Die Astrofotografie der Messier-Objekte

Projektarbeit im Rahmen des Projektkurses Astronomie am CFG

Verfasserin: Heba Bakkar (hebabakkar202@gmail.com)
Carl-Duisberg-Gymnasium, Jahrgang 11 / Q1
Kursleitung: Bernd Koch
Abgabedatum: 16.05.2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 4

2. Einführung in die Astrofotografie 5

Historischer Hintergrund der Astrofotografie 5

Zweck der Astrofotografie 6

Definition der Objekte 7

3. Über Messier… 9

Charles Messier 9

Entstehung des Katalogs 9

Der Messier-Katalog 10

Bedeutung des Katalogs in der Astrofotografie 16

Fehler und Grenzen des Katalogs 16

Vergleich mit dem NGC-Katalog 17

4. Die Astrofotografie- praktische Astronomie 18

Auswahl der Objekte 18

Beeinflussende Faktoren 18

Planung der Aufnahmen 19

Fotografieren der Objekte 19

Bearbeitung der Aufnahmen 23

Weiterbearbeitung der Aufnahmen 26

5. Ergebnisse meiner Messier-Objekte 28

M42– Orionnebel 28

M46 und M47– Offene Sternhaufen 31

M51– Whirlpool- Galaxie 34

M65 und M66– Galaxien 37

Das Leo-Tripplett 38

M67– Offener Sternhaufen 40

6. Fazit 42

7. Anhang 43

Quellenverzeichnis 43

Bildnachweis 44

8. Danksagung 46

9. Selbstständigkeitserklärung 46

1. Einleitung

„Dass man sich nur hier, für eine Nacht abseits der bedrohlichen Welt, der Pandemie, von dem Zauber des Himmels überwältigen lässt? Dass man einen Blick über die noch schlafende Stadt schweift und dabei alle eigenen Sorgen vergisst? Es ist ein Traum, es kommt mir so zunächst vor als träumte ich…

In die unendliche Welt und in den nächtlichen Himmel, oder auch ‚Terra incognita' (ein unbekanntes Land), einzutauchen und mich in dessen Sternenmeer zu verlieren; die entfernten und unfassbaren Sachen zu sehen– aber wie ist das ein Traum?" In diesem Moment dachte ich eher: „Fühlt sich so ein ewiges Leben an?"

Diese Gedanken und vor allem die Erinnerung an meinen Kindheitstraum als Astronomin, haben mich überhaupt davon überzeugt den Kurs zu wählen. Daher war mir auch von Anfang an klar: Ich möchte etwas mit Astrofotografie machen. Denn der Himmel, sein Zauber, das Wunder der Sterne, die unbekannten, unendlichen Weiten -alles bildete eine chaotische Harmonie in sich. Für mich war jedoch nur seinen Effekt auf mich bewusst; über den Himmel ein gigantischer Teil unbekannt. Aus diesem Grund möchte ich diesen näher kennenlernen. Und was weiß der Mensch über die Welt ohne die Entdeckungen der Astronomie? Und was kann die Astronomie ohne der Astrofotografie? Die Astrofotografie ist die Kamera des Universums, welche, wortwörtlich übersetzt, „die Sterne mit Licht zeichnet". Da diese mein Hobby, die Fotografie, aber auch mein Interesse an der Astronomie vereint, habe ich mich für die Astrofotografie als Thema meiner Projektarbeit entschieden.

Vielmehr würde ich mich nicht bloß auf ein spezifisches, sondern auf verschiedene Objekte für mehr Vielfalt beziehen, sodass ich unter Rücksicht auf unterschiedlichen Faktoren, die ich später auch nenne, den Messier-Katalog und Objekte aus diesem wählte.

Im Rahmen dieser Kursarbeit gehe ich zunächst auf die Astrofotografie ein, dann auf den Messier-Katalog, gehe hinterher auf die Schritte zur Fotografie über. Und schließlich erfolgen außerdem jeweils spezifischere und bedeutsame Informationen über meine fotografierten Objekte. Darüber hinaus ist mein Ziel, mein Wissen und meine Kenntnisse über die Astronomie zu erweitern, diese so einfach, nachvollziehbar und verständlich wie möglich ebenfalls durch meine Arbeit weitergeben zu können. Letztendlich jedoch auch durch mein Erlebnis andere zu inspirieren und zu motivieren.

2. Einführung in die Astrofotografie

Historischer Hintergrund der Astrofotografie

Die Astrofotografie bezieht sich einfach auf alle Fotos und Abbildungen, die astronomische Objekte und den Nachthimmel darstellen. Die Sterne, der Mond, Planeten, Nebeln, Galaxien und andere Himmelsobjekte, die selbst sehr lichtschwach und für das bloße Auge nicht sichtbar sind, können mithilfe der Astrofotografie visualisiert werden. Im 18. Jahrhundert entstanden die ersten Fotografien solcher Art, jedoch auch viel früher haben die Menschen den Himmel beobachtet und gedeutet. Schon seit der Beginn der Menschheit wurden Zeichnungen und Abbildungen vom Himmel gemacht; diese haben den Menschen und seine Wertvorstellung von damals bis heute enorm verändert und beeinflusst. Deshalb fragt man sich: Wie hat sich die Wertvorstellung des Menschen gegenüber dem Weltraum durch Astrofotografie verändert? Manche Wissenschaftler glauben, dass die Höhlenzeichnungen, die bis zu 40 000 Jahre alt sind, zeigen, wie die Astrofotografie diese Weltvorstellung geprägt haben. Die Sternzeichen, deren Mythen und Namensgabe sind ebenso ähnlich entstanden; daher auch später das „in den Sternen lesen" und die Astrologie. Auch das Wissen, dass die Erde nicht das Zentrum unseres Sonnensystems bildet, sondern die Sonne; all dies und mehr verdankt man der Astrofotografie. [3, 5]

Die erste Astrofotografie der Welt erstellte 1838 Louis Daguerre, diese entstand, als er versuchte den Mond zu fotografieren. Er veröffentlichte 1839 sein entwickeltes Verfahren der Fotografie, das sogenannte Daguerreotypie. Es war der Startpunkt der Astrofotografie, welcher die Aufnahmen in den nächsten Jahren ermöglichte. Durch seine Mondfotos im Jahr 1840 wurde John William Draper bekannt, der auch drei Jahre später das erste Spektrogramm der Sonne aufnahm. 1850 begann der nächste Schritt der Astrofotografie mit der ersten, zwar ungenauen, Fotografie eines Fixsterns, die Wega, von John Adams Whipple. Sieben Jahre später wurde mithilfe von Kollodiumplatten eine schärfere Aufnahme eines Doppelsternsystems namens Alkor und Mizar ermöglicht, welche ebenso eine Hilfe bei der Anordnung der Position darstellte. [4, 6]

Henry Draper erzielte 1872 eine erneute Aufnahme des hellsten Sterns im Nachthimmel, der Wega. Es war auch er, der acht Jahre später einen Gasnebel in der Milchstraße namens Orionnebel aufnahm. Dies schaffte er auf Bromsilber-Emulsion. Grundsätzlich war die Entwicklung der Astrofotografie durch die Verbesserung des Aufnahmematerials bedingt und war auch so zu beobachten. Je besser das Material wurde, desto schärfer waren die Aufnahmen. In der Regel war diese Veränderung von 1880 bis 1910 erkennbar, zumal die Astronomen in diesem Zeitraum die Basis der Deep-Sky-Fotografie legten. Der Astronom Andrew Ainslie Common fotografierte diesen Orionnebel 1883 ebenfalls, diesmal jedoch mit einem Spiegelteleskop, was eine eindrucksvolle Aufnahme zustande

brachte. Ein weiterer Astronom, der die Astrofotografie prägte, war Edward Emerson Barnard. Barnards Entdeckungen bezüglich der Astronomie werden sogar als revolutionär bezeichnet. 1905 schoss er auf dem Mount Wilson 480 Fotos von Milchstraßenregionen, die die damalige Auffassung der Galaxie erweiterten. Seine Milchstraßenfotografie war der Grundstock seiner Entdeckung der Dunkelwolken, die er zusammen mit Max Wolf durchführte, ebenso ein Astronom, der für die Forschung von Kleinplaneten bekannt wurde. Heutzutage ist durch die Einbringung von CCD-Sensoren in der Astrofotografie festzustellen, dass Fotoplatten, die traditionell verwendet wurden, eine sinkende Produktion aufweisen und seit 1990 keinen Gebrauch finden. Beispielsweise schaffte es der Engländer und Astrofotograf David Malin, dass neuartige Labortechniken Feinheiten kosmischer Objekte verdeutlichten und sogar fast unbelichtete Flächen betonten. [4]

Zweck der Astrofotografie

Astrofotografen sind die Hightech-Kameras der Astronomie. In dessen Fotografien erkennt man im Weltall das, was das menschliche Auge nicht sehen kann. Durch die Aufnahmen des Sternhimmels oder ausgewählten Sternfeldern hält man eine Momentaufnahme unseres Universums fest. Des Weiteren benutzt man diese für bestimmte Forschungen und andere wissenschaftliche Zwecke. Demzufolge kann man heute Positionen von Objekten bestimmen, Helligkeiten vieler Sterne ziemlich genau messen, Untersuchungen von Spektren der Himmelsobjekte durchführen und Himmelskörper, Supernovas etc. entdecken. Vielmehr ist jedoch die Astrofotografie noch ein Mittel, um zu zeigen, dass das Weltall sich nicht nur wissenschaftlich, sondern auch ästhetisch, zeigt. [4]

Ein Kosmos, verschiedene Fotografien…

Man unterscheidet zwischen verschiedenen Fotografie-Verfahren. Die Astrofotografie umfasst folgende Fotografien: die Mond-, Sonnen-, Planeten-, Milchstraßen-, Landschafts- und die Deep-Sky-Fotografie. In meiner Arbeit befasse ich mich mit der Deep-Sky-Fotografie. [4, 7]

Abbildung 73: Milchstraßenfotografie mit einer Landschaft

Definition der Objekte

Sterne

Sterne sind Kugeln aus Gas, dessen Inneres viele Millionen Grad Celsius heiß ist. Sie bestehen hauptsächlich aus Wasserstoffgas, das sie verbrennen und damit glühen.

Abbildung 1: Sterne, Hubble-Aufnahme

Die Sterne verbrennen sich also selbst, nur sehr langsam. Erst, wenn ein Stern die Wasserstoff-Brennvorräte aufgebracht hat, wird dieser dunkel, fällt in sich zusammen und explodiert möglicherweise. Deshalb bestimmt auch die Oberflächentemperatur des Sterns seine Farbe; je heller oder blauer diese ist, desto jünger ist der Stern. [1 S. 6, 13]

Sternhaufen

Ein Haufen von Sternen– so wortwörtlich übersetzt. Es ist die Anhäufung einer größeren Zahl von Sternen, die sich in der chemischen Zusammensetzung, Farbe, Entfernung zur Erde u.Ä. einander ähneln und sich durch Anziehungskräfte aneinander binden. Man unterscheidet jedoch zwischen offenen und Kugelsternhaufen. [1 S.6/7] Offene Sternhaufen haben eine geringe Sterndichte und ein sehr junges Alter; sie sind nur in Spiralen- und irregulären Galaxien zu finden, weil in diesen noch Sterne entstehen. Diese können sich mit der Zeit auflösen. Durch ihre nicht fortgeschrittene Sternentwicklungsstadien, findet man offene Sternhaufen nicht in elliptischen Galaxien, da diese dafür viel zu alt sind. [10] Hingegen sind die Kugelsternhaufen die ältesten Sternansammlungen in unserer Milchstraße mit rund 12,7 Milliarden Jahren; fast so alt wie das Universum. Sie bestehen somit nur aus alten Sternen, die überwiegend rötlich sind. Sie sind dicht gepackt und konzentriert im Haufenzentrum und bilden häufig einen „Halo" um das Zentrum einer Galaxie. Außerdem sind diese durch starke Gravitation in der Regel für immer aneinander gebunden. [8, 9]

Abbildung 2: Sternhaufen Westerlund 2

Nebel

Abbildung 3: Der Adlernebel M16

Nebel sind Wolken aus Staub und Gas, die sich zwischen (Fix-) Sternen, also interstellar, befinden. Je nach Art ihres Leuchtens, werden sie in fünf Kategorien (Emissionsnebel, planetarische Nebel, Reflexionsnebel, Dunkelnebel, Supernova-Überreste) eingeteilt. Man sieht sie als leuchtende, diffuse Objekte im Himmel. [1 S. 6, 11]

Galaxie

Abbildung 4: Spiralgalaxie M83

Unter Galaxie versteht man ein eigenständiges Sternsystem, das durch Gravitation Sterne, Nebel, Planetensysteme und Staubwolken zusammenzieht und in sich ansammelt. Edwin-Hubble hat die Galaxien in fünf Klassifikationen eingeteilt: Spiralgalaxien, Balkenspiralgalaxien, elliptische, spindelförmige und irreguläre Galaxien. Mischformen sind dabei auch möglich. Daneben gibt es noch weitere Galaxientypen, die jedoch von Hubble nicht eingeordnet wurden; diese sind die Zwerggalaxien und wechselwirkende Galaxien. [1 S.7, 12]

In den Tiefen des Alls befinden sich die sog. **Deep-Sky-Objekte**. Dazu zählen Sternhaufen, Gasnebeln, Galaxien und andere kosmische Objekte. In dem „tiefen Himmel", also den dunklen Nachthimmel sind diese Objekte am besten zu fotografieren. [1 S. 6]

3. Über Messier…

Charles Messier

Abbildung 5: Charles Messier

Einer der bedeutendsten Astronomen und Kometenbeobachter bis heute ist Charles Messier. Charles Messier ist in Frankreich, Badonviller in Lothringen am 26.06.1730 geboren. Sein Interesse an Astronomie wurde durch den hellsten und schönsten Kometen des 18. Jahrhunderts ausgelöst, den großen Sechsschwanzkometen im Jahr 1744. In seiner Kindheit beschäftigte er sich mit dem Himmel; er beobachtete, bewunderte diesen und suchte Kometen. Mit 21 Jahren fing er an als Astronom bei der Marine in Paris zu arbeiten und lehrte dort die Grundelemente der Astronomie. Er beobachte in einer Sternwarte, dass das Dachgeschoss eines Turms von ‚Hôtel de Cluny' bildete, mit zahlreichen Teleskope hoher Baulänge, die im Laufe der Jahre ihm zugestellt wurden, jedoch sicher nicht so leistungsfähig waren wie moderne Teleskope. [1 S. 4]

Seine Leidenschaft der Kometenjagd begann und zeigte große Erfolge: In den Jahren 1758 bis 1804 beobachtete er 44 Kometen, 14 davon entdeckte er unabhängig; zu 6 weiteren Kometen gilt er als Co-Entdecker. Der von ihm erstellte und heute weltberühmte „Nebel"-Katalog war für Messier selbst nur ein Randprodukt, denn oft war das Problem, dass er Kometen mit anderen fixen Objekten im Himmel verwechselte. Daher fing er an, -um diesen Fehler nochmal zu vermeiden, alle gefundenen Objekten aufzuschreiben; somit entstand, wenn auch nicht das erste, ein Katalog über Himmelsobjekte.

