobachtete Nebel schon vor der Entdeckung der Teleskope, zwar nur mit freiem Auge, jedoch konnte bereits einiges festgestellt werden. Damals definierte man alles als Nebel, das wie eine Wolke am Himmel aussah. Somit wurden auch Galaxien irrtümlicherweise als Nebel angeführt. Die Planeten, übersetzt aus dem Griechischen als sogenannte Wandersterne, wurden als Götter bezeichnet, da sie heller als alle anderen schienen und sich auf dem Himmel bewegten. Diese Entdeckungen waren ein erster Schritt in die heutige Astronomie. Dennoch dienten sie damals dem Zweck der Astrologie. Obwohl diese beiden Themenbereiche gewisse Ähnlichkeiten aufweisen, so unterscheiden sie sich dennoch in beinahe jedem Punkt.

Die Astrologie beschreibt die Verwendung von Himmelsobjekten zum Zwecke der Weissagung und unterstellt einen Zusammenhang von Sternbildern mit dem Leben auf der Erde. Die Astronomie hingegen ist die Wissenschaft hinter diesen Objekten. Da die Mittel zur Erforschung dieser Körper nicht gegeben war, forschte man in der Hoffnung, das Göttliche dahinter besser verstehen zu können.

Doch mit dem Bau der ersten Teleskope im 17. Jahrhundert war man in der Lage, sich genauer mit dem Thema auseinanderzusetzen. Allerdings galt die Aufmerksamkeit mehr der Schifffahrt und der Koordinatenbestimmung durch Sterne. Nichtsdestotrotz wurden auch andere bahnbrechende Entdeckungen gemacht, wie beispielsweise das heliozentrische Weltbild oder die Entdeckung der Keplergesetze für die Bewegung der Planeten. Jedoch haben die neuen Erkenntnisse für Unruhen in der Bevölkerung gesorgt. Schließlich ließ sich der Fortschritt nicht aufhalten und das Weltbild wurde von Grund auf verändert. In den darauf folgenden Jahrhunderten wurden nun die wichtigsten Voraussetzungen für effektivere Beobachtungen in der Astronomie geschaffen. Man begann das Licht zu analysieren und zum ersten Mal konnte man mithilfe der Spektren die chemische Zusammensetzung von astronomischen Objekten untersuchen.

---

<sup>1</sup> vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte\\_der\\_Astronomie](https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Astronomie) (Zugegriffen 26.2.2017)

## 2.1 Die Erforschung der planetarischen Nebel<sup>2</sup>

Emissionsnebel dieser Art zu finden, war nicht sonderlich schwer, da es ihnen an Anzahl nicht mangelt. Die erste Spektralanalyse eines Nebels dieser Art wurde 1864 von Sir William Huggins durchgeführt. Zuvor wurden lediglich Sterne analysiert, deren Licht gleichmäßige Farbbilder aufwies. Doch die Beobachtungen des Nebels NGC 6543 wies ein Emissionsspektrum auf, in dem lediglich eine blaue und zwei grüne Linien festgestellt wurden. Die blaue Linie wies auf das Vorhandensein von Wasserstoff hin, doch die zwei grünen Linien blieben ein Rätsel. William Huggins nahm an, er wäre auf ein noch nie zuvor entdecktes Element gestoßen und nannte es daher „Nebulium“. Erst im Jahre 1926 erkannte Ira S. Bowen, dass es sich hierbei um ionisierten Sauerstoff handelte.

Die Aufregung war groß und so versuchte man immer mehr über diese Nebel zu erfahren. Doch bald traf man auf ein weiteres Hindernis. Es war nämlich nicht möglich, die Entstehungsphasen und letzten Momente eines planetarischen Nebels zu beobachten. In ihrem jungen Alter sind sie zu klein, um gefunden werden zu können und sind sie älter, so verlieren sie immer mehr an Dichte, bis sie nicht mehr zu sehen sind.

Da die Entstehung weitaus interessanter war, wurde an einer besseren Beobachtungsmethode geforscht. Man baute im Jahr 1980 das sogenannte „Very Large Array“. Es besteht aus 27 Radioteleskopen, welche in einer Y-Form angeordnet sind. Mit Hilfe dieser Teleskope konnte man sehr leicht junge planetarische Nebel entdecken, da sie neben Licht auch starke Radiosignale senden. Waren sie kompakter, also gerade in ihrer Entstehungsphase, so war es umso leichter sie zu finden. Somit konnte man ihre Formen zum ersten Mal beobachten, was zuvor mit optischen Teleskopen am Boden nicht funktionierte. Zehn Jahre danach, im Jahr 1990, wurde das „Hubble Space Telescope“ in einem niedrigen Orbit um die Erde gebracht. Die Begeisterung erstmals Bilder durch ein im All positioniertes optisches Teleskop zu



**Abbildung 1: Der planetarische Nebel „NGC 2346“**

---

<sup>2</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 17ff



erhalten, hielt sich zunächst in Grenzen, da der Hauptspiegel an der Ecke um 2 Mikrometer zu flach geraten war. Dies machte das Teleskop bis zur Reparatur im Dezember 1993 fast völlig unbrauchbar. Während der Testphase des neu eingesetzten Spiegels wurde auch eine Aufnahme des planetarischen Nebels „NGC 2346“ (siehe Abbildung 1) gemacht.<sup>3</sup>

## 2.2 Charles Messier und seine Bedeutung für die Astronomie<sup>4</sup>

Charles Messier war ein französischer Astronom, der sich der Katalogisierung zahlreicher astronomischer Objekte widmete. Er begann mit seiner Forschung im Jahr 1758. Während seiner Untersuchungen des Nachthimmels stieß er jedoch immer wieder auf Objekte, welche er mit Kometen verwechselte. Im Nachhinein erkannte man bei näherer Betrachtung, dass es sich dabei meist um Sternenhaufen, Galaxien oder Nebel handelte. Somit fertigte er eine Liste an, in der er alle Objekte vermerkte, die ihn bei seinen Beobachtungen störten. Seine Liste wird heutzutage gern von Astronomen verwendet, da seine Vermerke leicht am Nachthimmel zu entdecken sind und oft gern gesehen werden. Hierbei gibt es auch einige bekannte Objekte, welche nicht von Messier aufgelistet wurden. Da er allerdings beinahe alle leicht zu sehenden Himmelskörper katalogisierte, kann man meist davon ausgehen, dass von ihm nicht gelistete Objekte mit herkömmlichen Teleskopen schwer zu entdecken beziehungsweise zu beobachten sind.

---

<sup>3</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 30f

<sup>4</sup> vgl. <http://www.astronomieundkometen.de/110-messier-objekte.html> (Zugegriffen: 4.1.2017)

### 3 Licht<sup>5</sup>

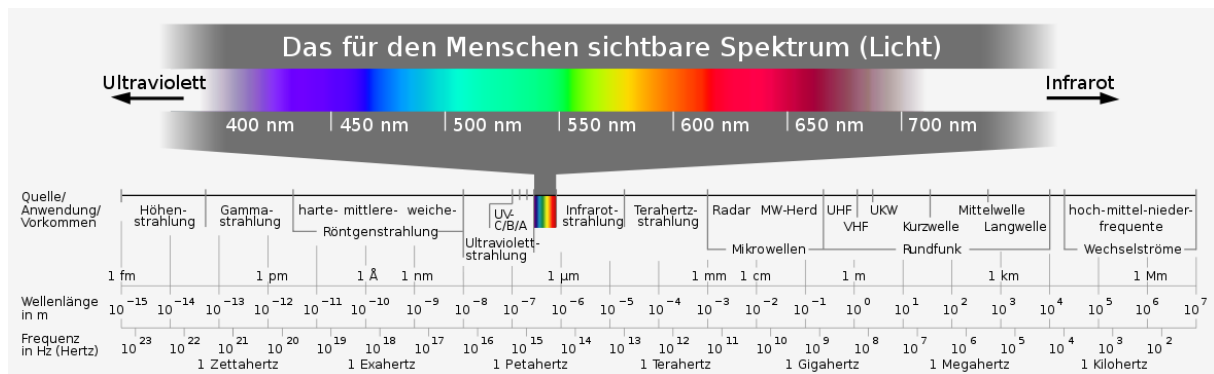
Licht kann sowohl als Teilchen als auch als Welle betrachtet werden. Dabei behält es eine Geschwindigkeit von rund 300 Millionen Meter pro Sekunde im Vakuum bei.

