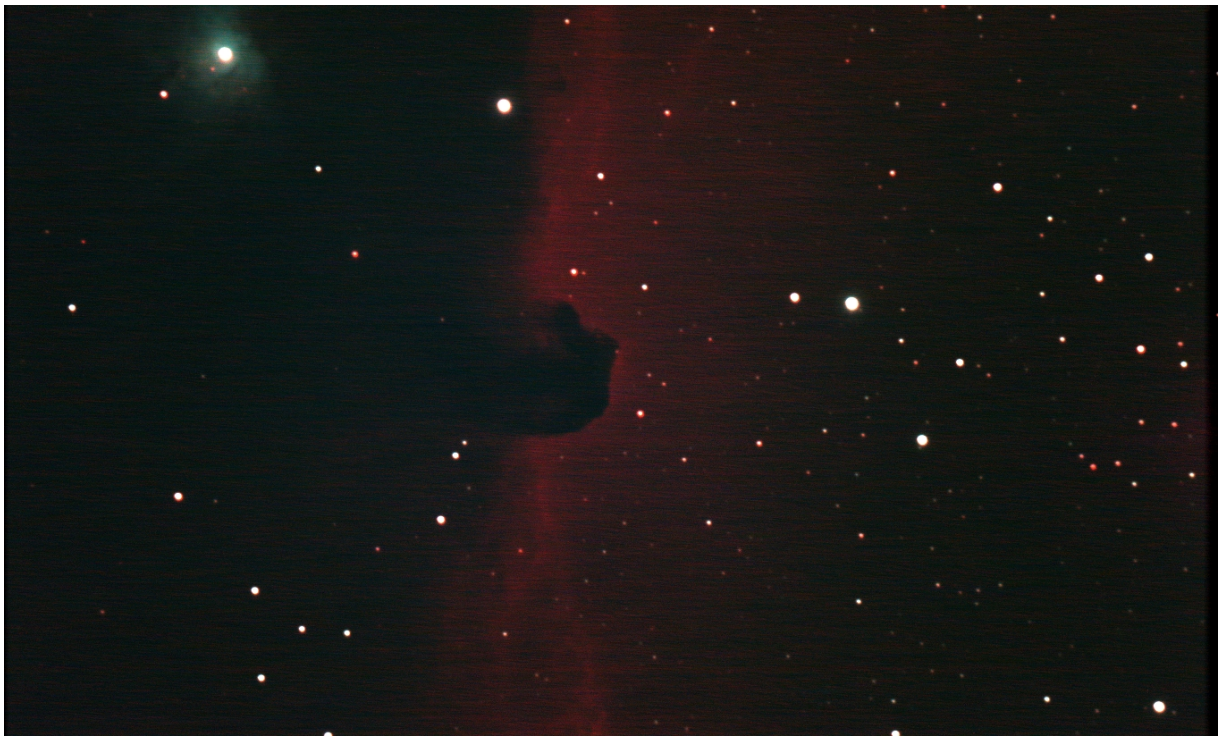
Orion und seine Nebel

Mara Hayen



Gymnasium am Kothen

Jahrgangsstufe Q1

Projektarbeit im Rahmen des Projektkurses Astronomie 2020/21 am CFG Wuppertal

Kursleitung: Bernd Koch

Abgabedatum: 17.05.2021

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....1
1. 1 Motivation.....1
2. Aufgabenstellung.....2
2. 1 Fragestellung mit der ich mich befasste.....2
3. Theoretische Grundlagen zum Thema.....3
3. 1 Magnituden und Benennung von Sternen und Objekten.....3
3. 1. 1 Verdunklung von Beteigeuze (α Ori).....6
3. 2 Spektralklassen O bis M.....7
3. 3 Vergleich der Sterne.....8
3. 3. 1 Räumliche Anordnung der Sterne.....9
3. 3. 2 Die unterschiedlichen Spektralklassen im Orion.....11
3. 4 Das Hertzsprung-Russell Diagramm (HRD).....12
3. 5 Scheinbarer jährlicher Lauf der Sterne und das Wintersechseck.....13
3. 6 Leuchten von Nebeln, Trapezsterne und Orion.....14
3. 7 Orionnebel und Huygens Region.....16
3. 7. 1 Definition H II Regionen.....16
3. 7. 2 Die Entdeckung des Orionnebels M42.....16
3. 7. 3 Bestandteile der Huygens Region in M42.....17
3. 8 Pferdekopfnebel.....19
3. 9 Proplanetare Scheiben.....20
3. 10 Historischer Kontext Sternbilder.....22
3. 11 Orion und Bedeutung seiner Sterne.....22
3. 12 Die Mythologie Orions.....23
6. Verwendete Technik.....26
6. 1 Kamera.....26
6. 2 Teleskop.....26
7. Durchführung des Experiments.....27

7. 2 Aufnahme von Orionnebel M42.....27
7. 3 Aufnahme des Pferdekopfnebels.....28
7. 4 Dark und Light Frames.....30
8. Bildbearbeitung mit Astroart 7.....31
8. 1 Bearbeitung von M42.....31
8. 2 Bearbeitung von dem Pferdekopfnebel.....34
9. Vergleich der Ergebnisse mit Hubble Aufnahmen.....35
9. 1 Orionnebel.....35
9. 1. 2 Vergleich der Aufnahmen.....36
9. 2 Pferdekopfnebel.....36
9. 2. 1 Vergleich der Aufnahmen.....38
Anhang.....39
Literatur- und Quellenangabe.....39
Danksagung.....42
Abschlusserklärung.....42

1. Einleitung

1. 1 Motivation

Seit einiger Zeit befasse ich mich schon mit dem Nachthimmel und seinen funkelten Sternen. Besonders stach dabei immer das Sternbild Orion heraus. Dieses beobachtete ich immer am liebsten, wenn die Winterabende klar und kalt waren. Auch in einer längeren Auslandszeit in Japan konnte ich Orion zu meinem Erstaunen wie in Deutschland beobachten. Sternenkonstellationen hatten auf mich immer eine beruhigende Wirkung. Sie waren immer da und auf sie war Verlass. Als ich also auf Themensuche für meine Projektarbeit des Astronomie Projektkurses war, dachte ich direkt an diese. Das es wesentlich mehr zu lernen gibt über die Sterne an unserem Nachthimmel außer das diese dort schweben und scheinen beeindruckte mich immer wieder neu und motivierte mich so diese Arbeit weiter zu schreiben. Ich habe außerdem oft daran gedacht, wie ich nicht der einzige Mensch bin der diese Konstellationen beobachtete. Millionen, gar Milliarden betrachteten das Sternbild Orion genau so wie ich, dachten über seine Geschichte nach und forschten nach den Sternen im Orion. Die Betrachtung dieses Sternbildes bringt fast so etwas wie eine Verbundenheit mit all seinen BetrachterInnen mit sich. Ich hoffe, dass diese Projektarbeit die LeserInnen dazu motiviert selber im Winter einmal hochzuschauen und Orion aufzusuchen.

2. Aufgabenstellung

2. 1 Fragestellung mit der ich mich befasste

Nicht nur haben ich mich in dieser Projektarbeit mit all den Mythen und Erzählungen über Orion beschäftigt, sondern auch mit den Fragen, warum Orion eigentlich nur im Winter beobachtbar ist, wieso seine Sterne eigentlich in unterschiedlichen Farben leuchten und warum genau Orion zu einer der bekanntesten Konstellationen am Nichthimmel zählt.

Bei der Beobachtung Orions ist außerdem der Orionnebel M42 sowie der etwas kleinere Nebel direkt neben ihm, M43, aufgefallen. Die Nebel wiederum warfen Fragen auf, wie zum Beispiel was ihr Leuchten verursacht, warum die Nebel erst so spät entdeckt wurden, obwohl diese Eigentlich auch ohne Teleskop sichtbar sind.

Zudem wurde der Pferdekopfnebel betrachtet und die Frage, warum dieser so dunkel erscheint kam auf.

Ich habe also in diesem Projektkurs den Orionnebel fotografiert und mit Bildern des Hubble Teleskops verglichen, Unterschiede festgestellt und die aufgenommen Bilder untersucht.

3. Theoretische Grundlagen zum Thema

3. 1 Magnituden und Benennung von Sternen und Objekten

Manche Sterne sind bekannter unter ihrem Namen, der ihnen über viele Jahrtausende von beispielsweise griechischen, arabischen oder lateinischen Kulturen. Solche Sterne sind meist besonders hell oder gut wiedererkennbar. Wenn in astronomischen, geschichtlichen oder kulturellen Gesprächen über sie geredet wird, ist es meist hilfreich, sie mit ihrem kulturell angeeigneten Namen zu bezeichnen, wie zum Beispiel α Ori, der bekannte unter dem Namen Beteigeuze bekannt ist. Doch um alle Sterne, hell oder auch dunkel und kaum wiedererkennbar, benennen zu können haben Astronomen in Zeiten der Renaissance Systeme für die Benennung der Sterne entwickelt. Ein Beispiel hierfür ist Johann Bayer, welcher 1603 in seinem Himmelsatlas *Uranometria* die Sterne einiger Sternkonstellationen vom scheinbar hellsten bis zum scheinbar dunkelsten Stern benannte. Beginnend mit dem scheinbar hellsten Stern α, und endend mit dem scheinbar dunkelsten, werden die Sterne mit den darauf folgenden folgenden griechischen Kleinbuchstaben bezeichnet.[1]

Im frühen 20. Jahrhundert wurden dann Grenzen für die 88 Sternkonstellationen festgelegt, welche bei der Entdeckung von neuen variablen Sternen die Zuordnung zu einem Sternbild und die darauf basierende Benennung vereinfacht. So gehören zu einem Sternbild nicht nur die hellsten Sterne, welche mit Linien verbunden werden können um ihr typisches Sternbild zu erzeugen, sondern alle Sterne, Sternenhaufen, Nebel und Galaxien die sich innerhalb der Grenzen der entsprechenden Sternkonstellation befindet.[2]

1 International Astronomical Union: *Naming Stars*. https://www.iau.org/public/themes/naming_stars/ (Stand: 21.02.2021)

2 International Astronomical Union: *The Constellations. https://www.iau.org/public/themes/constellations/* (Stand: 21.02.2021)

Die Helligkeit der bezeichneten Sterne ist nur scheinbar und sagt nichts über die tatsächliche Helligkeit aus. Die scheinbare Helligkeit hängt von der Entfernung des Objekts zu dem Betrachter auf der Erde und der Leuchtkraft des Objekts, der sogenannten Strahlungsleistung, ab. Diese scheinbare Helligkeit nennt man Magnitude (mag oder auch m). Das Prinzip wurde erstmals um 150 v. Chr. bekannt. Es gab zunächst 6 Größenklassen, wobei 1m die hellste und 6m die dunkelste Magnitude ist. Mit dem bloßen Auge kann man eine Magnitude von 6m kaum noch ausmachen. Später konnte man mit Teleskopen noch dunklere Objekte erkennen, welche eine Magnitude von mehr als 6 haben, außerdem gibt es hellere Objekte die nun auch in die Skala fallen, wie die Sonne oder der Mond. Aus diesem Grund wurde die Skala in den Minusbereich und über 6m hinaus erweitert, sowie die Dezimalangabe der Zahlen eingeführt um genauere Aussagen treffen zu können.

Die Angabe der Magnituden war zunächst nur sehr subjektiv und erst im 19. Jahrhundert wurde auf Grundlage der Entdeckung von Ernst Heinrich Weber und Gustav Theodor Fechner, dem *psychophysischen Grundgesetz*, eine allgemeine objektive Festlegung der Magnituden von Objekten möglich. Das psychophysische Grundgesetz besagt, dass die Differenz zweier Sinnesempfindungen, hier Magnituden $m1$ und $m2$, proportional ist, zum Logarithmus des Verhältnisses der physikalischen Reize $I1$ und $I2$, welche die Sinnesempfindungen auslösen. Die physikalischen Reize sind in dem Fall die mit der Kamera gemessenen Lichtintensitäten $I1$ und $I2$ des Objekts, was in das menschliche Auge fällt. Um die Differenz der bereits vorhandenen Magnituden nicht außer Acht zu lassen lässt sich durch einsetzten der Werte $m1=1$, $m2=6$ in die Formel, wobei der Logarithmus hier zur Basis 10 berechnet wird, die Konstante $C=-2,5$ festlegen, die mit dem Logarithmus des Quotienten der Division von $I1$ durch $I2$, multipliziert wird.