Das Entdecken von Kometen war im 18. Jahrhundert der Weg, um sich in der Astronomie einen Namen zu machen; das tat es auch im Fall Messier. Messier wurde durch seine Entdeckungen sehr bekannt und so zu einer Berühmtheit während seiner Lebzeiten. Dies zeigt sich auch darin, dass heute ein Mondkrater und ein Kleinplanet nach ihm benannt sind. Messier starb in Paris am 12.04.1817, zwei Jahre nach einem Schlaganfall, im hohen Alter von 87 Jahren. [1 S. 4, 14]

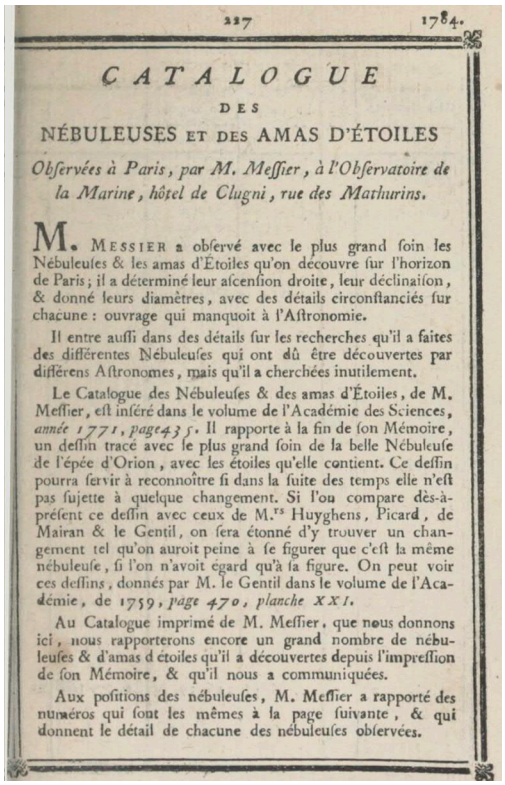
Entstehung des Katalogs

Am 28.08.1758 traf Messier bei seiner Beobachtung von einem Kometen auf einen Nebel; diesen ergänzte er in seiner Sternkarte, damit er ihn nicht wieder mit anderen Kometen verwechselt. Dieser Nebel heißt heute M1, der sogenannte Krebsnebel. Messier's Entdeckung von dem Krebsnebel war der Impuls und der erste Anstoß zu Erstellung

seines Katalogs. Erst später im Mai 1764 begann Messier eine systematische Suche nach weiteren nebligen Objekten, mit dem Ziel, Objekte, die oft mit Kometen verwechselt wurden, zu katalogisieren. Sein erster Katalog beinhaltete 45 solcher Objekte und wurde von der französischen Akademie der Wissenschaften in ihren Memoires im Jahr 1771 publiziert. Des Weiteren wurden die nächsten von ihm erweiterten 23 Objekte (insgesamt 68 Objekte) in einer zweiten Katalogfassung im Jahrbuch Connaissance de Temps im Jahr 1780 veröffentlicht. Alle Objekte bis einschließlich M103, die sowohl von Messier als auch von seinem kollegialen Freund Pierre Méchain entdeckt wurden, wurden in einer dritten Katalogfassung im Jahr 1781 von Connaissance de Temps veröffentlicht. Dabei war Messier's letzte ihm zugeschriebene Entdeckung M93, welchen er im Jahr 1781 beobachtete. Die Objekte M104 bis M109 wurden von Pierre Méchain entdeckt; M110 von Messier. Sie waren aber kein Teil seiner ursprünglichen Katalogfassung.
Insgesamt stellte Charles Messier in den Jahren von 1758 bis 1782 eine Liste von etwa 100 diffusen Objekten zusammen, die durch die Teleskope der damaligen Zeit schwer von Kometen zu unterscheiden waren. Nicht alle Objekte wurden von ihm entdeckt, circa 26 Objekte entdeckte sein Freund Pierre Méchain und 39 andere Objekte waren vorher von anderen Astronomen erforscht worden. In seinem Katalog sind also nur 45 Objekte Messier's eigene Entdeckungen. Messier war jedoch der Erste, der einen solchen verhältnismäßig sehr genauen und fehlerfreien Katalog erstellte. Die weiteren Messier-Objekte M104 bis M110 wurden von Messier Co entdeckt, jedoch nicht von ihm, sondern von anderen Astronomen veröffentlicht und zu seinem Katalog bis zum Jahr 1966 hinzugefügt. [1 S. 4, 15]

Der Messier-Katalog

In seinem Katalog beobachtete Messier sogenannte Deep-Sky-Objekte. Darunter zählen alle Himmels-Objekte, die sich außerhalb unseres Sonnensystems befinden. Es enthält insgesamt 110 Objekte, davon ein Supernova-Rest, vier planetarische Nebel, sieben galaktische Nebel, 26 offene Sternhaufen, 29 Kugelsternhaufen, 40 Galaxien und drei sonstige Objekte (eine Milchstraßenwolke, zwei optische Sterngruppen). [1 S. 5, 15]
Rechts ist ein Bild von der ersten Seite des Messier's Katalogs; dieser ist ein Teil des amtlichen, astronomischen, französischen Jahrbuches Connaissance des Temps. Die ersten Zeilen lauten:


227 1784.

CATALOGUE
DES
NÉBULEUSES ET DES AMAS D'ÉTOILES
Observées à Paris, par M. Messier, à l'Observatoire de la Marine, hôtel de Clugni, rue des Mathurins.

M. MESSIER a observé avec le plus grand soin les Nébuleuses & les amas d'Étoiles qu'on découvre sur l'horizon de Paris; il a déterminé leur ascension droite, leur déclinaison, & donné leurs diamètres, avec des détails circonstanciés sur chacune : ouvrage qui manquoit à l'Astronomie.

Il entre aussi dans des détails sur les recherches qu'il a faites des différentes Nébuleuses qui ont dû être découvertes par différens Astronomes, mais qu'il a cherchées inutilement.

Le Catalogue des Nébuleuses & des amas d'Étoiles, de M. Messier, est inséré dans le volume de l'Académie des Sciences, *année 1771, page 435*. Il rapporte à la fin de son Mémoire, un dessin tracé avec le plus grand soin de la belle Nébuleuse de l'épée d'Orion, avec les étoiles qu'elle contient. Ce dessin pourra servir à reconnoître si dans la suite des temps elle n'est pas sujette à quelque changement. Si l'on compare dès-à-présent ce dessin avec ceux de M.rs Huyghens, Picard, de Mairan & le Gentil, on sera étonné d'y trouver un changement tel qu'on auroit peine à se figurer que c'est la même nébuleuse, si l'on n'avoit égard qu'à sa figure. On peut voir ces dessins, donnés par M. le Gentil dans le volume de l'Académie, de 1759, *page 470, planche XXI.*

Au Catalogue imprimé de M. Messier, que nous donnons ici, nous rapporterons encore un grand nombre de nébuleuses & d'amas d'étoiles qu'il a découvertes depuis l'impression de son Mémoire, & qu'il nous a communiquées.

Aux positions des nébuleuses, M. Messier a rapporté des numéros qui sont les mêmes à la page suivante, & qui donnent le détail de chacune des nébuleuses observées.

Abbildung 6: Messier Katalog, Altversion in dem franz. astron. Jahrbuch

„Katalog von Nebeln und Sternhaufen. Beobachtet in Paris, bei M. Messier, an dem Observatorium der Marine, Hotel de Clugni, Marthurins Straße. M. Messier beobachtet mit größter Sorgfalt die Nebel & Sternhaufen, die am Horizont von Paris entdeckt werden, ihre Deklination, hat er richtig bestimmt und ihre Durchmesser angegeben, mit umständlichen Details zu jedem: Ein Werk, das in der Astronomie fehlte." Die moderne Version des Katalogs mit allen Messier-Objekten sieht wie folgend aus: (Die gelb markierten Objekte sind die, die meine Kursarbeit aufgreift) [15]

Messier	Name	Sternbild	Objektsklasse
M1	Krebsnebel	Stier	Supernovarest
M2		Wassermann	Kugelsternhaufen
M3		Jagdhunde	Kugelsternhaufen
M4		Skorpion	Kugelsternhaufen
M5		Schlange	Kugelsternhaufen
M6	Schmetterlings-haufen	Skorpion	Offener Sternhaufen
M7	Ptolemäus' Sternhaufen	Skorpion	Offener Sternhaufen
M8	Lagunennebel	Schütze	Emessionsnebel und offener Sternhaufen
M9		Schlangenträger	Kugelsternhaufen
M10		Schlangenträger	Kugelsternhaufen
M11	Wildentenhaufen	Schild	Offener Sternhaufen
M12		Schlangenträger	Kugelsternhaufen
M13	Herkuleshaufen	Herkules	Kugelsternhaufen
M14		Schlangenträger	Kugelsternhaufen
M15		Pegasus	Kugelsternhaufen
M16	Adlernebel	Schlange	Emessionsnebel und offener Sternhaufen
M17	Omeganebel	Schütze	Emessionsnebel und offener Sternhaufen
M18		Schütze	Offener Sternhaufen
M19		Schlangenträger	Kugelsternhaufen

Messier	Name	Sternbild	Objektsklasse
M20	Trifid-Nebel	Schütze	Emessionsnebel und offener Sternhaufen
M21		Schütze	Offener Sternhaufen
M22		Schütze	Kugelsternhaufen
M23		Schütze	Offener Sternhaufen
M24	Sagttariuswolke	Schütze	Milchstraßenwolke
M25		Schütze	Offener Sternhaufen
M26		Schild	Offener Sternhaufen
M27	Hantelnebel	Fuchs	Planetarischer Nebel
M28		Schütze	Kugelsternhaufen
M29		Schwan	Offener Sternhaufen
M30		Steinbock	Kugelsternhaufen
M31	Andromeda-galaxie	Andromeda	Galaxie
M32		Andromeda	Galaxie
M33	Dreiecksnebel	Dreieck	Galaxie
M34		Perseus	Offener Sternhaufen
M35		Zwillinge	Offener Sternhaufen
M36		Fuhrmann	Offener Sternhaufen
M37		Fuhrmann	Offener Sternhaufen
M38		Fuhrmann	Offener Sternhaufen
M39		Schwan	Offener Sternhaufen
M40	Winnecke 4	Großer Bär	Zwei Sterne
M41		Großer Hund	Offener Sternhaufen
M42	Orionnebel	Orion	Emissionsnebel
M43	De Mairans Nebel	Orion	Emissionsnebel
M44	Krippe	Krebs	Offener Sternhaufen
M45	Plejaden	Stier	Offener Sternhaufen

Messier	Name	Sternbild	Objektsklasse
M46		Achterdeck des Schiffs	Offener Sternhaufen
M47		Achterdeck des Schiffs	Offener Sternhaufen
M48		Wasserschlange	Offener Sternhaufen
M49		Jungfrau	Galaxie
M50		Einhorn	Offener Sternhaufen
M51	Whirpool-Galaxie	Jagdhunde	Galaxie
M52		Kassiopeia	Offener Sternhaufen
M53		Haar der Berenike	Kugelsternhaufen
M54		Schütze	Kugelsternhaufen
M55		Schütze	Kugelsternhaufen
M56		Leier	Kugelsternhaufen
M57	Ringnebel	Leier	Planetarischer Nebel
M58		Jungfrau	Galaxie
M59		Jungfrau	Galaxie
M60		Jungfrau	Galaxie
M61		Jungfrau	Galaxie
M62		Schlangenträger	Kugelsternhaufen
M63	Sonnenblumen-galaxie	Jagdhunde	Galaxie
M64	Black-Eye-Galaxie	Haar der Berenike	Galaxie
M65		Löwe	Galaxie
M66		Löwe	Galaxie
M67		Krebs	Offener Sternhaufen
M68		Wasserschlange	Kugelsternhaufen
M69		Schütze	Kugelsternhaufen
M70		Schütze	Kugelsternhaufen
M71		Pfeil	Kugelsternhaufen

Messier	Name	Sternbild	Objektsklasse
M72		Wassermann	Kugelsternhaufen
M73		Wassermann	Vier Sterne
M74		Fische	Galaxie
M75		Schütze	Kugelsternhaufen
M76	Kleiner Hantelnebel	Perseus	Planetarischer Nebel
M77		Walfisch	Galaxie
M78		Orion	Reflexionsnebel
M79		Hase	Kugelsternhaufen
M80		Skorpion	Kugelsternhaufen
M81	Bodenebel	Großer Bär	Galaxie
M82	Zigarrengalaxie	Großer Bär	Galaxie
M83	Südl. Feuerrard-galaxie	Wasserschlange	Galaxie
M84		Jungfrau	Galaxie
M85		Haar der Berenike	Galaxie
M86		Jungfrau	Galaxie
M87	Virgo A-Galaxie	Jungfrau	Galaxie
M88		Haar der Berenike	Galaxie
M89		Jungfrau	Galaxie
M90		Jungfrau	Galaxie
M91		Haar der Berenike	Galaxie
M92		Herkules	Kugelsternhaufen
M93		Achterdeck des Schiffs	Offener Sternhaufen
M94		Jagdhunde	Galaxie
M95		Löwe	Galaxie
M96		Löwe	Galaxie
M97	Eulennebel	Großer Bär	Planetarischer Nebel

Messier	Name	Sternbild	Objektsklasse
M98		Haar der Berenike	Galaxie
M99		Haar der Berenike	Galaxie
M100		Haar der Berenike	Galaxie
M101	Feuerradgalaxie	Großer Bär	Galaxie
M102		Drache	Galaxie
M103		Kassiopeia	Offener Sternhaufen
M104	Sombrerogalaxie	Jungfrau	Galaxie
M105		Löwe	Galaxie
M106		Jagdhunde	Galaxie
M107		Schlangenträger	Kugelsternhaufen
M108		Großer Bär	Galaxie
M109		Großer Bär	Galaxie
M110		Andromeda	Galaxie

Ein modernes Poster, welches alle Messier-Objekte enthält und von meinem Kursleiter fotografiert wurde, verschafft eine klare Übersicht dieser Objekte und deren faszinierender Natur. Zugleich zeigt sie die Astrofotografie und die Bildästhetik als Ganzheit.

Abbildung 7: Poster der Messier-Objekte, Bernd Koch

Bedeutung des Katalogs in der Astrofotografie

Zu unserem Glück ist der Messier-Katalog für einen viel höheren Zweck als eine Sammlung der faszinierendsten Himmelsobjekte, einschließlich Nebeln, Sternhaufen und Galaxien bekannt geworden. Es war einer der ersten großen Meilensteine in der Geschichte der Entdeckung von Deep-Sky-Objekten, da es die erste umfassendere und zuverlässigere Liste war und ermöglichte somit mit anderen Katalogen einen enormen Fortschritt in der Astronomie. Zum Datum der Erstellung des Messier-Kataloges war die Natur seiner beinhaltenden Objekten noch unklar.
Viele der zuvor mit diffusen Objekten bezeichneten Elemente sind heute als Galaxien mit verschiedenen Klassen definiert worden. Die Untersuchung dieser Objekte durch Astronomen hat zu wichtigen, unglaublichen Entdeckungen, wie den Lebenszyklen von Sternen, der Realität von Galaxien als separate "Inseluniversen" und dem möglichen Alter des Universums geführt und führt dies auch weiterhin. Die von Messier vergebenen Nummern sind immer noch die übliche Bezeichnung für viele bedeutende Himmelsobjekte. Nach dem Namen ihres Entdeckers Messier tragen die Objekte alle die Bezeichnung M; so ist bspw. die Bezeichnung des Adlernebels, M16. Der fast fehlerfreie Katalog von Messier hat daher heute noch in der Praxis einen großen Nutzen und wird häufig bei Himmelsbeobachtungen eingesetzt. Es ist auch für Hobby-Astrofotografen sehr beliebt, da die Objekte schon mit relativ kleinen Teleskopen oder weniger leistungs-starken Ferngläsern beobachtet und aufgenommen werden können. Besonders sind jedoch die sogenannten Messier-Marathons, bei denen jeder Teilnehmer versucht, in einer einzigen Nacht möglichst viele Objekte zu beobachten und zu fotografieren. [15, 17, 13]

Abbildung 8: M73

Abbildung 9: M40 Doppelstern

Abbildung 10: Hôtel de Cluny, 1860

Fehler und Grenzen des Katalogs

Obwohl sich Wissenschaftshistoriker noch nicht einig sind, hat der Katalog höchstens einen Fehlereintrag bei M102, eine Galaxie im Drachen. Es ist unklar, ob M102, so lichtschwach es für die damalige Technik ist, tatsächlich von Messier gesehen wurde, oder ob es sich möglicherweise um eine zweite fehlerhafte Aufführung von M101- die

Feuerradgalaxie, handelt. Oder, um die Beobachtung von NGC 5866, die Spindelgalaxie, die heute in modernen Versionen von dem Messier-Katalog als M102 gekennzeichnet wird. Darüber hinaus enthält der Katalog zwei Objekte, die man nicht als flächenhaft bezeichnen kann: M40 und M73. M40 ist der sogenannte Doppelstern Winnecke 4 und bei M78 handelt es sich um eine Gruppe von Sternen, von der man nicht ausgehen kann, dass es ein offener Sternhaufen ist und somit die Sterne als miteinander gebunden zu diesem gehören. Des Weiteren ist der Katalog auf nur 110 Objekte begrenzt und enthält viele heute bekannte Nebel und Galaxien nicht, weil sie zu lichtschwach sind; bspw. gehört hierzu der Pferdekopfnebel (IC 434). Einige hellere Objekte, wie die Hyaden und der Doppelsternhaufen h + Chi im Perseus haben keinen Katalogeintrag. Ebenfalls muss man wissen, dass Messier von Paris aus, also nur Objekte des Nordhimmels, beobachtete und somit der Katalog nur Objekte nördlich der Deklination -35 Grad enthält. [1 S. 5, 15]

Vergleich mit dem NGC-Katalog

Der New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars (kurz NGC) wurde in den 1880-er von Johan Ludvig Emil Dreyer aufgestellt und im Jahr 1888 veröffentlicht. Es enthält 7840 Objekte (galaktische Nebel, Sternhaufen, Galaxien), darunter auch fast alle Messier-Objekte, und wird noch bis heute benutzt. Die Objekte im NGC-Katalog sind im Gegensatz zum Messier-Katalog nicht nach den Entdeckungsdaten der Objekte aufgelistet, sondern nach den Koordinaten im äquatorialen Koordinatensystem (Rektaszension) geordnet, um eine systematische Himmelsdurchmusterung zu schaffen. Hingegen enthält aber der NGC-Katalog viel mehr Fehler als der von Messier: Mehrere einzelne Objekte sind mehrmals unter verschiedenen Katalognummern enthalten oder wurden in einer der Index-Kataloge (IC-Katalog, ebenfalls von Johan Ludvig Emil Dreyer) nochmals aufgenommen. Eine vollständige, bearbeitete Version des NGC-Katalogs und der zugehörigen Index-Kataloge im Jahr 2009 wurde von Wolfgang Steinicke mit der Absicht, diese Fehler zu korrigieren und zu beseitigen, erstellt. [18]
Interessant ist auch der Caldwell-Katalog (C-Katalog), erstellt von Patrick Moore und publiziert im Jahr 1995, welcher den M-Katalog durch Erweiterung auf die südliche Hemisphäre mit 109 Objekte (galaktische Nebel, Sternhaufen, Galaxien) ergänzt. [19]

