Deep-Sky-Fotografie galaktischer Nebel

Mike Bratek

Mastweg 179

42349 Wuppertal

mikebratek@web.de

Patrick Möbius

Bobelschwinghweg 19

42115 Wuppertal

patrick.moebius2000@t-online.de

Carl-Fuhlrott-Gymnasium, Wuppertal

Jahrgangsstufe Q1

Projektarbeit im Rahmen des Projektkurses Astronomie 2017/18

Kursleitung: Bernd Koch

Abgabedatum: 30.05.2018

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung ... 3
2. Was sind galaktische Nebel? ... 3
3. Fakten zu ausgewählten galaktischen Nebeln ... 4
3.1 Orionnebel ... 4
3.2 Herznebel ... 5
3.3 Rosettennebel ... 5
4. Nebelarten ... 6
4.1 Diffuse Nebel ... 6
4.2 Emissionsnebel ... 7
4.3 Reflexionsnebel ... 8
4.4 Planetarische Nebel ... 9
4.5 Molekülwolke ... 10
4.6 Dunkelwolken ... 11
5. Sternentstehung ... 12
6. Technisches Equipment ... 14
6.1 Celestron C11 ... 14
6.2 Das Hyperstar-System des Celestron 11 EdgeHD ... 15
6.3 SBIG STF-8300M ... 16
6.4 H-alpha Filter ... 17
7. Aufgabenstellung ... 18
8. Aufnahme der Nebel ... 18
8.1 Vorbereitung ... 18
8.2 Aufnahme der Bilder ... 20
8.3 Aufgenommene Bilder ... 20
9. Bildbearbeitung ... 21
9.1 Stacken ... 21
9.2 Details ... 23
9.3 Fehlerbehebung ... 25
10. Fertige Bilder ... 27
10.1 M42 (Orionnebel) ... 27
10.2 NGC2244 (Rosettennebel) ... 28
10.3 IC1805 (Herznebel) ... 29
11. Vergleich von unseren Bildern mit anderen ... 30
12. Danksagung ... 30
13. Abschlusserklärung ... 30

1. Einleitung

Das Thema, das wir für diese Projektarbeit gewählt haben, betrifft galaktische Nebel. Wir haben uns nach den Kriterien des Aussehens, der Sichtbarkeit im Winter und mit der Begrenzung von drei Nebeln den Orionnebel, den Rosettennebel und den Herznebel ausgesucht. Diese wollten wir mithilfe von zwei Teleskopen untersuchen. Das Ziel dieser Untersuchung war, dass wir die Nebel fotografieren und spektroskopieren um schöne Bilder der Nebel zu erhalten und herauszufinden, aus welchen Elementen diese bestehen. Die entstandenen Bilder wollten wir „stacken“ und mithilfe von Photoshop perfektionieren. Danach haben wir uns vorgenommen die Ergebnisse der aufgenommenen Spektren auszuwerten.

Wir haben dieses Thema gewählt, weil wir uns sehr für das Weltall interessieren und gerne mehr darüber erfahren würden. Für die Projektarbeit haben wir uns für das Thema galaktische Nebel entschieden, da Nebel etwas Außergewöhnliches und wunderschönes sind. Dies wollten wir anderen mit unseren Bildern zeigen, was uns motiviert hat.

Von unserm Projekt erhoffen wir uns perfekte Bilder der Nebel und die Erkenntnis woraus Nebel bestehen. Dies wollen wir des Weiteren mit theoretischen Grundlagen belegen. Wir erhoffen uns außerdem, dass wir mithilfe dieser Arbeit andere motivieren können sich auch mit diesem Thema zu beschäftigen.

2. Was sind galaktische Nebel?

Ein galaktischer Nebel bezeichnet so gut wie immer eine interstellare Wolke, die aus Staub und Gas besteht. Diese wurden basierend auf der Art ihres Leuchtens in unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Zum einen gibt es die Gasnebel, die Licht entweder emittieren oder reflektieren, wodurch sie in verschiedenen Farben leuchten. Die Dunkelnebel hingegen absorbieren das Licht ihrer Hintergrundsterne, dadurch bleibt an ihrer Stelle im Himmel ein dunkler Fleck zurück. Früher wurden Galaxien als die dritte Kategorie von kosmischen Nebeln eingeteilt und als Spiralnebel bezeichnet. Dies ist jedoch nicht mehr üblich.[1]

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/Nebel_(Astronomie) Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Nebel (Astronomie). In: Wikipedia. 12.01.2004 [16.05.2018]

3. Fakten zu ausgewählten galaktischen Nebeln

3.1 Orionnebel

Der Orionnebel, auch unter der Bezeichnung Messier 42 oder kurz M 42 bekannt, ist ein Emissionsnebel, der im Winter am Himmel und im Sternbild Orion steht. Dieser Nebel wird, seitdem alle Himmelsobjekte eine NGC Bezeichnung bekommen haben, außerdem auch NGC 1976 genannt. Der Orionnebel fällt mit einer Helligkeit von 2,9 Magnituden (mag) sofort am Nachthimmel auf, und das sogar mit bloßen Augen. Die Sterne im Orionnebel sind mit einer Lebensdauer von nicht einmal einer Millionen Jahre wahrscheinlich die jüngsten Sterne, die an unserem Himmel stehen. Teilweise entstehen sogar gerade noch neue Sterne in den Molekülwolken des Orionnebels.

Abb. 1 https://www.spacetelescope.org/news/heic0601/ NASA, ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA) and the Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team

Die dominierenden drei Farbtöne des Orionnebels sind rot, von der Hα-Emissionslinie von Wasserstoff, türkis, durch die [OIII]-Emissionen durch Sauerstoff, und blauviolett, durch die Reflexion von Licht am Staub des Nebels. Er hat eine Distanz von der Erde von 1700 Lichtjahren, während der Durchmesser 33 Lichtjahre beträgt. Da ein Lichtjahr ca. so lang ist wie $9{,}461*10^{12}$km, beträgt die Distanz $1{,}60837*10^{16}$km und der Durchmesser beträgt $3{,}12213*10^{14}$km. Der Orionnebel hat eine Masse von 700 Sonnenmassen, während die Masse der Sterne innerhalb des Orionnebels ungefähr 60 Sonnenmassen beträgt.[2]

Eine Sonnenmasse ($M_\odot$) entspricht 1,99 Quadrilliarden Tonnen bzw. 332.946 Erdmassen. Das heißt, dass der Orionnebel die Masse von 233.062.200 Erden hat.[3]

[2] Wischnewski, Erik: Astronomie in Theorie und Praxis Kompendium und Nachschlagewerk mit Formeln, Fakten, Hintergründen. 6. Auflage. Kaltenkirchen: Selbstverlag 2013.
[3] https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenmasse : Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Sonnenmasse. In: Wikipedia. 14.05.2003. [14.05.2018]

3.2 Herznebel

Der Herznebel ist auch unter den Bezeichnungen NGC 896 und IC 1805 bekannt. Bei diesem Nebel handelt es sich um einen Emissionsnebel, der im Sternbild Kassiopeia liegt. Außerdem hat der Herznebel einen offenen Sternhaufen im inneren. Er hat eine absolute Helligkeit von 6,5 mag und eine Distanz zu der Erde von 7500 Lichtjahren. Dies sind umgerechnet $7{,}11825*10^{16}$km.[4]

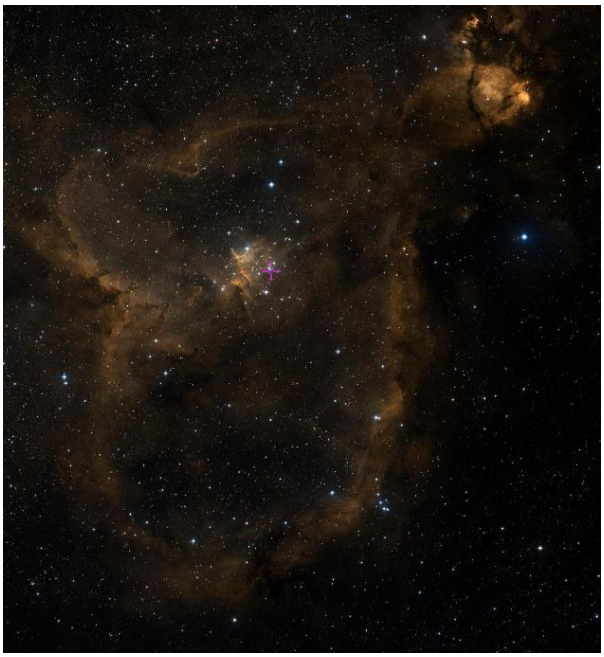

Abb. 2 Herznebel Aladin Sky Atlas

3.3 Rosettennebel

Der Rosettennebel hat die Bezeichnung C 49 und besteht aus vier Emissionsnebeln, diese tragen die Bezeichnungen NGC 2237, NGC 2238, NGC 2239 und NGC 2246. Außerdem befindet sich noch ein Sternhaufen mit der Bezeichnung NGC 2244 in der Mitte des Rosettennebels. Durch die hellen, ultraviolettes Licht abstrahlenden Sterne dieses Sternhaufens wird der Nebel zum Leuchten gebracht. Der Rosettennebel ist vor allem Januar abends im Sternbild Einhorn zu beobachten. Die Gesamthelligkeit des Rosettennebels beträgt 6,0 mag und seine Position am Himmel ist recht hoch, er müsste also leicht zu fotografieren sein. Durch seinen Durchmesser von 80´x 80´(Winkelminuten) ist dies jedoch nicht der Fall was entweder zu einer Einbuße der Flächenhelligkeit oder zu der Vervierfachung der Belichtungszeit führt.

[4] https://de.wikipedia.org/wiki/Herznebel Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Herznebel. In: Wikipedia. 18.01.2008. [15.05.2018]

Abb. 3 Rosettennebel Aladin Sky Atlas

Der Rosettennebel hat eine Distanz von 5500 Lichtjahren bis zur Erde und einen Durchmesser von 128 Lichtjahren. Dementsprechend hat er eine Masse von 9000 Sonnenmassen bzw. von 2.996.514.000 Erdmassen.[5]

4. Nebelarten

Es gibt vier Arten von Nebeln, die nun vorgestellt werden. Diese heißen Emissionsnebel, Reflexionsnebel, planetarischer Nebel und Molekülwolke. Emissionsnebel und Reflexionsnebel können auch als diffuse Nebel klassifiziert werden. Dann gibt es noch Supernovaüberreste, deren einzige Besonderheit darin besteht, dass sie aus einer Supernova entstanden sind. Ansonsten sind diese auch bloß Emissionsnebel. Außerdem zählen Dunkelwolken noch zu den Molekülwolken dazu.