Die entsprechende Formel, welche sich aus dem psychophysischem Gesetz ergibt lautet nun wie folgt:

$$\Delta m = m1 - m2 = C \cdot \lg (I1 / I2)$$

Mit dieser Gleichung lassen sich nun zwei Sterne vergleichen um ihre Magnituden auf der Skala einordnen zu können. Damit dies gelingt benötigt man einen Referenzstern mp, welcher zunächst α Umi, auch bekannt als der Polarstern, war doch da dieser seine Helligkeit hin und wieder verändert, wurden mehrere polnahe Sterne zu den Referenzsternen. Um die Magnitude eines beliebigen Stern auszurechnen ergibt sich also folgende Gleichung:

$$m = -2{,}5 \cdot \lg (I / I\mathrm{p}) + m\mathrm{p}$$

Wenn man die I-Werte mit CCD-Kameras berechnet, so hat die errechnete Magnitude m eine Genauigkeit von $\Delta m = \pm 0{,}001$.

Ungefähr 100 astronomische Objekte am Sternenhimmel, welche als Nebel, Galaxien oder offene sowie Kugelsternhaufen identifiziert wurden, werden in dem von Charles Messier angelegten Verzeichnis, dem *Messier Katalog (kurz: M)* angegeben. Diese und weitere Objekte lassen sich auch im oder im *New General Catalogue (of Nebulae and Clusters of Stars) (kurz: NGC)*, welcher 8000 Objekte umfasst, wiederfinden. Neben diesen Katalogen gibt es allerdings noch einige weitere. Angegeben werden astronomische Objekte immer durch ihre Nummer im jeweiligen Katalog und mit dem darauf folgenden passenden Kürzel wiederfinden.[3] Ein Beispiel sind großer und kleiner Orionnebel welche im Messier Katalog mit M42 und M43 verzeichnet sind.

Nebel, wie M42 und M43, sind sehr schwer zu erkennende Objekte und haben dementsprechend niedrige Magnituden von 4m und 9m.

Gerade die Magnituden der Sterne, die im Sternbild Orion vorkommen sind besonders hoch, was Orion zu dem Sternbild macht, was als das prominenteste am winterlichen Nachthimmel ist.

3 Beckmann, Dieter: *Astrophysik*. Veröffentlicht 2015, C. C. Buchner Verlag, Bamberg

3. 1. 1 Verdunklung von Beteigeuze (α Ori)

Beteigeuze, α Ori, ist ein roter Überriese der Spektralklasse M1-2 Ia-Iab[4] und hat eine scheinbare Helligkeit von 0,0 bis zu 1,6 Magnituden.[5] α Ori scheint zu pulsieren und wirkt zu verschieden Zeitpunkten unterschiedlich hell. In einer Periode von 2070 Tagen schwankt sein Radius um zirka 15 Prozent. Ab Oktober 2016 wurde eine Abnahme der Helligkeit festgestellt welche dann mit 1,614 +/- 0.008 Magnituden am 7. bis zum 14. Februar 2020 sein Minimum erreichte.[6] Das Pulsieren wurde zunächst als baldigen Tod des Überriesen gedeutet. Da Beteigeuze einen einen Durchmesser von 760 +120-60 R☉ hat, welcher ungefähr dem tausendfachen der Sonne entspricht.[7] Dies würde bedeuten, dass der Stern in einer Kernkollaps-Supernova enden würde. Diese würde in einer durchschnittlich 16.000- fachen Erhöhung der Helligkeit resultieren. Die entsprechende Magnitude läge dann bei -15,1 bis -16,1, welche die des Halbmondes entsprechen würde. Durch das Forschungsprojekt des *Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics* wurde mit Hilfe von Aufnahmen des *Hubble-Weltraumteleskops* herausgefunden, dass der Stern α Orionis lediglich eine Materialwolke abgestoßen hatte, die zu Staub abkühlte und anschließend den Stern aus Erd-Perspektive für Betrachter dunkler erschien als er eigentlich strahlte.[8]

4 SIMBAD.

5 American Association of Variable Star Observers: *The International Variable Index*.

6 Guinan, Edward: *The Fall and Rise in Brightness of Betelgeuse*. The Astronomer's Telegram, 2021.

7 Joyce, Meridith; Leung, Shing-Chi; Molnár, László; Ireland, Michael; Kobayashi, Chiaki; Nomoto, Ken'ichi: *Standing on the Shoulders of Giants: New Mass and Distance Estimates for Betelgeuse through Combined Evolutionary, Asteroseismic, and Hydrodynamic Simulations with MESA.*

8 Dunham, Will: *Mystery of the dimming of massive star Betelgeuse explained*. Reuters, 2021.

3. 2 Spektralklassen O bis M

Wenn man sich Orion anschaut, so wird man feststellen, dass α Ori, Beteigeuze, rötlich erscheint, während andere Sterne, wie β Ori, Rigel, eher bläulich sind. Auch im Schwert Orions erkennt man gelegentlich den rötlichen Orionnebel. Eine Erklärung hierfür sind die unterschiedlichen Spektralklassen der Objekte, welche sich laut der Harvard-Klassifikation in sieben Klassen durch Großbuchstaben in der Reihenfolge O, B, A, F, G, K und M einteilen lassen. Für eine genauere Unterteilung ordnet man den O-Sternen die Unterklassen 5 bis 9 und den anderen Spektralklassen B bis K die Unterklassen 0 bis 9 zu.

Die Spektralklassen hängen mit der Oberflächentemperatur und der Farbe der Sterne zusammen. Sterne der Spektralklasse O erscheinen, ähnlich wie bei der Farbe des Feuers abhängig von der Oberflächentemperatur, blau bis weiß und werden mit den darauf folgenden Spektralklassen erst weiß, dann gelb und schlussendlich rot. Beispielsweise gehört α Ori zu der Spektralklasse M und hat eine Oberflächentemperatur von 3.500 K. Sterne der Spektralklasse M erscheinen rötlich, während β Ori, angehörig der Spektralklasse B, mit einer deutlich höheren Oberflächentemperatur bläulich und weißlich erscheint. Der Kopf Orions λ Ori, oder auch Meissa, ist der Spektralklasse O zugeteilt und scheint dementsprechend blau bis weiß.[9]

9 Beckmann, Dieter: *Astrophysik*. Veröffentlicht 2015, C. C. Buchner Verlag, Bamberg

3. 3 Vergleich der Sterne

Abbildung 1: Dieser Screenshot der Weltraumsimulation Stellarium zeigt das Sternbild Orion und die Namen der präsentesten Sterne der Konstellation.

3. 3. 1 Räumliche Anordnung der Sterne

Auch wenn es von der Erde aus so wirkt, als wäre Orion ein zweidimensionales Bild und als wären alle Sterne des Sternbilds gleich weit von der Erde entfernt, so haben die Sterne in Wirklichkeit sehr unterschiedliche Entfernungen zur Erde.

Beteigeuze, α Ori, befindet sich mit ungefähr 548 Lichtjahren Entfernung [10] viel näher als β Ori, Rigel, welcher schon 860 Lichtjahre entfernt ist.

Bellatrix, dritthellster Stern Orions welcher dementsprechend auch als γ Ori bekannt ist, liegt mit seinen 250 Lichtjahren zwar näher an der Erde, trotzdem steht er mit seiner Helligkeit nur an 3. Stelle.

Die drei Gürtelsterne δ Ori, der rechte, mit 1.200 Lichtjahren, der mittlere ε Ori mit 2000 Lichtjahren und der linke ζ Ori mit 1.260 Lichtjahren, liegen alle im Gegensatz zu den andern Sternen weiter weg.

Saiph, κ Ori liegt mit 650 Lichtjahren auf ähnlicher Höhe mit βOri, dem anderen Fuß des Orions. Meissa λ Ori, der Kopf des Orions, liegt ähnlich wie die Gürtelsterne 1.100 Lichtjahre entfernt.[11]

Der Orionnebel M42 und die in ihm liegende Trapezsterne θ^1 Ori A-D sind 1.344 Lichtjahre entfernt.[12]

Mit am weitesten entfernt liegt der Pferdekopfnebel mit 1500 Lichtjahren.[13]

Die Sterne des Sternbildes wirken, wie willkürlich zusammengewürfelt. Manche Sterne sind jung, manche alt und sind manchmal mehr, manchmal weniger Lichtjahre entfernt.

---

10 *Standing on the Shoulders of Giants: New Mass and Distance Estimates for Betelgeuse through Combined Evolutionary, Asteroseismic, and Hydrodynamic Simulations with MES.* The Astrophysical Journal, Band 902: Seiten 63-*25.*

11 *The Hipparcos Catalogue.*

12 *The distance to the Orion Nebula.* The Astronomy and Astrophysics, Band 474: Seiten 515-520.

13 SOFIA Science Center: *DDT Highlight: Horsehead Nebula Velocity Resolved [C II] Map using GREAT.* [https://www.sofia.usra.edu/science/proposing-and-observing/proposal-calls/sofia-directors-discretionary-time/horsehead-nebula-c]

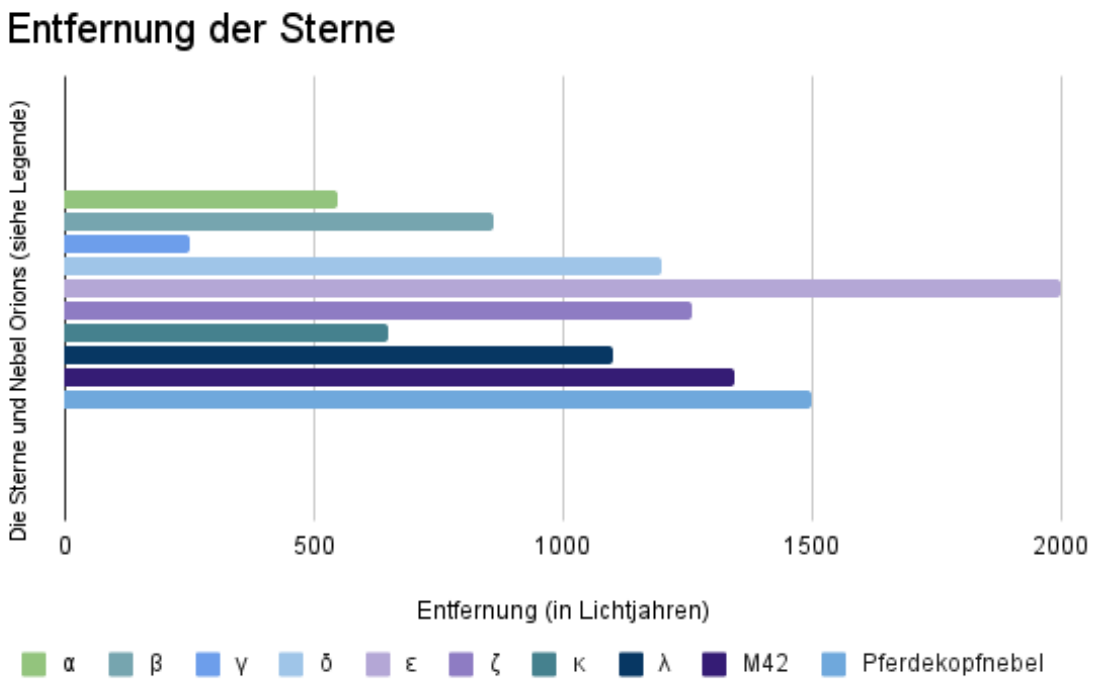


Abbildung 2: Grafik zur Entfernung der Sterne: Mara Hayen: Entfernung der Sterne im Orion.