4. Die Astrofotografie- praktische Astronomie

Auswahl der Objekte

Eine Aufgabe, die mir am schwierigsten gefallen ist, war die Wahl meiner Objekte. Es gab zahlreiche Objekte, die mich faszinierten. Es war einfach beinahe unmöglich, sich auf bestimmte Arten von Objekten zu konzentrieren. Ein Katalog, der sie alle sammelt, war meine Rettung. Zum Anfang wusste ich nicht, wieso die Objekte so heißen, wie sie waren- ein astronomisches Mysterium - habe ich mir gedacht. Weder deren Natur noch ihre Besonderheiten waren mir bekannt; bestimmte Objekte haben mich einfach durch ihr Aussehen fasziniert und direkt angesprochen. Durch Recherche im Internet erstellte ich zuerst eine Liste dieser Objekte. Als Nächstes habe ich durch eine Recherche im Internet und dem Buch „Stars am Nachthimmel" viele Objekte ausgeschlossen, da sie nicht in unserer Jahreszeit oder von dem Nordhimmel aus, zu sehen sind. Somit blieben mir nur die zu erkennenden Objekte des Herbst- und Winterhimmels übrig (32 Objekte). Viele dieser Objekte waren tatsächlich Messier-Objekte. Nachdem ich eine erste Ahnung von den Objekten hatte, suchte ich sie im Stellarium, um zu gucken, zu welcher Uhrzeit es möglich wäre, sie zu fotografieren bzw. wann sie hoch genug im Himmel stehen. Daher sind auch viele weitere Objekte aus der Wahl weggefallen (größtenteils Galaxien). Angaben wie die Größe, Entfernung, Belichtungszeit, Helligkeit, Besonderheiten und Art des Objekts, über die das Internet sowie das Buch „Messier-Objekte" Auskunft gibt, gaben mir die Möglichkeit ebenfalls mehrere Objekte auszuschließen. Darunter viele Galaxien, die aufgrund ihrer Lichtschwäche schwieriger zu fotografieren sind. Natürlich waren ein paar Objekte spontan bei der Beobachtung zu meinem Fotografierziel geworden, aber nach Kriterien wie Kulmination (Höchststand eines Himmelsobjekt), Deklination am Himmel, Helligkeit, Entfernung, Größe und Alter, habe ich mich schnell für ein Objekt entschieden –solche Informationen findet man in Wikipedia oder man erkundigt sich bei Herrn Koch. Schließlich habe ich mich für folgende Objekte entschieden: M42, M46 und M47, M51,M65 und M66, M67. [1 S. 9, 2]

Beeinflussende Faktoren

Viele Faktoren beeinflussen die Fotografie und demnach deine Wahl. Diese Faktoren schließen somit viele Objekte schon von Vornherein aus. Im Vordergrund steht hier besonders das Wetter. Für die Deep-Sky-Fotografie braucht man einen klaren Himmel mit sehr ruhigen und stabilen Luftverhältnissen (gutes „Seeing"). [1 S. 9] Ebenso wird diese zwecklos, wenn der Mond zunimmt und somit die lichtschwachen Objekte aufgrund der hohen Helligkeit nicht mehr sichtbar sind. Ein anderer Aspekt, der in Betracht gezogen werden muss, ist der Standort für die Fotografie. Zumal in einer Stadt oder Großstadt

zunehmend mehr Lichtverschmutzung herrscht. Der Himmel ist aufgrund vieler Lichtquellen aus der Stadt aufgehellt. Dieses störende Streulicht von Straßenlaternen und Atmosphäre kann man mit Filtern abschwächen. Nennenswert sind ebenso äußere und nicht kalkulierbare Einflüsse wie Flugzeug- und oder auch Satellitenspuren, zugleich auch plötzliche Veränderungen des Wetters.

Planung der Aufnahmen

Nur an Tagen mit voraussichtlich gutem Wetter von der Website WetterOnline war eine Fotografie möglich. Nach Absprache mit Herrn Koch hatten wir einen Termin für die Beobachtung, in der ich mit anderen Personen meine Objekte fotografieren konnte. Die Fotografie (von M42) erfolgte auf dem Dach des CFG's (Jung-Stilling-Weg 45, 42349, Wuppertal), das sieben Stationen enthält, an der Station sieben. Ich hatte auch die Möglichkeit von Zuhause aus meine Objekte (M67, M46, M47, M51, M65, M66- in dieser Reihenfolge) ferngesteuert zu fotografieren. Das Fernrohr (Astro-Physics 130 mm/874 mm) stand in Sörth, Westerwald bei der Sternwarte von Herrn Koch. Auch sollte man nur an Abenden beobachten, wo das Zielobjekt gut am Himmel (möglichst hoch) steht.
Es hängt zwar von der Jahreszeit ab, dennoch auch von der Uhrzeit der Beobachtung und der entsprechenden Lage des Zielobjekts. [2] Falls man mehrere Objekte an einem Abend fotografieren möchte, sollte man schon im Voraus die Objekte nach deren Kulminationen gliedern.

Fotografieren der Objekte

Zu Beginn der Fotografie erfolgt der Aufbau der Station und daran anschließend das Öffnen des Daches und die Einrichtung des Teleskops mit der Kamera. Die gebrauchte Ausrüstung besteht aus einem Refraktor (TEC 160 FL) und einer astromodifizierten Kamera (EOS RP).

Abbildung 11: benutzte Kamera EOSRP

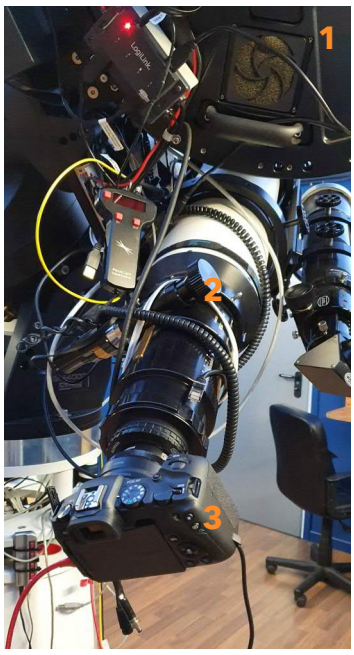


Abbildung 12: experimenteller Aufbau: (1) Teleskop, (2) Refraktor und (3) Kamera

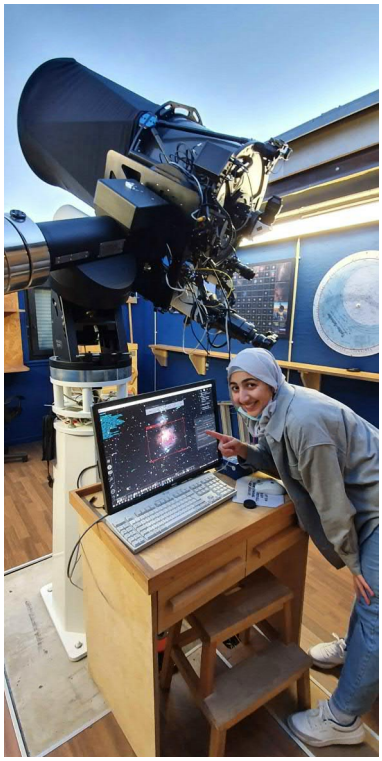


Abbildung 13: Station 7 bereit für die Fotografie von M42

Abbildung 14: von Herr Koch fotografiertes Bild von mir mit dem Teleskop in der Station 7, (1) Messier-Poster, (2) Refraktor

Für die Deep-Sky-Fotografie sind Refraktoren bevorzugt, während für die Planetenfotografie eher Teleskope verwendet werden. [35] Für die Fotografie meiner Objekte benutzte ich der apochromatische Fluorit-Refraktor TEC 160 FL mit einer Brennweite von 1120 mm und eine freie Öffnung von 160 mm. Dieser sorgt für spektakuläre und eindrucksvolle Abbildungen sowie Farbkorrektur „dank seines Mittelelements aus echtem gezogenem Fluoritkristall". Die deutlicheren Aufnahmen, zugleich auch die abnehmende Adsorption und die größere Transmission (Wellen-Durchlässigkeit) verdankt man ebenfalls seinen aus Fluoritkristall bestehenden Apochromat. Sein um 360° drehbarer Fokussierer, der FeatherTouch, ermöglicht sehr feine und detaillierte Fokussierungen. [34]

Abbildung 15: benutzte Refraktor TEC160FL

Die astromodifizierte, spiegellose Kamera Canon EOS RP ermöglicht atemberaubende Astrofotografien in einer Auflösung von 26,2 Megapixel. Der CMOS-Vollformatsensor sorgt für hohe Bildraten (die Anzahl der Einzelbilder pro Sekunde) und somit für „hervorragende Ergebnisse direkt aus der Kamera". Canons einzigartige sensorbasierte Technologie mit Phasenerkennungs-Autofokus (AF) sorgt für reibungslose und leistungsstarke Videoaufnahmen mit schnellem Autofokus bei der Aufnahme von Fotos im Live-View-Modus. [36]

Abbildung 16: benutzte Kamera EOS RP

Danach öffnet man das Computerprogramm „Stellarium“ und das Live-Bild der Kamera (Remote Live View; Aufnahmesoftware EOS Utility). Nachdem dies erledigt ist, wählt man über Stellarium den Himmelsausschnitt, den man fotografieren möchte, aus. Daraufhin stellt man das Bildfeld des Teleskops ein, und zwar so, dass ein Stern in der Mitte ist und alle Objekte, die man fotografieren möchte, enthalten sind.

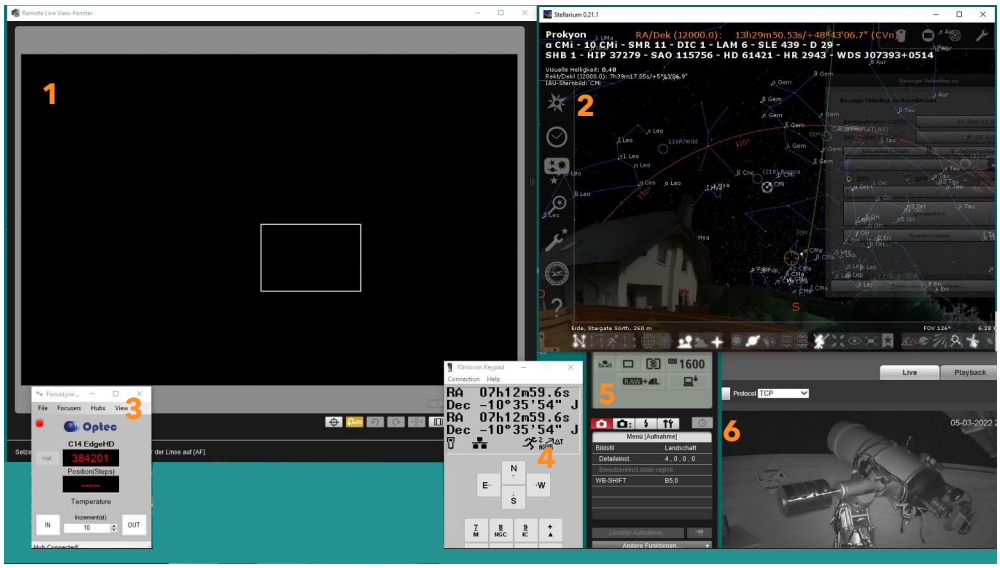


Abbildung 17: Screenshot bei der Fernsteuerung mit Live-Bild (1), Stellarium (2), Fokussierung (3), manuellen Schwenkungsprogramm (4), Kameraprogramm (5) und Aufnahme des Teleskops mit einer Überwachungskamera (6)

Man lässt dann das Teleskop zu dem Zielobjekt hinfahren und synchronisiert das Teleskop mit Stellarium. Infolgedessen wird das Teleskop (am effektivsten) auf einen hellen Stern fokussiert, damit alle Objekte scharf und genau genug fotografiert werden können. Dabei soll am Ende der Sterndurchmesser möglichst scharf, klein und punktförmig sein.

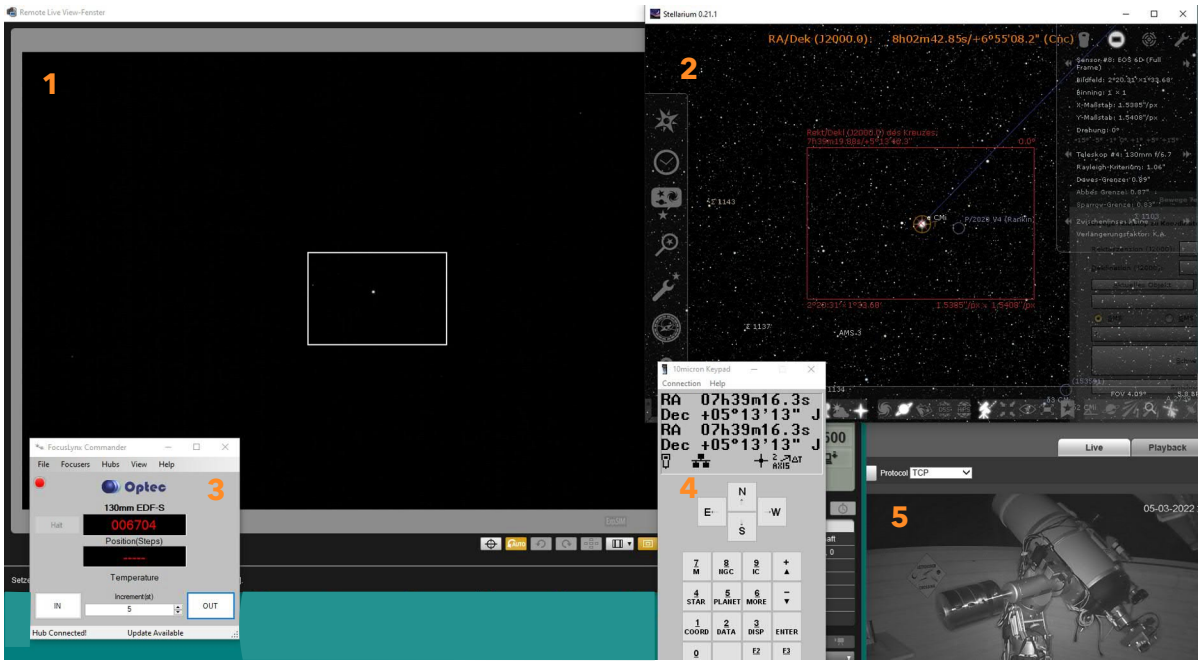


Abbildung 18: Fokussierung des Sterns Cmi; (1) Live-Bild mit dem fokussierenden Stern; (2) synchronisiertes Stellarium; (3) Fokussierung; (4) Schwenkungsprogramm; (5) mit Kamera überwachtes Teleskop

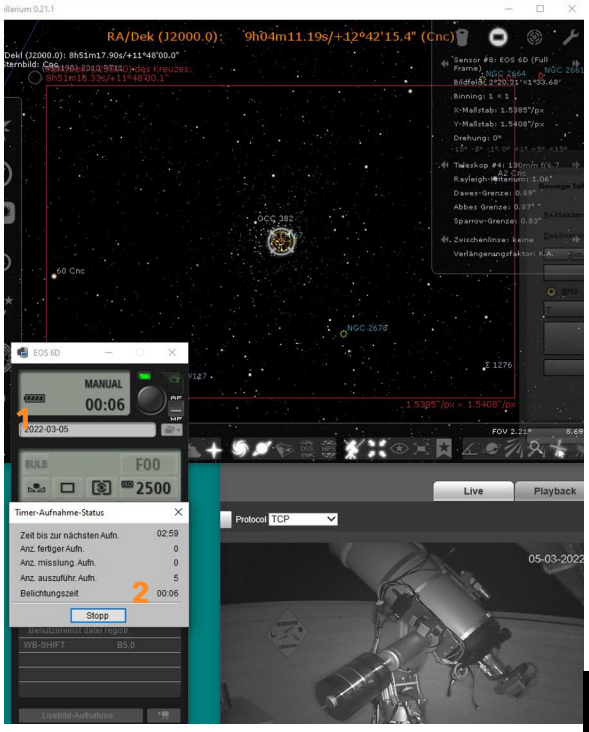


Abb. 19: Mit M67 synchronisiertes Stellarium und Teleskop; (1) Kamera; (2) Intervall-Programmierung

Automatisch oder manuell schwenkt man das Teleskop zum Zielobjekt hin und synchronisiert diesen, da die Deep-Sky-Objekte genau wie unsere Sonne als auch die Sterne „wandern". Dann erreicht man sein Fotografierziel. Darauffolgend stellt man die Kamera ein (BULB, RAW+L, ISO-Wert) und macht eine Testaufnahme, um festzustellen, ob die Einstellungen richtig gewählt wurden. Jetzt muss man die Intervall-Programmierung (Dauer und Anzahl der Aufnahmen) der Kamera öffnen, stellt diese ein und startet die Aufnahmen.

Abbildung 20: eine Aufnahme von M46 und M47, 2 min lang belichtet

Zuletzt braucht man Dark- (Dunkelbild der geschlossenen Teleskop-Öffnung, das das Rauschen darstellt) und Flat-Aufnahmen (belichtetes Bild eines flachen Hintergrunds, was die Verschmutzungen von Staubkörner auf der Kamera und die Vignettierung, also die Abdunklung zum Bildrand hin, darstellt) für die spätere Weiter-Bearbeitung.