4.1 Diffuse Nebel

Ein diffuser Nebel besteht aus interstellarer Materie und kann so groß werden, dass er eine Masse von 100.000 Sonnen erreicht. Wenn ein diffuser Nebel genug Masse und Größe erreicht hat, ist er mit großer Wahrscheinlichkeit ein Sternentstehungsort der große Sternhaufen erzeugen kann. Wenn die hierbei entstehenden Sterne sehr viel Masse besitzen und sehr heiß sind, was meistens der Fall ist, wird das Gas des Nebels durch die Strahlungsenergie zum Leuchten angeregt. Dadurch wird er zum Emissionsnebel. Wenn die entstandenen Sterne nicht heiß genug sind wird ihr Licht wiederum nur von ihrer Umgebung reflektiert. Dann handelt es sich um einen Reflexionsnebel.[6]

---

[5] Wischnewski, Erik: Astronomie in Theorie und Praxis Kompendium und Nachschlagewerk mit Formeln, Fakten, Hintergründen. 6. Auflage.

[6] https://de.wikipedia.org/wiki/Diffuser_Nebel Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Diffuser Nebel. In: Wikipedia. 01.12.2003. [26.04.2018]

4.2 Emissionsnebel

Emissionsnebel emittieren Licht, durch das sie selbst in verschiedenen Farben leuchten können. Die Energiequelle dieses Leuchtens sind Photonen, also Lichtteilchen, der benachbarten Sterne. Besagte Sterne strahlen im UV Bereich wodurch sie für das Auge nicht sichtbar sind. Es gibt zwei Arten, durch die das Gas des Nebels zum Leuchten angeregt werden kann. Zum einen durch Ionisation und Rekombination. Bei der Ionisation werden Elektronen, durch Photonen mit hoher Energie, aus Atomen entrissen. Dadurch entstehen Ionen und freie Elektronen. Bei der darauffolgenden Rekombination werden die freien Elektronen wieder von den Ionen eingefangen. Es entsteht das Rekombinationsleuchten, bei dem die Elektronen ihre kinetische Energie wieder als Photon abgeben. Danach bleibt das Atom in einem sogenannten angeregten Zustand. Hierbei befindet sich das Elektron zuerst in der äußersten Atomschale wobei es sich langsam zur innersten möglichen bewegt. Dadurch werden weitere Photonen abgegeben, bis das Elektron wieder in seinem Grundzustand ist. Das heißt, dass es auf keine niedrige Schale mehr springen kann. Wenn das Elektron jedoch nicht aus dem Atom gerissen und nur auf eine höhere Elektronenschale angehoben wird, spricht man von Anregungszuständen. In diesem Fall würde das Elektron nur in einen angeregten Zustand versetzt. Durch diese Mechanismen zeigt eine Spektralanalyse von einem Emissionsnebel keine reine Kontinuumstrahlung. Stattdessen treten stärkere Emissionslinien auf. Die Emissionsnebel werden oft durch junge und heiße Sterne zum Leuchten gebracht, die aus genau diesen Nebeln entstanden sind. Dabei müssen die Sterne zu den Spektralklassen O, B oder A gehören, da Sterne von anderen Spektralklassen nicht die nötige Energie abstrahlen können, um die Nebel zum Leuchten anzuregen.

Anhand dieses Prinzips würden auch planetarische Nebel zu den Emissionsnebeln gehören. Der einzige Unterschied wäre, dass planetarische Nebel durch den Überrest eines Sterns, auch weißer Zwerg genannt, zum Leuchten gebracht werden.

Die Farben, in denen ein Emissionsnebel leuchtet, hängen von der Energie des Lichts und seiner chemischen Zusammensetzung ab. Wasserstoff ist mit seiner roten Farbe häufig in Nebeln zu beobachten, was auf seine Häufigkeit im interstellaren Gas und auf die niedrige Ionisationsenergie zurückzuführen ist. Es können aber auch noch andere Elemente ionisiert werden. Diese können einem Nebel auch noch blaue und grüne Farbe verleihen. Dadurch können Astronomen anhand der Spektroskopie die Elemente, aus denen ein Emissionsnebel besteht, bestimmen. Wasserstoff ist dabei der Hauptbestandteil der Nebel. Aus ihm bestehen die meisten Nebel zu 90% während unter die restlichen 10% Elemente wie Helium, Sauerstoff und Stickstoff fallen genauso wie noch ein paar weitere Elemente.[7]

---

[7] https://de.wikipedia.org/wiki/Emissionsnebel Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Emissionsnebel. In: Wikipedia. 01.12.2003. [26.04.2018]

4.3 Reflexionsnebel

Die Sterne in Reflexionsnebeln sind nicht heiß genug um die Atome im Nebel zu ionisieren, wie es beim Emissionsnebel der Fall ist. Deshalb wird das Licht von benachbarten Sternen gestreut. Dadurch sieht das Spektrum eines Reflexionsnebels ungefähr oder genauso aus, wie das Spektrum der einstrahlenden Sterne. Die Farbe von Reflexionsnebeln ist oftmals blau, da blaues Licht stärker gestreut wird als grünes oder rotes Licht. In dieser Art von Nebel gibt es nicht nur Nebelpartikel, sondern auch Kohlenstoffverbindungen, wie zum Beispiel Diamantstaub, oder andere Elemente, wie zum Beispiel Eisen und Nickel.

Es gibt ungefähr 500 uns bekannte Reflexionsnebel. Einer der wohl bekanntesten ist der bläuliche Reflexionsnebel bei den Sternen der Plejaden. Aber auch andere Nebel wie der Hexenkopfnebel (Abb. 4) sehen nicht weniger gut aus.[8]

Abb. 4 Image Credit: NASA/STScI Digitized Sky Survey/Noel Carboni
https://de.wikipedia.org/wiki/IC_2118#/media/File:Witch_head_nebula.jpg

[8] https://de.wikipedia.org/wiki/Reflexionsnebel Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Reflexionsnebel. In: Wikipedia. 01.12.2003. [17.05.2018]

4.4 Planetarische Nebel

Abb. 5 Von J.P. Harrington and K.J. Borkowski (University of Maryland), and NASA - HST's Greatest Hits, Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36064

Planetarische Nebel haben ihren Namen, weil sie durch ihre runde Form Planeten stark ähneln. Den Namen haben sie genau dieser Irreführung zu verdanken, da Wilhelm Herschel im Jahr 1785 durch ihre scheibenförmig Erscheinung im Teleskop dachte, dass es sich um ferne Gasplaneten handeln würde. Ansonsten haben planetarische Nebel nichts mit Planeten zu tun. Sie bestehen aus Gas und Plasma, welches von einem alten Stern abgestoßen wurde, der sich am Ende seiner Entwicklung befand. Die Lebensspanne von planetarischen Nebeln beträgt gerade einmal einige zehntausend Jahre. Im Vergleich zu der durchschnittlichen Lebensspanne eines Sterns, welche mehrere Milliarden Jahre lang ist, ist die Lebensspanne eines planetarischen Nebels sehr kurz. In unserer Galaxis sind uns ungefähr 1500 planetarische Nebel bekannt. Diese Nebel haben eine geringe Helligkeit, durch die sie mit bloßem Auge nicht beobachtbar sind.

Früher nahm man an, dass sich planetarische Nebel zusammenziehen und dadurch einen Stern bilden. Durch spektroskopische Untersuchungen zeigte sich jedoch, dass die Nebel sich ausdehnen, was wiederum zu der Erkenntnis führte, dass die Nebel von den äußeren Schichten eines sterbenden Sterns stammen. Dieser Stern bleibt im Zentrum des Nebels als sehr heißes aber trotzdem lichtschwaches Objekt zurück.

Außerdem handelt es sich bei einem Stern im inneren eines planetarischen Nebels um einen weißen Zwerg. Ein normaler Stern besitzt weniger als die doppelte Sonnenmasse. Außerdem bekommt er seine Energie von der Kernfusion, die in seinem Innern abläuft. Nach ungefähr 10 Milliarden Jahren sind die Materialien für die Kernfusion erschöpft und der Strahlungsdruck, der verhindert hat, dass der Stern durch seine eigene Gravitation kollabiert, lässt nach. Dadurch wird der Kern komprimiert und seine Temperatur steigt von den Anfänglichen 15 Millionen K auf 100 Millionen K an. Nun fusionieren andere Elemente miteinander. Im Kern fusioniert nun Helium zu Kohlenstoff und Sauerstoff anstatt der anfänglichen Fusion von Wasserstoff zu Helium. Diese findet nun in der Schale

statt. Dadurch dehnt sich die Hülle des Sterns aus und ein Roter Riese entsteht. Dieser Stern ist nun extrem temperaturempfindlich. Dadurch ist er sehr instabil, da ein geringer Temperaturanstieg die Reaktionsgeschwindigkeit stark erhöht. Die hierbei entstandene Energie lässt die Temperatur des Sterns immer weiter ansteigen. Um dem gegenzusteuern dehnen sich die Schichten, in denen die Heliumfusion stattfindet, mit hoher Geschwindigkeit aus, wodurch sie sich wieder abkühlen. Diese Schichten dehnen sich mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 40 km pro Sekunde aus. Die Temperatur der Gase liegt dabei bei etwa 10.000 K. Nun verliert der Stern immer weiter seine Hülle und der Kern liegt frei. Dieser wechselt seine Farbe von orange über gelb zu weiß und am Ende zu blau. Dies ist ein sichtbares Zeichen, dem man entnehmen kann, dass die Oberflächentemperatur des Sterns auf über 25.000 K angestiegen ist. Sobald die nun freie Oberfläche eine Temperatur von 30.000 K erreicht, sendet diese ultraviolette Photonen aus, die das Gas, das vorher noch zu seiner Hülle gehörte, ionisiert. Nun wird der entstandene planetarische Nebel sichtbar und der Rote Riese wurde zum weißen Zwerg.