Es entsteht durch den Quantensprung des Elektrons eines Atoms, wenn dieses auf einen niedrigeren Energielevel fällt. Elektronen besitzen einen gewissen Energiewert. Ist dieser besonders niedrig, so spricht man von dem sogenannten Grundzustand. Wird einem Elektron durch Stoßprozesse, Wärmestrahlung oder Lichteinstrahlung Energie zugeführt, so erhöht sich das Energieniveau des Elektrons. Nach einer bestimmten Zeit fällt das Elektron wieder in einen niedrigeren Zustand zurück, der sogenannte Quantensprung ist erfolgt. Dabei wird eine elektromagnetische Welle mit der Energie  $\Delta E = h * f$ , beispielsweise Licht, abgegeben. Der Ausdruck  $h$  stellt das Planck'sche Wirkungsquantum dar und  $f$  (in der Einheit Hertz) die Frequenz der Welle. Die Länge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wellenberge beziehungsweise Wellentäler wird als Wellenlänge  $\lambda$  bezeichnet. Zwischen  $\lambda$  und der Frequenz  $f$  besteht der mathematische Zusammenhang  $\lambda = \frac{c}{f}$ . Das Formelzeichen  $c$  steht für die Lichtgeschwindigkeit. Wellenlängen werden in Meter angegeben. Das menschliche Auge kann jedoch nur gewisse Wellenlängen wahrnehmen. Man spricht von dem sichtbaren Spektrum. Dieses erstreckt sich von 700 bis 400 Nanometer. Ist  $\lambda$  länger als 550 Nanometer, so nehmen wir das Licht rötlich wahr. Ist  $\lambda$  kürzer als 400 Nanometer, so sehen wir das Licht in bläulicher Farbe, bis es schließlich violett erscheint. Ist die Wellenlänge größer als das Auge wahrnimmt, so spricht man unter anderem von Infrarot, Mikrowellen oder Radiowellen. Sind diese jedoch zu kurz, um wahrgenommen zu werden, spricht man zum Beispiel von UV Strahlen, Röntgenstrahlen oder Gammastrahlen. Folgende Grafik verdeutlicht dies:

---

<sup>5</sup> vgl. Jaros, Albert u.a.: Physik compact Basiswissen 7RG. Wien ÖBV 2012 S.16f; vgl.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wellenl%C3%A4nge>



**Abbildung 2: Das Spektrum des Lichts**

### 3.1 Die verschiedenen Lichtspektren<sup>6</sup>

In der Physik unterscheidet man zwischen drei verschiedenen Spektren - dem kontinuierlichen Spektrum, Absorptions- und Emissionsspektrum. In der astronomischen Forschung spielen diese Spektren eine wichtige Rolle.

Das kontinuierliche Spektrum:

Dieses Spektrum ergibt sich beispielsweise durch das Betrachten von weißem Licht einer Glühlampe. Auf dem Spektrum selbst, weisen die Farben untereinander eine ähnliche Farbe mit kontinuierlichem Übergang auf. Es sind keine Spektrallinien erkennbar.

Das Absorptionsspektrum:

Dieses Spektrum wird äußerst häufig in der Astronomie verwendet. Das abgegebene Licht eines Sterns wird durch die Zusammensetzung seiner Atmosphäre verändert. Auf dem Spektrum ist nun durch schwarze Linien zu erkennen, welche Elemente der Atmosphäre das Licht absorbiert haben. Anhand dessen lässt sich die genaue Zusammensetzung der Atmosphäre feststellen.

Das Emissionsspektrum:

Bei der Erforschung der Nebel stieß man auf eine seltene Eigenart. Manche Nebel scheinen, anders als viele Staubbewölken, Licht nicht zu absorbieren oder zu reflektieren, sondern,

<sup>6</sup> vgl. Jaros, Albert u.a.: Physik compact Basiswissen 7RG. Wien ÖBV 2012 S.14f

angeregt durch heiÙe Sterne, selbst zu leuchten. Diese Nebelart wird Emissionsnebel genannt. Da ihre Atome selbst Licht abgeben, ist das von ihnen abgestrahlte Licht als Emissionsspektrum wahrzunehmen. Im Gegensatz zu den anderen Spektren sind hier lediglich die Farben des vom Nebel ausgesandten Lichts festzustellen. Die angrenzenden Farben der einzelnen Spektrallinien unterscheiden sich hier sehr stark.

## 4 Was sind Sternennebel?



**Abbildung 3: Der Orionnebel**

Sternennebel sind gewaltige Ansammlungen von Materie in unserem Universum. Diese Nebel sind zudem auch die Geburtsorte von neuen Sternen. Bei dem hier dargestellten Nebel handelt es sich um den berühmten Orionnebel. Der sichtbare Bereich hat einen Durchmesser von rund 30 Lichtjahren und birgt die Masse von 700 Sonnen. Er besteht, wie auch die meisten anderen Nebel, hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium.

Spricht man jedoch von dem Orionnebel, so betrachtet man ein Gemisch aus vorwiegend Wasserstoff, rund 10% Helium sowie

Sauerstoff, Kohlenstoff, Neon, Stickstoff, Schwefel und Argon, welche gemeinsam weniger als 1% ausmachen.<sup>7</sup>

Dass Wasserstoff und Helium die am häufigsten vorkommenden Elemente sind, ist jedoch kein Zufall. Die Häufigkeit dieser Elemente wird bedingt durch ihre Einfachheit. Diese werden erst durch Fusion zu schwereren Elementen geformt. Da diese Atome jedoch nur wenig Wärmeenergie enthalten, laufen sämtliche Reaktionen sehr langsam ab.

---

<sup>7</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Orionnebel> (Zugegriffen 26.2.2017)

## 5 Entstehung der Nebel<sup>8</sup>

Alles begann mit dem Urknall vor etwa 15 bis 20 Milliarden Jahren. Raum, Zeit, Materie, Energie und alle vier Grundkräfte zu denen Gravitation, Elektromagnetismus, die starke und schwache Kernkraft zählen, konnten noch nicht voneinander unterschieden werden. Die vier Grundkräfte waren vereint zu einer Superkraft. Zu dieser Zeit war unser Universum noch keine ganze Sekunde alt. Hier herrschten Temperaturen von rund  $10^{32}$  Kelvin. Nun begannen sich die einzelnen Kräfte nacheinander von der Superkraft abzuspalten. Die Gravitation ging den anderen voraus und spaltete sich zuerst ab. Anschließend löste sich die starke Kernkraft von der Superkraft und es bildeten sich bereits die Urteilchen der Materie, die sogenannten Quarks, Leptonen, Elektronen und Neutrinos. Nun bestand die Superkraft nur noch aus dem Elektromagnetismus und der schwachen Kraft. Diese trennten sich  $10^{-10}$  Sekunden nach dem Urknall. Diese vier Grundkräfte formten nun das Weltall.

Die Urteilchen formten sich nach einigen Sekunden zu den ersten Elementen, hauptsächlich Wasserstoff und Helium. Atome konnten sich jedoch noch nicht bilden, da es im Universum noch zu heiß war. Aufgrund der Hitze herrschte der Plasmazustand, in dem es den Elementen nicht gelang, Elektronen in ihren Orbitalen zu halten. Erst nach rund 100 000 Jahren kühlte die Materie auf 3000 Kelvin ab und erst dann konnten sich vollständige Atome bilden. Da Wasserstoff am leichtesten war (mit nur einem Proton), dominierte, wie auch noch heute, dieses Element im Universum.