Abbildung 22: Flatframe mit Vignettierung und winzigen Donuts

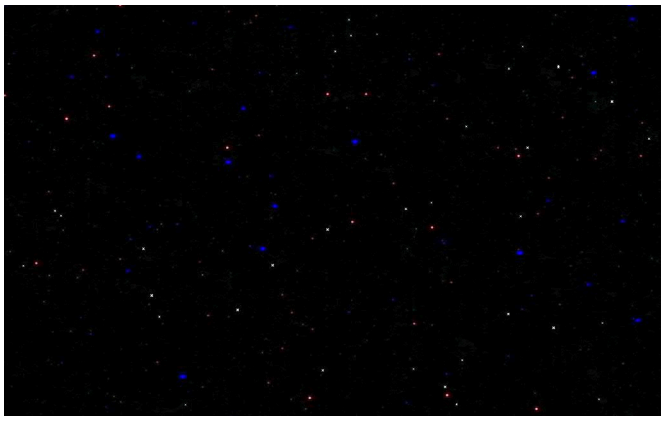


Abbildung 21: eingezoomtes Darkframe mit kalten und heißen Fehlpixel

Nennenswert ist noch, dass die Belichtungs-Zeit sowie die Aufnahmezahl für lichtschwache Objekte zunimmt, da diese letztendlich im Bild nur schwach zu sehen sind.

Für die Nebelfotografie sollte man womöglich Filter (sogenannte Nebelfilter) benutzen, denn dadurch werden einige Nebel erst überhaupt sichtbar. Ein Nebelfilter lässt nur das Licht bestimmter Wellenlängen durch (rote, blaue und grüne Lichtwellen) und somit wird das Licht von den Eintrübungen der Atmosphäre, zugleich aber auch die störende Lichtverschmutzung abgeschwächt. [2] Außerdem helfen auch unterschiedliche Belichtungszeiten, bspw. habe ich den Orionnebel mit zwei verschiedenen Belichtungszeiten (30 Sekunden und 2 Minuten pro Aufnahme) aufgenommen, um den Nebel sowie die H II Region besser zu zeigen. Weil der Nebel lichtschwächer ist, wurde er länger belichtet; sein lichtstarker Sternhaufen weniger belichtet.

Bearbeitung der Aufnahmen

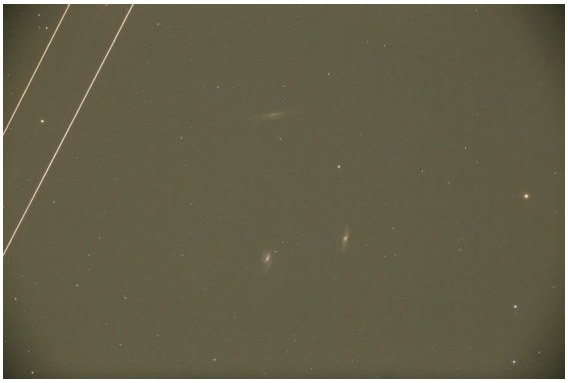


Abbildung 23: Satellitenspur beim Leo-Tripplett

Zuerst geht man alle Rohbilder (RAW-Images) durch und sortiert diese aus, denn möglicherweise könnte es bei einer (oder bei mehreren) der Aufnahmen Satelliten- oder Flugzeugspuren geben. Zunächst muss man die Rohbilder mithilfe der Software Deep-Sky-Stacker „stacken" (aufeinander stapeln). In dieser Software wird ein Gesamtbild erstellt, in dem die Flat- sowie die Darkframes von den Lightframes subtrahiert werden. Einfach beschrieben zieht das Programm die erkannten Bildfehler ab: Aufnahme mit Fehlern und Rauschen – Aufnahme nur von den Fehlern bzw. dem Rauschen = richtiges Bild ohne Rauschen.

Im Allgemeinen braucht man für die Fotografie Zeit, um genug Lightframes aufzunehmen. Je mehr Aufnahmen man macht, desto besser können die Fehlpixel und das Rauschen am Ende durch die Software Deep-Sky-Stacker erkannt und abgezogen werden. Durch die Darkframes erkennt Deep-Sky-Stacker blaue und rote Flecken oder Fehlpixel (heiße und kalte Pixel); durch die Flatframes erkennt sie die Vignettierung sowie „Donuts", die aus Staub bestehen.

Für das Stacken öffnet man erstens die Software und lädt die Light-, Dark- und Flatframes. Danach müsste man nur noch die richtigen Einstellungen für das Stacken eingeben. Diese sieht man in den folgenden Abbildungen an dem Beispiel von M46 und M47. In den Untertiteln der Abbildungen findet man die Abfolge der Bearbeitungsschritte.

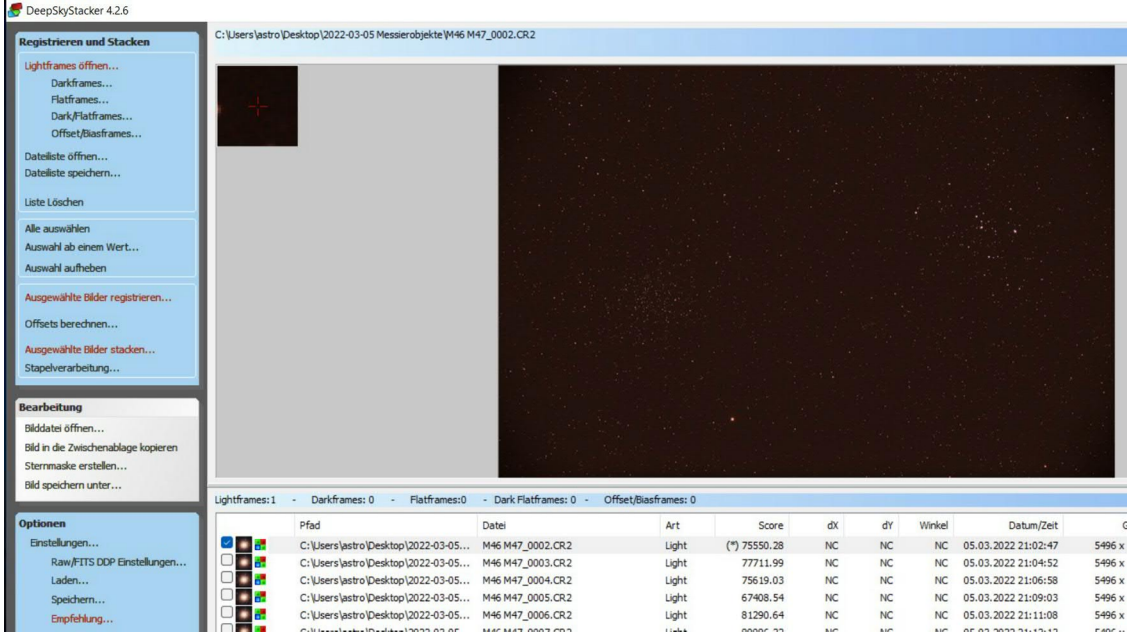


Abbildung 24: 1. Öffnen der Lightframes und Referenzdatei

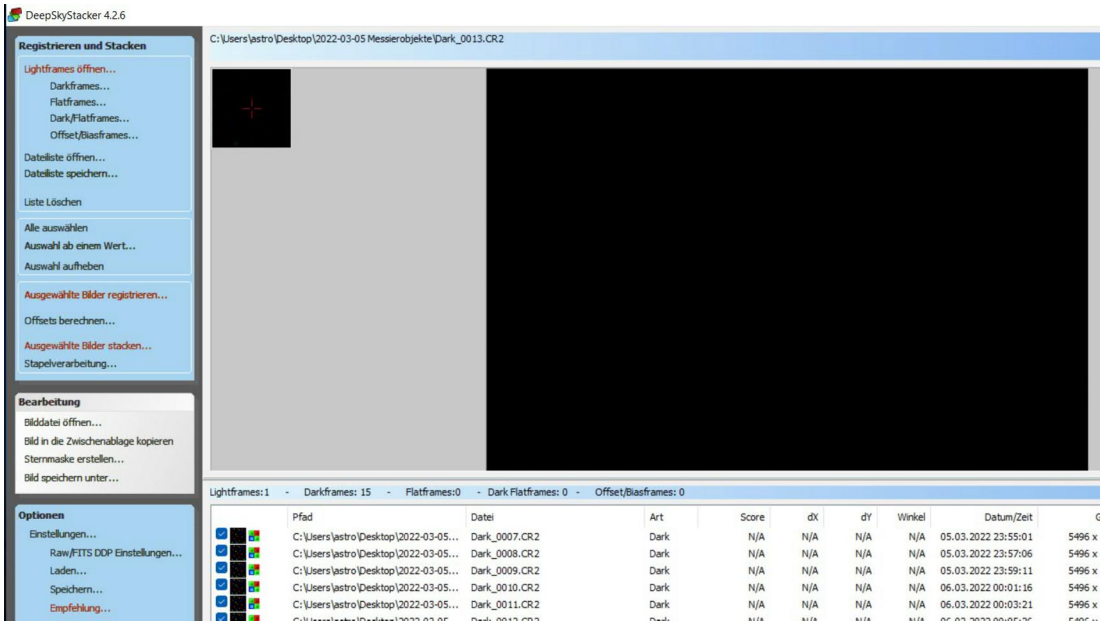


Abbildung 25: 2. Öffnen der Darkframes

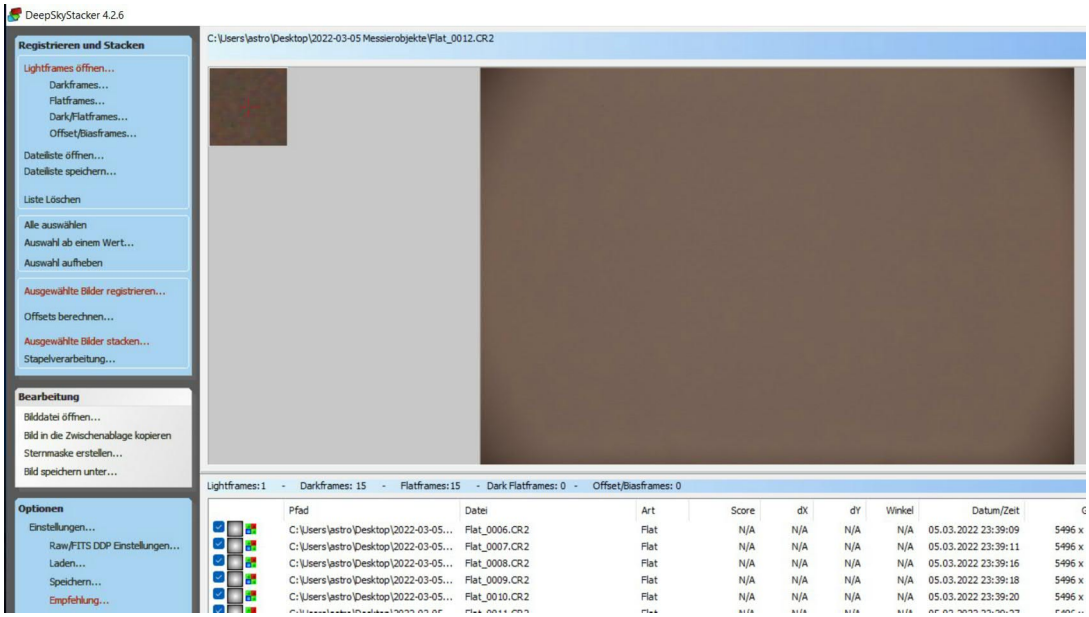


Abbildung 26: 3. Öffnen der Flatframes

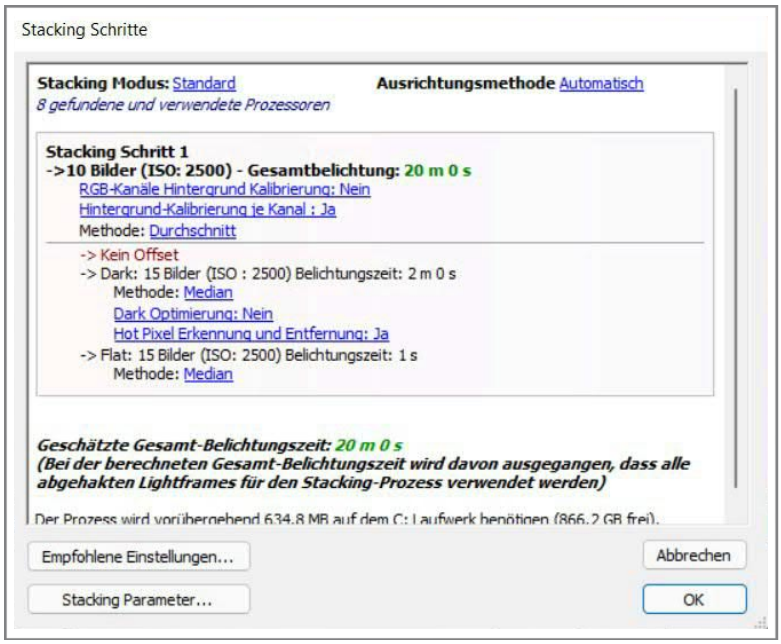


Abbildung 27: 4. Stacking Übersicht

Mit der Übersicht vom Stacking sollte man zunächst auch prüfen, ob die Eingaben stimmen.