Planetarische Nebel bestehen typischerweise hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium. Hierbei macht Wasserstoff 70% und Helium 28% der vorhandenen Elemente aus. Die restlichen 2% bilden sich vor allem aus Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Der ungefähre Durchmesser von Nebeln dieser Art beträgt ein Lichtjahr. Das Gas ist extrem verdünnt und hat eine Dichte von ungefähr 1.000 Teilchen pro Kubikzentimeter. Allerdings besitzen junge planetarische Nebel eine Dichte von bis zu einer Million Teilchen pro Kubikzentimeter. Durch die Ausdehnung der Nebel verringert sich die Dichte also mit zunehmendem Alter. Der Stern, der sich im Zentrum des Nebels befindet, heizt die Gase des Nebels um sich herum auf. Dabei erreichen diese eine Temperatur von 10.000 Kelvin (K).[9]

4.5 Molekülwolke

Molekülwolken sind interstellare Gaswolken. Ihre Größe, Dichte und Temperatur erlaubt ihnen die Bildung von Molekülen. Wenn es sich bei einer Molekülwolke um eine mit hoher Dichte und Kälte handelt, spricht man von Dunkelwolken.

Sie bestehen hauptsächlich aus molekularem Wasserstoff (H_2), welcher jedoch schwer zu beobachten ist, aber auch andere Moleküle wie zum Beispiel Kohlenstoffmonoxid (CO) lassen sich in einer Molekülwolke finden. Dieses ist das am einfachsten nachzuweisende Molekül. Die Dichte ist ein wichtiger Faktor, wenn es darum geht Moleküle zu bilden und vor Strahlung zu schützen. Bei einer zu geringen Dichte ist beides nicht möglich. Die Anzahl der unterschiedlichen Moleküle, die bereits in Molekülwolken entdeckt worden sind, liegt bereits bei über 150. Dazu gehören unter anderem Wasser (H_2O), Alkohol und sogar giftige Substanzen wie Blausäure (HCN)

Wenn man von sehr großen Molekülwolken spricht, nennt man diese Riesenmolekülwolken oder kurz GMCs (Giant Molecular clouds). Sie haben eine Masse von rund 10^4 – 10^7 Sonnenmassen und ihre typische Ausdehnung beträgt von mindestens 50 bis hin zu mehreren hundert Parsec. Ein Parsec hingegen ist ungefähr die Strecke, die das Licht in 3,26156 Jahren zurücklegt. Anders gesagt ist ein Parsec das Gleiche wie 3,26156 Lichtjahre. Die GMCs sind außerdem die Nebel, in denen die Sternentstehung fast ausschließlich stattfindet. Diese befinden sich in unserer Galaxie wiederum zum Großteil in den Spiralarmen. Durch Beobachtungen von GMCs kann man auf einen Lebenszyklus für

[9] https://de.wikipedia.org/wiki/Planetarischer_Nebel Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Planetarischer Nebel. In: Wikipedia. 26.06.2002. [16.05.2018]

selbige schließen. Demnach würden in den ersten 6 Millionen Jahren keine Sternentstehung in GMCs stattfinden. Dann kann man in den darauffolgenden 13 Millionen Jahren erste Anzeichen für die Entstehung von Sternen finden. Die Sternhaufen lassen sich erst in den letzten 7 Millionen Jahren beobachten. Die jungen Sterne im Sternhaufen erzeugen ein Strahlungsfeld, welches das betroffene GMC daraufhin innerhalb der letzten Phase komplett zerstört.[10]

4.6 Dunkelwolken

Abb. 6 Image based on data obtained as part of the INT Photometric H-Alpha Survey of the Northern Galactic Plane, prepared by Nick Wright, University College London, on behalf of the IPHAS Collaboration https://de.wikipedia.org/wiki/Rosettennebel#/media/File:Redrosedust_wright_f2000.jpg

Dunkelwolken oder auch Dunkelnebel genannt sind eine Art der Molekülwolken. Sie bestehen aus interstellarer Materie. Das heißt, aus Materie, die sich im interstellaren Raum und damit zwischen den Sternen innerhalb einer Galaxie befindet. Diese Materie besteht aus neutralem und ionisiertem Gas genauso wie aus interstellarem Staub. Erkennen kann man Dunkelwolken ganz einfach daran, dass das Licht von dahinterliegenden Objekten durch die interstellare Materie absorbiert wird. Dadurch werden die Sterne, die hinter der Dunkelwolke liegen, entweder abgedunkelt oder völlig ausgeblendet. Ihre Form ist außerdem höchst irregulär, ohne klare Außengrenzen und manchmal ineinander verschlungen. Die Hauptbestandteile einer Dunkelwolke sind verschiedene Gase aber auch etwas fadenförmiger Staub gehört zu den Bestandteilen. Die Temperatur im inneren der Wolken beträgt nur 7 – 15 K, das sind umgerechnet -266,15 bis -258,15 Grad Celsius (°C). Es wird vermutet, dass im Inneren von Dunkelwolken Globulen, also räumlich engbegrenzte Teile der Molekülwolke, vorhanden sind, in denen Sterne entstehen.[11]

[10] https://de.wikipedia.org/wiki/Molek%C3%BClwolke Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Molekülwolke. In: Wikipedia. 18.12.2005. [16.05.2018]

[11] https://de.wikipedia.org/wiki/Dunkelwolke Wales, Jimmy / Sanger, Larry: Dunkelwolke. In: Wikipedia. 02.12.2003. [16.05.2018]

5. Sternentstehung

Junge Sterne sieht man selten alleine. Stattdessen befinden sie sich eigentlich immer in sogenannten Sternhaufen. Mit zunehmendem Alter lösen sich die Sterne immer weiter aus ihren Sternhaufen heraus. Sterne entstehen in Nebeln. Dies könnten Gas-, Molekül- oder Staubwolken sein, da diese genug gasförmige Materie besitzen, damit in ihnen tausende von Sternen entstehen könnten.

Ein sehr wichtiger Bestandteil der Sternentstehung ist die Gravitationskraft, da sie an der Entstehung von Gebieten mit höherer Gasdichte verantwortlich ist. In diesen Gebieten findet dann die Sternentstehung statt. Dies geschieht, weil die Gravitationskraft Gasteilchen zueinander zieht. Um dieser Kraft gegenzusteuern, und damit den Kollaps der betroffenen Molekülwolken zu verhindern, spielen der Gasdruck, die Zentrifugalkraft und der Druck von Magnetfeldern ebenfalls eine große Rolle. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Erdatmosphäre, welche durch die Gravitationskraft zu Boden fallen würde, wenn der Gasdruck dies nicht verhindern würde.

Ebenfalls wichtig ist der Energieverlust der Wolke durch Strahlung. Hierbei ist anzumerken, dass Gasteilchen in der Lage sind Energie aufzunehmen, zu lagern und abzugeben. Das Atommodell stellt man sich vereinfacht mit positiv geladenen Protonen und neutralen Neutronen im Kern vor, um die negativ geladene Elektronen kreisen. Nun verändert sich die innere Energie des Atoms, zum einen durch die Form der Elektronenbahnen und zum anderen wegen den entsprechenden elektrischen Wechselwirkungen zwischen allen geladenen Teilchen. Nun gibt es zwei Möglichkeiten, wie sich diese auf die Atome auswirken. Entweder verlangsamt die Wechselwirkung zwei Atome, die sich begegnen wodurch die Elektronen an Energie gewinnen. Die andere Möglichkeit wäre, dass die Elektronen Energie verlieren und die Atome sich dementsprechend mit höherer Geschwindigkeit als vorher voneinander entfernen. In beiden Fällen findet ein Energieaustausch zwischen der Bewegungsenergie und der inneren Energie der Atome statt.

Diese Wechselwirkung ist auch mit Licht und auch wieder auf zwei Arten möglich. Auf der einen Seite kann das Atom das Licht, das auf das Atom einstrahlt, absorbieren. Dies führt folglich zur Erhöhung der inneren Energie des Atoms. Andernfalls hat das Atom jedoch auch die Möglichkeit seine innere Energie in Licht zu verwandeln. Dieser Energieaustausch braucht jedoch eine Mindestgeschwindigkeit, genauso wie auch die Verwandlung von Bewegungsenergie zu innerer Energie eine Mindesttemperatur benötigt. Unsere Luft erfüllt meist nicht die Mindesttemperatur für die Verwandlung, weshalb die Atome einfach voneinander abprallen.

Bei der Sternentstehung steigt die Temperatur der Wolke durch das zusammendrücken des Gases auf ein kleines Volumen. Dieses Phänomen kann entweder durch eine Supernova oder durch den Zusammenstoß von zwei Wolken oder Wolkenteilen hervorgerufen werden. Nun ist die Mindesttemperatur erreicht oder sogar überschritten. In Folge dessen wird direkt ein Teil der Bewegungsenergie in innere Energie umgewandelt. Ab dem Punkt bewegen sich die Atome langsamer, das heißt, dass die Elektronen an Energie gewinnen. Dadurch sinken die Temperatur und der Druck der Wolke. Nun wird die innere Energie als Licht abgegeben, was zu einem Energieverlust der Wolke führt. Durch den nun gesunkenen Druck fällt die Wolke weiter in sich zusammen und der Prozess der Energieverwandlung und -abstrahlung wiederholt sich. Die Wolke fällt bei jeder dieser Wiederholungen weiter in sich zusammen und wird dabei immer dichter. Dies wird Gravitationskontraktion genannt. Die Wolke wird nun immer dichter, bis das Licht nicht mehr aus

dem Innern, sondern nur noch von der Oberfläche entweichen kann. Jetzt kommt der Prozess zum Stillstand und ein neuer Stern ist entstanden.

Insgesamt kann eine Wolke zu hunderten kleinen Wolken zerfallen, welche dann alle diesen Prozess separat durchlaufen und zu neuen Sternen, auch Protosterne genannt, werden. Diese neuen Sterne konkurrieren miteinander um die Materie, die sie benötigen um noch weiter zu wachsen. Dabei haben die massereicheren Protosterne durch ihre größere Gravitation einen Vorteil, wodurch sie schneller wachsen.