Dieses im Weltall dominierende Gas, bestehend aus Wasserstoff und etwas Helium, fügte sich nun langsam zu Klumpen zusammen. Es entstanden die ersten Protogalaxien. In ihrem Zentrum konnten auch gelegentlich supermassive Schwarze Löcher gefunden werden. Inmitten dieser entstehenden Galaxien bildeten sich nun Sterne. Durch Kernfusion innerhalb dieser Sterne wurden erstmals schwerere Elemente geschaffen, als ursprünglich durch den Urknall vorhanden waren.

Geht der Wasserstoffvorrat im Stern zu Neige, so bläht er sich auf und fusioniert das entstandene Helium zu schwereren Elementen. Man bezeichnet ihn nun als einen Riesenstern. Abhängig von der Sternenmasse kann der Fusionsprozess bis zum Eisen als

---

<sup>8</sup> vgl Jaros, Albert u.a.: Physik compact Basiswissen 8RG. Wien ÖBV 2013, S. 94ff und S.89

Endprodukt fortgesetzt werden. Ab diesem Zeitpunkt ist eine Fusion nicht mehr energieeffizient – es würde mehr Energie zur Fusion benötigt, als freigesetzt wird. Findet dieser Stern nun nicht länger ausreichend Elemente für eine effiziente Fusion, so bleibt der ursprüngliche thermische Druck der Fusion aus und der Stern kollabiert auf Grund seiner eigenen Gravitation. Jedoch sind die inneren Atome durch Fusionsprozesse schwerer und massiver. Somit prallt die äußere Schale wie ein Gummiball von dem Kern ab und wird in den Weltraum geschossen. Dieser Vorgang wird als Supernova bezeichnet.

Die abgesprengte Hülle des Sterns bildet nun einen Nebel. Dabei unterscheidet man zwischen einem Absorptions-, Reflexions- und Emissionsnebel.

**Absorptionsnebel:**

Der Sternennebel absorbiert jegliches einfallendes Licht. Sie lassen sich mit einer gewaltigen Staubwolke vergleichen. Zu sehen sind sie lediglich, wenn sich hinter ihnen ein Nebel anderer Art befindet. Sie sind am Himmel, wie

beispielsweise der Pferdekopfnebel auf diesem Bild von Sigggi Kohlert, als schwarzer Fleck zu sehen.



**Abbildung 4: Der Pferdekopfnebel**

### **Reflexionsnebel<sup>9</sup>:**

Diese Nebelart reflektiert beziehungsweise streut das einstrahlende Licht der umliegenden Sterne. Dies ist nur möglich, wenn diese Sterne nicht zu heiß sind. Genauer dazu ist im Kapitel „Emissionsnebel“ zu finden. Reflexionsnebel sind meistens in Blau



**Abbildung 5: Die Plejaden**

gehalten, da blaues Licht leichter als rotes gestreut wird. Bereits mit dem freien Auge sind die Plejaden sichtbar. Von den Emissionsnebeln sind sie anhand ihrer Leuchtkraft im Verhältnis zu ihrer Größe zu unterscheiden. Dieses Foto der Plejaden wurde ebenfalls von Sigggi Kohlert aufgenommen.

### **Emissionsnebel:**

Der Emissionsnebel ist ein selbststrahlender Nebel. Das ausgesendete Licht ist meist in charakteristischen Spektralfarben zu sehen. Im nächsten Kapitel wird genauer auf diese Nebelart eingegangen. Das folgende Bild stellt nochmals den berühmten Orionnebel dar:



**Abbildung 6: Der Orionnebel**

---

<sup>9</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Reflexionsnebel> (Zugegriffen 21.11.2016)



## 6 Emissionsnebel<sup>10</sup>

Wie bereits erwähnt sind Emissionsnebel selbststrahlende Nebel. Dennoch benötigen diese eine Energiequelle, um zur Lichtabgabe angeregt zu werden. Um dies zu gewährleisten, befinden sich meist in der Nähe solcher Nebel mehrere benachbarte Sterne. Unsere Sonne hat eine Oberflächentemperatur von rund 6000°C und strahlt deswegen in einer gelblichen Farbe. Die Sterne, welche als Motor der Emissionsnebel dienen, haben jedoch eine Oberflächentemperatur von 9000 bis 12000°C und geben daher sehr viel ultraviolette Strahlung ab. Diese ultraviolette Strahlung ionisiert die Atome im Nebel. Darunter versteht man, dass sie den Atomen genug Energie liefern, um ihre Elektronen aus den äußeren Schalen zu werfen. Diese Elektronen werden nun als „freie Elektronen“ bezeichnet. Findet nun ein freies Elektron zu einem Ion, so wird ein Lichtphoton in der Sekunde abgegeben, in der sie sich kombinieren. Ebenso werden bei diesem Vorgang auch Radiowellen ausgesendet. Das abgegebene Photon besitzt außerdem eine ganz bestimmte Wellenlänge, welche durch das Atom bestimmt wird. Dadurch kann man auf Grund der Farbe des Nebels die genaue Zusammensetzung feststellen. Am häufigsten erstrahlen diese Nebel in einem rötlichen Licht, das auf den großen Wasserstoffgehalt in unserem Universum zurückzuführen ist.<sup>11</sup> Die am häufigsten anzutreffende Form der Emissionsnebel ist der planetarische Nebel. Manchmal sind sie jedoch auch als sogenannter Wolf-Rayet-Nebel anzutreffen.

### 6.1 Planetarische Nebel:

Wie bereits erwähnt, ist der planetarische Nebel das überaus spektakuläre Ende eines Sterns. Nachdem die äußere Schale eines Sterns weggesprengt wurde, bleibt nur noch der heiße Kern übrig. Dieser Kern strahlt meist in einem ultravioletten Licht und regt somit den ausgestoßenen Nebel an. Obwohl diese Nebel relativ häufig vorkommen, ist ihre

---

<sup>10</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Emissionsnebel> (Zugegriffen 30.12.2016); vgl. Coe, Steven R.: Nebulae and How to Observe Them. Springer Science+Business Media, LLC 2007, S. 32; vgl. Coe, Steven R.: Nebulae and How to Observe Them. Springer Science+Business Media, LLC 2007, S. 32

<sup>11</sup> vgl. <http://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/deepsky/emissionsnebel.html> (Zugegriffen 30.12.2016)

Lebensspanne mit ungefähr 30 000 Jahren<sup>12</sup> sehr kurz. Dennoch werden sie gern aufgrund ihrer einzigartigen Formen beobachtet.

## 6.2 Interacting-Winds Theory<sup>13</sup>:

1977 fragten sich Chris Purton, Pim Fitz Gerald und Sun Kwok, wie es zu den verschiedensten Formen der planetarischen Nebel kam. Sie stellten die Theorie auf, dass ein Stern bei Abgabe seiner äußeren Schale zwei Phasen durchläuft. Während der ersten Phase gibt der Stern seine gesamte Atmosphäre mit einer Geschwindigkeit von 10-20 km/s ab und es bleibt lediglich der heiße innere Teil zurück. Diese Phase dauert mehrere hunderttausend Jahre. Danach bricht die zweite Phase an und der heiße Stern gibt einen gewaltigen Sonnenwind von 2000-4000 km/s ab, der – nach Kwoks Worten „wie ein Schneepflug“ – das durch die erste Phase abgestoßene Material aufwirbelt. Das daraus folgende Schema wird heute als planetarischer Nebel bezeichnet. Die Theorie wurde am 26. Jänner 1978 durch den Satelliten „International Ultraviolet Explorer“ bestätigt.

## 6.3 Wolf-Rayet-Nebel<sup>14</sup>:

Diese Nebel haben eine gewisse Ähnlichkeit mit den planetarischen Nebeln. Technisch gesehen handelt es sich hierbei um einen enorm massereichen Stern, der seine Hülle bereits abgesprengt hat. Diese Sterne werden als Wolf-Rayet-Sterne bezeichnet. Ihre Masse liegt zwischen zehn und 265 Sonnenmassen. Ist der Stern masseärmer, wird der umliegende Nebel lediglich als planetarischer Nebel klassifiziert. Die Oberflächentemperatur solcher Wolf-Rayet-Sterne schwankt in einem Temperaturbereich von rund 30 000 bis 120 000°C. Ihr Name ist auf die Astronomen Charles Wolf und Georges Rayet zurückzuführen.