Abbildung 3: Grafik zur Entfernung der Sterne: Elizabeth Truelove, Joyce Dejoie: Question of the Month for May 1999. StarChild [https://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/questions/question9.html]

3. 3. 2 Die unterschiedlichen Spektralklassen im Orion

Beteigeuze gehört der Spektralklasse M1-M2 an und gehört somit zu den roten Überriesen, welche sich dem Ende ihrer Lebenszeit befinden und sich oben rechts im HRD finden lassen.

Rigel ist ein blauer Überriese der Spektralklasse B8 la. Er befindet sich dementsprechend links in der nähe der Hauptreihe, auf der Reihe der Überriesen. Wie Rigel ist Bellatrix auch ein Stern der Spektralklasse B. Die Unterklasse von Bellatrix ist allerdings im Gegensatz zu Rigel B2 und er ist ein Riese, kein Überriese. Auch Mintaka gehört mit der Spektralklasse B3 und ist liegt auf der Reihe der hellen Riesen. Die beiden anderen Gürtelsterne sind wie Rigel blaue Überriesen. Dabei gehört Alnilam der Spektralklasse B0 la an. Alnitak besteht aus einem Sternsystem aus drei Sternen, von denen einer der Spektralklasse O9.5lab angehört, die anderen beiden gehören allerdings der Spektralklasse B an. Ein weiterer Stern der Spektralklasse O ist Meissa. Er gehört der Spektralklasse O8 an. Somit erscheinen Alnitak und Meissa weißlicher als die anderen Sterne der Spektralklasse B, welche eher bläulich scheinen. Saiph gehört wieder Spektralklasse B0.5 an.

Die Trapezsterne in dem Orionnebel gehören ebenfalls den Spektralklassen O und B an, da diese noch sehr junge Sterne sind. θ^1 Ori A, θ^1 Ori B und θ^1 Ori D gehören dabei den Spektralklassen B0, B1 und B1.5 an. θ^1 Ori C gehört Sogar der Spektralklasse O7 an.

Von den helleren Sternen Orions ist Beteigeuze also der Einzige der Spektralklasse M. Obwohl diese Sterne eine niedrigere Oberflächentemperatur haben und Somit rötlicher erscheinen ist er der Hellste Stern im Sternbild Orion. Die anderen Sterne gehören der Spektralklasse O und B an und sind noch sehr heiß und jung im Gegensatz zu Beteigeuze.

3. 4 Das Hertzsprung-Russell Diagramm (HRD)

Das Hertzsprung-Russell Diagramm, benannt nach den Astronomen Ejnar Hertzsprung (1873 - 1967) und Henry Norris Russell (1877 - 1957), stellt Sterne anhand ihrer absoluten Magnitude, Spektralklasse, Oberflächentemperatur und Leuchtkraft im Vergleich zur Sonne dar. Um der Frage welche möglichen Kombinationen der Werte es gibt hat Russell, auf Grundlage von Hertzsprungs Arbeiten, Sterne in Sonnenumgebung in ein Diagramm eingetragen. Dieses Diagramm wurde dann Hertzsprung-Russell Diagramm (HRD) genannt.[14]

Dabei befinden sich die dunkleren Sterne unten und werden heller je höher man im Diagramm schaut. In der Mitte des Diagramms befinden sich Sterne mit einer sonnenähnlichen Leuchtkraft. Die heißeren und bläulichen Sterne befinden sich links im Diagramm und gehen über zu den rötlichen, kälteren Sternen auf der rechten Seite. Die Reihenfolge der Spektralklassen lautet dabei wie folgt O, B, A, F, G, K und M. Wenn man nun genügend Sterne in das Diagramm einträgt, so kann man einige Anhäufungen erkennen, welche sich in Hauptgruppen der Sterne einteilen lassen. Auffällig ist die sogenannte *Hauptreihe* mit Sternen der Leuchtkraft V welche sich über das ganze Diagramm, angefangen oben links und endend unten rechts, erstreckt. Mittig auf der Hauptreihe kann man die Sonne finden, links über ihr findet man größere bläulich bis weißliche Sterne, unter ihr rechts eher rötliche Sterne mit einer geringeren Masse als die der Sonne. Auf der Hauptreihe findet man Sterne, welche ihre Energie durch die Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium generieren. Je älter Sterne mit einer großen Oberfläche werden, desto heller und rötlicher werden sie. Solche Sterne findet man rechts über der Hauptreihe in der Kategorie *Riesen III* und der etwas kleineren Anhäufung an *Unterriesen II*, welche sich im Diagramm aufgrund ihrer geringeren Helligkeit unterhalb den Riesen III befinden. Oberhalb der Anhäufung der Riesen III erstrecken sich auf linearen Bändern von Spektralklasse O nach M aber auch auch *Helle Riesen II* und *Überriesen Ia* und *Ib*. Sterne mit einer kleineren Oberfläche, wie unsere Sonne werden zu den *Weißen Zwergen VII*, welche sich unterhalb der Hauptreihe V befinden, da ihre Helligkeit abnimmt, sie allerdings immer noch äußert heiß sind. [15]

14 Beckmann, Dieter: *Astrophysik*. Veröffentlicht 2015, C. C. Büchner Verlag, Bamberg

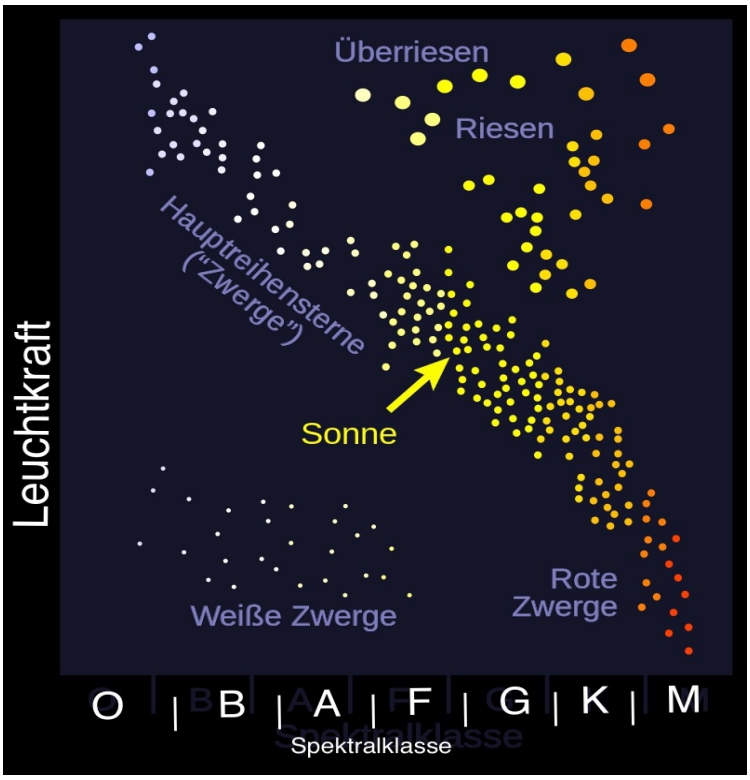


Abbildung 4: Hertzsprung-Russel Diagramm (HRD)

3. 5 Scheinbarer jährlicher Lauf der Sterne und das Wintersechseck

Im Laufe des Jahres bewegen sich die Sterne, und somit auch die Sternbilder, um ungefähr 30 Grad im Monat. Das stetige Wandern der Sterne Richtung Westen hat zur Folge, dass der Sternenhimmel innerhalb eines Jahres entsprechend verändert.

Orion ist einer der prominenten Sternbilder am Wintersternenhimmel. Neben Orion sind auch seine Nachbarn Stier, Fuhrmann, Zwillinge, kleiner und großer Hund jeden Winter wiederzuerkennen. Wenn man je den auffälligsten Stern der sechs Konstellationen miteinander verbindet, so erhält man ein Sechseck. Diese wird Win-

15 European Space Agency: Gaia's Hertzsprung-Russel Diagramm. *https://sci.esa.int/s/wKdy4dW* (Stand: 21.02.2021)

tersechseck genannt. Die Sterne des Wintersechsecks sind im Sommer also nicht zu sehen, denn sie steigen und sinken während des Tages und nicht, wie im Winter, nachts. [16]

Wer also Orion beobachten möchte, sollte dies in einer klaren Winternacht versuchen.

3. 6 Leuchten von Nebeln, Trapezsterne und Orion

Sterne verändern sich über einen sehr langen Zeitraum, sie sind räumlich nicht fest und ihre Lebensdauer ist nicht unendlich. Sterne werden, wie wir auch, geboren und sterben am Ende ihrer Lebenszeit. Sterne der Spektralklassen O und B, welche sich meist im inneren von interstellaren Gas- und Staubwolken befinden, sind jüngere Sterne, mit einer geringeren Lebensdauer, welche durch einen schnelleren Energieverbrauch zu Stande kommt. Durch ihre Lage vermutet man ihren Entstehungsort in besagten Wolken.

Die interstellare Materie kann man überall zwischen den Sternen finden, wie der Name es bereits verrät. Gase, hauptsächlich Wasserstoff, und Staub sind ihre Komponenten. Eine Ansammlung von interstellarem Gas hat eine Dichte von 10 Atomen pro Kubikzentimeter, kann aber bis zu 104 Atomen pro Kubikzentimeter in sehr dichten Ausführungen Steigen. Interstellare Materie kann das Licht der Sterne farblich verändern oder ihre Leuchtkraft verringern. Wenn man also die Helligkeit eines Stern ermitteln möchte muss man auf diese Faktoren achten.

Regionen, wo eine Ansammlung an interstellarer Materie das Licht der Sterne absorbiert und es unserem Auge, wie eine Region mit nur wenigen Sternen erscheinen lässt, nennt man *Dunkelwolke*. Auch im Sternbild Orion ist eine solche Wolke zu sehen. Benannt wurde sie neben ihrem Katalognamen IC 434, durch ihre ähnelnde Form, auch *Pferdekopfnebel*. Eine weitere Art von Wolke ist der sogenannte *Emissionsnebel*. Die benachbarten Sterne von interstellaren Wolken, bringen das Gas durch ihre Strahlung zum Leuchten. M42 ist ein Beispiel für diese Nebel-Art im Orion.

16 Beckmann, Dieter: *Astrophysik*. Veröffentlicht 2015, C. C. Buchner Verlag, Bamberg

M78, ein *Reflektionsnebel* im Orion wird sichtbar durch Staub in der Wolke, welcher das Licht der Sterne streut.

In einer Ansammlung interstellarer Materie wirken zwei Kräfte, die erste gravitative Anziehungskraft, lässt alle Teilchen in der Wolke sich gegenseitig anziehen und zieht die Wolke dadurch zusammen. Die andere Kraft ist der Gasdruck der Teilchen, welcher der gravitativen Anziehungskraft entgegenwirkt und anstrebt, die Wolke aufzulösen.

Wenn die sogenannte Grenzmasse von einer Gaswolke, mit einer bestimmten Temperatur und einer bestimmten Dichte, überwunden wird so weist sie genügend Gravitationskraft auf und den Gasdruck der Teilchen zu überwiegen. Unter diesen Umständen kann die Wolke kontrahieren.

Kontraktionsenergie wird nach außen abgegeben und der Druck im Inneren der Teilwolke wird durch ihr Zusammenstürzen, ermöglicht durch die fortwährende Energieabgabe, immer höher. Die Strahlung kann durch den Druck die Wolke nicht mehr verlassen und erhitzt sich der Kern der Wolke, während das äußere der Wolke weiterhin auf den Kern einfällt. Durch einen Kollaps des Kerns wird Energie frei, welche die *Dissoziation* der Wasserstoffmoleküle bei einer Temperatur von ungefähr 2000 K starten lässt. Die Temperatur erhöht sich weiterhin und Wasserstoff und Helium ionisieren. Der Kern der Wolke besteht nun aus Plasma. Die Strahlung aus dem Kern wird an die Staubwolke, welche ihn umgibt aufgenommen und wiederum in einigen 100K Grad heißer Infrarotstrahlung abgegeben. Ein Infrarotstern, oder auch Protostern, ist entstanden. Die schlussendliche Geburt des Sterns und seine Verzeichnung auf der Hauptreihe des HRDs resultiert aus dem Beginnen des Wasserstoffbrennens, durch die hohe Temperatur und dem hohen Druck im Sternzentrum.