Der genannte Prozess beschreibt den sogenannten isothermen Kollaps und damit die Erste der drei Phasen der Sternentstehung. Diese Phase dauert normalerweise einige 100.000 Jahre und endet damit, dass zwischen der Gravitationskraft und dem Gasdruck ein Gleichgewicht entsteht und sich somit ein Protostern bildet. Ein normaler Protostern hat zu diesem Zeitpunkt, also direkt nach seiner Entstehung, ungefähr den hundertfachen Durchmesser unserer Sonne. Danach beginnt die zweite Phase, in der der Protostern durch das Aufnehmen von Gasen aus seiner Umgebung wächst. Nun wachsen die Dichte und Temperatur im Innern des Sterns wodurch die Strahlung ihm immer langsamer entweichen kann. Dann sorgt die Gravitationskraft dafür, dass der Stern anfängt zu schrumpfen. Dies liefert dem Stern die benötigte Energie um zu leuchten. Die zweite Phase dauerte etwa 30 Millionen Jahre bei der Sonne und ließ sie um ein zehnfaches schrumpfen. Die Phase endet mit dem Beginn der Kernfusion im inneren des Sterns. In der dritten Phase sammelt der Stern kein Gas mehr an. Stattdessen verändert er sich kaum noch. Nun strahlt er die Energie, welche er durch die Kernfusion in seinem Innern bekommt, bloß noch von der Oberfläche ab. Bei dem Beispiel von unserer Sonne hält die dritte Phase für insgesamt 10 Milliarden Jahre an, da nach dieser Zeit kein Material für die Kernfusion mehr vorhanden ist. Unsere Sonne befindet sich momentan bei der Hälfte der dritten Phase.[12]

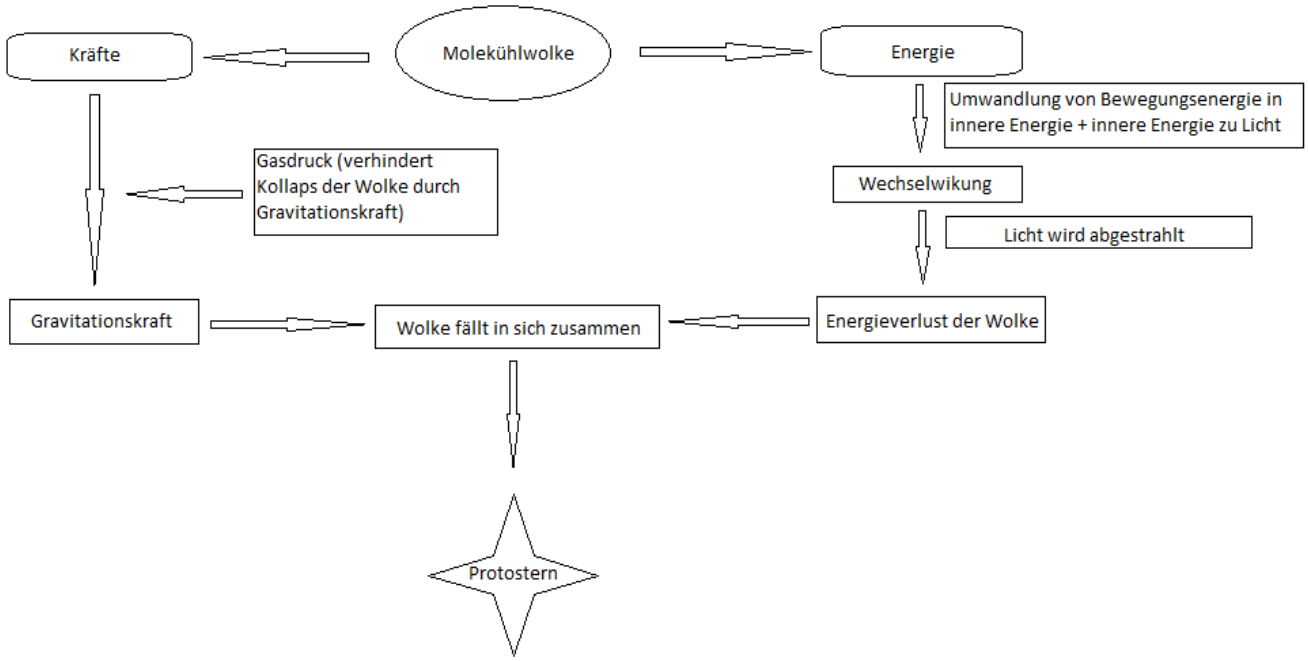

Abb. 7 Sternentstehung

[12] Nussbaumer, Harry: Das Weltbild der Astronomie. 2. Auflage. EHT Zürich: Hochschulverlag AG 2007.

6. Technisches Equipment

6.1 Celestron C11

Das Celestron 11 EdgeHD ist aufgrund seiner hohen optischen Qualität und kurzen Bauweise eine bei Amateurastronomen sehr beliebte Teleskopoptik

Das Teleskopsystem des C11 ist das Schmidt-Cassegrain Reflektor-System. Das Schmidt Cassegrain Relflektor-System funktioniert wie folgt:

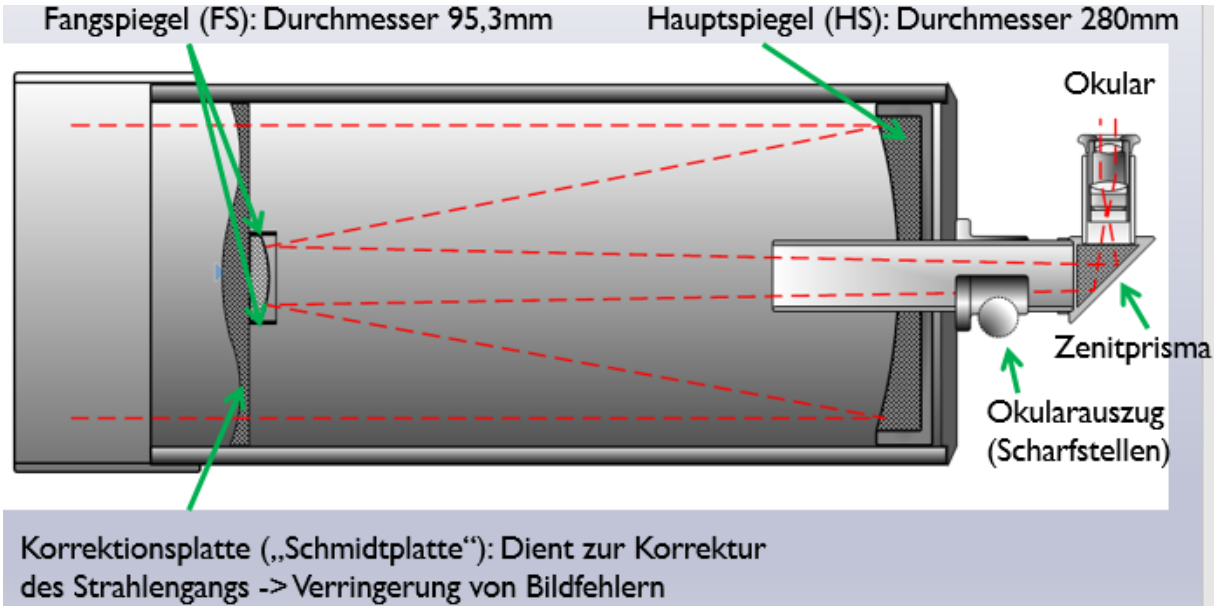

Abb. 8 Das Schmidt-Cassegrain Reflektor-System
www.astrofoto.de --- Bernd.Koch@astrofoto.de

Zuerst fällt das Licht durch die Korrektionsplatte, auch Schmidtplatte genannt, zum Hauptspiegel. Die Schmidtplatte dient zur Korrektur des Strahlengangs, um die entstehenden Bildfehler zu verringern. Der Hauptspiegel hat einen Durchmesser von 280mm und ist nach innen gewölbt, so dass das Licht vom Hauptspiegel zum Fangspiegel weitergeleitet wird. Der Fangspiegel ist nach außen gewölbt und hat einen Durchmesser von 95,3mm. Da der Fangspiegel nach außen gewölbt ist, kann dieser das Licht zum Zenitprisma spiegeln. Beim Zenitprisma wird das Licht zum Okular geleitet, wo dann das Bild entsteht. Mit dem Okularauszug kann man das entstandene Bild falls nötig scharf stellen.

Das C11 hat ein Gewicht von 12,2kg und eine Tubuslänge von 610mm. Das C11 hat eine Öffnung von 280mm und eine Brennweite von 2800mm somit kommt man auf ein Öffnungsverhältnis von f/10. Das C11 Teleskop hat ein Auflösungsvermögen von 0,41". Mit dem C11 kann man Himmelkörper unter 14 mag beobachten, alles über 14 mag kann das C11 Teleskop nicht erfassen, weil diese Himmelsobjekte zu dunkel für das C11 sind. Die maximale sinnvolle Vergrößerung des C11 Teleskops ist um das 560 fache.[13]

[13] https://www.teleskop-express.de/shop/product_info.php/info/p1006_Celestron-C11-SC-XLT---280-_2800mm-optischer-Tubus.ht [7.12.2017]

6.2 Das Hyperstar-System des Celestron 11 EdgeHD

Das Hyperstar-System ist eine modifizierte Version des Celestron 11. Hierbei wird die Kamera nicht am Okular befestigt, sondern dort wo der Fangspiegel befestigt ist (Abb. 8). Diese macht man um eine geringere Brennweite zu erhalten und somit besser belichtete Bilder zu erhalten, im Vergleich zum normalen C11, bei gleicher Belichtungszeit. Dies ist besonders hilfreich bei dunklen und weit entfernten Objekten, wie zum Beispiel bei galaktischen Nebel.

Abb. 9 C11 mit Hyperstar-System und angesetzter SBIG STF-8300M CCD-Kamera

Das Hyperstar-System ist wie folgt aufgebaut (Abb. 10). Zuerst nimmt man sich den Hyperstar-Ansatz und schließt daran eine Filterschublade an. Danach wird noch ein Zwischenring angebaut, so dass später auch der Abstand zur CCD Kamera stimmt. Zum Schluss kommt dann die Kamera dran und das Hyperstar ist fertig aufgebaut. Nach diesem Aufbau kann das Hyperstar-System nun an dem C11 Teleskop befestigt werden. Dies geschieht am Fangspiegel, zur Reduzierung der Brennweite. Hat man alles ordnungsgemäß aufgebaut und angeschlossen kann man die Brennweite des C11 auf ein Fünftel verringern. So kommt man von einer ursprünglichen Brennweite von 2800 mm auf eine Brennweite von 560 mm. Wichtig beim Hyperstar-System ist das der Abstand zur CCD Kamera stimmt, der muss beim C11 59,7 mm betragen (Abb. 11). Wird dieser Abstand nicht eingehalten kann es zu Fehlern im Bild kommen.

Abb. 10 Hyperstar-System

Abb. 11 Korrekter Abstand beim Hyperstar-System

6.3 SBIG STF-8300M

Die STF-8300 ist eine CCD-Kamera, mit der man rauscharme Aufnahmen von lichtschwachen Himmelsobjekten machen kann.