---

<sup>12</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 27

<sup>13</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 58ff

<sup>14</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Wolf-Rayet-Stern> (Zugegriffen 6.1.2017)

## 6.4 Beobachtungsweisen:

Da von vielen Objekten neben dem herkömmlichen Licht auch Radiosignale ausgesendet werden, ist die sogenannte Radioastronomie ebenfalls ein großes Forschungsgebiet. Die Beobachtung durch herkömmliches Licht ist im Vergleich dazu simpel. Die Voraussetzungen beschränken sich auf niedrige Temperaturen, wenig Lichtverschmutzung und einen klaren Himmel. Beobachtet man Deep Sky Objekte, so kann auch das Mondlicht als Verschmutzung betrachtet werden, da das von ihm reflektierte Licht, das der umliegenden Sterne verdeckt. Diese Form der Beobachtung ist unter den Hobbyastronomen mit Abstand die häufigste.

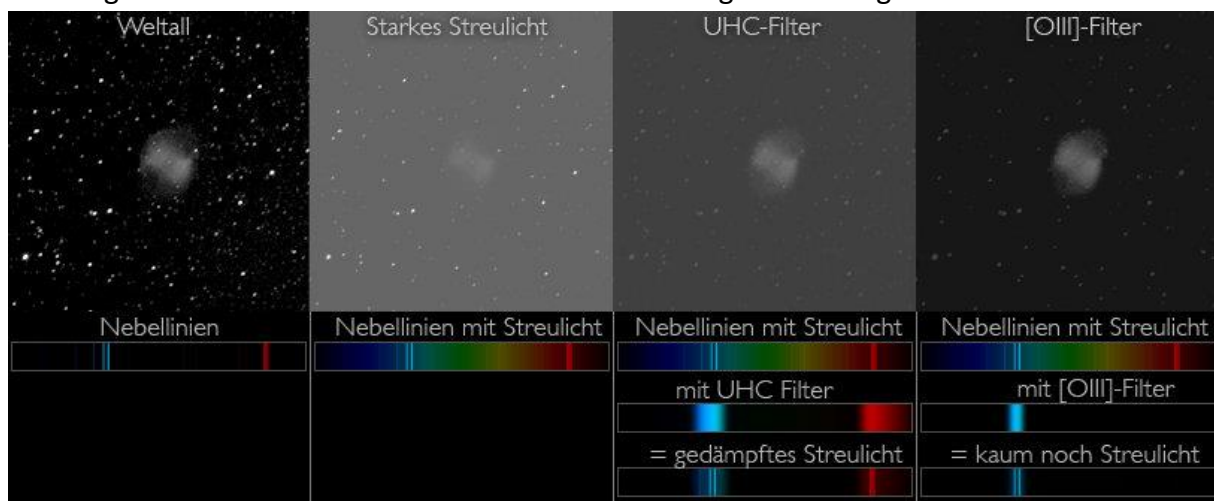
Im Gegensatz dazu steht die Radioastronomie. Ihre Voraussetzungen zum idealen Beobachten sind, vor allem in der heutigen Zeit, fast nirgendwo mehr gegeben. Zwar spielen Wolken, Licht und Temperatur keine Rolle mehr, jedoch ist das Beobachten in den meisten Gebieten der Erde unmöglich. In der Radioastronomie werden fast ausschließlich Signale mit einer Empfangssignalstärke von -260 Dezibel Milliwatt oder weniger erfasst.<sup>15</sup> Herkömmliche Signale, welche im Alltag oft eine große Rolle spielen, überdecken sämtliche astronomische Objekte. Somit werden Radioteleskope nur in gewissen Sperrgebieten gebaut und eingesetzt, was es unmöglich macht, als Hobbyastronom damit zu beobachten. Die mit ihnen aufgenommenen Bilder werden anhand der Stärke der Radiowellen dargestellt. Je stärker das Signal, umso dunkler ist das Bild an der jeweiligen Stelle. Zusätzlich zur Beobachtung astronomischer Objekte werden Radioteleskope auch dazu verwendet, den Funkverkehr mit Raumsonden aufrecht zu erhalten.

---

<sup>15</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Radioastronomie> (Zugegriffen 3.1.2017)

## 6.5 Die Verwendung von Filtern<sup>16</sup>

In der praktischen Astronomie spielen Filter eine besonders große Rolle. Das wohl bekannteste Problem unter den Astronomen ist das sogenannte Streulicht. Sofern man nicht in weit abgelegenen Gebieten beobachtet, wie beispielsweise in der Wüste, wird man stets Streulicht ausgesetzt sein. Unter diesem Begriff versteht man jede Art von Licht, die das zu beobachtende Objekt verdeckt. Himmelskörper wie Emissionsnebel geben meist nur ganz spezielles Licht von sich. Mit einem passenden Filter kann man das Störlicht abdunkeln. Die Wirkungsweise eines Filters wird anhand dieser Grafik genauer dargestellt:



**Abbildung 7: Die Wirkungsweise von Filtern anhand des Hantelnebels**

In diesem Bild ist der Hantelnebel abgebildet. Der Nebel erstrahlt in der sogenannten OIII-Doppellinie, sowie der H-Alpha- und H-Beta-Linien. Diese Begriffe werden häufig in der Astronomie verwendet. Der erste Buchstabe steht für das Element. Hiermit werden die Atome H Wasserstoff, O Sauerstoff und N Stickstoff beschrieben. Danach folgt eine römische Zahl. Sie steht für die Ionisierung des Atoms. Lautet diese I, so ist es neutral. Bei der Ziffer II sind die Atome einfach und bei III zweifach ionisiert.<sup>17</sup> Es gibt zudem noch die speziellen Begriffe der H-Alpha- und H-Beta-Linien. H-Alpha steht für Wasserstoff mit einer Wellenlänge von 656 Nanometer. H-Beta hat hingegen eine Wellenlänge von 486 Nanometer und steht ebenfalls für Wasserstoff.<sup>18</sup>

<sup>16</sup> vgl. <http://www.svenwienstein.de/HTML/nebelfilter.html> (Zugegriffen 5.1.2017)

<sup>17</sup> vgl. <http://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/ladung/251> (astronomische Begrifflichkeit) (Zugegriffen 5.1.2017)

<sup>18</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Nebelfilter> (H-alpha/beta Erklärung) (Zugegriffen 5.1.2017)

Betrachtet man nun erneut die Grafik, so sieht man zuerst den Nebel ohne und anschließend mit starkem Streulicht. Obwohl der Nebel sichtbar ist, leidet dennoch die Qualität des Bildes unter dem zusätzlichen Licht. Durch Verwendung eines sogenannten UHC-Filters (siehe Kapitel 6.5.2 Schmalband-Filter) ist er bereits deutlicher zu sehen. Der Filter lässt nur bestimmte Wellenlängen durch, welche sich besonders zum Beobachten eines planetarischen Nebels eignen. Ist dem Beobachter das Streulicht dennoch zu stark, kann auch ein feinerer OIII-Filter (siehe Kapitel 6.5.3 Linien-Filter) verwendet werden, welcher außer den OIII-Linien praktisch kein Licht mehr durchlässt.

Was außerdem noch auffällt, sind die zunehmend verschwindenden Sterne. Da diese ihr Licht in einem weitaus umfangreicheren Spektrum abgeben, werden auch sie durch den Filter größtenteils verdeckt. In diesem Fall ist es sinnvoll, bei wenig Streulicht einen dementsprechend schwachen Filter zu verwenden. Man unterscheidet deshalb zwischen drei verschiedenen Filterklassen – dem Linien-Filter, welcher nur wenig Licht passieren lässt, dem Breitband-Filter, der das Licht nur grob unterdrückt und dem Schmalband-Filter, der einen Kompromiss zwischen den beiden anderen Filterklassen darstellt. Diese Klassen werden in den nächsten Unterkapiteln hinsichtlich der Durchlässigkeit nach aufgeführt und genauer erklärt.