Die verschiedenen Spektralklassen der Sterne brauchen für den Prozess unterschiedlich lange. Sterne, wie die Trapezsterne gehören der Spektralklasse O und B an und befinden sich im inneren des Orionnebels. Sie brauchten dafür einige Lichtjahre. Die Trapezsterne strahlen den Orionnebel an und sind der Grund für sein Leuchten. [17]

17 Beckmann, Dieter: *Astrophysik*. Veröffentlicht 2015, C. C. Buchner Verlag, Bamberg

3. 7 Orionnebel und Huygens Region

3. 7. 1 Definition H II Regionen

Eine H II Region ist eine Region, welche aus ionisiertem Wasserstoff besteht. H II Regionen haben ihren Namen von ihren Wasserstoffatomen, im Periodensystem geschrieben H. Die II steht für die Ionisation de H-Atoms, nicht ionisierter Wasserstoff ist dementsprechend unter H I bekannt.

H II Regionen sind sehr heiße Regionen mit einer Temperatur von etwa 10 000 K. Ihre Dichte liegt bei 10 bis 100 000 Atomen pro cm^3, welches 10 bis 100 000 mal dichter ist als H I Regionen. Zu finden sind die H II Regionen in der Nähe von massereichen, jungen Sternen der Spektralklassen O und B. Das ultraviolette Licht dieser ionisiert den Wasserstoff und bringt ihn somit zum Leuchten.

Frühe Astronomen teilten Nebel auf in solche, welche unscharf und verschwommen aussahen, diese kennt man heute besser als die H II Regionen. Nebel, welche sich bei genauerer Beobachtung in mehrere Sterne aufteilten, sind uns bekannt als benachbarte Galaxien.[18]

3. 7. 2 Die Entdeckung des Orionnebels M42

Obwohl Galileo auf Zufall bei der Beobachtung in 1609 von Jupiter in der Nähe des Sterns Bellatrix im Sternbild Orion mehr Sterne als erwartet beobachten konnte und sich danach intensiver mit dieser Region fasste, entdeckte er den Orionnebel nicht. Galileo beobachtete nur die Sterne um Orions Gürtel herum und zeichnete diese auf. Galileo beschrieb in seinen Arbeiten, dass die Region um Meissa (λ Ori) kein, wie zuvor angenommen, Nebel sei, sondern ein Sternhaufen. Da er dies mit einer solchen Überzeugung schreib, glaubte man es würde überhaupt kein Nebel, im Sternbild Orion existieren.

Die Entdeckung schreibt man Nicolas Claude Fabri de Peiresc zu, welcher neben seinen naturwissenschaftlichen Arbeiten hauptsächlich für seine astronomischen

18 Ridpath, Ian: *A Dictionary of Astronomy*. Veröffentlicht 2012, Oxford University Press.

Errungenschaften bekannt ist. Er beobachtete als zweiter Franzose, nach einem seiner Schüler, Jupiters Satelliten. Am sechsundzwanzigsten November in 1610, beobachtete er Orion und stellte, wie der Mittlere Stern von Orions Sterns, θ^1Ori, von einer kleinen beleuchteten Wolke umgeben war. In seinen weiteren Beobachtungen im Dezember dieses Jahres beschrieb er die Nebelartigkeit dieser Wolke. 1618 sichtete auch der Astronom Johann Baptist Cysat. Allerdings meinte dieser fälschlich, der Nebel befinde sich um den letzten Stern des Schwertes herum.

Genauere Untersuchungen veröffentlichte erst Christian Huygens im Jahre 1659, wobei er selber davon ausging den Orionnebel entdeckt zu haben. Dieser entdeckte sieben Sterne innerhalb des Nebels, fünf außerhalb. Die vier Sterne, welche das Trapez im Inneren des Orionnebels ausmachen, verzeichnete er zunächst als drei, danach in unveröffentlichten Arbeiten erst als vier. Allerdings bildete er in seinen Arbeiten die oberen drei Sterne außerhalb des Nebels ab. Nur den unteren verzeichnete Huygens innerhalb des Nebels.

Der Orionnebel M42 wurde also erst um 1609-1620 sichtbar für die Astronomen, davor schwiegen alle über ein nebelartiges Erscheinen der Region um die Sterne θOri. Heute kann man den Nebel auch schon mit dem bloßen Auge erkenne und man kann sich schwer vorstellen, wie Galileo, welcher diese Region für einen längeren Zeitraum intensiver betrachtete den Nebel nicht bemerken konnte.[19]

3. 7. 3 Bestandteile der Huygens Region in M42

Obwohl der Orionnebel nicht die größte und hellste H II Region ist, ist es eine welche am besten erforscht ist. Die Region ist die Erdnächste, die Struktur ist relativ einfach, im Inneren befinden sich ein junger Sternenhaufen mit massiven Sternen und sie scheint dementsprechend hell. Dies macht es zu einem der berühmtesten astronomischen Objekte.

Direkt zu erkennen ist die Struktur des Region. Man erkennt einen hellen Steg, welcher sich von links oben bis unten zur Mitte hin erstreckt. Rechts über seinem Anfang in der linken Ecke erkennt man die sogenannte dunkle Bucht. Ein wenig

19 Thomas G. Harrison: *The Orion Nebula: Where in History is it? Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*. 1984/25: S. 65-79.

oberhalb der Mitte der Region sind die Prominenten Trapezsterne θ^1Ori zu erkennen. Unterhalb des hellen Stegs ist der Stern scheint der helle Stern θ^2Ori.[20]

Die vier Trapezsterne im Inneren des Nebels, davon vor allem der von den Vieren massereichster Stern θ^1Ori C, des Spektraltyps von ungefähr O7 bis O5 V photonisierten das Gas in diesem Bereich, was die H II Region entstehen ließ. [21]

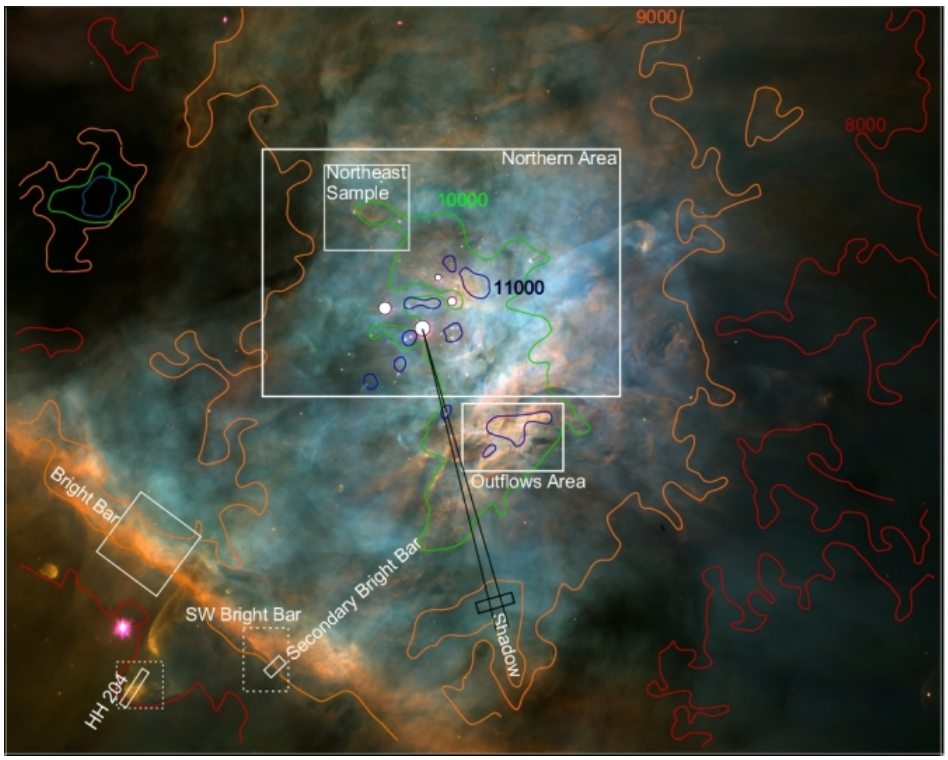


Abbildung 5: HII Region im Orionnebel. Grafik von: C. R. O'Dell, G. J. Ferland, M. Peimbert: Structure and Physical Conditions in the Huygens Region of the Orion Nebula. MNRAS Band: 2016/000 Seite: 4)

„The HII region is partially confined in a concave structure open towards the line of sight of the observer. A thin (0.05 pc) and dense (∼ 105 cm−3) PDR is located between the background molecular cloud and the ionized gas. Due to the difference in pressure between the PDR and the ionized gas, material flows towards θ1 Ori C (O'dell & Bally 1999; O'Dell 2001). At approximately 2` south-east of the Trapezium the ionization front changes into an almost edge-on geometry producing the Orion Bar feature.“[5]

20 C. R. O'Dell: *The Orion Nebula and its associated Population*. In: *Annual Reviews Astronomy Astrophysics*, 39/2001: S. 99-136.

21 F. Saldago, O. Berrne, J. D. Adams, T. L Herter, L. D. Keller, A. G. G. M. Tielens: *The Orion HII Region and the Orion Bar in the Mid-Infrared. [huygens Region (Introduction).pdf].*

3. 8 Pferdekopfnebel

Der Pferdekopfnebel ist, im Gegensatz zum Reflexionsnebel M42, eine sogenannte Dunkelwolke. Interstellare Materie verdunkelt einen Bereich des Nebels und lässt kaum Licht durch, was der Grund ist für die Entstehung eines dunklen Bereiches in Form eines Pferdekopfes. Deshalb wurde dem Dunkelnebel diesen Namen verpasst.

Der verdunkelte Bereich, sprich der Dunkelnebel befindet sich über der HII Region IC 434, in der Nähe der Gürtelsterne des Orions. Genauer um die Region des Sterns HIP26756 herum. Als Erster beschrieb Herschel diesen Nebel im Jahre 1811 und listete ihn als sein 25. Objekt auf. Die erste Aufzeichnung entstand dann zuerst von Williamina Paton Fleming im Jahr 1888.[22]

Die Hitze des Nebels variiert von 15 Kelvin Innen bis zu 100 Kelvin im äußeren Bereich des Nebels.

Die Dunkelwolke besteht hauptsächlich aus molekularem Wasserstoff aber Anteile von einfachen Kohlenwasserstoffverbindungen, welche auch Schwefel oder Sauerstoff Teilchen enthalten. Ihre Masse ist ungefähr 27 Mal so groß wie unsere Sonne. [23]

Entfernt ist der Nebel 1500 Lichtjahre und ist noch weiter entfernt als der Nebel M42.

3. 9 Proplanetare Scheiben

Eine Proplanetare Scheibe ist eine rundliche Ansammlung an Staub, welche sich um einem heißen Protostern, oder ähnlichem astronomischen Objekt, ansammelt. Es ist die Vorstufe eines möglichen Planeten.

22 Pound, Marc W., Reipurth, Bo und Bally John: *Looking into the Horsehead*. The Astronomical Journal, 125: 2108-2122, 2003.

23 Gerin, Maryvonne, Pety, Jérome und Goicoechea, Javier R.: *The Horsehead nebula, a template source for interstellar physics and chemistry.* 2009.