Die SBIG Kamera gehört zur STF Serie. Die STF-8300M wiegt 800g und das Gehäuse besteht aus Aluminium. Die Kamera ist 5x10x12,7 cm groß. Mit dieser Kamera kann man Planeten, Galaxien, Nebel und den Mond fotografieren. Mit dieser SBIG können nur Schwarz Weiß Aufnahmen gemacht werden. Die STF-8300M hat 8,3 Megapixel und hat eine Auflösung von 3326x2504 Pixel. Der Chip der Kamera ist 18 x 13,5 mm groß und ein Pixel ist 5,4 µm groß. Die maximale Belichtungszeit liegt bei 60 Minuten und das Minimum liegt bei 0,1 Sekunden. Die Kamera verfügt über eine aktive Kühlung und kann von der Außentemperatur 40° runter kühlen (Abb. 13). Was wichtig ist um ein gutes Ergebnis zu bekommen ist dass die aufgenommenen Bilder oder Videos möglichst real sind. Hierbei hilft auch, dass die Kamera die Antibloomingtechnik verwendet. Das heißt, dass das Überlaufen von Licht in einen benachbarten Pixel verhindert wird.[14]

Abb. 12 SBIG STF-8300M

[14] https://www.astroshop.de/kameras/sbig-kamera-stf-8300m/p,47233#tab_bar_1_select [30.11.2017]

Abb. 13 Kühlung

6.4 H-alpha Filter

Der H-alpha Filter hat eine Bandbreite von nur 8nm, zentriert bei H-alpha. Das hat den Vorteil, dass das Streulicht der Stadt oder das Licht des Monds bei den Aufnahmen mit dem H-alpha Filter herausgefiltert wird. Dadurch wird das Rauschen in den aufgenommenen Bildern reduziert, das Rauschen was nicht von Streulicht kommt, wird dann mit einem Dark Frame entfernt.

Abb. 14 H-alpha Filter

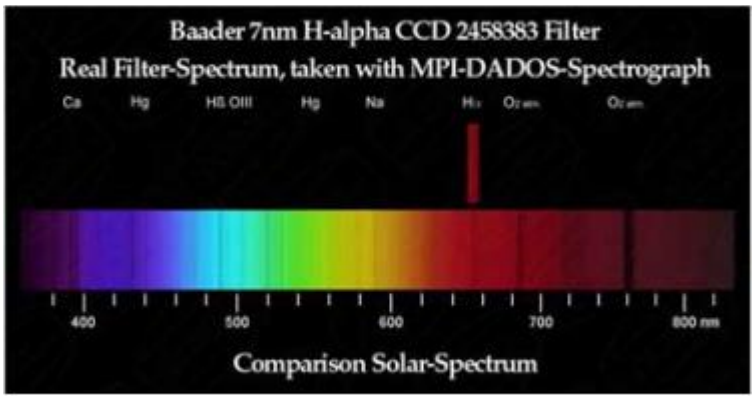

Abb. 15 Spektrale Durchlasskurve des Filters

7. Aufgabenstellung

Unsere selbst gestellte Aufgabe war die Fotografie galaktischer Nebel mit dem C11 Hyperstar-System. Dies haben wir mit einem H-alpha Filter gemacht um möglichst gute Bilder zu bekommen. Danach wollten wir die Farbaufnahmen machen. Diese hätten wir mit der Canon EOS 450D aufgenommen, damit die Bilder nicht schwarz weiß sind, wie die von der SBIC STF-8300M. Diese beiden Bilder wollten wir dann zu einem schönen Bild verarbeiten. Zum Schluss wollten wir auch noch Spektren der Nebel aufnehmen, um bestimmen zu können aus welchen Elementen ein galaktischer Nebel besteht. Diese hätten wir dann ganz zum Schluss ausgewertet und könnten somit sagen aus welchen Elementen ein Nebel besteht.

8. Aufnahme der Nebel

8.1 Vorbereitung

Wir haben uns auf die Beobachtungen immer mit Stellarium vorbereitet. Ganz zu Beginn haben wir auch über Stellarium einige Interessante und für unsere Arbeit passende Objekte rausgesucht. Doch schließlich haben wir uns auf die 3 unten dargestellten Nebel beschränkt. Wir haben mit Stellarium gearbeitet, weil man dort nicht nur sehen konnte wann und wo sich das gewünschte Objekt befindet, sondern auch das Blickfeld der Kamera (Abb.16-18). So konnte man sich noch besser auf das Fotografieren vorbereiten, damit es beim Fotografieren alles schneller und einfacher abläuft.

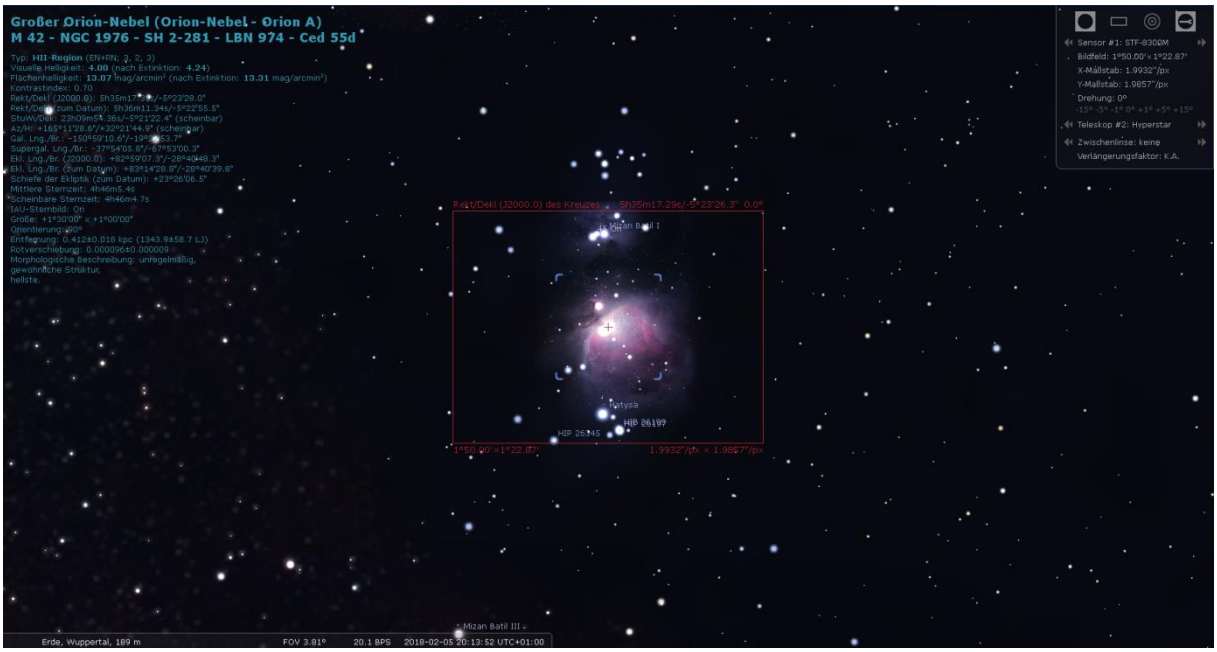

Abb. 16 Orionnebel Stellarium

Abb. 17 Rosettennebel Stellarium

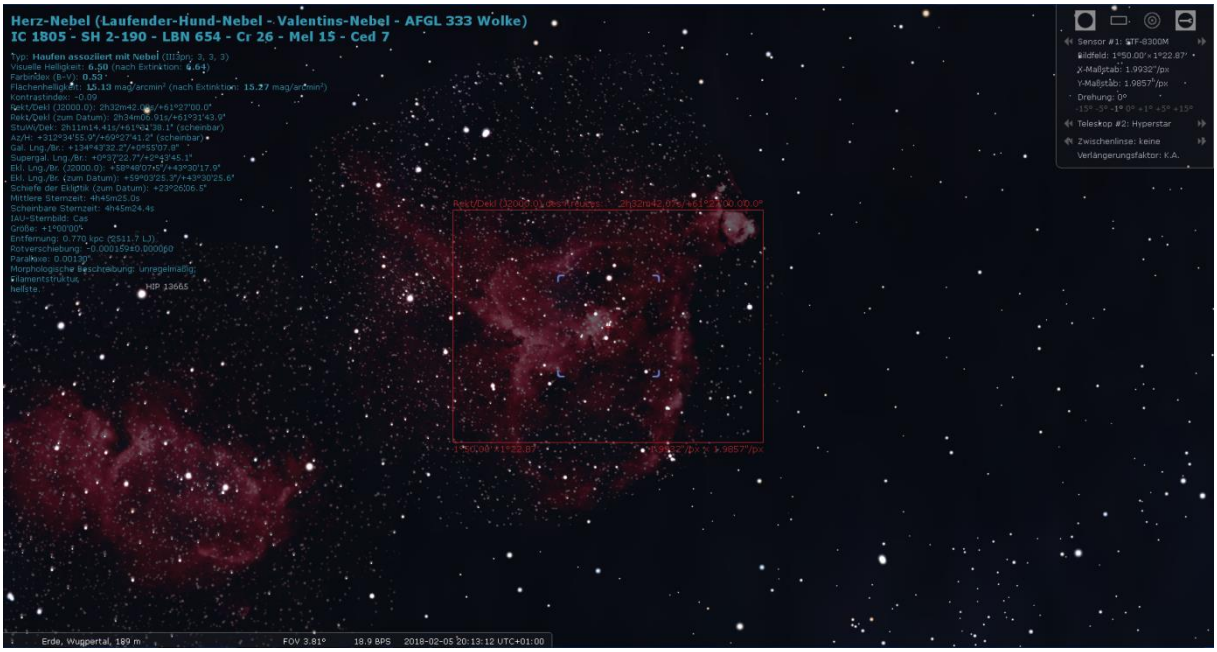

Abb. 18 Herznebel Stellarium

8.2 Aufnahme der Bilder

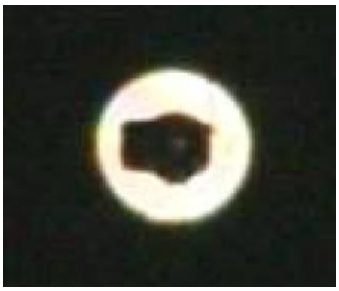

Abb. 19 Stern vor dem Scharfstellen

Nach dem Aufbau des Teleskops wird erstmal ein Stern angefahren mit dem Teleskop. Beim Stern angekommen wird das Bild scharf gestellt (Abb.16). Dies macht man so lange bis dieser Stern nur noch ein kleiner Punkt ist. Wenn dies gemacht ist schwenkt man rüber zu dem zu beobachtenden Objekt um die Fotos zu machen.