### 6.5.1 Breitband-Filter

Diese Filterklasse blockt die am stärksten von Streulicht betroffenen Farben. Dennoch wird das Bild durch die übrigen Streulichter stark beeinträchtigt. Trotzdem ist ein deutlicher Qualitätsverlust des Bildes festzustellen, wenn kein Filter verwendet wird. Durch diesen Filter werden die Farben Gelbgrün, Gelb, Orange, Dunkelblau und Violett geblockt.

Beobachtet man das Objekt länger mit dem Auge, so wird die Wahrnehmung dessen von Zeit zu Zeit schlechter. Das menschliche Auge wird durch die Anpassung an die Dunkelheit stetig empfindlicher gegenüber grünem Licht. Das blaue, gelbe und rote Licht, hingegen wird von dem Auge immer schlechter aufgefasst. Somit eignet sich dieser Filter besser für fotografische Zwecke, als zum eigenen Beobachten. Die dabei verwendete Kamera muss allerdings auf Tageslicht abgestimmt sein, um zu funktionieren. Der Vorteil bei derart schwachen Filtern besteht darin, dass Sterne dennoch gut sichtbar bleiben und dass bei

kleineren Teleskopen, welche nicht so viel Licht einfangen können, die Helligkeit nur bedingt gemindert wird.

### 6.5.2 Schmalband-Filter (auch UHC-Filter genannt)

Diese Filter, auch bekannt als „Ultra High Contrast“-Filter, sind bei weitem weniger durchlässig als Breitbandfilter. Sie blocken bereits das meiste aus der Stadt bekannte Streulicht. Da sie hauptsächlich darauf ausgelegt sind blaugrüne Farben durchzulassen, wird es beinahe unmöglich Sterne, Galaxien und Reflexionsnebel zu beobachten.

Betrachtet man die durchlässigen Spektrallinien, so findet man lediglich H-Beta-Linien und die OIII-Doppellinie. Es wird ebenfalls die rote H-Alpha-Linie durchgelassen, um schöne Fotografien zu ermöglichen. Da das Auge rotes Licht im Dunkeln nur schwer wahrnimmt, stört es meistens nicht.

Mit diesen Filtern werden gerne alle Arten der Emissionsnebel beobachtet. Besonders im Blickpunkt befinden sich Sternentstehungsgebiete und Emissionsnebel, welche sich in unmittelbarer Nähe von Sternenhaufen befinden, da von den Sternen kaum noch etwas zu sehen ist. Es wirken die damit geschossen Bilder farblich kräftiger als mit dem durchlässigerem Breitbandfilter. Aufgrund des Fehlens einer größeren Farbpalette erscheinen die Sterne meist in einem grünen oder pinken Farbton.

### 6.5.3 Linien-Filter

Da Linienfilter nur sehr wenig Licht durchlassen und es verschiedene Modelle gibt, müssen sie in weitere Unterkategorien unterteilt werden.

OIII-Filter:

Werden planetarische Nebel beobachtet, so gibt es keinen geeigneteren Filter als diesen. Denn jene leuchten am stärksten in ihrer OIII-Linie. Viele Nebel sind aufgrund von Streulicht erst mit derart starken Filtern erkennbar. Somit eignet er sich gut zum Beobachten in urbanen Gebieten.

Da die allgemeine Abdunkelung bereits sehr stark ist, sind die Ergebnisse bei kleineren Teleskopen meist enttäuschend. Bekommt man allerdings die Möglichkeit diesen effektiv zu

nutzen, so wird man detaillierte Bilder von planetarischen Nebeln erhalten. Umliegende Sterne sind hierbei praktisch nicht mehr zu sehen.

H-Beta-Filter:

Da Sternentstehungsgebiete im Vergleich zu den planetarischen Nebeln intensiver im H-Beta-Licht strahlen als die planetarischen Nebel, sind gerade diese Emissionsnebel am besten mit einem H-Beta-Filter zu beobachten. Sie filtern jegliches Licht mit Ausnahme der H-Beta-Linie. Planetarische Nebel strahlen zwar auch in einem H-Beta-Licht, doch da die Leuchtkraft ihres H-Beta-Lichts 66% schwächer ist als die ihrer OIII-Linie, ist die Beobachtung jener Objekte mit diesem Filter nicht besonders zufriedenstellend. Sie verdunkeln Sterne mit einer ähnlichen Intensität wie die OIII-Filter. Da durch H-Beta-Filter nur vergleichsweise wenige Objekte beobachtet werden können, sind sie auch weniger begehrt.

H-Alpha- und SII-Filter:

Diese beiden Filter werden lediglich für fotografische Zwecke verwendet, da sie nur rotes Licht durchlassen. Damit werden viele rote Emissionsnebel aufgenommen.

## 6.6 Spektralanalyse<sup>19</sup>

Um das Spektrum eines Nebels zu analysieren, bedarf es mehrerer Aufnahmen des Spektrographen. Anschließend werden die jeweiligen Spektren mithilfe des Computers nachbearbeitet.

Zuallererst müssen die sogenannten Hotpixel entfernt werden. Dies sind vereinzelte Pixel, welche im Verhältnis zu den anderen fälschlicherweise heller dargestellt werden. Hotpixel entstehen unter anderem bei zu langen Belichtungszeiten und zu empfindlich eingestellten Pixel des Detektors.

Als nächstes wird das „Stacking“ der Spektren vorgenommen. Dabei werden die einzelnen aufgenommenen Spektren mittels Computereinsatz addiert und davon wird anschließend

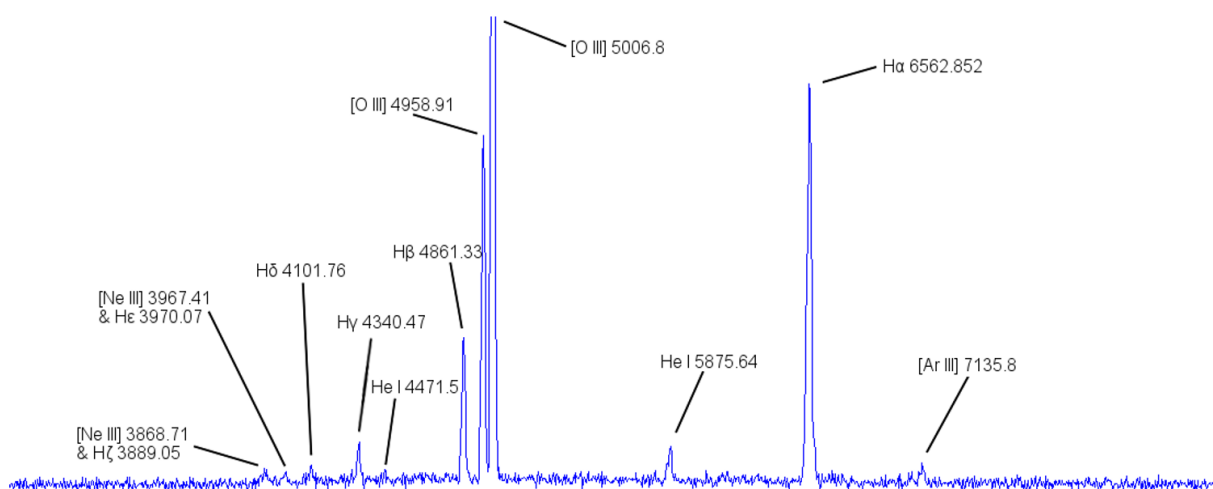
---

<sup>19</sup> vgl. Immanuel Gehlmann und Jonathan Hilberg: Spektroskopie des Planetarischen Nebels. Katzenaugennebel NGC6543. Carl-Fuhlrott-Gymnasium: 1.6.2016. Als Download: <http://www.baader-planetarium.de/carl-fuhlrott/download/Spektroskopie%20des%20Katzenaugennebels%20NGC%206543%20-%20Immanuel%20Gehlmann,%20Jonathan%20Hilberg.pdf> (Zugegriffen 27.2.2017)

der Mittelwert gezogen. Dadurch werden Verfälschungen durch veränderte Sichtbedingungen oder Streulicht reduziert.