Auch im Orion gibt es solche Proplanetare Scheiben, kurz Proplyds. Sie wurden zuerst in 1922 entdeckt, was beim Nachvollziehen von Planetenentstehung weiterhilft. Was der Bildung eines Planeten im Orion hauptsächlich im Weg steht, ist die starke Strahlung, welche von θ Ori C, dem hellsten Stern im Nebel. Forschungen besagen, dass innerhalb von 100 000 Jahren 90 Prozent aller jungen proplanetaren Scheiben, werden zerstört. Aus anderen 10 Prozent, welche nicht von ultravioletter Strahlung zerstört werden, können Planeten geformt werden. Um den Stern im Zentrum der proplanetaren Scheibe bildet sich ein Sonnensystem, welches möglicher weise unserem ähneln, allerdings auch komplett verscheiden sein könnte. Forscher meinen, dass es in Orion-Sonnensystemen eher steinige Planeten, wie Mars oder auch unsere Erde. Gasplaneten, wie Jupiter scheinen eher selten geformt zu werden.[24]

Es gibt neben dieser auch weitere Proplanetare Scheiben im Orionnebel. In Abbildung 6 sind diese Scheiben zu sehen. Unterschieden werden können die Scheiben in zwei Gruppen von Proplanetaren Scheiben. Die erste, welche in der Nähe des hellsten Trapezstern θ^1Ori liegt und wessen Gas durch dessen Strahlung zum leuchten gebracht wird und die zweite, welche weiter weg von θ^1Ori liegt und somit nicht leuchten, sondern eher als dunklere Bereiche wahrgenommen werden, da der Staub in den Proplanetaren Scheiben das Licht des Hintergrundes nicht durchlässt. Die Scheiben der ersten Gruppe sind erkennbar, durch einen Helleren Streifen am Außenrand des leuchtenden Gases, welcher in die Richtung des Sterns θ^1Ori zeigt. Die protoplanetaren Scheiben sind allerdings zufällig ausgerichtet, so sehen wir sie mal von oben und mal von der Seite. Die Scheiben sehen zudem immer unterschiedlich aus, da stellarer Wind von dem naheliegenden massereichen Stern mit dem Gas in der Scheibe kollidiert und somit sichtbare Schockwellen sowie davonfliegende Materie ihnen ihr individuelles Aussehen verschaffen. [25]

24 NASA: *Hubble sees Cosmic Flapping. https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/hubble-sees-cosmic-flapping-bat-shadow (Stand: 22.02.2021).*

25 NASA, ESA: Roberto, M. und Ricci, L.: *Hubble's sharpest image of the Orion Neblula with proplyd highlights. https://esahubble.org/images/heic0917ab/ (Stand: 23.02.2021).*

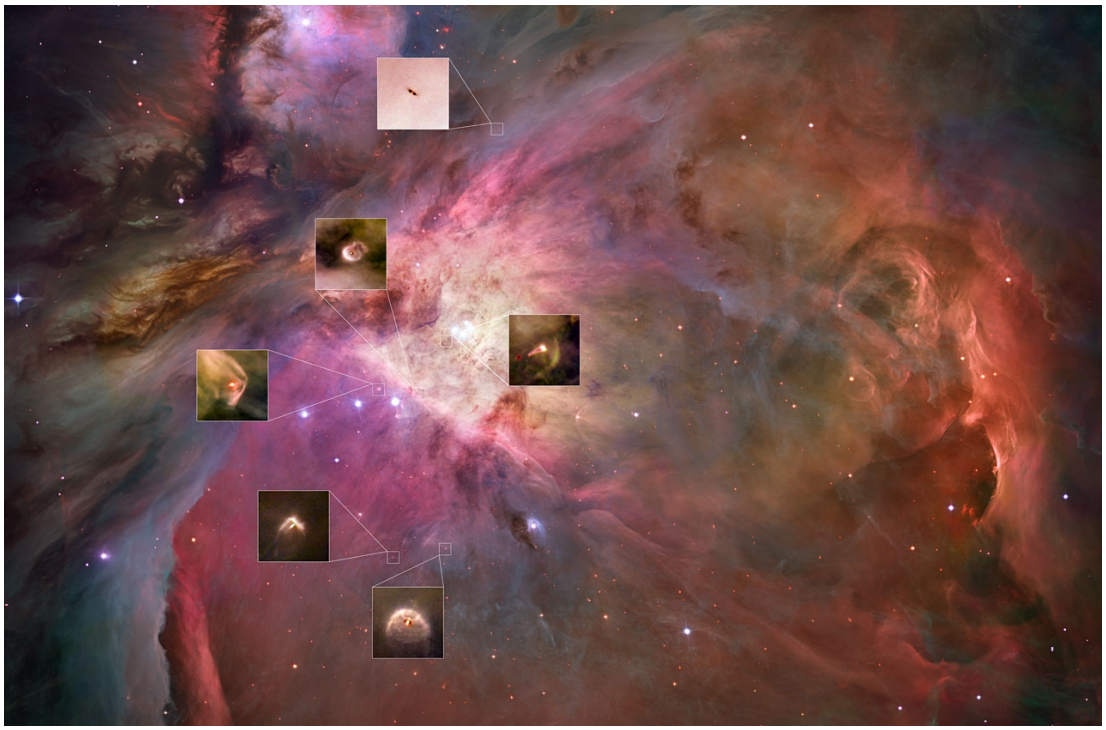


Abbildung 6: Hubble Bild von den Proplanetaren Scheiben im Orionnebel

3. 10 Historischer Kontext Sternbilder

Die womöglich erste Aufzeichnung von Sternbildern stammt aus den Wandmalereien der des südfranzösischen Lascaux Höhlen-Komplexes. Archäologen entdeckten eine Malerei eines Stiers, welche auf ein Alter von 17 500 Jahren geschätzt wird. In der Malerei sind schwarze Punkte zu erkennen, welche vermutlich die Sternhaufen Plejaden und Hyaden im Sternbild Stier darstellen sollen.

Es gibt insgesamt 88 Konstellationen, von denen mehr als die Hälfte in der griechischen Antike entstanden. Diese Aufzeichnungen dienten auch als Grundlage für die astronomischen Werke der alten Babylonier, Ägypter und Assyrer. Eines der wichtigsten Werke dieser antiken Astronomie ist der von Claudius Ptolemäus verfasste Almagest, welcher 48 der heutigen 88 Konstellationen[26], sowie eine Angabe Koordinaten und die subjektiven Magnituden von 1000 Sternen erfasste.[27] Der Almagest basiert vermutlich auf den Werken von Eudoxos von Knidos, einem Griechen, welcher diese um 350 v. Chr. verfasste. Europäische Astronomen, wie Johannes Hevelius und Nicolas Louis de Lacaille, Kartograph Frederick de Houtman, Pieter Dirksz Keyser, Gerard Mercator und Petrus Plancius, sowie Navigator Amerigo Vespucci ergänzten die Aufzeichnungen von Ptolemäus mit Konstellationen, welche sie an der südlichen Hemisphere entdeckten. [28]

Abbildung 7: Malerei des Stiers in den Lascaux Höhlen

26 International Astronomical Union: *The Constellations. https://www.iau.org/public/themes/constellations/* (Stand: 21.02.2021).

27 Beckmann, Dieter: *Astrophysik*. Veröffentlicht 2015, C. C. Buchner Verlag, Bamberg.

28 Ridpath, Ian: *Star Tales: Constellation Mythology and History*. Veröffentlicht 1988, Lutterworth Press.

3. 11 Orion und Bedeutung seiner Sterne

Das Sternbild Orion ist das wichtigste sowie auffälligste Sternbild, ist präsent in allen historischen Zeitaltern und ist unter einigen Namen und Mythen den verschiedensten Kulturen bekannt. Auch die Sterne in seiner Konstellation haben Bezeichnungen, die sich übersetzen lassen und ein Bild bilden, welches hilft die Sterne mit einem Menschenbild in Verbindung zu bringen. Im frühen Arabischen hieß Orion *al-jauzāʾ* was ungefähr soviel bedeutete Riese.

Der Name von α Ori ,*Beteigeuze*, entstand aus dem Arabischen, denn trotz seiner Prominenz am Nachthimmel gaben die Griechen ihm keinen Namen. Der Stern wurde laut des Buches *Book of the Fixed Stars,* geschrieben im 10. Jahrhundert von dem arabischen Astronom *al-Ṣūfī*, *mankib al-jauzāʾ* sowie *yad al-jauzāʾ* genannt. Der Name bildete sich dann allerdings aus zweiterem, was wenn man das arabische übersetzt, soviel bedeutet, wie die Hand des al-jauzāʾ. Falsch übersetzt aus dem arabischen behaupten Einige auch es würde so viel bedeuten wie die Achsel des Zentralen.[29]

Rigel, der Name für β Ori, ist die Kurzform des Arabischen *Rijl Jauzah al Yusrāʿ*, was übersetzt linkes Bein des Jauzah bedeutet. Ptolemäus nannte ihn den hellen Stern im linken Fuß. Rigel ist zwar scheinbar heller ist als Beteigeuze, trotzdem steht er an zweiter Stelle im Sternbild mit β Ori. [30]

Die Gürtelsterne δ Ori, ε Ori und ζ Ori waren den Arabern auch als die Goldenen Nüsse bekannt, was womöglich aus dem Namen der Sterne *jauzāʾ,* welcher so viel wie Wahlnuss bedeutete, entstanden ist.

29 Allen, Richard Hinckley: *Star Names – Their Lore and Meaning.* Veröffentlicht 1963, Dover Books.

30 Ridpath, Ian: *Star Tales: Constellation Mythology and History*. Veröffentlicht 1988, Lutterworth Press.

3. 12 Die Mythologie Orions

Das Sternbild Orion (kurz: Ori), war bereits eine der 48 Konstellationen des Almagests. Im Arabischen war Orion bekannt als *al-jauzāʾ*, was sich mit der Weiblichen in der Mitte übersetzen lässt. Die Mitte könnte sich hier womöglich auf die Lage des Sternbilds über dem Himmelsäquator beziehen. Orions griechischer Name lautet Ὠρίων was so etwas wie die Kriegerin bedeutet. Orion ist das Sternbild, was in der Größenordnung an 27. Stelle steht und trotz seiner kleinen Größe wirkt es durch die äußerst hell scheinenden Sterne des Sternbildes wesentlich größer. Orion ist in der griechischen Mythologie das Abbild eines Starken großen Kriegers. Auch Caesar schrieb, dass kein Sternbild das Abbild eines Mannes mehr akkurat darstellen könne als Orion. Orion ist das Sternbild, welches bereits frühen griechischen Dichtern wie Hesiod und Homer bekannt war. Homer beschrieb ihn in der *Odyssee* als riesigen Jäger, der eine unzerbrechliche Keule mit sich trug und stets von den Jagdhunden (Sternbilder Canis Major und Canis Minor) gefolgt wurde. Selbst heute ist es das Sternbild, was denjenigen bekannt ist, die sich nicht mit dem Nachthimmel und seinen Sternkonstellationen befassen.

Zuerst entdeckten die Sumerianer den Nachbarn des Sternbilds Stier. Für sie war Orion (Sumerianisch: URU AN-NA) der Held Gilgamesch, welcher den Stier des Himmels bekämpfte.

Es würde dementsprechend Sinn machen, wenn die griechische Äquivalente von Gilgamesch, Herakles, Orion repräsentieren würde. Herakles Aufgabe war es den kretischen Stier zu fangen, was im Kontext zu Nachbarsternbild Stier Sinn machen würde. Obwohl die Keule in Orions Hand und sein Löwenfell, welche in Karten des Almagest zu sehen sind auch zu Herakles passen würde, gab es in der griechischen Mythologie nie einen Zusammenhang zwischen Orion und Herakles.

In der griechischen Mythologie war Orion der Sohn von Euryale und Poseidon, dem Gott des Wassers, welcher Orion die Fähigkeit gab auf Wasser laufen zu können. Sternbild Orion verfolgt die Plejaden im Sternbild Stier, was sich mit folgender Erzählung erklären lässt. Orion verliebte sich in die Töchter von Atlas und Pleione, welche von Zeus dann in den Sternenhimmel als Plejaden verbannt wurden, dort folgt Orion ihnen immer noch, wenn er am Sternenhimmel von Osten nach Westen wandert.

Es gibt allerdings auch andere Geschichten zur Entstehung von Orion, wie zum Beispiel die Geschichte über Hyrieus, einem alten Bauern, welcher sich einen Sohn wünschte. Eines Tages bat er den Göttern Zeus, Neptun und Hermes Unterkunft, welche ihm als Dank seinen Wunsch erfüllten. Sie urinierten auf ein Ochsenfell, aus dem Orion geboren wurde, nachdem Hyrieus es vergrub. Er taufte Orion dementsprechend Urion, was auch dem sumerianischen Namen URU AN-NA ähnelt.