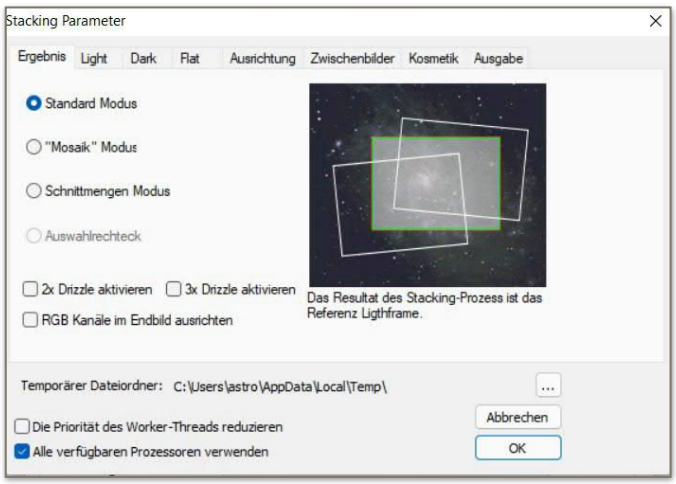


Abbildung 28: 5. Ergebnis Übersicht

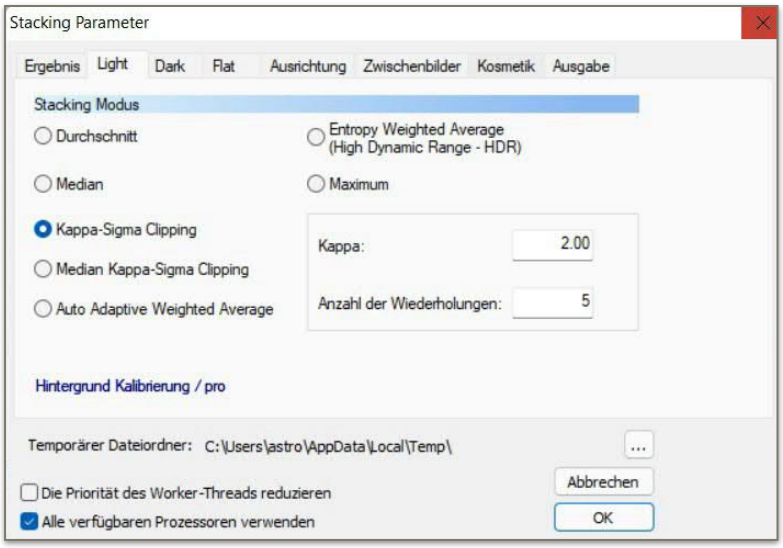


Abbildung 29: 6. Stackingmodus

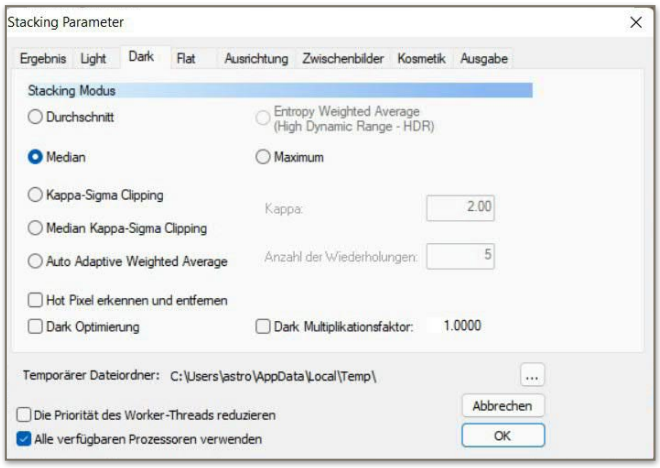


Abbildung 30: 7. Einstellung von Darkmodus

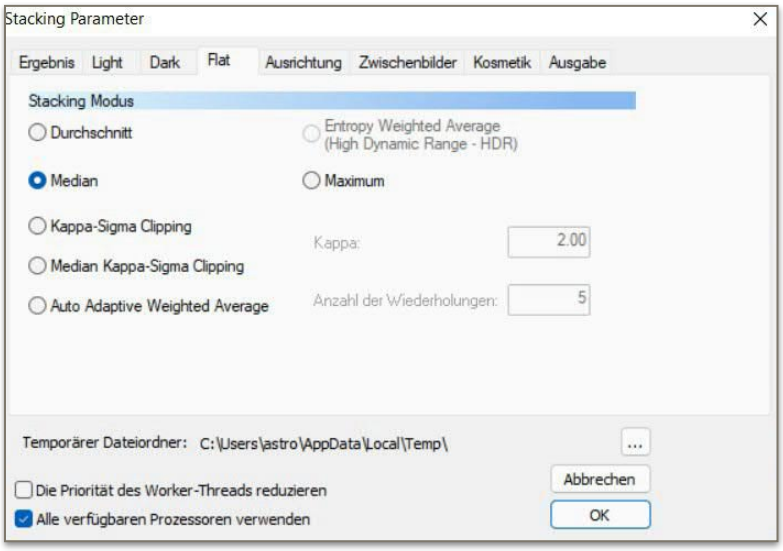


Abbildung 31: 8. Flatmodus

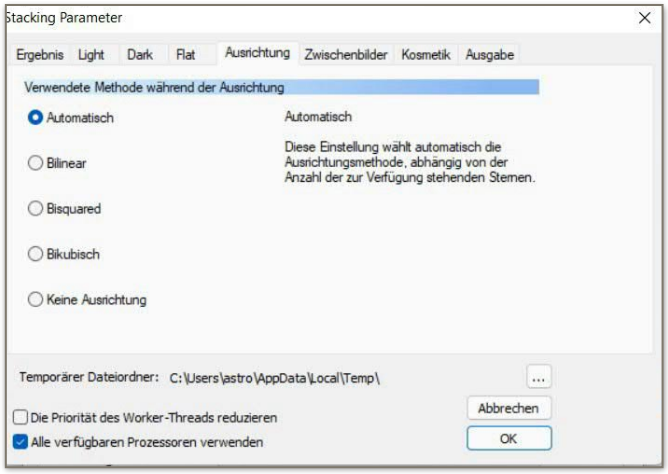


Abbildung 32: 9. Einstellung von der Ausrichtung des Bildes

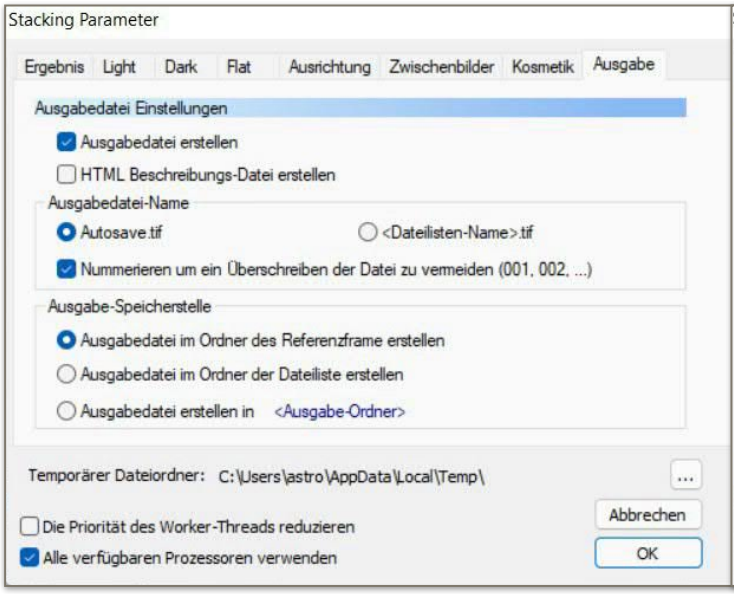


Abbildung 33: 10. Einstellungen der Ausgabe

Abbildung 34: 11. Stacking-Schritte, Ende der Einstellungen

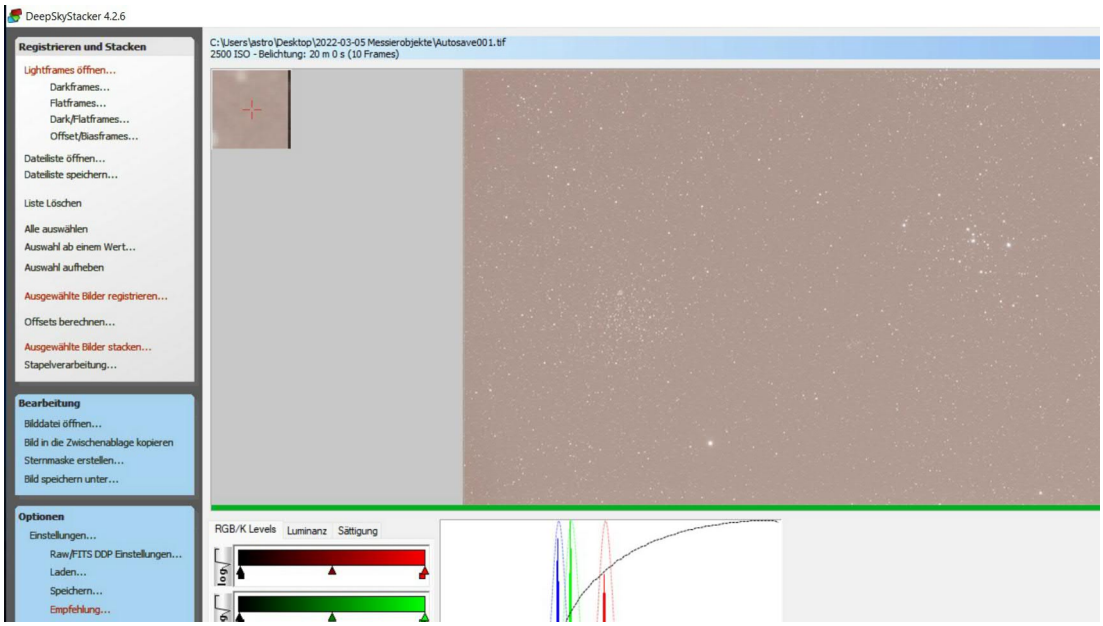


Abbildung 35: 12. Endergebnis des Stackings

Das Endergebnis des Stackings sieht wie in Abbildung 35 aus. Dieses braucht noch ein paar Schritte, um zu einer überwältigenden Fotografie zu gelangen.
In Photoshop wird die Weiterbearbeitung der Bilder in Hinblick auf Helligkeitsanpassung, Retuschieren heißer Pixel mithilfe der Stempelfunktion und Beschriftung mit den relevanten Beobachtungsdaten geführt.

Weiterbearbeitung der Aufnahmen

Für die Weiterbearbeitung der Aufnahmen muss als Erstes das gestackte Bild in Photoshop geöffnet werden. Zur Verbesserung der Auflösung des Bildes muss 16 Bit pro Kanal durch das Klicken auf „Bild", „Modus" dann „16 Bit pro Kanal" eingestellt werden. Zweitens korrigiert man die Helligkeit und den Kontrast mit „STRG und L" mit dem mittleren Zeiger. Dabei sollte man versuchen, dass der Hintergrund von allen drei Farben bzw. Kanälen (rot, blau und grün) ca. den Wert 20 beträgt und möglichst grau oder

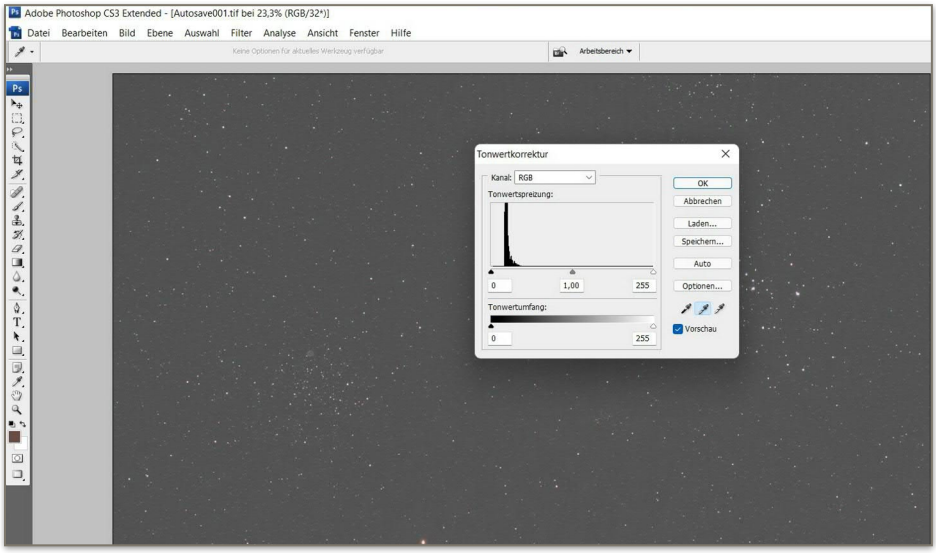


Abbildung 36: 13. Helligkeit- und Kontrastkorrektur (des Hintergrunds) in Photoshop mit STRG L

schwarz wird. Falls die gewünschte Hintergrundfarbe beim ersten Durchgang nicht kommt, wiederholt man diesen Vorgang nochmal.

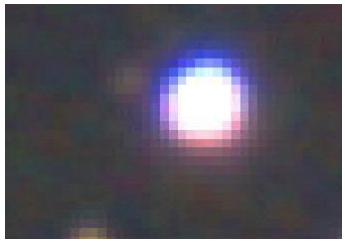


Abbildung 37: 14. Korrektur atmosphärischer Dispersion

Drittens kommt die Korrektur der atmosphärischen Dispersion; je Kanal (z.B. erstens Rot) klickt man auf „STRG und A", „STRG und T", denn so korrigiert man mithilfe von den Pfeiltasten die Dispersion. Dasselbe Prinzip kann auch auf den nächsten Kanal (z.B. Blau, dann Grün) angewendet werden.
Viertens erfolgt die Farbkorrektur (RGB-Kanäle) bei der es nötig ist, eine Farbbalance bei der Korrektur zu finden, sodass keine Farbe heraussticht. Je nach eigenen Belieben könnte eine Farbsättigung ebenfalls durch „STRG und U" erfolgen, dies ist jedoch optional.

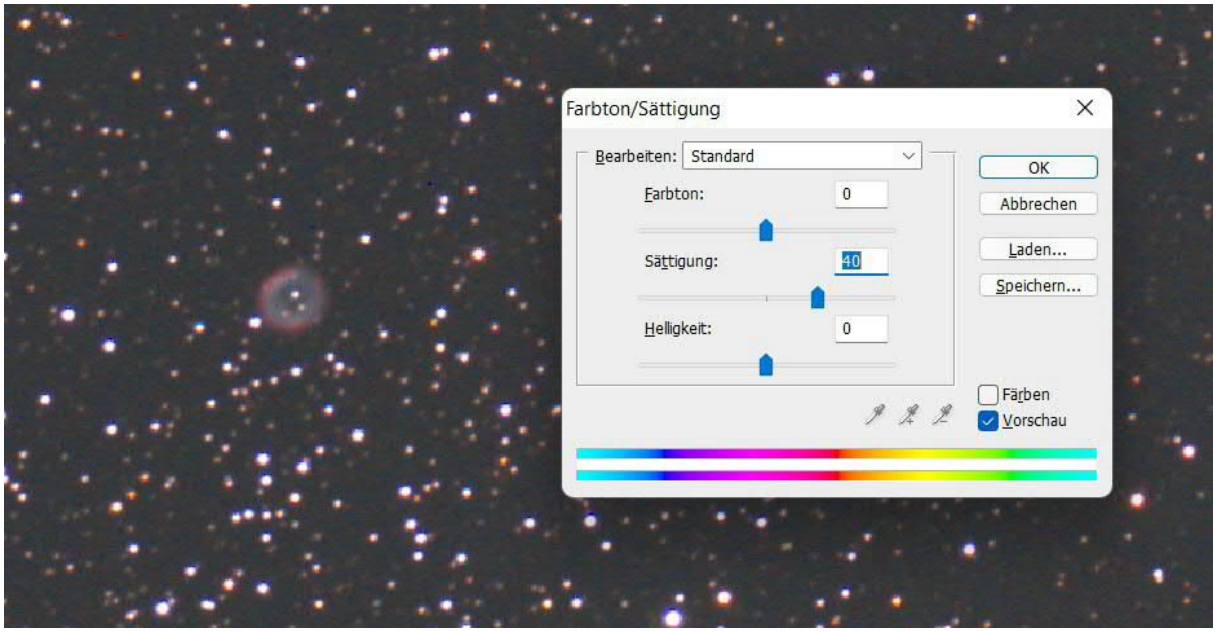


Abbildung 38: 15. Farbkorrektur und Farbsättigung

Gegebenenfalls müssen zusätzlich Fehlpixeln weggestempelt werden. Dafür wählt man den Stempel aus, findet die Fehlpixel, drückt „Alt" neben dem Fehlpixel und lässt dann los; jetzt kann man den Fehlpixel wegstempeln.

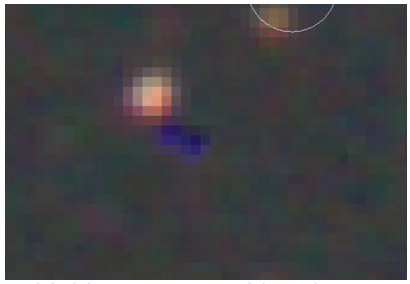


Abbildung 39: 16. Fehlpixel wegstempeln

5. Ergebnisse meiner Messier-Objekte

M42– Orionnebel

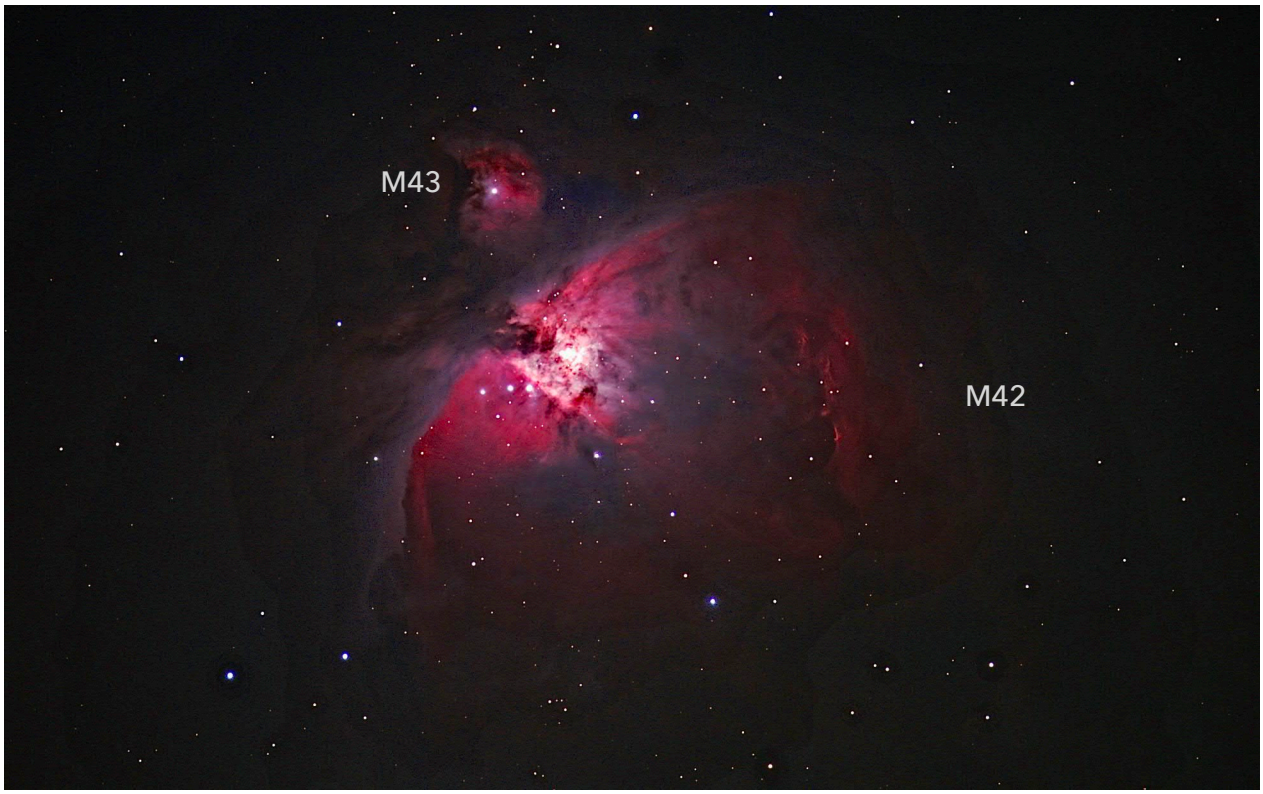


Abbildung 40 : Orion-Nebel (Belichtungszeit: 9 min)

Messier Nummer	42	43
NGC Nummer	1976	1982
Sternbild	Orion	Orion
Objektklasse	Emissionsnebel	Emissionsnebel
Scheinbare Helligkeit	4^m	9^m
Entfernung	1350 Lj	1300 Lj
Größe/ Durchmesser	24 Lj	30 Lj
Alter	3 Millionen Jahren	

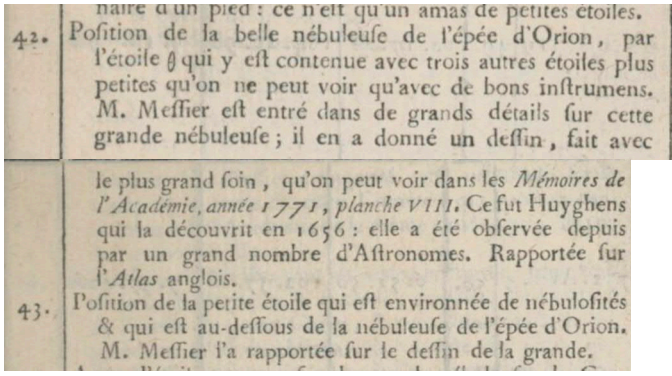

naire d'un pied : ce n'eſt qu'un amas de petites étoiles.
42. Poſition de la belle nébuleuſe de l'épée d'Orion, par l'étoile θ qui y eſt contenue avec trois autres étoiles plus petites qu'on ne peut voir qu'avec de bons inſtrumens. M. Meſſier eſt entré dans de grands détails ſur cette grande nébuleuſe ; il en a donné un deſſin, fait avec le plus grand ſoin, qu'on peut voir dans les *Mémoires de l'Académie, année 1771, planche VIII.* Ce fut Huyghens qui la découvrit en 1656 : elle a été obſervée depuis par un grand nombre d'Aſtronomes. Rapportée ſur l'*Atlas* anglois.
43. Poſition de la petite étoile qui eſt environnée de nébuloſités & qui eſt au-deſſous de la nébuleuſe de l'épée d'Orion. M. Meſſier l'a rapportée ſur le deſſin de la grande.