Die Bilder wurden mit der SBIC STF-8300M gemacht. Hierbei hat Maxim DL geholfen. Bevor die Bilder gemacht wurden, haben wir erstmal die Kühlung der Kamera auf -20°C gestellt. Danach haben wir eine Aufnahme Serie gestartet. Dies haben wir mit jedem Objekt gemacht, so dass wir von jedem Objekt eine Serie von Bildern haben.

8.3 Aufgenommene Bilder

Objekt	Belichtungszeit	Anzahl	Datum	Uhrzeit
M42 (Orionnebel)	30 Sekunden	60x	05.02.2018	18:52-19:23
M42 (Orionnebel)	2 Sekunden	60x	05.02.2018	19:28-19:31
M42 (Orionnebel)	5 Sekunden	60x	05.02.2018	19:32-19:39
NGC2244 (Rosettennebel)	30 Sekunden	60x	05.02.2018	19:43-20:14
IC1805 (Herznebel)	30 Sekunden	60x	05.02.2018	20:44-21:16

9. Bildbearbeitung

Nach dem wir die Bilder-Serien aufgenommen haben, müssen wir die jetzt zu einem Bild zusammensetzten. Dies geschieht durch das Stacken. Nach dem Stacken kann man noch mit Fotoshop das Bild perfektionieren.

9.1 Stacken

Das Stacken haben wir mit Maxim DL gemacht. Zuerst haben wir ein paar der Bilder über Maxim DL geöffnet und diese Bilder animiert (Abb. 20). Dadurch konnten wir feststellen ob die Bilder in etwa gleich waren, oder ob die Bilder etwas verrutscht waren. An dem Tag wo wir die Bilder aufgenommen haben, war gutes Wetter und kaum Wind, wodurch die Fotos kaum verrutscht sind. Das macht das Stacking deutlich leichter, da man die Bilder vor dem Stacken nicht noch verschieben musste.

Abb. 20 Animieren der Bilder

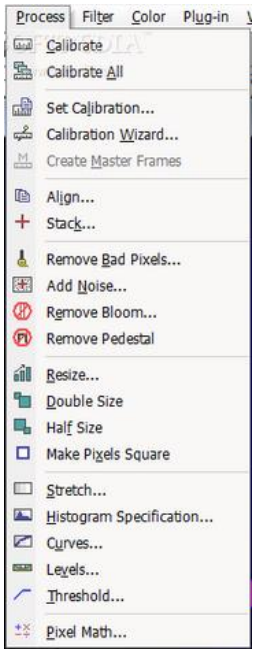

Abb. 21 Stack

Jetzt kommen wir zum eigentlichen Stacken. Zuerst wählt man aus den aufgenommenen Bildern die aus, die man Stacken möchte (Abb. 22). Nachdem man diese ausgewählt hat kommt man zum nächsten Schritt. Hier hatten wir einen kleinen Vorteil, da unsere Bilder fast exakt gleich waren. Deswegen haben wir hier mit Auto-star matching gearbeitet (Abb.23). Zum Schluss kommt noch die Art des Stackens. Wir haben uns für Average entschieden, das heißt dass der Durchschnittswert aller ausgewählten Bilder genommen wird (Abb. 24).