Auch zu Orions Tod gibt es zahlreiche Erzählungen. Unter Mythographen wie Aratus, Eratosthenes und Hyginus heißt es, dass Orion durch das Gift eines Skorpionstachels um sein Leben gekommen ist. Orion prahlte vor der Jagdgöttin Artemis und ihrer Mutter Leto, dass er jedes Biest töten könne und als aus einem Spalt im Boden ein Skorpion ihn stach, verstarb Orion. Andere Mythologen behaupten es sei ein Racheakt von Artemis gewesen, da Orion sie berauben wollte. Eine weitere Mythe behauptet wiederum Orion verlor sein Leben, als er Leto von einem Skorpion retten wollte.

In jedem Fall ist es der Skorpion, welcher der Grund für Orions Versterben war. Dies ist laut der Mythen der Grund, warum das Sternbild Skorpion sich genau auf der anderen Seite des Nachthimmels befindet und sich beide Sternbilder somit nie begegnen. Orion scheint sich immer noch vor dem Gift des Skorpions zu fürchten, schreib Germanicus Caesar.

Die griechische Mythologie befasst sich also nicht einzig allein mit Orion sondern auch anderen Sternbildern, wie den Jagdhunden, dem Skorpion, dem Stier und den Plejaden in seinem Sternbild. So kann man ganze Geschichten erzählen, welche einen großen Teil des Nachthimmels mit einbinden.

Auch in China war Orion als eines der Sternbilder, sowie das 21. der 28 Wohnsitze bekannt. Genannt wurde es *Shen*, was übersetzt soviel wie drei Sterne heißt. *Shen* bestand zunächst nur aus den drei Gürtelsternen, wurde im Nachhinein dann aber auf zehn Sterne erweitert. *Shen* besteht also aus den vier Sternen α, γ, β und κ, welche die vier Sterne sind, die den Körper Orions ausmachen, den drei Gürtelsternen ζ, ε und δ, sowie den drei Sternen aus denen Orions Schwert besteht. Auch in China gilt *Shen* als ein großartiger Jäger und Kämpfer. Ebenso vergleichbar mit der griechischen Mythologie ist die Geschichte von Shichen und Ebo, den zwei Söhnen

des Kaisers. Da beide Söhne sich nicht aufhören konnten zu streiten, verbannte der Kaiser sie an die jeweils andere Seite des Himmels. Shichen war verantwortlich für die Opfergaben für *Shen* und Ebo für die von *Xin,* welcher dem Sternbild Skorpion entspricht. So findet man die Verbindung von den Sternbildern Skorpion und Orion auch in anderen Kulturen wieder. [31]

6. Verwendete Technik

6. 1 Kamera

Für die Aufnahme des Pferdekopfnebels sowie des Orionnebels wurde die Kamera ZWO ASI 183 MC pro verwendet.

Abbildung 9: Foto: Astro-Shop.de

Abbildung 8: Foto des Aufbaus am CFG

6. 2 Teleskop

Für die Aufnahme des Orionnebels wurde das Teleskop Celestron 14 Edge HD verwendet (siehe Abbildungen 1& 2 in 7.2). Es hat eine Brennweite von 3910 Millimetern.

Der Pferdekopfnebel wurde mit dem Teleskop des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums aufgenommen. Der Apochromatische Refraktor TEC160FL hat eine Brennweite von 1120 Millimetern. Der Optikdurchmesser beträgt 160 Millimeter.

31 Ridpath, Ian: *Star Tales: Constellation Mythology and History*. Veröffentlicht 1988, Lutterworth Press.

Abbildung 10: Fotos: baader-planetarum.com

7. Durchführung des Experiments

7. 2 Aufnahme von Orionnebel M42

Aufgrund der Covid-19 bedingten Schulschließung wurden die Aufnahmen des Orionnebels per Fernsteuerung über das Teleskop Celestron 14 Edge HD und die Kamera ASI 183MC pro unseres Projektkursleiters Bernd Koch aufgenommen. Dies gelang über eine Fernsteuerung des Teleskops von unserem Rechner aus und einer Zoom Konferenz, bei der Herr Koch uns Anweisungen gegeben hatte.

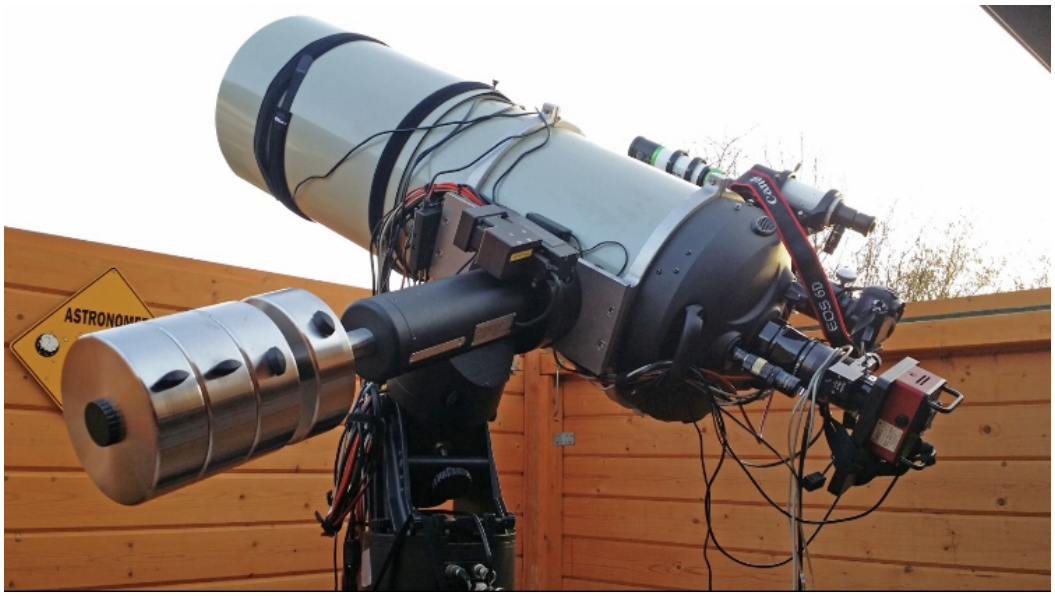


Abbildung 11: Bilder: Bernd Koch.

7. 3 Aufnahme des Pferdekopfnebels

Aufgrund des klaren Himmels am 01. März 2021 und der Möglichkeit in die Schule zu gehen, ist die Fotografie des Pferdekopfnebels an der Schülersternwarte des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums in Wuppertal gelungen. Der Fokus des Praktischen Teils der Projektarbeit wurde deshalb auf den Pferdekopfnebel verlegt, anstatt auf den Orionnebel M42. .

Begonnen haben wir um ca. 19Uhr, als noch genügend Tageslicht vorhanden war um den Aufbau des Teleskops zu Dokumentieren.

Zunächst haben Herr Koch und ich die Sternwarte geöffnet, indem das Dach des feststehenden Teleskops aufgezogen wurde. Anschließend musste nur noch das Teleskop mit einem Kippschalter angeschaltet werden. Die weitere Steuerung gelang von dem Computer im Aufenthaltsraum neben dem Teleskop.

Danach wurde geschaut, ob die Uhrzeit der verwendeten Programme korrekt ist, damit bei der eventuellen Entdeckung eines neuen Objektes die genaue Zeit angegeben werden kann. Danach wurde das Programm Stellarium geöffnet. Dieses ist eine Simulation, mit welcher man die genaue Position eines astronomischen Objektes genaust vorhersagen kann. Stellarium zeigt den gesamten Himmel, welche von dem Teleskop aus zu dem Zeitpunkt zu sehen ist. Allerdings kann man mit Hilfe der Zoom Funktion die Details besser ausmachen. Das Teleskop wurde mit dem Programm verbunden und es war somit Steuerbar von diesem. Zunächst wurde das Teleskop allerdings manuell in die richtige Ausrichtung gebracht. Danach konnte vom Computer eine genauere Ausrichtung erfolgen. Der Sucher des Teleskops wurde zunächst auf den Stern Alnitak ζ Ori ausgerichtet, welcher in der Nähe des Pferdekopfnebels liegt und als Referenzstern für die Einstellung des Teleskops dienen sollte.

Es wurde anschließend das Programm *Sharpcap* geöffnet, welche die Aufnahmen des Teleskops zeigt. Zu sehen war hier der Stern Alnitak. Nachdem die Belichtungszeit auf ungefähr eine Sekunde gestellt wurde um den Stern besser zu verfolgen zu können wurde er mithilfe des Steuerungsprogramms des Achromatischen Refraktors TEC160FL (das verwendete Teleskop) in die Mitte des Bildes gebracht. Der „Gain" der Aufnahme wurde erhöht, die Auflösung vervierfacht und es wurde an den Stern heran gezoomt um das Bild scharf zu stellen. Anschließend wurde der näher am Nebel liegende Stern HIP26756 in die Mitte des Bildes gebracht um den Nebel auf dem Bild zu haben. Die Einstellungen des Schärfens wurden zurück gestellt und die Aufnahmen konnten beginnen.

Zuerst wurde ein Bild mit der Belichtungszeit 30 aufgenommen um sicherzustellen, das der Nebel im Bild zu sehen sein wird. Es wurden die Sterne um HIP26756, HIP26816 links darüber und HIP26694 rechst darunter sichtbar.

Die länger belichteten Aufnahmen konnten beginnen. Diese wurden als schwarzweiß aufgenommen, mit einem Ha+[OIII] Filter, welcher nur das rote Wasserstoffleuchten durch lässt und zudem das störende Licht der Stadt herausfiltern sollte. Mit einer Einzelbelichtung von 60 Sekunden wurden ab 19:30:18 UTC viele Bilder mit der Kamera ZWO ASI 183 MC pro angefertigt, auf welchen der Pferdekopfnebel schon sehr vielversprechend zu sehen war.

Um 19:48 Uhr wurde die Kühlung des Teleskops auf -10 Grad eingestellt, welche eine bessere Aufnahme ermöglicht. Nach einem Nachschärfen um 20:20 Uhr wurden weitere Bilder aufgenommen.

Kurz bevor der Mond die Aufnahme stören würde wurden 10 Dark Frames mit der selben Belichtungszeit und Temperatur angefertigt, welche später bei der Bearbeitung das an der rechten Seite der Light Frames zu erkennende Verstärker-glühen, sowie Störende Pixel in der Aufnahme entfernen sollten.

Es wurden außerdem nochmals 10 Dark Frames ohne die Kühlung des Teleskops aufgenommen.

Die Fotografie für diesen Abend war beendet.