Anschließend wird das Spektrum des Himmelhintergrunds entfernt. Dafür wird kurz eine Aufnahme um den Nebel herum gemacht. Das entstandene Spektrum wird dann von dem des Nebels subtrahiert. Als Ergebnis bekommt man ein deutlich abgegrenztes Nebelspektrum.

Nun sind alle Bearbeitungen vollendet. Mithilfe des Computers werden die Intensitäten der einzelnen Spektrallinien herausgelesen und graphisch dargestellt. Abschließend erfolgt noch die Zuordnung der Wellenlänge zu den einzelnen Intensitäten. Dies erfolgt durch die sogenannte Wellenlängenkalibration. Eine Möglichkeit dies zu bewerkstelligen, ist der Abgleich mit einer Intensitätskurve aus einem Referenzwerk. Wenn dies erfolgt ist, kann anhand einer neuen Darstellung nun die Zusammensetzung des Nebels herausgelesen werden. Die folgende Abbildung zeigt die im Katzenaugennebel vorhandenen Elemente und deren Häufigkeit:



**Abbildung 8: Intensitätskurve des Katzenaugennebel-Spektrums**



## 7 Berühmte Emissionsnebel:

Der Orionnebel (Messier 42):

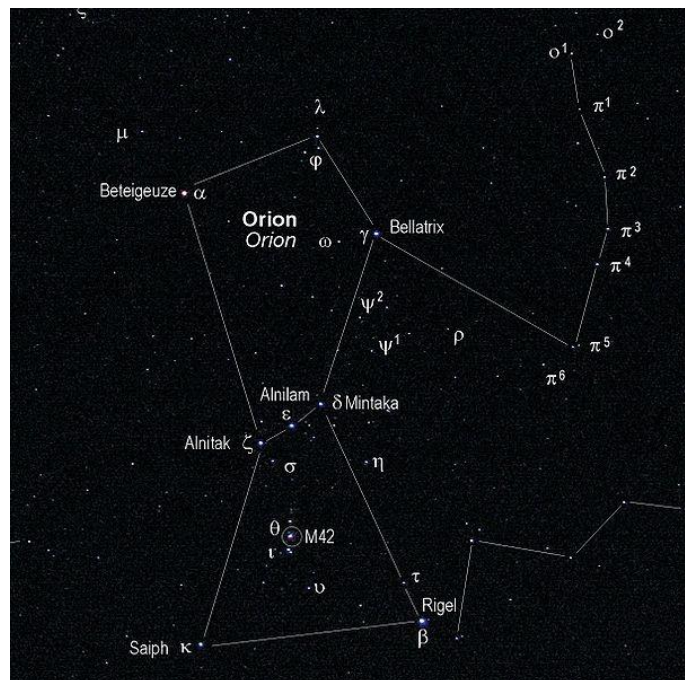
Position: Rektaszension: 5h 35,3m Deklination:  $-5^{\circ} 23,5'$ <sup>20</sup>

Der Orionnebel ist wohl einer der bekanntesten Nebel. Er ist nicht nur eines der größten uns bekannten Sternentstehungsgebiete, sondern auch der Erde am nächsten.<sup>21</sup> Der

Orionnebel ist von der Erde aus derart gut sichtbar, dass er sogar mit freiem Auge bei guten Wetterbedingungen als kleiner

Nebelfleck gesehen werden kann. Wie in der Grafik zu sehen ist, findet man ihn auch ohne genaue Positionsdaten direkt unter dem mittleren Stern des Gürtels in dem Sternbild Orion.

Aufgrund seiner enormen Helligkeit können bereits mit einfachen Teleskopen detaillierte Beobachtungen gemacht werden. Somit ist er gerade für Hobbyastronomen ein begehrtes Ziel am Nachthimmel.



**Abbildung 9: Das Sternbild Orion**

<sup>20</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Orionnebel> (Zugegriffen 26.2. 2017)

<sup>21</sup> vgl. [http://www.caha.es/the-massive-cluster-in-front-of-the-orion-nebula\\_de.html](http://www.caha.es/the-massive-cluster-in-front-of-the-orion-nebula_de.html) (Zugegriffen 4.1. 2017)

Der kleine Hantelnebel (Messier 76)<sup>22</sup>:

Position: Rektaszension: 1h 42m

24s Deklination: +51° 34'<sup>23</sup>

Der kleine Hantelnebel ist ein kleiner planetarischer Nebel.

Unter den Messier Objekten zählt er sogar zu den kleinsten.

Er erhielt damals zwei verschiedene Bezeichnungen, NGC 650 und 651, da man ihn für zwei separate

Emissionsnebel hielt. Nun wurde

er als bipolarer Emissionsnebel deklariert. Entdeckt wurde er erstmals von Pierre Méchain im September 1780. Er wusste jedoch noch nicht, dass es sich hierbei um einen planetarischen Nebel handelt. Erst 1918 erkannte der Astronom Heber Doust Curtis, um welche Nebelart es sich handelte. Trotz seiner geringen Leuchtkraft und Größe, ist der Nebel dennoch leicht zu finden. Er befindet sich südlich des Cassiopeia-Ws.



**Abbildung 10: Der kleine Hantelnebel**

---

<sup>22</sup> vgl. <https://freestarcharts.com/messier-76> (Zugegriffen 4.1. 2017)

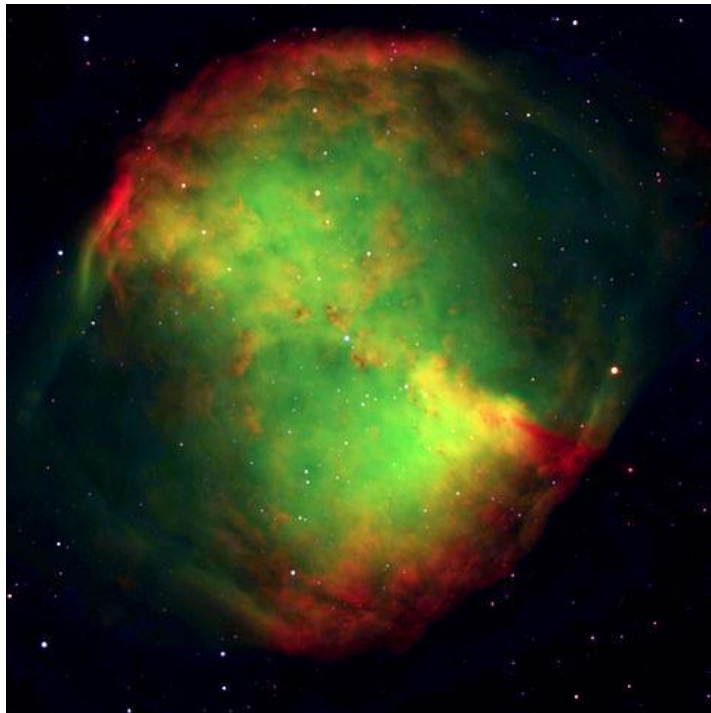
<sup>23</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 167

Der Hantelnebel<sup>24</sup>:

Position: Rektaszension: 19h 59m

36,2s Deklination: +22° 43' 1''<sup>25</sup>

Dieser Nebel, in seiner Form ähnlich dem kleinen Hantelnebel, gehört zu einer der beliebtesten Objekte unter Astronomen. Anders als viele andere Nebel ist dieser klar zu erkennen und erstrahlt in einem hellen Licht. Er wurde von Messier im Jahr 1764 im Sternbild des Fuchses entdeckt.



**Abbildung 11: Der Hantelnebel**

---

<sup>24</sup> vgl. <https://freestarcharts.com/messier-27> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>25</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 167

Der Eskimonebel<sup>26</sup>:

Position: Rektaszension: 7h 29m 10,7s Deklination: +20° 54' 37''<sup>27</sup>

Diese einzigartige planetarische Nebelkonstellation wurde erstmals von William Herschel im Jahr 1787 entdeckt. Jedoch wird man mit herkömmlichen Teleskopen kein Bild dergleichen erhalten. Man wird ihn lediglich als hellen Stern umrundet von einer dunklen Scheibe zu sehen bekommen. Dieses Bild wurde mit dem Weltraumteleskop „Hubble“ aufgenommen.