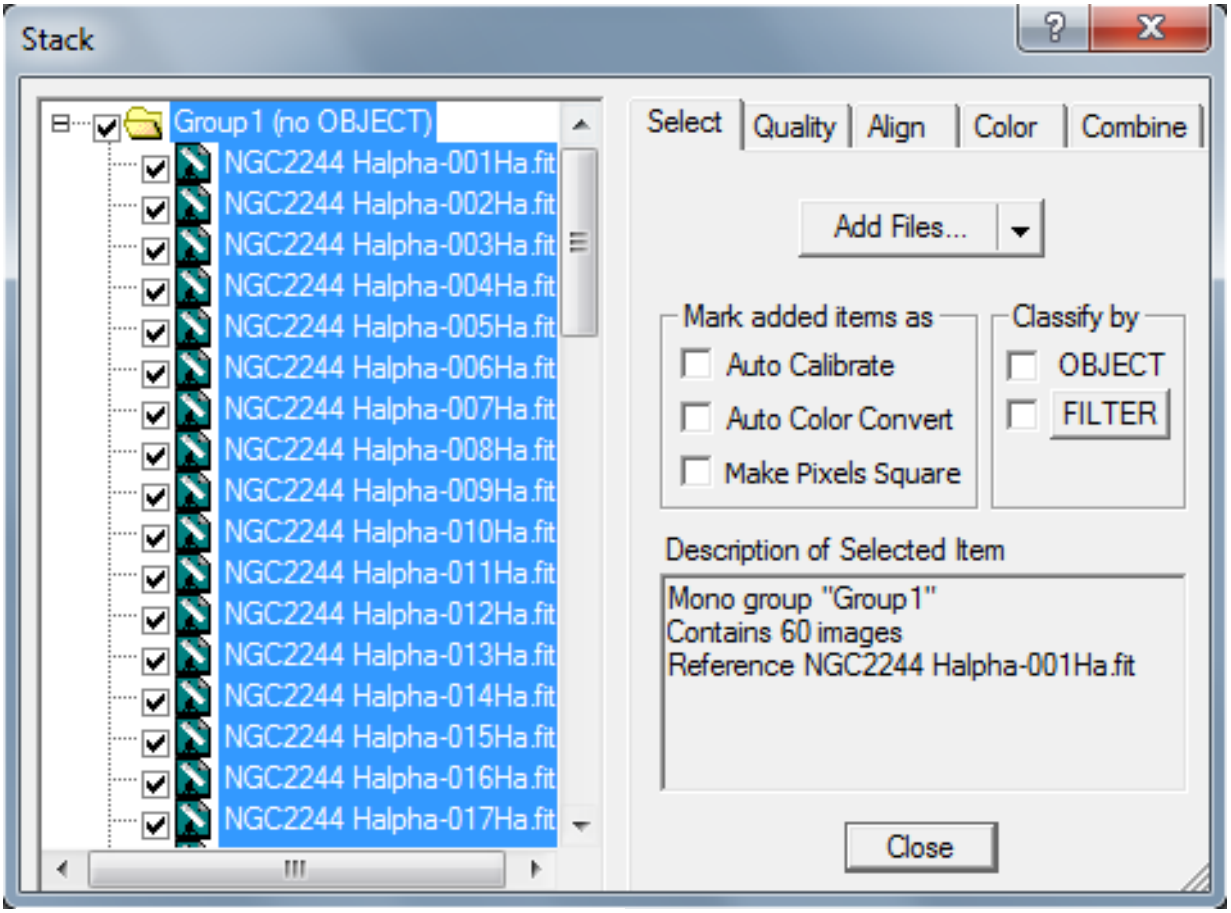

Abb. 22 Auswählen der Bilder

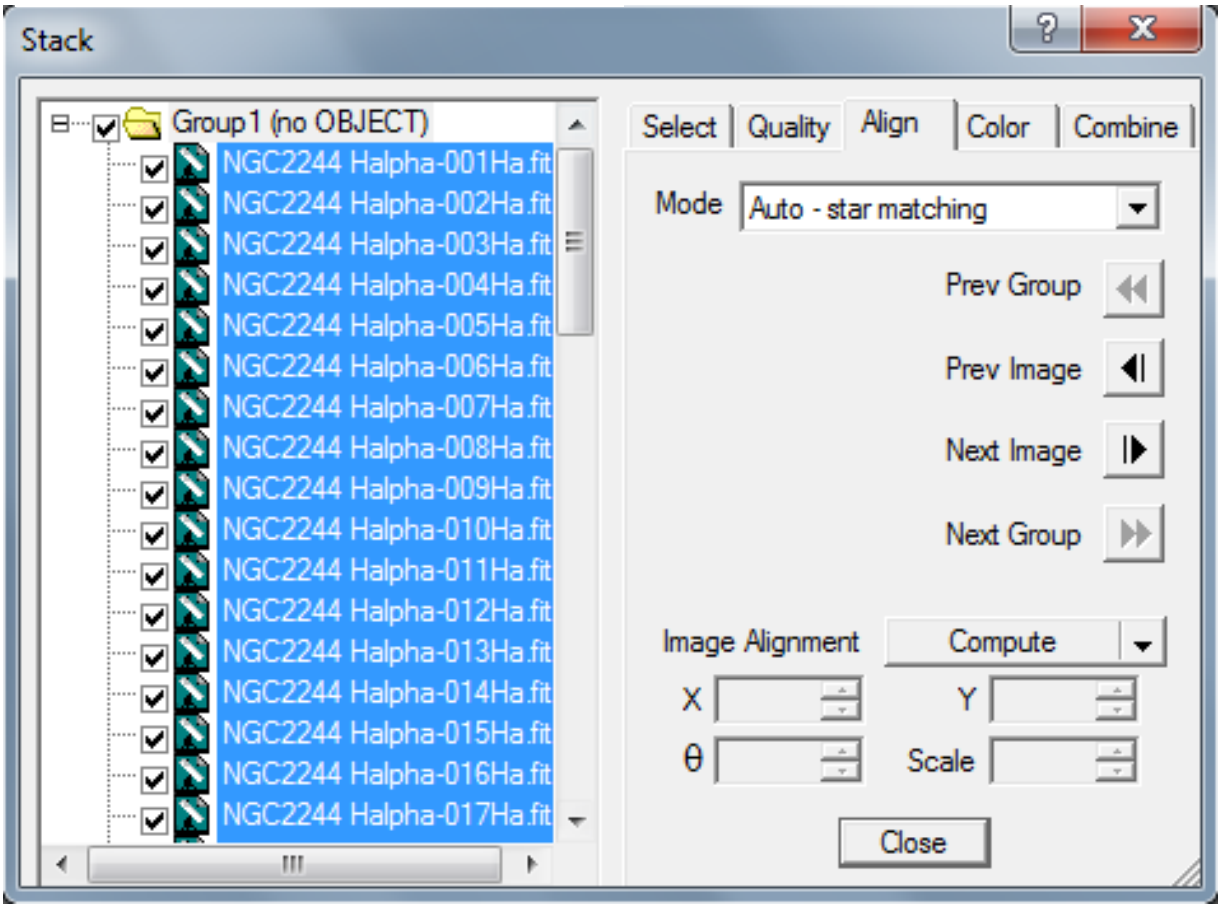

Abb. 23 Auto-star matching

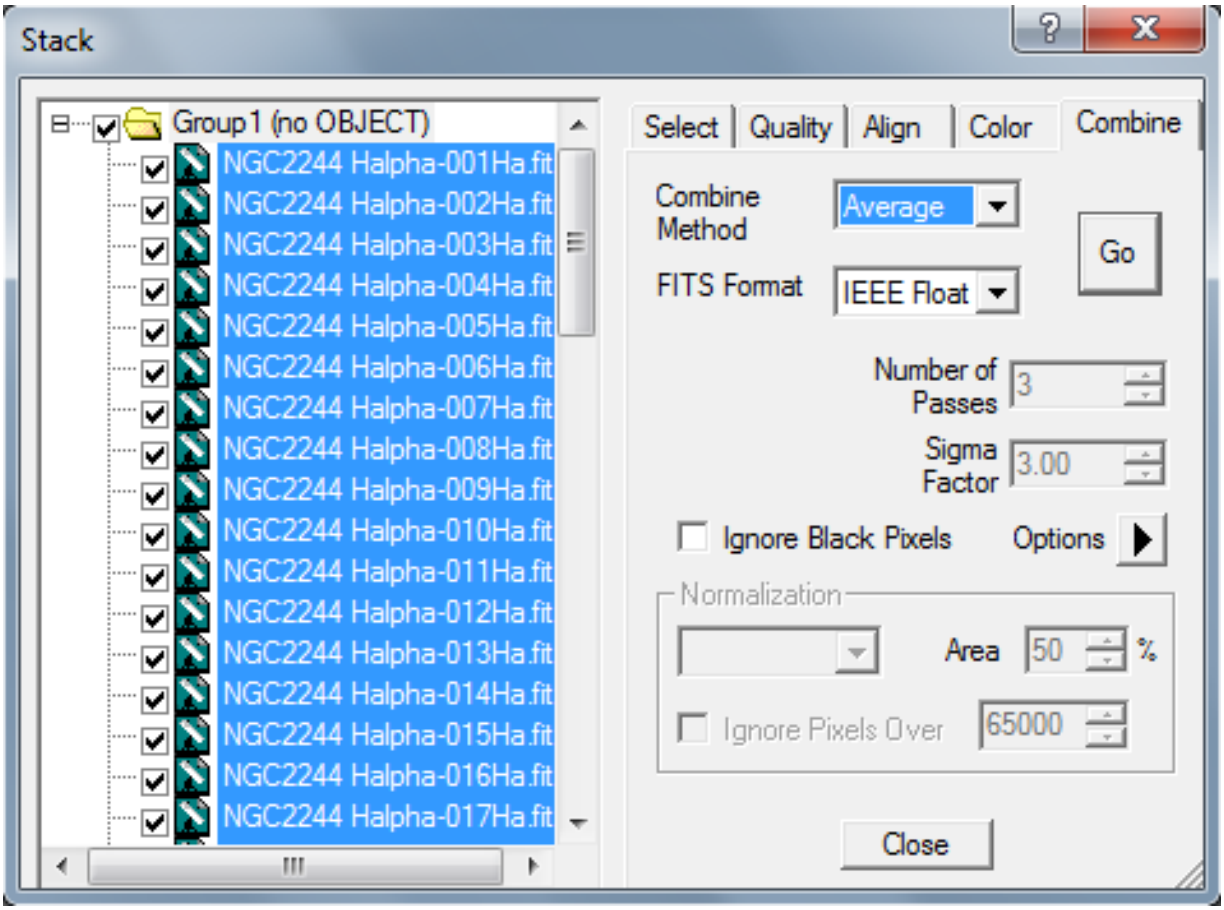

Abb. 24 Stack Methode: Average

Danach erhält man ein gestacktes Bild. Dieses Bild muss man dann von der Helligkeit anpassen. Dies macht man über den Screen Stretch (Abb. 25). Hier kann man die Helligkeit des Bildes anpassen.

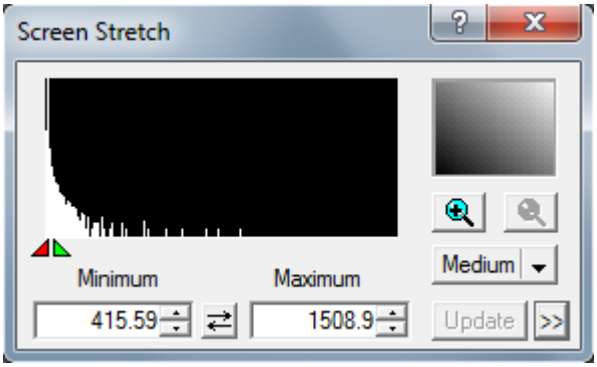

Abb. 25 Screen Stretch

9.2 Details

Der Orionnebel ist in der Mitte sehr hell und außen dunkel. Um trotzdem ein gutes Bild zu bekommen haben wir verschiedene Belichtungszeiten gewählt und später zusammengefügt, um zu verhindern, dass die Mitte nur ein weißer Punkt ist. Nach dem Stacken war die Mitte jedoch ziemlich hell. Dies haben wir dann mit dem Stretchen versucht zu vermeiden (Abb. 26).

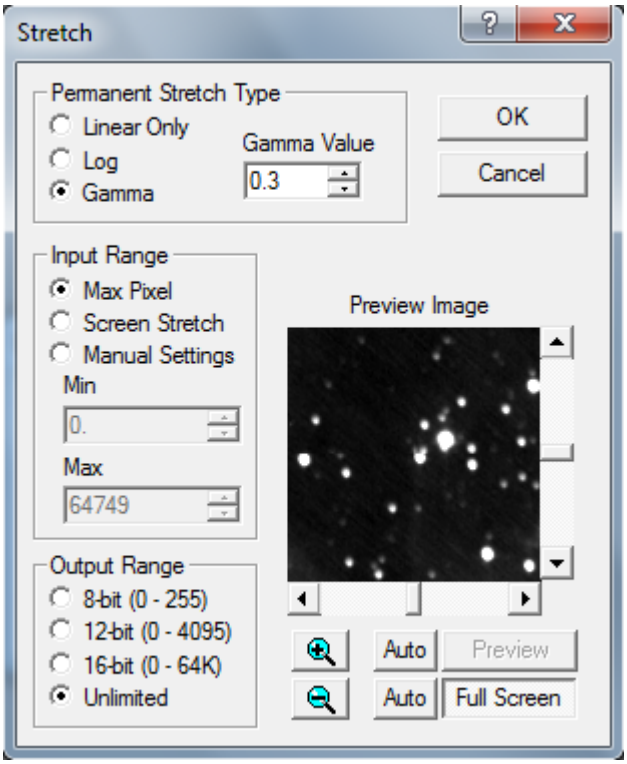

Abb. 26 Stretchen

Hier sieht man die Einstellung mit denen wir das Orionnebel Bild bearbeitet haben. Dadurch ist es uns gelungen die Mitte etwas dunkler zu machen, ohne das etwas vom äußeren verloren geht.

Ein weiter Fehler war, dass die Bilder gespiegelt vorlagen. Dies lag am Hyperstar-System. Dies konnten wir aber schnell und leicht beheben. In diesem Fall hat uns Photoshop geholfen. Dort konnten wir das Bild was wir fertig gestackt haben spiegeln (Abb. 27).

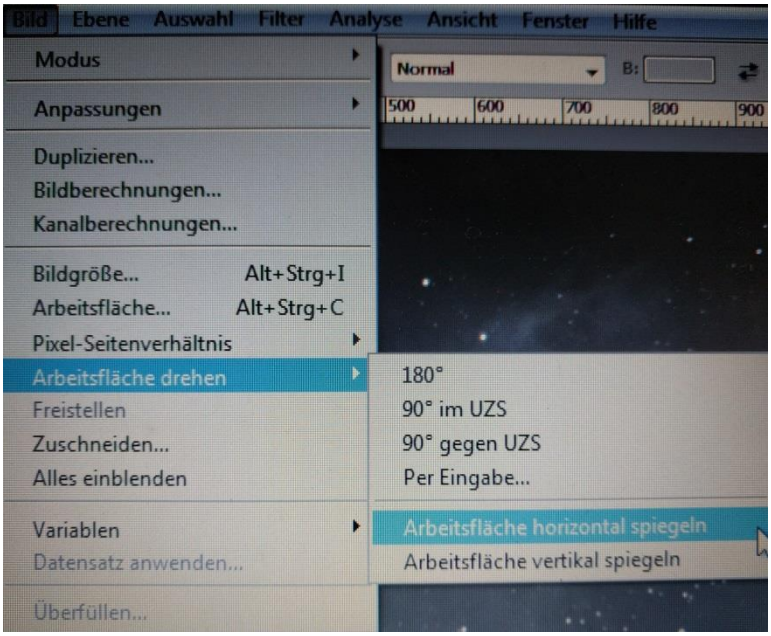

Abb. 27 Spiegeln der Bilder

Wie man bereits aus der Abbildung 24 erkennen kann mussten wir unsere Bilder horizontal spiegeln, damit das Objekt richtig herum auf den fertigen Fotos zu sehen ist.

9.3 Fehlerbehebung

Bei dem NGC2244 (Rosettennebel) und dem IC1805 (Herznebel) hatten wir Fehler. Nach dem Stacken konnten wir bei den beiden Bildern Striche erkennen (Abb.28). Wir haben erstmal versucht nur zehn Bilder auf einmal zu stacken und später alles zusammen. Doch nachdem wir das gemacht haben, hatten wir immer noch diese Striche auf dem Bild. Wir haben lange überlegt woher die Striche kamen. Wir sind zu dem Entschluss gekommen das diese Striche deswegen da sind, weil wir ein veraltetes Dark Frame verwendet haben. Dies ist zustande gekommen, weil wir den Autodark nicht aktualisiert haben. Deswegen waren diese Fehler auch nur beim Rosettennebel und Herznebel zu erkennen und nicht beim Orionnebel. Hier mussten wir uns wieder was einfallen lassen um diesen Fehler zu beheben. Diesmal hat uns wieder mal Photoshop geholfen. In Photoshop gibt es eine Funktion die das Rauschen auf dem Bild verringern soll (Abb. 29). Diese haben wir ausgenutzt um den Fehler zu beheben.