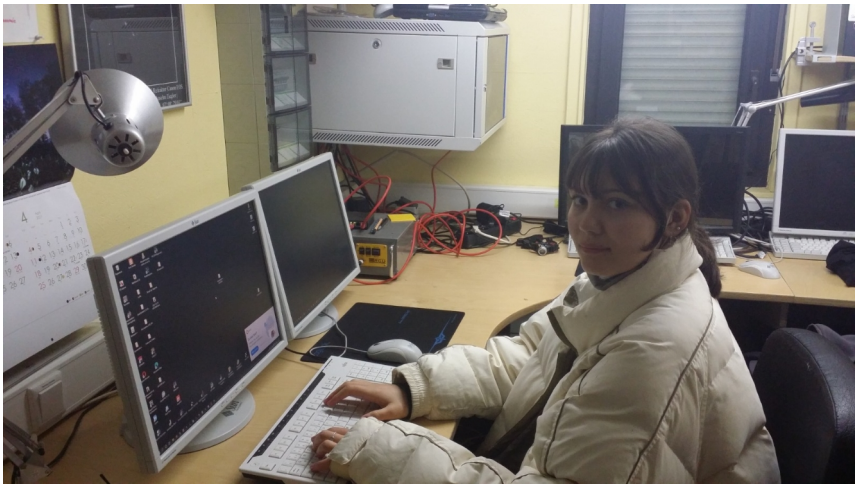


Abbildung 12: Während der Aufnahme des Pferdekopfnebels entstandenes Foto von mir, Mara Hayen, fotografiert von Bernd Koch

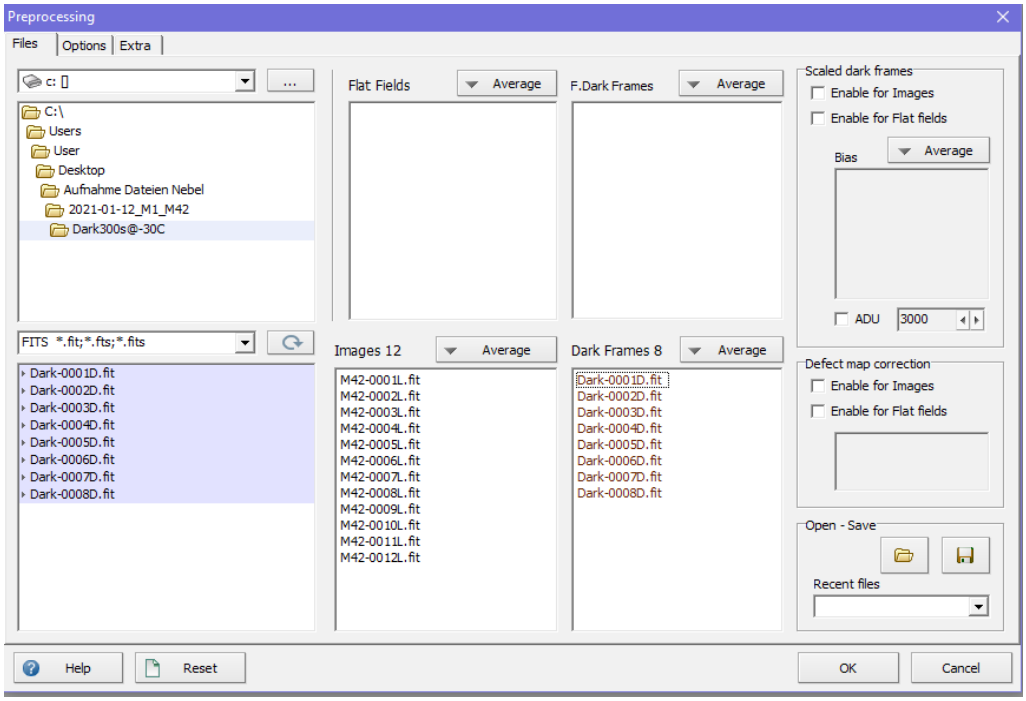
7. 4 Dark und Light Frames

Dark Frames werden von den Light Frames subtrahiert. Die Dark Frames nehmen nur das Hintergrundrauschen der Aufnahmen auf. Die Blende der Kamera wird hierfür geschlossen. Die Light Frames nehmen das Hintergrundrauschen des Bildes, sowie die zu sehenden Objekte mit auf. Um das Rauschniveau zu verringern können die Kameras auf -20 bis zu -30 Grad gekühlt werden, damit das Rauschen verringert wird. Je weniger Rauschen vorhanden ist, desto besser lassen sich die aufgenommenen Objekte erkennen. Die Temperatur und die Belichtungszeit müssen gleich für Light und Dark Frames sein, damit später bei der Subtraktion das Rauschen auch wirklich subtrahiert wird und nicht noch mehr neues Rauschen hinzugefügt wird. Außerdem werden mehrere Rauschbilder angefertigt um das Rauschverhalten der Pixel, welche immer rein zufällig hell sind, besser vorauszusagen. Der Mittelwert all dieser Dark Frames nennt man Masterdark, welches das wahrscheinliche Rauschverhalten der Pixel angibt. Mit mehreren Dark Frames wird das endgültige Bild immer glatter.

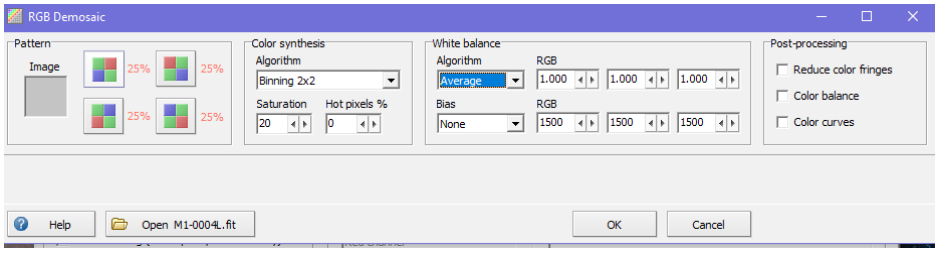
8. Bildbearbeitung mit Astroart 7

8. 1 Bearbeitung von M42

Um die Aufnahmen des Orionnebels auszuwerten, habe ich die Dark Frames, sowie die Aufnahmen von M42 von 20:45:35UTC bis 20:56:57UTC in die Demo-Version des Programms *Astroart7* geladen.

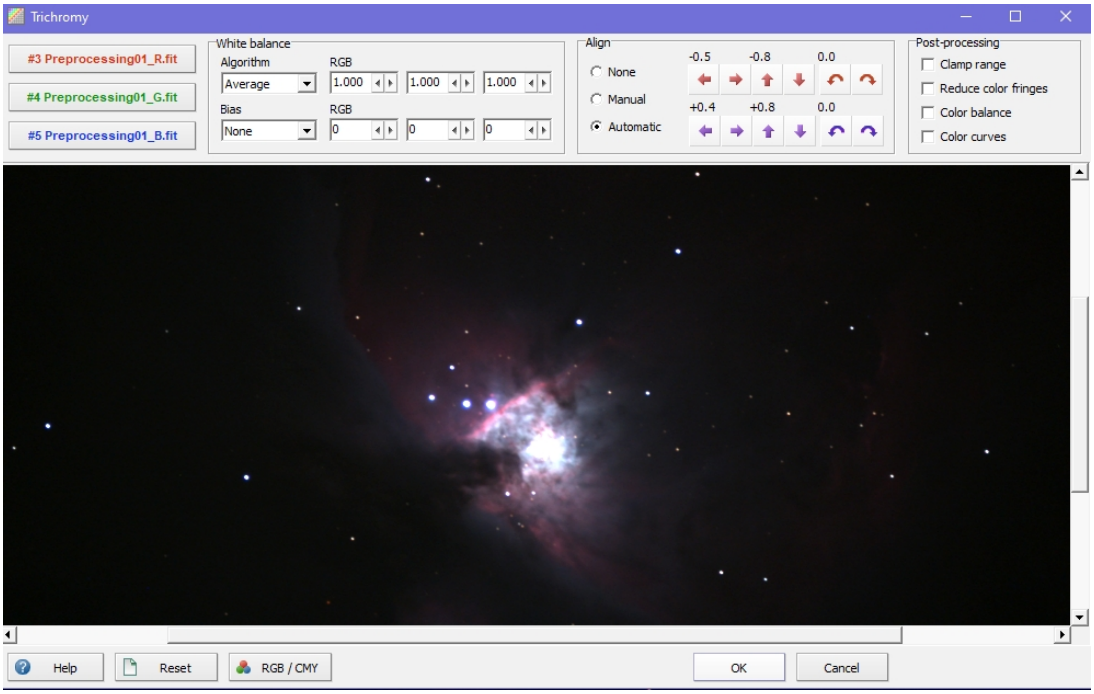


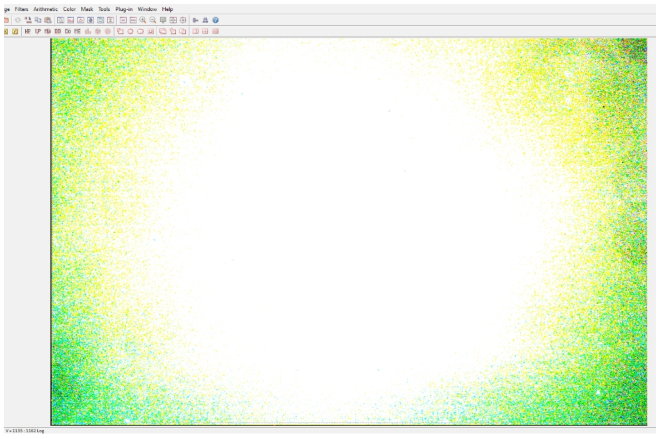
In der Vorbearbeitung wurde dann ein *offset* von 300 eingefügt, sowie sie Einstellung *align star pattern and rotate* eingestellt. Bei dem Reiter *RGB Demosaic* wurde das obere linke Kästchen gewählt.



Bei der eigentlichen Bearbeitung wurde zunächst das Bild zunächst vertikal gespiegelt und dann so gedreht, dass der kleinere Nebel M43 oberhalb von M42 liegt.

Zu erkennen war ein starker blau oder rot farbiger Rand an den Sternen. Um diesen zu beheben bin ich über den Reiter *color* auf die Funktion *split RGB* gegangen und die Farbkanäle wurden zunächst voneinander aufgetrennt in Rot-, Grün- und Blaukanal. Über den selben Reiter kann man diese drei Farbkanäle auch wieder übereinander legen mit der Funktion *LRGB combine*. Die restlichen Ränder habe ich erneut unter dem Reiter *color* mit der Funktion *reduce color fringes* entfernt.

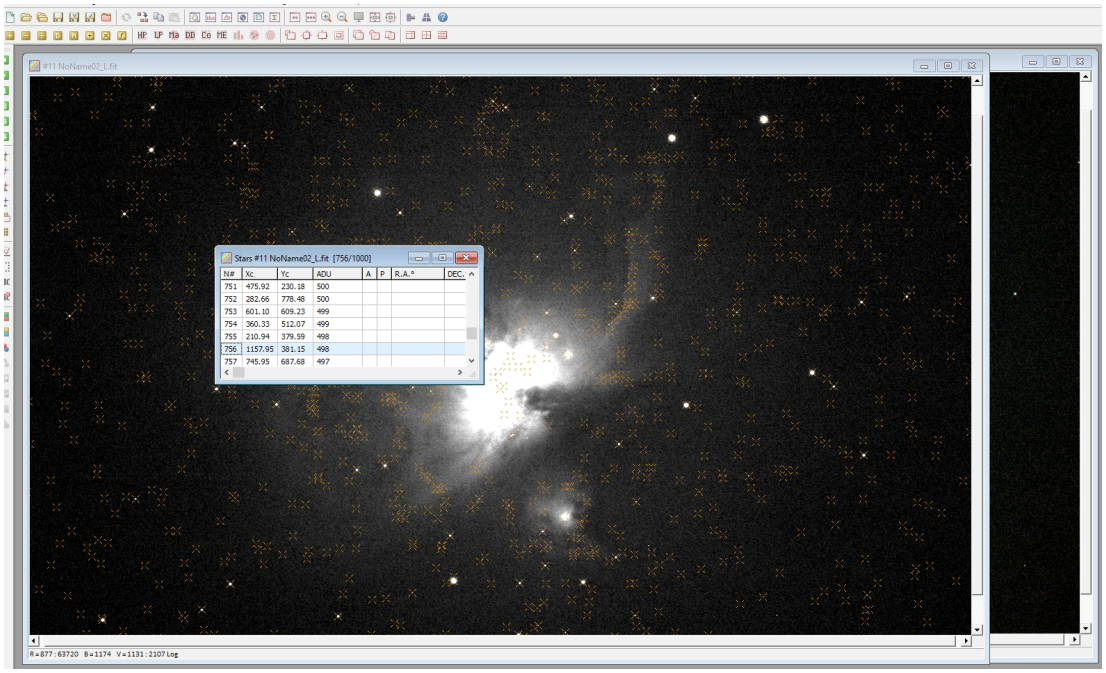




Das Bild musste zudem zugeschnitten werden. Durch das überbelichten des Bildes konnte man schwarze Blanken am Rand des Bildes erkenne, welche ich dann in dem Programm weggeschnitten habe.

Mit dem Filter *reduce blooming* wurde der Hintergrund dann geglättet.