Abbildung 41: Messier-Einträge 42, 43

Messier schrieb: „Die Position von dem schönen Nebel von dem Schwert des Orions, durch den Stern θ, der dort mit drei anderen viel kleineren Sternen, die man nur mit guten Instrumenten sehen kann, verbunden ist. M. Messier ist auf die großen Details über diesen

Nebel (näher) eingegangen; er hat von diesem eine Zeichnung mit der größten Sorgfalt gemacht, die man in der Akademie der Memoires sehen kann. Ob Huygens den Nebel im 1656 entdeckte oder nicht: Der Nebel wurde seitdem von einer Vielzahl von Astronomen beobachtet." Die Entdeckung des wunderschönen Nebels ist Nicolas Claude Fabri de Peiresc im Jahr 1610 zugeschrieben worden; 1617 fertigte Galilei eine Zeichnung der Trapezregion an. Mittlerweile weiß man, dass der Orionnebel ein Emissionsnebel mit einem offenen Sternhaufen ist. Dieser entwickelte sich aus einem viel größeren interstellaren Molekülwolkenteil und besteht überwiegend aus Wasserstoff; (dies kann man mit einem Spektrogramm nachweisen). Wichtig zu erwähnen ist, dass in dem Nebel Sterne entstehen, deren ionisierende Strahlung diesen im sichtbaren Bereich leuchten lässt. Eine solche Sternentstehungsregion bezeichnet man auch als eine H II Region. Die Zentralregion von M42 enthält vier $5^m,1$ bis 8^m helle Sterne, die in ihrer Anordnung ein Trapez bilden und demnach sind diese „Trapezsterne" Ori A, B, C und D genannt worden, dabei sind θ A, B und C veränderliche Sterne. [1, 21] Im „Trapezsternhaufen", welcher aus 300 Mitgliedern besteht, befindet sich der hellste Trapezstern θ C ($5^m,1$), das mit über 200.000-facher Leuchtkraft der Sonne (einer der leuchtkräftigsten Sternen) die meiste UV-Energie zur Ionisation des Nebels beiträgt. Die Region wird häufig nach ihrem Entdecker Christiaan Huygens auch als „Huygensregion" bezeichnet. Der Orionnebel hat eine besondere Gestalt, die vor dem 17. Jahrhunderts unerwähnt blieb. Nach den ersten Fernrohren, die detaillierte Beobachtungen ermöglichten, wurde der Orionnebel wegen seiner Nähe zu einem der besterforschten Sternentstehungsgebiete und zu einem beliebten Untersuchungsobjekt für bestimmte Aspekte der Physik. Früher war das Untersuchungsziel die äußere Form, heute die Entstehung und Entwicklung solcher Deep-Sky-Objekte.

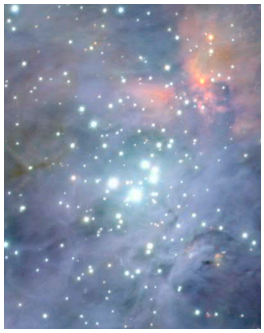


Abb. 42 : die Trapezsterne des Orions

Als Vergleich zu meiner Aufnahme dient das folgende Bild des HST's. [20]

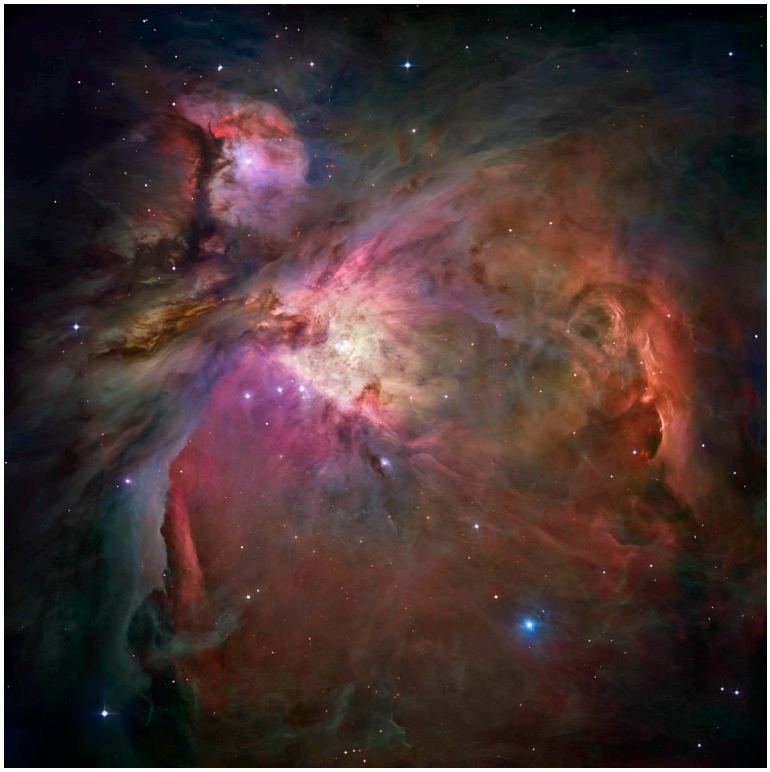


Abbildung 43: Der Orionnebel, eine Hubble-Aufnahme aus 2004/05

Zu M43 schrieb Messier am 04.05.1769 folgendes: „Die Position des kleinen Sterns, der die Bewölkung umgab und der unter dem Orionnebel im Schwert (des Sternbildes Orion) liegt. Dieser ist in der vorherigen Zeichnung beinhaltet." M43 ist ebenfalls nicht die Entdeckung Messier's; dieser wird auch als „de Marians Nebel" nach seinem ursprünglichen Entdecker Jean Jacques d'Ortous (entdeckt 1731) benannt. Da M43 eine unterschiedliche Ionisationsquelle von M42 aufweist, ist dieser daher kein Teil des Orionnebels, jedoch von dem Nebelkomplex. [1, 20]

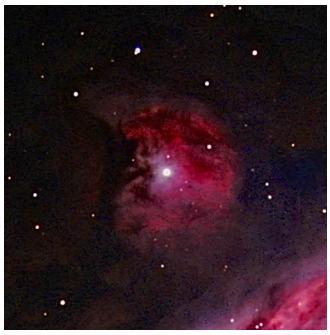


Abb. 44 : M43 mit seinem veränderlichen Stern NU Orionis, eigene Aufnahme

Abb. 45 : M43, Hubble-Aufnahme

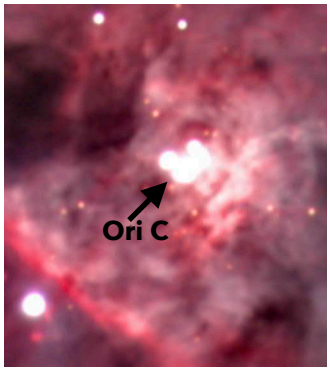


Abb. 46: M42, die Trapezsterne, eigene Aufnahme als Vergleich

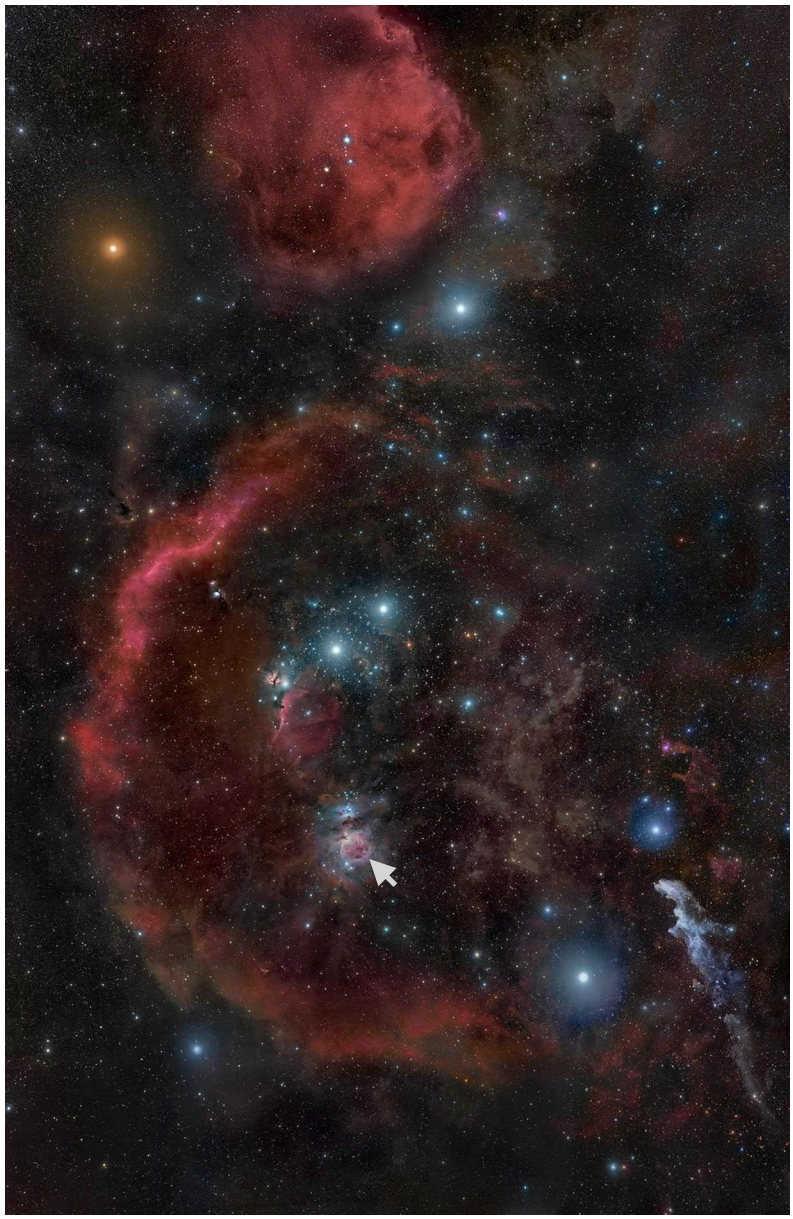


Abbildung 47: „Das Sternbild Orion mit einem Teil des Orion-Molekülwolkenkomplexes. Der gesamte Komplex ist größer als der Bildausschnitt." -https://de.wikipedia.org/wiki/Orion-Molekülwolkenkomplex

M46 und M47– Offene Sternhaufen

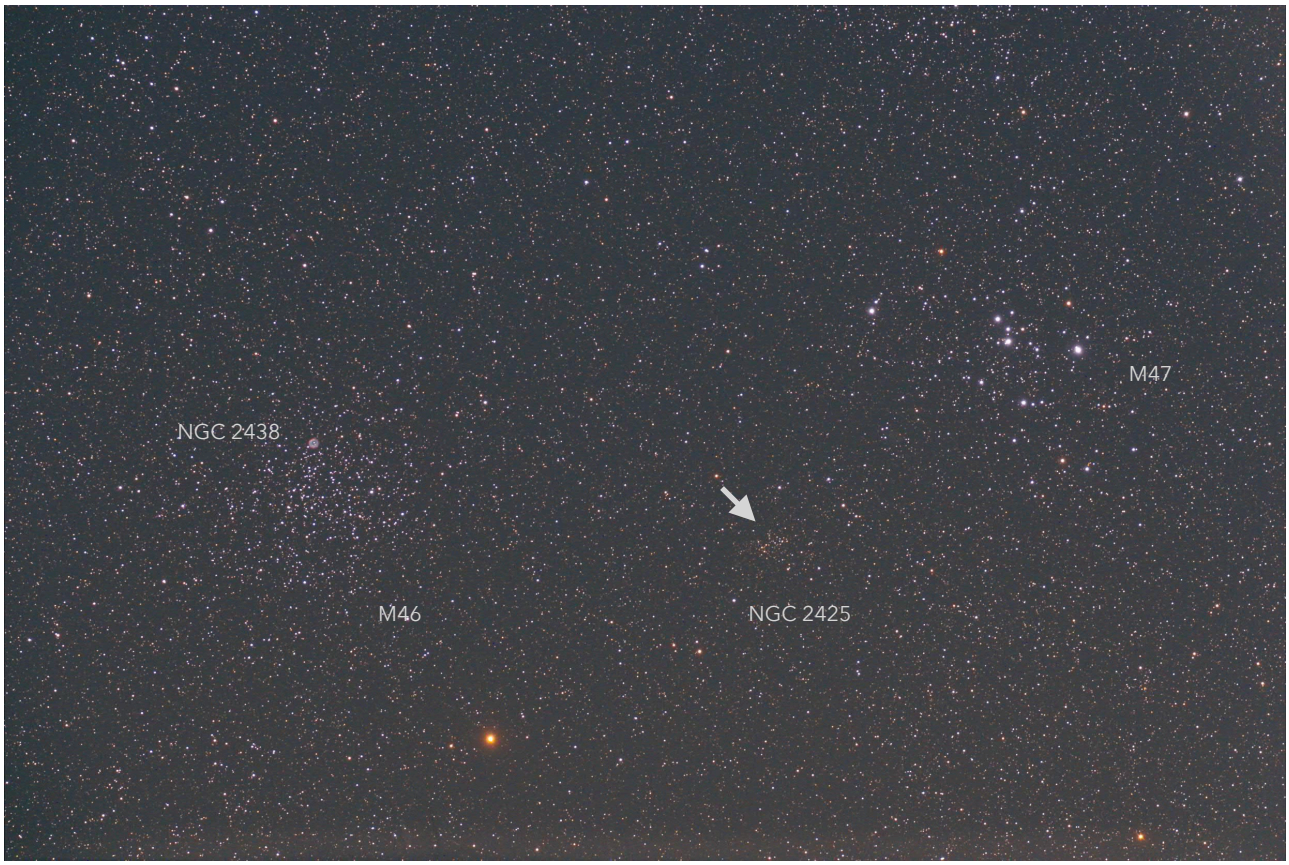


Abbildung 48: wunderhübsche offene Sternhaufen M46/47 mit einem planetarischen Nebel (Belichtungszeit: 20 min)

Messier Nummer	46	47
NGC Nummer	2437	2422
Sternbild	Achterdeck	Achterdeck
Objektklasse	Offener Sternhaufen	Offener Sternhaufen
Scheinbare Helligkeit	$6^m,1$	$4^m,4$
Entfernung	4480 Lj	1600 Lj
Größe	30 Lj	12 Lj
Alter	300 Millionen Jahre	78 Millionen Jahre

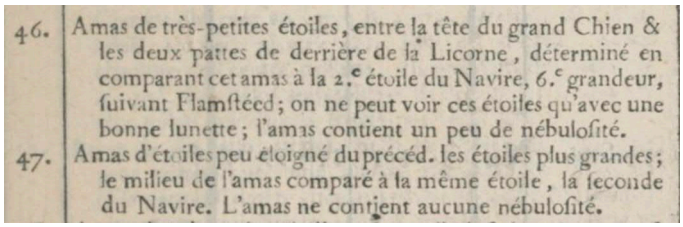

46. Amas de très-petites étoiles, entre la tête du grand Chien & les deux pattes de derrière de la Licorne, déterminé en comparant cet amas à la 2.e étoile du Navire, 6.e grandeur, suivant Flamsteed; on ne peut voir ces étoiles qu'avec une bonne lunette; l'amas contient un peu de nébulosité.
47. Amas d'étoiles peu éloigné du précéd. les étoiles plus grandes; le milieu de l'amas comparé à la même étoile, la seconde du Navire. L'amas ne contient aucune nébulosité.

Abbildung 49: Messier-Einträge 46, 47

Messier erfasste folgendes zu M46: „Eine Menge von sehr kleinen Sternen, treten den Kopf des großen Hundes und die zwei hinteren Pfoten des Einhorns ein. Dieser Haufen ist als Vergleich zu dem zweiten Stern von dem Schiff als sechste Größe nach Flamsteed

ermittelt worden; man kann diese Sterne nur mit einem guten Fernrohr sehen; die Anhäufung enthält ein wenig Nebel."