**Abbildung 12: Der Eskimonebel**

---

<sup>26</sup> vgl. <https://freestarcharts.com/ngc-ic/21-guides/ngc/153-ngc-2392-caldwell-39-eskimo-nebula-planetary-nebula> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>27</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 167

Der Eta-Carinae-Nebel<sup>28</sup>:

Position: Rektaszension: 10h 45,1m Deklination: -59° 52'<sup>29</sup>

Der Eta-Carinae-Nebel wurde erstmals von Nicholas Louis de Lacaille im Jahr 1752 entdeckt. Dieser Emissionsnebel ist das größte Sternentstehungsgebiet in unserer Galaxie, der Milchstraße. Obwohl er deutlich größer als der Orionnebel ist, mangelt es ihm dennoch an Bekanntheit. Dies könnte auf seine extrem ungünstige, südliche Lage zurückzuführen sein, die es



**Abbildung 13: Der Eta-Carinae-Nebel**

schwer macht, ihn zu beobachten. Ist er jedoch auf dem Nachthimmel zu finden, so erstrahlt er in einem helleren Licht als der Orionnebel.

---

<sup>28</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Carinanebel> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>29</sup> vgl. Coe, Steven R.: *Nebulae and How to Observe Them*. Springer Science+Business Media, LLC 2007, S. 87

Der Ring-Nebel (Messier 57)<sup>30</sup>:

Position: Rektaszension: 18h 53m 53,7s Deklination: +33° 1' 40''<sup>31</sup>

Dieser bekannte planetarische Nebel existiert schon seit rund 20 000 Jahren. In seiner Mitte erkennt man seinen hell leuchtenden Stern mit einer Oberflächentemperatur von rund 70 000 Grad Kelvin. Dieser Nebel zählt wohl zu einer der bekanntesten planetarischen Nebel.



**Abbildung 14: Der Ring-Nebel**

---

<sup>30</sup> vgl. <http://astrofotografie.hohmann-edv.de/aufnahmen/M57.php> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>31</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 167



Der Bleistiftnebel<sup>32</sup>:

Position: Rektaszension: 9h 0,4m Deklination: -45° 54'<sup>33</sup>

Eine Supernova hat einst die Formen dieses Emissionsnebels geschaffen. Der Nebel nimmt aus unserer Sicht die Form eines Bandes an. Somit wurde er schließlich Bleistiftnebel genannt. Von der Supernova blieb ein Pulsar zurück, welchen die Astronomen zur Zeitmessung verwendeten. Anhand der verlangsamten Geschwindigkeit der Taktrate des Pulsars, konnten die Wissenschaftler ungefähr bestimmen, vor wie



**Abbildung 15: Der Bleistiftnebel**

vielen Jahren sich die Supernova ereignet haben muss. Sie folgerten, dass sie vor ungefähr 11 000 Jahren stattfand und dabei rund 250-mal heller am Himmel zu sehen war als die Venus. Diese Beobachtungen waren lediglich mit Radioteleskopen möglich. Der Nebel selbst wurde erstmals ungefähr im Jahr 1840 von Sir John Herschel entdeckt.

---

<sup>32</sup> vgl. [http://hubblesite.org/image/1350/news\\_release/2003-16](http://hubblesite.org/image/1350/news_release/2003-16) (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>33</sup> vgl. Coe, Steven R.: Nebulae and How to Observe Them. Springer Science+Business Media, LLC 2007, S. 82

Der Ameisennebel<sup>34</sup>:

Position: Rektaszension: 16h 17m 13,4s Deklination: -51° 59' 10,3''

Obwohl der Ameisennebel mit herkömmlichen Teleskopen nur schwer zu entdecken ist, bleibt er dennoch in seiner Form einzigartig. Der planetarische Nebel wurde im Jahr 1922 von dem Astronom Donald Menzel entdeckt. Den Namen erhielt er auf Grund der verblüffenden Ähnlichkeit mit dem Brustkorb einer Ameise.



**Abbildung 16: Der Ameisennebel**

Der Katzenaugennebel<sup>35</sup>:

Position: Rektaszension: 17h 58m 33,4s Deklination: +66° 37' 59''<sup>36</sup>

Dieser planetarische Nebel wurde bereits sehr früh entdeckt. Man geht davon aus, dass das Alter des Nebels ungefähr 1000 Jahre entspricht. Die Faszination liegt in seiner Komplexität. Kein anderer Nebel weist derart durchmischte Formen auf. Die ständigen



**Abbildung 17: Der Katzenaugennebel**

Auswürfe von Material des Sterns finden in dieser jungen Entstehungsphase derart häufig

---

<sup>34</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Ameisennebel> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>35</sup> vgl. <https://hubble25th.org/images/6> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>36</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 167

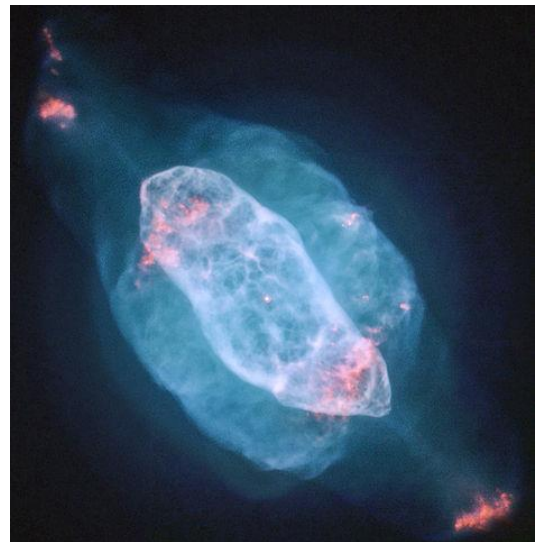


statt, dass sich erkennbare Unterschiede in den Bildern des Hubble Weltraumteleskops in den Jahren 1994, 1997, 2000 und 2002 zeigen.

Der Saturnnebel<sup>37</sup>:

Position: Rektaszension: 21h 4m 10,8s Deklination: -11° 21' 57''<sup>38</sup>

Die Struktur dieses planetarischen Nebels erinnert an den Planeten Saturn mit seinen Ringen. Der Saturnnebel wurde von William Herschel im Jahr 1782 am Himmel entdeckt. Er ist im Sternbild Wassermann anzufinden und kann dank seiner Helligkeit auch bereits von einfachen Teleskopen aufgenommen werden. Selbst seine Jets, welche den Saturnringen ähnlich sehen, können durch solche Geräte beobachtet werden.



**Abbildung 18: Der Saturnnebel**

---

<sup>37</sup> vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Saturnnebel> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<sup>38</sup> vgl. Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001, S. 167

## 8 Resümee:

Emissionsnebel bleiben begehrte Himmelsobjekte für die Forschung. Obwohl durch die Interacting-Winds Theory einiges verdeutlicht wurde, bleiben dennoch manche Gestalten ein Rätsel. Über einige dieser Nebelarten wird zwar spekuliert, doch mit den derzeitigen Beobachtungstechniken sind vermutlich keine weiteren Beweise der Theorie zu liefern. Da die Entwicklung in diesem Forschungsgebiet jedoch äußerst schnell voranschreitet, kann man in den kommenden Jahren mit weiteren Erkenntnissen rechnen.

Wird der Forschungsstand der heutigen Astronomie genauer betrachtet, fällt auf, dass sie sich noch immer in ihren ersten Entdeckungsphasen befindet. Denn die größten Probleme bestehen noch immer darin, dass eine Untersuchung aus direkter Nähe unmöglich ist. Naturgesetze, wie die Maximalgeschwindigkeit eines Objekts, verwehren ebenfalls jegliche Hoffnungen jemals Beobachtungen vor Ort durchführen zu können. Somit wird auch in naher Zukunft mit den heutigen Mitteln geforscht werden müssen.