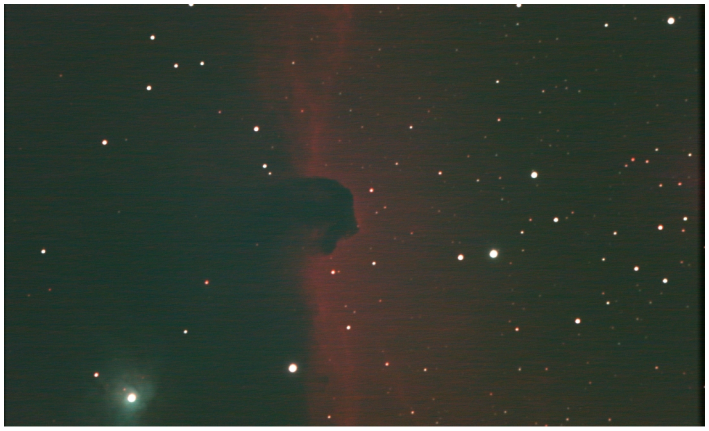
Ich habe außerdem die Sterne kleiner rechnen lassen und sie so klarer und schärfer wirken lassen. Dafür habe ich zunächst eine schwarz-weiß Kopie des Bildes erstellt, dann das Programm 1000 Sterne auf dem Bild finden lassen und diese dann unter dem Reiter Filters mit der Funktion *compress stars* komprimiert. Unter *LRGB combine* habe ich zuletzt dann die farblose Kopie mit dem bereits bearbeiteten Bild übereinander gelegt.



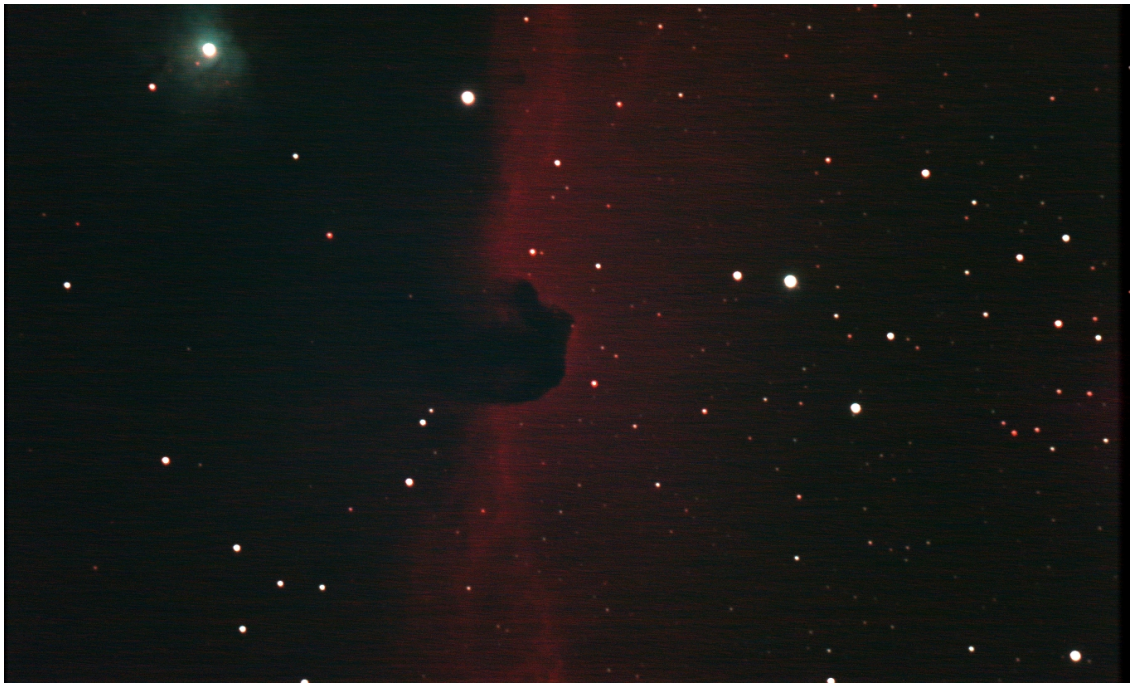
Zuletzt habe ich noch unter dem Reiter *color* die Sättigung der Aufnahme angepasst damit die Farben besser erkennbar waren.

8. 2 Bearbeitung von dem Pferdekopfnebel

Es wurden die Aufnahmen von 19:30:18UTC bis 19:55:15UTC mit den Dark Frames welche bei einer gleichen Temperatur und gleicher Belichtungszeit aufgenommen wurden in die Demo-Version von *Astroart7* geladen, welche die Bilder übereinander legt.



Anschließend wurde die Farbe sowie die Helligkeit und der Kontrast korrigiert und das Bild in die richtige Richtung gespiegelt. Das Ergebnis war folgendes:



9. Vergleich der Ergebnisse mit Hubble Aufnahmen

9. 1 Orionnebel

Abbildung 13: Eigene Aufnahme

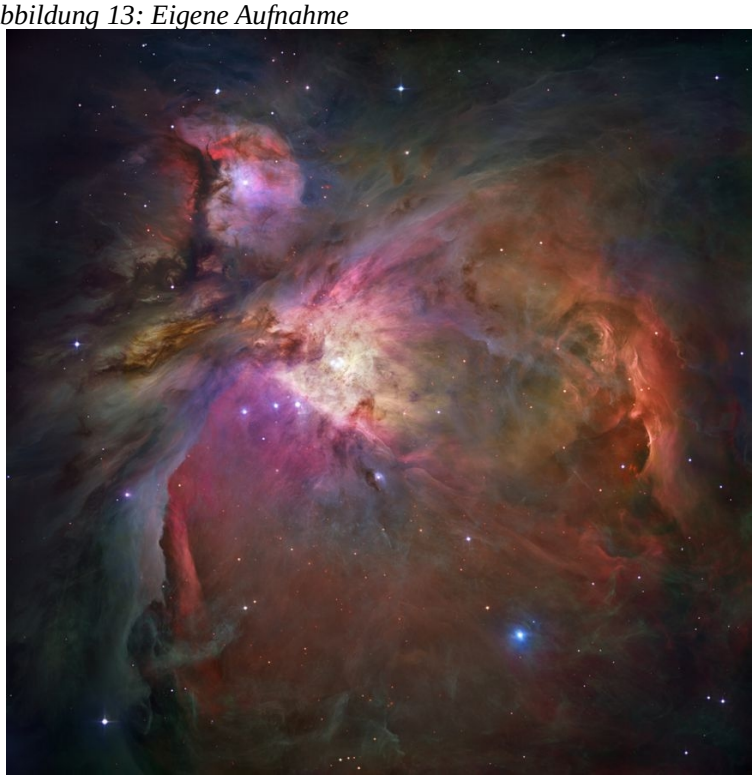


Abbildung 14: Bild: Aufnahme des Orionnebels,der NASA, ESA,M. Robberto, Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team

9. 1. 2 Vergleich der Aufnahmen

In der eigenen Aufnahme kann man die HII-Region nicht so gut erkennen, wie auf der Hubble Aufnahme. Das liegt daran, dass es bei der Bildbearbeitung nur möglich ist sich entweder auf die dunklen Stellen des Nebels zu kontrollieren und die Belichtung hoch regeln oder sich auf die helleren Stellen konzentrieren und die Belichtung dementsprechend herunter zu regeln.

Bei beiden Bildern sind allerdings die wesentlichen Elemente, wie der Dark Bay welcher sich über den Orionnebel erstreckt zu erkennen.

9. 2 Pferdekopfnebel

Abbildung 15: Eigene Aufnahme

Die eigene Aufnahme ist aufgrund von hervorragender Wetterverhältnisse bereits sehr gut gelungen.

Abbildung 16: Fotos: Aufnahme des Pferdekopfnebels der NASA, ESA, Hubble Heritage Team

Abbildung 17: Aufnahme des Pferdekopfnebels der NASA, ESA, Hubble Heritage Team

9. 2. 1 Vergleich der Aufnahmen

Auf der eigenen Aufnahme erkennt man wie auf der der unteren Hubble Aufnahme die etwas hellere Umrandung des Pferdekopfes und wie der angestrahlte Wasserstoff rechts allmählich dunkler wird.

Bei den aufnahmen des Hubble Teleskops erkennt man außerdem weitere Strukturen innerhalb des Pferdekopfes, welche in der eignen Aufnahme nicht zu erkennen sind.

Anhang

Literatur- und Quellenangabe

Allen, Richard Hinckley: *Star Names – Their Lore and Meaning.* Veröffentlicht 1963, Dover Books.

American Association of Variable Star Observers: *The International Variable Index*.

Beckmann, Dieter: *Astrophysik*. Veröffentlicht 2015, C. C. Buchner Verlag, Bamberg.

C. R. O'Dell: *The Orion Nebula and its associated Population*. In: *Annual Reviews Astronomy Astrophysics*, 39/2001: S. 99-136.

Dunham, Will: *Mystery of the dimming of massive star Betelgeuse explained*. Reuters, 2021.

European Space Agency: Gaia's Hertzsprung-Russel Diagramm. *https://sci.esa.int/s/wKdy4dW* (Stand: 21.02.2021)

F. Saldago, O. Berrne, J. D. Adams, T. L Herter, L. D. Keller, A. G. G. M. Tielens: *The Orion HII Region and the Orion Bar in the Mid-Infrared. [huygens Region (Introduction).pdf].*

Gerin, Maryvonne, Pety, Jérome und Goicoechea, Javier R.: *The Horsehead nebula, a template source for interstellar physics and chemistry.* 2009.

Guinan, Edward: *The Fall and Rise in Brightness of Betelgeuse*. The Astronomer's Telegram, 2021.

International Astronomical Union: *The Constellations. https://www.iau.org/public/themes/constellations/* (Stand: 21.02.2021).

International Astronomical Union: *Naming Stars.* https://www.iau.org/public/themes/naming_stars/ (Stand: 21.02.2021)

Joyce, Meridith; Leung, Shing-Chi; Molnár, László; Ireland, Michael; Kobayashi, Chiaki; Nomoto, Ken'ichi: *Standing on the Shoulders of Giants: New Mass and Distance Estimates for Betelgeuse through Combined Evolutionary, Asteroseismic, and Hydrodynamic Simulations with MESA.*

NASA: *Hubble sees Cosmic Flapping. https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/hubble-sees-cosmic-flapping-bat-shadow (Stand: 22.02.2021)*

NASA, ESA: Roberto, M. und Ricci, L.: *Hubble's sharpest image of the Orion Neblula with proplyd highlights. https://esahubble.org/images/heic0917ab/ (Stand: 23.02.2021).*

Pound, Marc W., Reipurth, Bo und Bally John: *Looking into the Horsehead*. The Astronomical Journal, 125: 2108-2122, 2003.

Ridpath, Ian: *A Dictionary of Astronomy*. Veröffentlicht 2012, Oxford University Press.

Ridpath, Ian: *Star Tales: Constellation Mythology and History*. Veröffentlicht 1988, Lutterworth Press.

SIMBAD

SOFIA Science Center: *DDT Highlight: Horsehead Nebula Velocity Resolved [C II] Map using GREAT.* [https://www.sofia.usra.edu/science/proposing-and-observing/proposal-calls/sofia-directors-discretionary-time/horsehead-nebula-c]

Standing on the Shoulders of Giants: New Mass and Distance Estimates for Betelgeuse through Combined Evolutionary, Asteroseismic, and Hydrodynamic Simulations with MES. The Astrophysical Journal, Band 902: Seiten 63-*25.*

The distance to the Orion Nebula. The Astronomy and Astrophysics, Band 474: Seiten 515-520.

The Hipparcos Catalogue.

Thomas G. Harrison: *The Orion Nebula: Where in History is it? Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*. 1984/25: S. 65-79.

Danksagung

Ich möchte mich vor allem herzlich bei Bernd Koch bedanken, welcher mich nicht nur bei den Aufnahmen der Nebel betreut hat, sondern immer beriet war jegliche Fragen verständlich zu beantworten und komplexe Themen sehr anschaulich darzustellen.

Außerdem bedanke ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, welche mich motiviert haben diese Arbeit zu schreiben.

Abschlusserklärung

Hiermit versichere ich, Mara Hayen, dass ich diese Arbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im Inhalt nach aus anderen Werken entnommen wurden, in jedem einzelnen Fall mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Ich bin damit einverstanden / nicht einverstanden, dass die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit in der Bibliothek der Schule zugänglich gemacht wird.

Name, Datum Unterschrift