Der Sternhaufen M46 war eine Entdeckung Messier's am 19.02.1771. Es enthält 150 Sterne, die ungefähr 300 Millionen Jahre alt sind. Der hellste Stern hat eine scheinbare Helligkeit von $8{,}7^m$. Nach dem amerikanischen Astronomen Robert Trumpler und seine im Jahr 1930 entwickelte Klassifizierung von offenen Sternhaufen, ist M46 mit der Klasse II2r beschrieben. Somit ist M46 als sternreicher Haufen (II2**r**), mit geringerer zentraler Konzentration von Sternen (**II**2r) und mit Sternen mittlerer Helligkeitsverteilung (II**2**r) klassifiziert. Circa 2500 Lichtjahre weiter entfernt von M46, insgesamt 5400 Lj von der Erde entfernt, ist der planetarische Nebel NGC 2438 von über 10^m zu finden. Der Nebel wurde von William Herschel im Frühjahr 1786 entdeckt. Allerdings scheint dieser bei Beobachtung und im Foto mit M46 eine Einheit zu bilden. Gehört er abgesehen seiner Entfernung trotzdem zu M46? Befinden sich Sternhaufen und Nebel zufällig in einer Sichtlinie oder können sie auch physisch ein Paar bilden? Für eine lange Zeit war die Antwort umstritten, hierfür würde die ähnliche Schwankungsbreite oder auch Radialgeschwindigkeit (von 75,4 km/s) sprechen. Jedoch zeigt eine neuere Studie, dass dieser nicht zu M46 gehört, daher kann man sich Nebel und Sternhaufen als „dicht benachbart" vorstellen. Unten sieht man einen Ausschnitt meiner Fotografie des Haufens mit dem Nebel NGC 2438 und diesen somit näher. [1, 22]

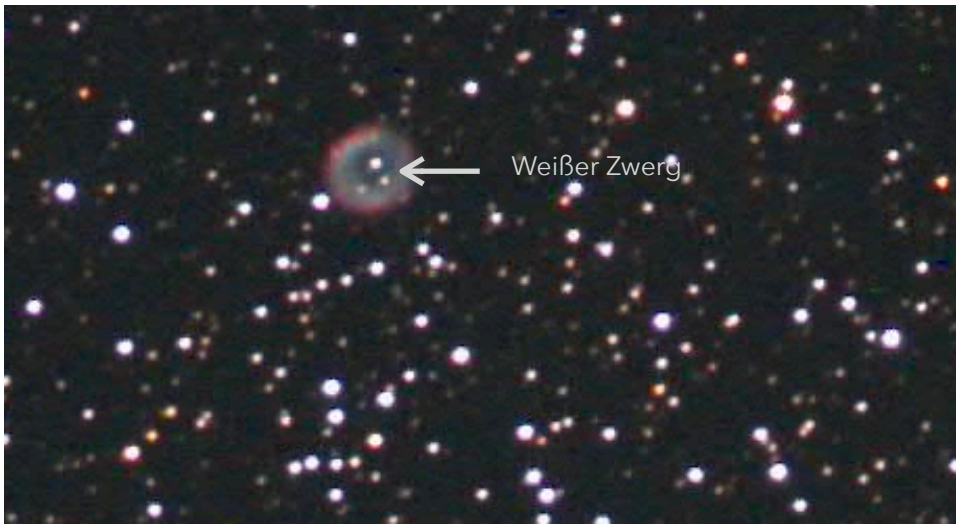


Abbildung 50: NGC 2438

Der weiße Zwerg, ein kleiner, sehr kompakter alter Stern, welcher im Zentrum von NGC 2438 liegt, hat die scheinbare Helligkeit von $17{,}7^m$. In meinem Bild kann man den Nebel nur ungenau sehen. Dies liegt daran, dass dieser als Deep-Sky-Objekt nicht mein Ziel war und somit man andere Einstellungen für das Teleskop benötigt hätte, um den Nebel genauer zu fotografieren. Am besten wurde dieser Nebel mit dem HST (Hubble Space Telescope) fotografiert und zeigt indessen den brillanten Nebel und seine Schönheit. Aus diesem Grund ziehe ich diesen noch in Rahmen meiner Arbeit mit ein. Zugleich dient das als guter Vergleich, daher unten die Abbildung 51:

Abbildung 51: NGC 2348 NASA, 7.4.2011- Daniel Lopez

Hier in diesem tieferen Bild sieht man die wunderschönen Strukturen des Nebels und es lässt „das Halo von leuchtendem Atomgas über 4,5 Lichtjahre, der sich über den helleren Innenring des Nebels hinaus erstreckt", hervorheben. (NASA)
In beiden Abbildungen erkennt man dennoch die Höhle eines sterbenden Sterns; der rot leuchtende Nebel besteht aus Wasserstoff und der grün leuchtende aus Sauerstoff. [23]
Zu dem brillanteren Nachbarsternhaufen M47, den Messier am 19.02.1771 beobachtete, schrieb er: „Eine Menge von Sternen ist ein entfernt wenig von dem Vorhergehenden. Die Sterne sind viel größer; die Mitte des Haufens verglichen an demselben Stern, der zweite von dem Schiff. Der Haufen enthält kein Nebel." Dieser offene Haufen wurde von Giovanni Battista Hodierna um 1645 entdeckt und nach der Trümpler-Klasse als III2r klassifiziert. Somit ist dieser als sternreicher (III2**r**), frei stehender Haufen mit Sternen mittlerer Helligkeitsverteilung (III**2**r), jedoch ohne erkennbare Konzentration (**III**2r), beschrieben. Es enthält 50 Sterne, davon ist der hellste Stern $5^m,7$ scheinbar hell. [1, 24] Der offene Sternhaufen NGC 2425, von William Herschel im Jahr 1793 entdeckt, ist ebenfalls in meinem Bild, wenn man sehr gute Augen hat und genau hinschaut, zu sehen. Links sieht man jedoch eine nähere Aufnahme. Man kann durch diese erkennen, dass die Mehrzahl der Sterne eine rötliche Farbe aufweist. Dies könnte nicht nur an der Oberflächentemperatur der Sterne liegen, sondern auch an der Entfernung des Sternhaufens (11100 Lj entfernt), denn aufgrund dessen kommen nur noch die längsten Lichtwellen (rote Lichtwellen) im Teleskop an und werden demnach im Bild so gesehen. [25]

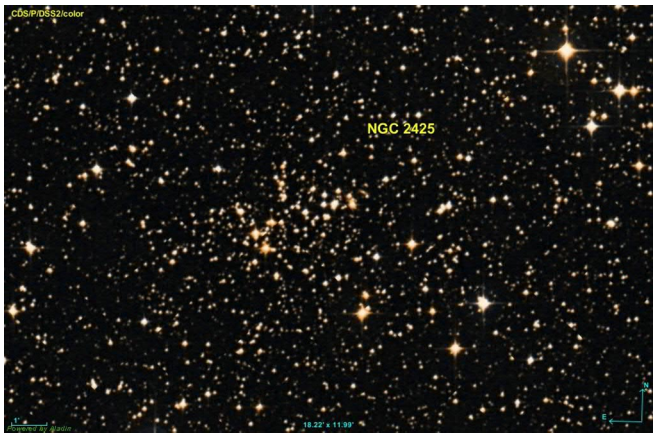
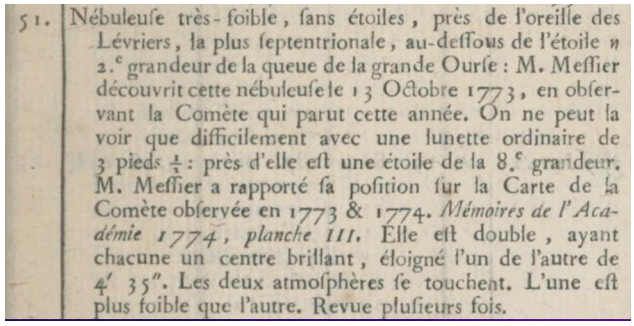


Abbildung 52: NGC 2425; AladinLite, Simbad

M51– Whirlpool- Galaxie

Abbildung 53: Whirlpool Galaxie M51 (Belichtungszeit: 66 min)

Messier Nummer	51
NGC Nummer	5194 / 5195
Sternbild	Jagdhunde
Objektklasse	Spiralgalaxie
Scheinbare Helligkeit	$8^m,1$
Entfernung	28 Millionen Lj
Größe	80000 Lj



51. Nébuleuſe très-foible, ſans étoiles, près de l'oreille des Lévriers, la plus ſeptentrionale, au-deſſous de l'étoile η 2.e grandeur de la queue de la grande Ourſe : M. Meſſier découvrit cette nébuleuſe le 13 Octobre 1773, en obſervant la Comète qui parut cette année. On ne peut la voir que difficilement avec une lunette ordinaire de 3 pieds ½ : près d'elle eſt une étoile de la 8.e grandeur. M. Meſſier a rapporté ſa poſition ſur la Carte de la Comète obſervée en 1773 & 1774. *Mémoires de l'Académie 1774, planche III.* Elle eſt double, ayant chacune un centre brillant, éloigné l'un de l'autre de 4′ 35″. Les deux atmoſphères ſe touchent. L'une eſt plus foible que l'autre. Revue pluſieurs fois.

Abbildung 54: Messier-Eintrag 51

Messier beschrieb seine Entdeckung von M51 (NGC 5194) am 13.10.1773 mit: „Nebel ist sehr schwach, ohne Sterne, weit von den Ohren der Windhunde (=Jagdhunde). Er ist das nördlichste (septentrionale, damit ist der Große Bär gemeint) und liegt unter dem Stern η, zweiter Größe, von dem Schwanz des großen Bären. Den Kometen beobachtend, entdeckt M. Messier diesen Nebel am 13. October 1773, der an diesem Jahr erschien. Man kann ihn nur schwierig mit einem normalen Fernrohr der Länge 3 Fuß und 1/2 sehen: weit von dem Nebel ist ein Stern der achten Größe. M. Messier berichtete seine Position auf der Karte des beobachtenden Kometen in 1773 und 1774. Er ist doppelt, jeder von denen hat ein brillantes Zentrum, die 4'35'' voneinander entfernt sind. Die zwei Atmosphären berühren sich. Eine ist schwächer, als die andere. Mehrfach überprüft."

Die Whirlpool-Galaxie ist eine Hauptgalaxie von sieben weiteren Galaxien (davon M63). Ihr irreguläres wechselwirksames Galaxienpaar, das einen Spiralarm der Galaxie M51 rauszieht, verursacht schöne Gezeitenschweife und bewirkt dadurch eine hohe Sternentstehungsrate der Spiralgalaxie. Interessant an M51 ist auch ihr aktiver Kern in ihrem Zentralbereich, denn in diesem „verbirgt sich ein supermassereiches Schwarzes

Loch." Bei einer Galaxie verlassen die Sterne die Spiralarme meistens nicht und enden daher in diese als Supernovae (3 wurden bereits in ihr entdeckt). [26, 1]
Die erste Erkenntnis über die spiralförmige Form der Galaxie machte am 1845 von William Parsons (Lord Rosse). Die erste Fotografie von M51 wurde 1898 von Isaac Roberts gemacht. Im Januar 2005 wurde diese mit dem Hubble-Weltraumteleskops M51 aufgenommen. [26] Auch habe ich am 05. März 2022 die wunderschöne Whirlpool-Galaxie aufgenommen; selbstverständlich ist dies nicht so spektakulär wie die HST-Aufnahme, jedoch spektakulär genug für den ersten Versuch.

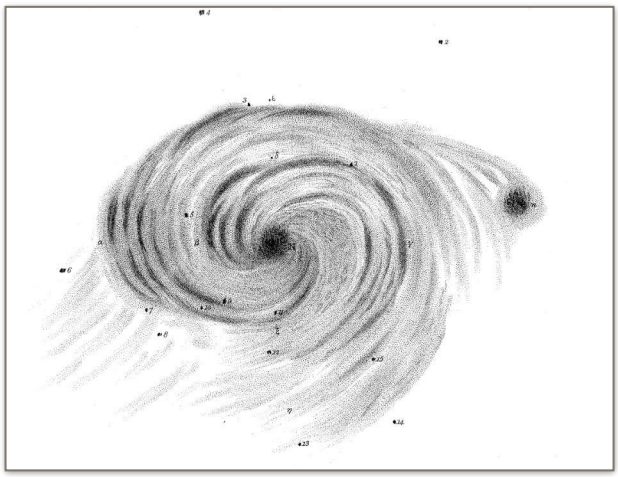


Abb. 55: erste Zeichnung von M51, Lord Rosse

Abb. 56 : erste Fotografie von M51, Isaac Roberts

Abb. 57: Hubble-Aufnahme von M51

Abb. 58: meine Fotografie von M51

Abb. 59: eigene Weitaufnahme von M51, 05.03.22

Trotz einer Weitaufnahme der Galaxie, erkennt man dennoch das Galaxienpaar; wie der kleine Partner (NGC 5195, oben) die große Galaxie (NGC 5194, unten) umkreist, zugleich aber auch die zahlreichen Sterne unserer Galaxis, die Milchstraße und letztendlich die endlosen Grenzen des Universums. Bei genauerer Betrachtung sind auch kleine, weit entfernte lichtschwächere Galaxien im Bild erhalten.

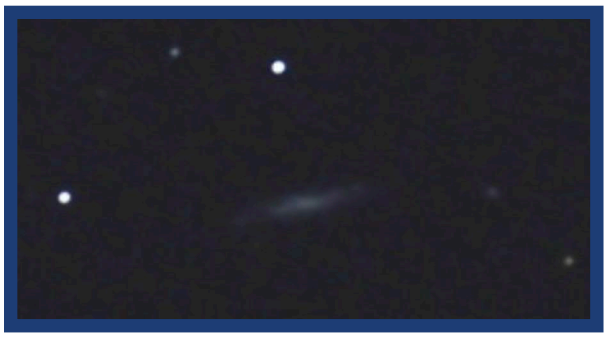


Abb. 60 : Galaxie 1 (mittig, rechts, unten)

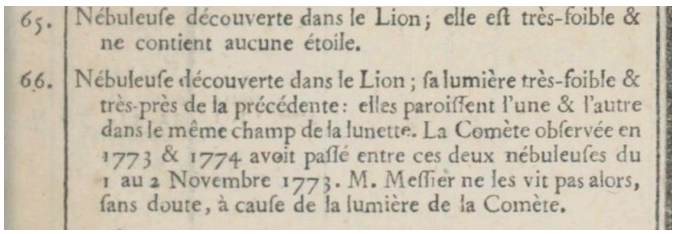
Abb. 61: Galaxie 2 (mittig, rechts von M51 senkrecht über Galaxie 1)

Abb. 62: Galaxie 3 (ganz oben, links)

M65 und M66– Galaxien

Abbildung 63: M65/66 Galaxien, 2/3 des Leo-Trippletts (Belichtungszeit: 50 min)

Messier Nummer	65	66
NGC Nummer	3623	3627
Sternbild	Löwe	Löwe
Objektklasse	Spiralgalaxie	Spiralgalaxie
Scheinbare Helligkeit	$9^m,2$	$8^m,9$
Entfernung	30 Millionen Lj	30 Millionen Lj
Größe	90 000 Lj	100 000 Lj



65. Nébuleuſe découverte dans le Lion; elle eſt très-foible & ne contient aucune étoile.

66. Nébuleuſe découverte dans le Lion; ſa lumière très-foible & très-près de la précédente: elles paroiſſent l'une & l'autre dans le même champ de la lunette. La Comète obſervée en 1773 & 1774 avoit paſſé entre ces deux nébuleuſes du 1 au 2 Novembre 1773. M. Meſſier ne les vit pas alors, ſans doute, à cauſe de la lumière de la Comète.

Abbildung 64: Messier-Einträge 65, 66

Messier beschrieb M65 am 1.3.1780 kurz mit: „Nebel entdeckt im Löwen; es ist sehr schwach und enthält keinen Stern."