Die Fähigkeit der Emissionsnebel Licht selbst zu emittieren, sorgt noch immer für Begeisterung unter den Astronomen. Anders als Objekte wie Galaxien und Sternenhaufen, sind sie deutlich zu unterscheiden. Sterne sehen anderen Sternen, vor allem von der Erde aus betrachtet, sehr ähnlich. Zwar sind sie meist verschieden groß und strahlen etwas anders, doch ist man auf der Suche nach einem unverwechselbaren Anblick, liefern sie nur wenige atemberaubende Augenblicke. Galaxien hingegen sind bereits etwas interessanter. In der Antike hielt man sie sogar für Nebel, doch zeigen diese untereinander ebenfalls nur wenig Abwechslung. Spektakuläre Gestalten sind lediglich in den Sternennebel zu finden.

Filter bieten einen weiteren Vorteil zur Beobachtung der Emissionsnebel. Dadurch, dass diese Nebel nur in bestimmten Wellenlängen strahlen, sind sie durch Anwendung des korrekten Filters auch bei dezentem Streulicht zu erkennen. Sterne und Galaxien hingegen strahlen in einem weitaus größeren Spektrum, das ihre Abdunkelung zu Folge hat. Daher sind diese Nebel oft mit kleineren Teleskopen noch zu betrachten.

In dieser Arbeit wurden andere Nebelarten kaum erwähnt. Ihre Existenz sollte durchaus allgemein bekannt sein, denn über diese mysteriösen Staubwolken wären ganze Bücher zu schreiben. Somit hätte es den Rahmen gesprengt, Genaueres über andere Nebelarten zu

erläutern. Das Herausarbeiten dieses Themas wäre wahrscheinlich durch praktisches Beobachten deutlich interessanter gewesen. Allerdings stammen sämtliche astronomische Kenntnisse aus Aufzeichnungen. Es war mir leider nicht möglich, während dem Verfassen dieser Arbeit, selbst Aufnahmen zu erzeugen. Dies hätte tagelanges Beobachten, effektive Nachführung des Teleskops inklusive Kamera und Software vorausgesetzt, welches von meiner Seite aufgrund von fehlendem Budget und Zeit nicht zu bewerkstelligen war.

## 9 Literaturverzeichnis

<http://astrofotografie.hohmann-edv.de/aufnahmen/M57.php> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<http://www.astronomieundkometen.de/110-messier-objekte.html> (Zugegriffen: 4.1.2017)

<http://www.br-online.de/wissen->

<bildung/spacenight/sterngucker/deepsky/emissionsnebel.html> (Zugegriffen 30.12.2016)

[http://www.caha.es/the-massive-cluster-in-front-of-the-orion-nebula\\_de.html](http://www.caha.es/the-massive-cluster-in-front-of-the-orion-nebula_de.html) (Zugegriffen 4.1. 2017)

Coe, Steven R.: Nebulae and How to Observe Them. Springer Science+Business Media, LLC 2007

<https://freestarcharts.com/messier-27> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<https://freestarcharts.com/messier-76> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<https://freestarcharts.com/ngc-ic/21-guides/ngc/153-ngc-2392-caldwell-39-eskimo-nebula-planetary-nebula> (Zugegriffen 4.1. 2017)

Immanuel Gehlmann und Jonathan Hilberg: Spektroskopie des Planetarischen Nebels.

Katzenaugennebel NGC6543. Carl-Fuhlrott-Gymnasium: 1.6.2016. Als Download:

<http://www.baader-planetarium.de/carl->

<fuhlrott/download/Spektroskopie%20des%20Katzenaugennebels%20NGC%206543%20-%20Immanuel%20Gehlmann,%20Jonathan%20Hilberg.pdf> (Zugegriffen 27.2.2017)

[http://hubblesite.org/image/1350/news\\_release/2003-16](http://hubblesite.org/image/1350/news_release/2003-16) (Zugegriffen 4.1. 2017)

<https://hubble25th.org/images/6> (Zugegriffen 4.1. 2017)

Jaros, Albert u.a.: Physik compact Basiswissen 7RG. Wien ÖBV 2012

Jaros, Albert u.a.: Physik compact Basiswissen 8RG. Wien ÖBV 2013

Kwok, Sun: Cosmic Butterflies - The Colorful Mysteries of Planetary Nebulae. Cambridge: Cambridge University Press 2001

<http://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/ladung/251> (Zugegriffen 5.1.2017)

<http://www.svenwienstein.de/HTML/nebelfilter.html> (Zugegriffen 5.1.2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ameisennebel> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Carinanebel> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Emissionsnebel> (Zugegriffen 30.12.2016)

[https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte\\_der\\_Astronomie](https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Astronomie) (Zugegriffen 26.2.2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nebelfilter> (Zugegriffen 5.1.2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Orionnebel> (Zugegriffen 26.2. 2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Radioastronomie> (Zugegriffen 3.1.2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Reflexionsnebel> (Zugegriffen 21.11.2016)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Saturnnebel> (Zugegriffen 4.1. 2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wolf-Rayet-Stern> (Zugegriffen 6.1.2017)

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der planetarische Nebel „NGC 2346“ .....	8
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6449257">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6449257</a> (Zugegriffen 5.1. 2017)	
Abbildung 2: Das Spektrum des Lichts .....	11
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3726606">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3726606</a> (Zugegriffen 21.11.2016)	
Abbildung 3: Der Orionnebel .....	13
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1164360">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1164360</a> (Zugegriffen 21.11.2016)	
Abbildung 4: Der Pferdekopfnebel.....	15
<a href="http://www.astroimages.de/de/gallery/IC434.html">http://www.astroimages.de/de/gallery/IC434.html</a> (Zugegriffen 21.11.2016)	
Abbildung 5: Die Plejaden .....	16
<a href="http://www.astroimages.de/de/gallery/M45.html">http://www.astroimages.de/de/gallery/M45.html</a> (Zugegriffen 21.11.2016)	
Abbildung 6: Der Orionnebel .....	16
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1164360">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1164360</a> (Zugegriffen 21.11.2016)	
Abbildung 7: Die Wirkungsweise von Filtern anhand des Hantelnebels .....	20
<a href="http://www.svenwienstein.de/Pics/M27-Vergleichb.jpg">http://www.svenwienstein.de/Pics/M27-Vergleichb.jpg</a> (Zugegriffen 5.1.2017)	
Abbildung 8: Intensitätskurve des Katzenaugennebel-Spektrums .....	24
<a href="http://www.baader-planetarium.de/carl-fuhlrott/download/Spektroskopie%20des%20Katzenaugennebels%20NGC%206543%20-%20Immanuel%20Gehlmann,%20Jonathan%20Hilberg.pdf">http://www.baader-planetarium.de/carl-fuhlrott/download/Spektroskopie%20des%20Katzenaugennebels%20NGC%206543%20-%20Immanuel%20Gehlmann,%20Jonathan%20Hilberg.pdf</a> (Zugegriffen 27.2.2017)	
Abbildung 9: Das Sternenbild Orion.....	25
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10793278">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10793278</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 10: Der kleine Hantelnebel .....	26
<a href="https://freestarcharts.com/images/Articles/Messier/M76_Crawford.jpg">https://freestarcharts.com/images/Articles/Messier/M76_Crawford.jpg</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 11: Der Hantelnebel.....	27
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4808871">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4808871</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	

Abbildung 12: Der Eskimonebel .....	28
<a href="https://freestarcharts.com/images/Articles/NGC/NGC2392_Eskimo_Nebula_NASA.jpg">https://freestarcharts.com/images/Articles/NGC/NGC2392_Eskimo_Nebula_NASA.jpg</a>	
(Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 13: Der Eta-Carinae-Nebel .....	29
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53602490">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53602490</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 14: Der Ring-Nebel.....	30
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31290227">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31290227</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 15: Der Bleistiftnebel .....	31
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21565922">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21565922</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 16: Der Ameisennebel.....	32
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3472296">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3472296</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 17: Der Katzenaugennebel.....	32
<a href="https://hubble25th.org/uploads/image/display_image/6/low_25th-gallery-060.jpg">https://hubble25th.org/uploads/image/display_image/6/low_25th-gallery-060.jpg</a>	
(Zugegriffen 4.1. 2017)	
Abbildung 18: Der Saturnnebel .....	33
<a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31290657">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31290657</a> (Zugegriffen 4.1. 2017)	