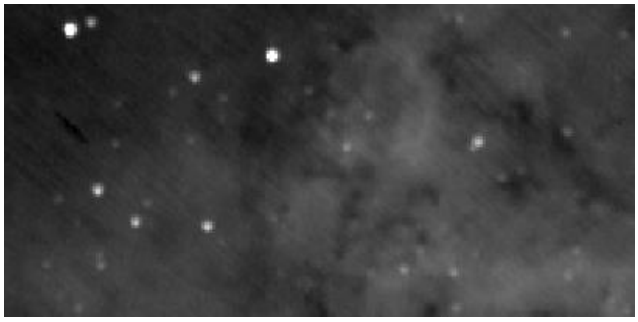

Abb. 28 Fehler nach dem Stacken

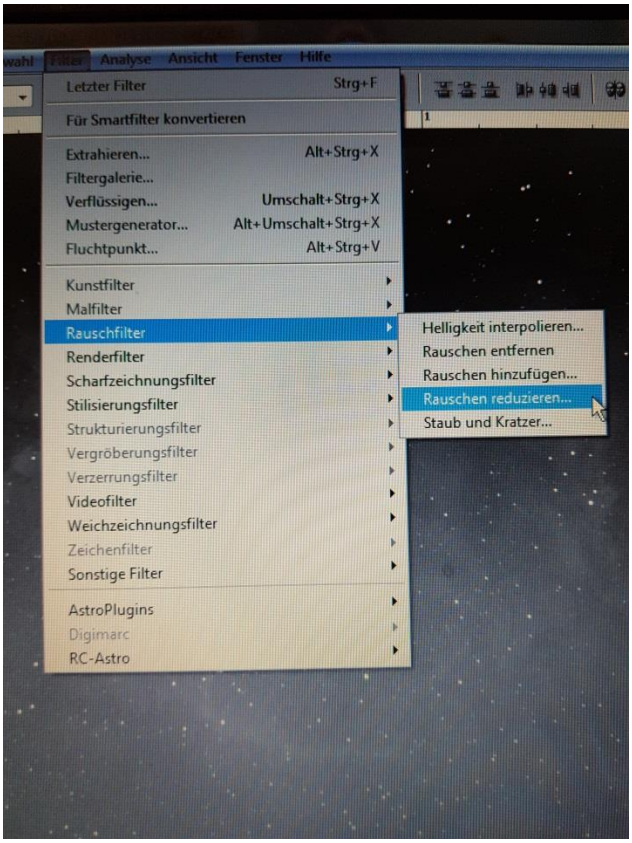

Abb. 29 Rauschfilter (Fotoshop)

Mithilfe dieser Funktion ist es uns gelungen das Rauschen auf dem Bild fast komplett verschwinden zu lassen. Jedoch haben wir zu viel versucht das Rauschen zu retuschieren, haben wir auch kleine Details des Nebels verloren. Deshalb haben wir noch minimales Rauschen in unseren beiden Bildern, jedoch sind die Details unserer fotografierten Nebel noch zu erkennen (Abb. 30).

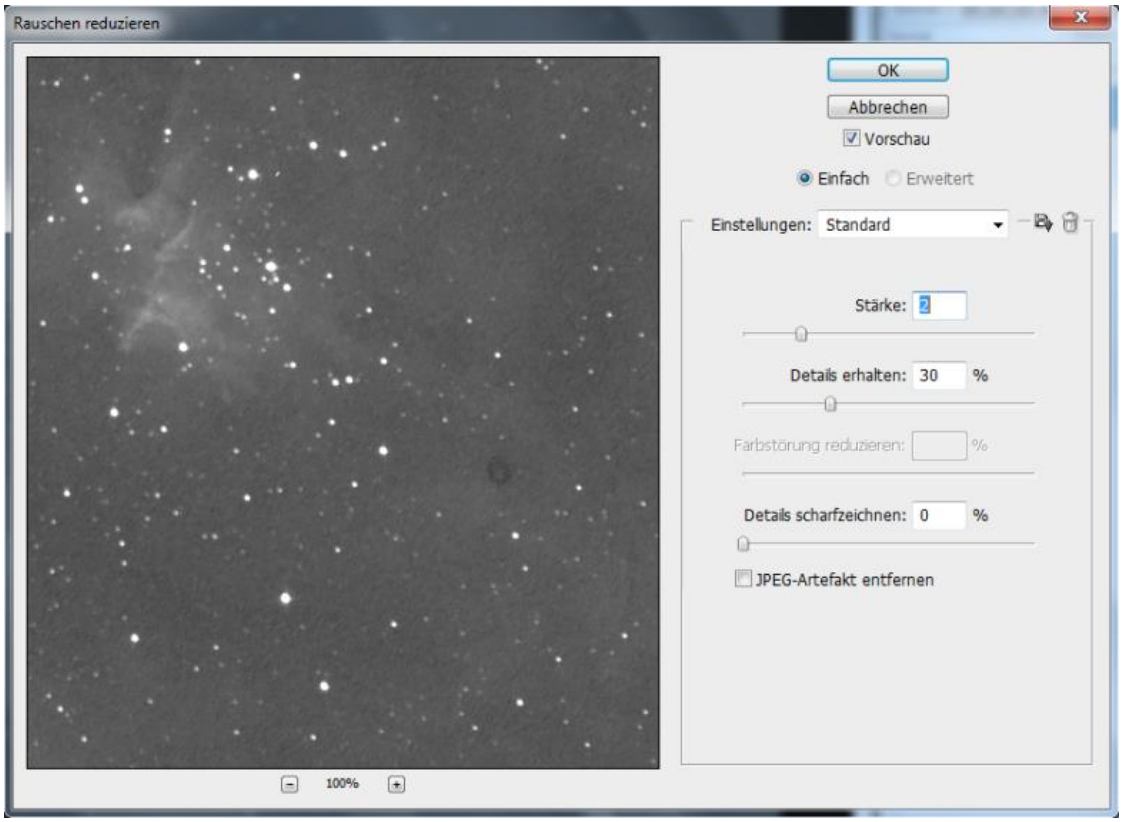

Abb. 30 Rauschen reduzieren

10. Fertige Bilder

10.1 M42 (Orionnebel)

Abb.31 M42 (Orionnebel), *05.02.2018,C11-Hyperstar,H-alpha*

Abb. 32 Vergleichs Bild https://www.spacetelescope.org/news/heic0601/ NASA, ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA) and the Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team

10.2 NGC2244 (Rosettennebel)

Abb. 33 NGC2244 (Rosettennebel), 05.02.2018,C11-Hyperstar,H-alpha

Abb. 34 Vergleichs Bild

10.3 IC1805 (Herznebel)

Abb. 35 IC1805 (Herznebel), 05.02.2018,C11-Hyperstar,H-alpha

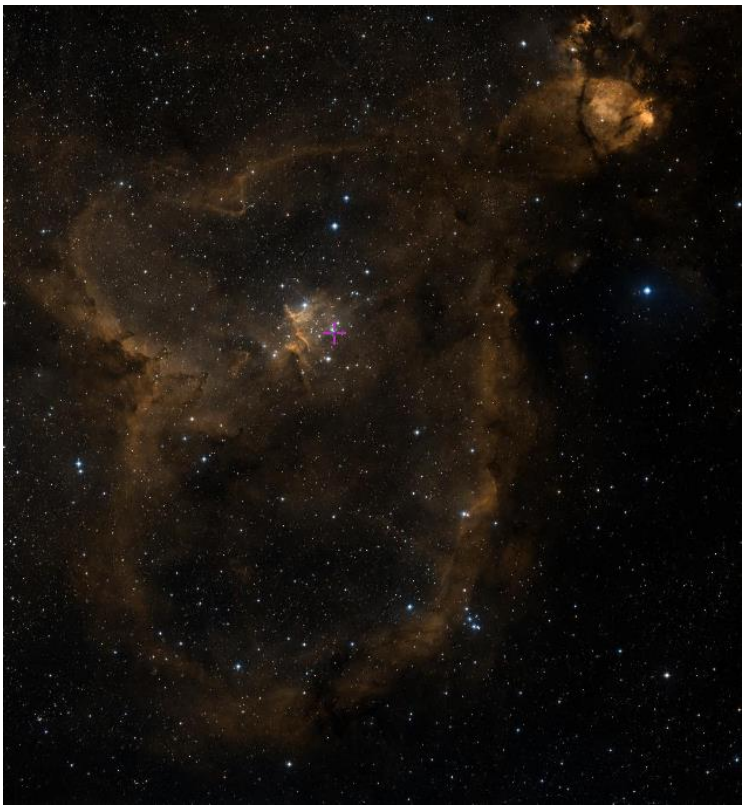

Abb. 36 Vergleichs Bild

11. Vergleich von unseren Bildern mit anderen

Verglichen mit den anderen Bildern gibt es bis auf die Qualität und Farbe keine Unterschiede. Auf unseren Aufgenommenen Bildern gibt es auch nichts Außergewöhnliches.

12. Danksagung

Zum Schluss wollen wir allen danken, die uns bei diesem Projekt geholfen und unterstützt haben. Unser besonderer Dank gilt dem Astronomie Kursleiter Herrn Koch, ohne den diese Arbeit gar nicht möglich gewesen wäre. Sei es die Einweisung in die Teleskope oder in die benötigten Programme oder wenn wir einfach nur Fragen hatten, er hat uns das ganze Schuljahr über geholfen. Weiterer Dank gebührt Herrn Winkhaus der uns mit Herrn Koch in die Bedienung der Geräte und in die theoretischen Grundlagen eingewiesen hat.

Außerdem gilt unser Dank auch der Schule, die uns die Sternwarte und alles dazu gehörige Equipment zur Verfügung gestellt hat. Aber auch den anderen Schülern unseres Kurses müssen wir danken, da sie uns so gut es geht unterstützt haben.

Zum Schluss wollen wir noch unser Bedauern über das Wetter äußern, welches es nicht oft zugelassen hat, dass wir mehr Bilder aufnehmen konnten. Wir mussten deshalb leider auf die Farbaufnahmen und Spektren verzichten und uns mit schwarz-weiß Bildern zufriedengeben.

13. Abschlusserklärung

Hiermit erklären wir, dass wir diese Arbeit selbstständig angefertigt haben, keine anderen als von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder dem Inhalt nach aus anderen Werken entnommen wurden, in jedem einzelnen Fall mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Wir sind damit einverstanden, dass die von uns verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit in der Bibliothek der Schule zugänglich gemacht wird.

Ort, Datum, Unterschrift	Ort, Datum, Unterschrift
Mike Bratek	Patrick Möbius