Zu M66 berichtete er später: „Nebel entdeckt im Löwen, sein Licht sehr schwach und sehr weit von dem Vorherigen: Sie erscheinen einander wie das eine und das andere in demselben Feld des Teleskops. Der beobachtete Komet in 1773 und 1774 passierte durch diese zwei Nebeln von 1. oder 2. November 1773. M. Messier hat sie ohne Zweifel, wegen des Lichtes von dem Kometen, nicht gesehen." Beide Galaxien wurden jeweils von Messier während seiner Beobachtung des Kometen von 1773 und 1774 nicht gesehen, da der Komet zwischen ihnen hindurchlief; trotz dessen entdeckte er sie im Jahr 1780. M65 hat einen LINER-Kern, (genauso wie M66), eng gewundene Spiralarme und eine erhebliche Dunkelwolke. [1] Des Weiteren haben beide sehr lichtschwache Spiralarme und sind daher

nur bei sehr gutem Wetter in abnehmenden Mondphasen gut zu fotografieren. M66 enthält viele große und aktive Sternentstehungsgebiete, hingegen hat M65 kaum Anzeichen davon. Nennenswert wären auch die in M66 divers aufgedeckten schwarzen Löcher und die zwei mit Sicherheit entdeckten Supernova-Ausbrüche. [27, 28, 29]

Das Leo-Tripplett

Ein beeindruckender Anblick auf die Galaxien erreicht man mit einem großen Bildfeld gemeinsam mit der NGC 3628- man bildet somit das bekannte Leo-Tripplett. Das Leo-Tripplett ist einfach eine kleine, nahe Gruppe von drei Galaxien. Dieses ist ein beliebtes Ziel für Astrofotografen. Die aktive, 120 000 Lj große Spiralgalaxie NGC 3628 hat eine scheinbare Helligkeit von $9^m,5$ und enthält zahlreiche, ausgedehnte Sternentstehungs-Gebiete. [30, 31]

Abbildung 65: Das Leo-Tripplett, am 05.03.22

Abbildung 66: Fernaufnahme des Leo-Trippletts mit Sterne unserer Galaxis

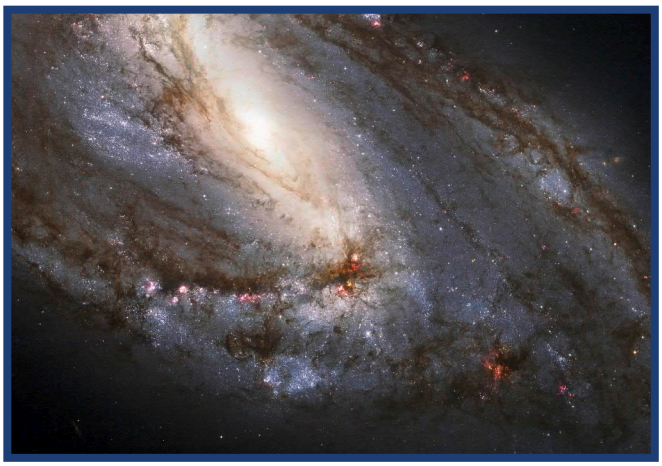


Abbildung 67: HST M66

Abbildung 68: Mount-Lemmon-Observatorium; M65

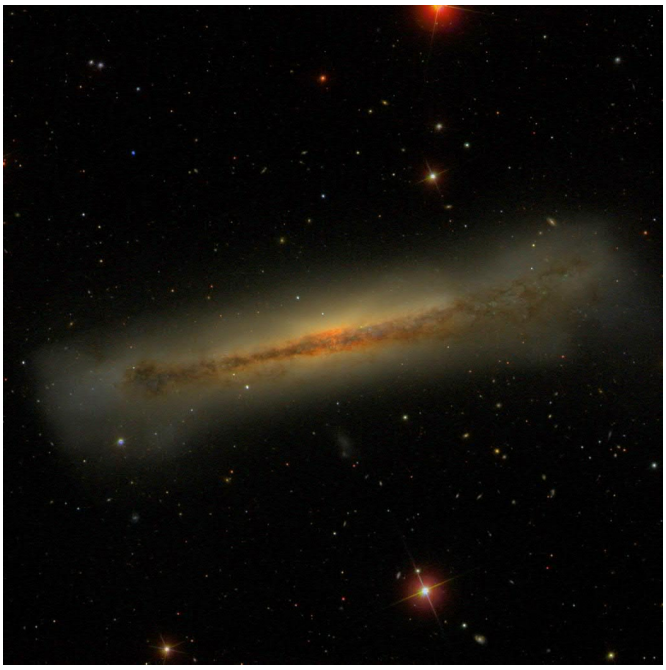


Abbildung 69: NGC 3628, seitlich gesehen; SSDS-Aufnahme

M67– Offener Sternhaufen

„Ohne Sterne wäre alles nichts. Und das Nichts wäre überall."- Harald Lesch, 2002

Abbildung 70: M67 offener Sternhaufen (Belichtungszeit: 15 min)

Messier Nummer	67
NGC Nummer	2682
Sternbild	Krebs
Objektklasse	Offener Sternhaufen
Scheinbare Helligkeit	$6^{m},9$
Entfernung	2960 Lj
Größe	20 Lj

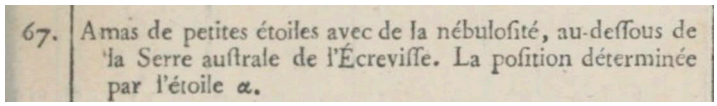

67. Amas de petites étoiles avec de la nébulosité, au-dessous de la Serre australe de l'Écrevisse. La position déterminée par l'étoile α.

Abbildung 71: Messier-Eintrag 67

M67 wurde ebenfalls von Messier am 06.04.1780 kurz beschrieben: „Ein Haufen von kleinen Sternen mit einem Nebel, unter der Klemme südlich der Krabbe. Die bestimmte Position für den Stern alpha." Die Entdeckung dieser Haufen vor 1779 ist jedoch Johann

Gottfried Köhler zugeschrieben worden. Nach der Trümpler-Klasse ist M67 als II3r klassifiziert; er ist ein sternreicher (II3**r**), frei stehender Haufen mit hellen sowie schwachen Sternen (II**3**r) mit geringerer zentraler Konzentration (**II**3r). Er enthält mindestens 500 Sterne, davon fast 200 weiße Zwerge, über 100 sonnenähnliche Sterne, 11 helle, rote Riesensterne und viele Blue Straggler-Sterne (blaue, heiße, leuchtkräftige und meist junge Sterne). Außerdem enthält er reichlich viele veränderliche Sterne (insgesamt 33 Bedeckungs- und Helligkeitsveränderliche Sterne). Der hellste Stern beträgt eine scheinbare Helligkeit von ungefähr 10^m. M67 ist schön gefärbt. Faszinierende rote und blaue Sterne füllen die Leere, -alte und junge Sterne. Er spiegelt eine Gesellschaft wider und ist ebendarum zu einer meiner Wahlen geworden.

Abbildung 72: Weitaufnahme von M67, am 05.03.22

Aufgrund ihres fortgeschrittenen Entwicklungsstadiums sind viele Sterne in diesem Haufen rötlich gefärbt. Besonders an M67 ist nämlich sein erheblich hohes Alter von etwa 4 Milliarden Jahren, -verhältnismäßig so alt wie unser Sonnensystem. [1, 32] Er zählt aus diesem Grund zu einer der wissenschaftlich ausführlichsten Untersuchungsobjekte für die Entwicklung der Sterne, Planetenentstehung und vielem mehr. [33]
Wo diese Forschungen letztendlich hinführen werden, bleibt abzuwarten.

6. Fazit

Die Astrofotografie hatte also in den letzten Jahren einen enormen Fortschritt, der ein großes Wissen und beeindruckende Kenntnisse über unser Universum und unsere Stelle in diesem, zur Verfügung stellte. Etwas, was mich jedoch überraschte, ist die Tatsache, dass trotz des dramatischen Fortschritts in der Technik als auch in der Astronomie uns noch vieles unbekannt bleibt.

Der Prozess der Fotografie war anstrengend, denn es gab viele verdeckte, zeitintensive Schritte, die mir zeigten, wie viel Arbeit es eigentlich in einem Foto nun steckt. Bei dieser Erfahrung hatte ich viele Schwierigkeiten bezüglich den richtigen Einstellungen bei der Bearbeitung und den Originalquellen des Katalogs zu finden. Sowie bei der Übersetzung des altertümlichen Französischs und dessen veraltete Schreibweise hatte ich einige Probleme, denn durch die Vertauschung von vielen Buchstaben änderte sich die Wortbedeutung massiv. Oft musste ich daher auf Französisch recherchieren und demnach war meine Arbeit auch sehr französisch-basiert.

Des Weiteren finde ich, dass das Endresultat meiner Fotografien mir relativ gelungen ist, da man alles in diesen ungefähr erkennen kann.

Ich finde es zwar schade, dass ich wegen des Wetters viel Zeit verloren habe und somit nur ganz wenig Zeit (insgesamt knapp 2 Monate) für mein Projekt hatte. Daher musste ich ein paar Einträge aus meiner Wunschliste wegstreichen, wie z.B. das Fotografieren mit verschiedenen Kamerasystemen oder Techniken, um sie daraufhin miteinander zu vergleichen. Das Fotografieren vieler Herbstobjekte und der Milchstraße konnte ich aus Zeitgründen ebenfalls nicht mehr schaffen.

Was ich allerdings erfreulich finde, ist die Überwindung dieser Hürden mithilfe von Herrn Koch. Besonders durch die ferngesteuerte und praktische Fotografie außerhalb meiner Schulzeiten wurde meine Kursarbeit rechtzeitig gerettet.

Nichtsdestotrotz bin ich nun einfach froh, dass ich es zum Ende geschafft habe. Ich finde es schade, dass die Zeit zu schnell verging, weil ich mir mehr Erfahrung in diesem Bereich gewünscht hätte. Die Arbeit, aber auch den Prozess habe ich genossen und beide haben mir wirklich Spaß und Freude gemacht; dazu entwickelte ich durch diesen eine Astrophilia.

Letztendlich hat sich meine Einstellung bezüglich des Himmels nicht geändert. Meine Faszination und Bewunderung über die Sterne und die Astronomie haben sich verfestigt. Denn:

„Die Tatsche, dass man etwas über den Himmel weiß, ändert an seinem Zauber nichts."- Harald Lesch, 2009.

7. Anhang

Quellenverzeichnis

1 Bernd Koch, Stefan Korth (2010), Die Messier-Objekte, Kosmos-Verlag

2 Bernd Koch, Stefan Korth (2012), Stars am Nachthimmel, Kosmos-Verlag

3https://www.pixolum.com/blog/fotografie/astrofotografie-anleitung-nachthimmel-fotografieren

4 https://de.wikipedia.org/wiki/Astrofotografie#Geschichte

5 https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Astronomie

6 https://www.uibk.ac.at/historische-sternwarte/zur-geschichte-der-astronomie/

7 https://de.wikipedia.org/wiki/Weltraumfotografie#Künstlerische_Fotografie

8 https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/nachrichten/2007/wie-sternhaufen-entstehen-und-vergehen/

9 https://de.wikipedia.org/wiki/Offener_Sternhaufen

10 https://arxiv.org/abs/1112.1065

11 https://de.wikipedia.org/wiki/Nebel_(Astronomie)

12 https://de.wikipedia.org/wiki/Galaxie

13 https://www.spektrum.de/news/die-wichtigsten-astronomischen-entdeckungen-im-ueberblick/1794521

14 https://de.wikipedia.org/wiki/Charles_Messier

15 https://de.wikipedia.org/wiki/Messier-Katalog

16 https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6514280n/f235

17 https://de.wikipedia.org/wiki/Messiermarathon

18 https://de.wikipedia.org/wiki/New_General_Catalogue

19 https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_astronomischer_Kataloge

20 https://de.wikipedia.org/wiki/Orionnebel

21 https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/messier-42-the-orion-nebula

22 https://de.wikipedia.org/wiki/Messier_46

23 https://de.wikipedia.org/wiki/NGC_2438

24 https://de.wikipedia.org/wiki/Messier_47

25 https://de.wikipedia.org/wiki/NGC_2425

26 https://de.wikipedia.org/wiki/Whirlpool-Galaxie

27 https://en.wikipedia.org/wiki/Messier_65

28 https://de.wikipedia.org/wiki/Messier_66

29 https://www.astrofreunde-franken.de/?p=3054

30 https://www.spektrum.de/alias/wunder-des-weltalls/leo-triplett-spiralgalaxien/1705214

31 https://de.wikipedia.org/wiki/NGC_3628

32 http://www.messier.seds.org/m/m067.html

33 https://www.astronews.com/news/artikel/2014/01/1401-020.shtml

34 https://www.baader-planetarium.com/de/teleskope/tec/tec-apo-160-fluorit-apochromat.html

35 https://www.futura-sciences.com/de/unterschied-zwischen-teleskop-und-fernrohr_669/

Verwendete Internet-Quellen für die Recherche:

https://www.messier-objects.com/messier-catalogue/

https://starlust.org/fr/le-catalogue-messier/

https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-6586/10806_read-24384/

https://www.astronomie.de/einstieg-in-die-astronomie/sterne-beobachten/wahrnehmung-von-flaechenhaften-objekten/

https://www.lichtmikroskop.net/optik/rot-wellenlaenge.php

https://de.wikipedia.org/wiki/UY_Scuti

https://orion2nebula.net/the-huygens-region

https://de.wikipedia.org/wiki/Christiaan_Huygens

https://de.wikipedia.org/wiki/Gezeitenschweif

https://www.deutschlandfunk.de/astronomie-astronomie-in-der-hoehle-100.html

https://www.deutschlandfunk.de/steinzeitliche-sternbilder-wieviel-astronomie-steckt-in-100.html

https://ned.ipac.caltech.edu/level5/March02/Gordon/Gordon2.html

http://cseligman.com/text/atlas/ngc24.htm#2425

https://de.wikipedia.org/wiki/Trapez_(Astronomie)

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwimn7e9teL3AhXrS_EDHaMhBbQQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fcambuy.de%2Flexikon%2Fbildrate%2F&usg=AOvVaw3HCbzBwppsa3nomv0D28MO

http://www.henner.info/k_eigensch.htm

Bildnachweis

Die folgenden Abbildungen sind eigene Anfertigung: Titelbild, 11–14, 17–40, 44, 46, 48, 50, 53, 58–63, 65, 66, 70, 72.

Abb. 1 https://www.weltderphysik.de/fileadmin/_processed_/e/d/csm_20011220_adlernebel_ESO_a74eae8c28.jpg

Abb. 2 https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:NASA_Unveils_Celestial_Fireworks_as_Official_Hubble_25th_Anniversary_Image.jpg

Abb. 3 https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Fairy_of_Eagle_Nebula.jpg

Abb. 4 https://apod.nasa.gov/apod/image/1401/M83StarstreamGendlerLLL.jpg

Abb. 5 https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Charles_Messier.jpg

Abb. 6, 41, 49, 54, 64, 71 https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6514280n/f235

Abb. 7 Bernd Koch http://www.astrofoto.de/german/neues/messierobjekte/Messierposter_800px.jpg

Abb. 8 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f1/MESSIER_073_2MASS.jpg

Abb. 9 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Messier_object_40.jpg/ https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2644750

Abb. 10 http://paris1900.lartnouveau.com/paris05/le_musee_de_cluny.htm https://apod.nasa.gov/apod/ap110407.html

Abb. 15 https://www.baader-planetarium.com/de/teleskope/tec/tec-apo-160-fluorit-apochromat.html#

Abb. 16 https://www.canon.de/cameras/eos-rp/

Abb. 42 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cf/Infrared_image_of_the_Orion_Nebula_obtained_with_the_VLT-ISAAC_instrument.png/1920px-Infrared_image_of_the_Orion_Nebula_obtained_with_the_VLT-ISAAC_instrument.png/ https://de.wikipedia.org/wiki/Trapez_(Astronomie); Von ESO/M.McCaughrean et al. (AIP) - https://www.eso.org/public/images/eso0104a/

Abb. 43 https://stsci-opo.org/STScI-01EVT7WK0WCVNRN91GD8SA299X.png

Abb. 45 https://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/full_width/public/thumbnails/image/heic0601c.jpg?itok=YRM2hcH7

Abb. 47 https://de.wikipedia.org/wiki/Orion-Molekülwolkenkomplex

Abb. 51 https://apod.nasa.gov/apod/ap110407.html

Abb. 52 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/NGC_2425_DSS.jpg/ http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic?Ident=NGC+2425&submit=SIMBAD+search

Abb. 55 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/60/M51Rosse.png/380px-M51Rosse.png; Von William Parsons - William Parsons, Observations on the Nebulae, Philosophical Transactions of the Royal Society, 140, 499-514 (1850), Gemeinfrei, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6342173

Abb. 56 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/Messier_51_-_selectionofphoto02robeuoft_0136.jpg/380px-Messier_51_-_selectionofphoto02robeuoft_0136.jpg/ https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=98792245

Abb. 57 https://cdn.spacetelescope.org/archives/images/screen/heic0506a.jpg

Abb. 67 https://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/full_width/public/thumbnails/image/heic1006a.jpg?itok=WqX6hQ3Y

Abb. 68 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/M65_Galaxy_from_the_Mount_Lemmon_SkyCenter_Schulman_Telescope_courtesy_Adam_Block.jpg

Abb. 69 Von Sloan Digital Sky Survey https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=76903055

Abb. 73 https://www.scinexx.de/wp-content/uploads/m/i/milkyneu01g.jpg

8. Danksagung

Ich möchte mich am Ende meiner Projektarbeit natürlich noch dafür bedanken, dass ich die Wahl hatte, eine Projektarbeit über ein Thema zu verfassen, das mich persönlich interessiert und im weiteren Verlauf immer mehr auch fasziniert hat. Ich bedanke mich bei der Schule Carl-Fuhlrott-Gymnasium dafür, dass sie einen solchen Kurs anbietet. Des Weiteren bedanke ich mich natürlich bei meinem Kurslehrer, Herrn Bernd Koch, der mich von der Wahl meines Themas, bis hin zur Abgabe immer unterstützt hat.
Meinen herzlichsten Dank auch an meine Eltern, die mich immer mit allen Möglichkeiten unterstützt haben. Egal, ob ich spätabends abgeholt oder aus Tiefpunkten herausgebracht werden musste.

9. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Heba Bakkar, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Die Astrofotografie der Messier-Objekte“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.
Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.
Ich bin damit einverstanden, dass die von mir verfasste Verschriftlichung der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Datum: 16.05.2022
Unterschrift: Heba Bakkar