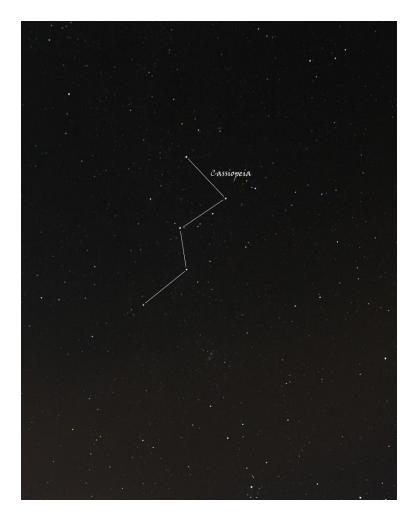
Sternbilder im Vergleich – wissenschaftliche und kulturelle Hintergründe

Projektarbeit im Rahmen des Projektkurses Astronomie



Verfasser: Lynn Ascheuer (<u>lynn1105a@gmail.com</u>)

Gloria Gabriel (gloria.gabriel@gmx.de)

Carl-Fuhlrott-Gymnasium, Wuppertal

Jahrgangsstufe Q1

Kursleitung: Bernd Koch

Abgabedatum: 19.05.21

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Aufgabenstellung	4
	2.1 Vorstellung der Sternbilder	4
	2.1.1 Perseus	4
	2.1.2 Cassiopeia	5
	2.1.3 Andromeda	5
	2.1.4 Cepheus	7
	2.1.5 Cetus	8
	2.2 Vorstellung der Themen	9
	2.3 Interessante Fragen	9
3.	Theoretische Grundlagen	. 10
	3.1 Kultureller Hintergrund	. 10
	3.2 Mythologie der Sternbilder	. 11
	3.2.1 Algol (β Per) als Auge der Medusa	. 11
	3.2.2 Algol (β Per) als Lilith	. 11
	3.2.3 Die Geschichte der Prinzessin Andromeda	. 12
	3.2.4 Darstellung der Cassiopeia und des Cepheus	. 13
	3.3 Spektroskopie	. 13
	3.4 Bildbearbeitung	. 13
	3.5 Interessante Objekte in den Sternbildern	. 13
	3.5.1 Perseus	. 13
	3.5.2 Cassiopeia	. 15
	3.5.3 Andromeda	. 16
	3.5.4 Cepheus	. 19
	3.5.5 Cetus	. 19
4.	Teleskope	. 20
5.	Kameras	. 20
	5.1 Farbkamera	. 20
	5.2 Digitalkamera	. 21
	5.3 Spektrenkamera	. 21
6.	Spektroskopie	. 22
	6.1 Was ist Licht?	. 22
	6.2. Wie wird das Licht zerlegt?	. 23
	6.3 Das Doppelspaltexperiment	. 24

	6.4 Der Welle-Teilchen-Dualismus	. 25
	6.5 Verschiedene Spektren	. 26
	6.6 Entstehung der Spektren	. 27
	6.6.1 Entstehung rein kontinuierlicher Spektren	. 27
	6.6.2 Entstehung von reinen Emissionslinien-Spektren	. 27
	6.6.3 Entstehung von Absorptionslinien-Spektren	. 28
	6.7 Analyse der Sternspektren	. 28
	6.7.1 Gemeinsamkeiten der Sternspektren	. 28
	6.7.2 Klassifizierung der Sterne in ihre Spektralklassen	. 28
	6.8 Unser Spektrograph	. 29
7	Experimenteller Aufbau und Durchführung	. 31
8	. Programme	. 34
	8.1 DeepSkyStacker am Beispiel γ Cas	. 34
	8.2 Photoshop am Beispiel Cassiopeia	. 37
	8.3 Ergebnisse	. 38
9	Auswertung der Spektren	. 39
1	0. Beantwortung der Fragen	. 47
	10.1 Warum verändert γ Cas seine Helligkeit?	. 47
	10.2 Warum wird γ Cas auch Navi genannt?	. 48
	10.3 Warum "zwinkert" Medusa?	. 48
	10.4 Warum verschwindet einer der Sterne im Sternbild Cetus?	. 48
1	1. Anhang	. 49
	11.1 Quellen	. 49
	11.2 Bildnachweis	. 50
1	2. Danksagung	. 52
1	3. Abschlusserklärung	. 53

1. Einleitung

Wie sah der Nachthimmel früher aus, vor der Lichtverschmutzung? Was haben die Menschen vor einigen Jahrtausenden dort gesehen? Welche Geschichte verbirgt sich hinter den Sternbildern?

Das Erbe der Vergangenheit ist überall zu finden, auch am Sternenhimmel. Aber woher kommen die Namen der Sterne und Sternbilder? Und wie lassen sich die an den Himmel gebannten Mythen mithilfe von Wissenschaft erklären?

Warum zwinkert Medusa im Sternbild Perseus? Warum ändert Gamma Cassiopeiae im Sternbild Cassiopeia seine Helligkeit? Und haben diese Beobachtungen etwas mit den Namen zu tun, oder ist es reiner Zufall?

Schon seit wir klein waren haben wir uns für Mythologien verschiedener Kulturen interessiert, deren Einflüsse man noch heute sehen kann. Der Freitag wurde nach der nordischen Göttin Freya benannt, unsere Demokratie stammt von den antiken Griechen, genau wie unsere Mathematik.

Die Himmelsbeobachtung stammt ebenso aus der Antike und die Überreste finden wir in den Namen der Sterne und anderen Bezeichnungen. Daher war der Sprung von Mythologie zu Mythologie am Nachthimmel gar nicht mal so weit und von da aus zum reinen Interesse an der Astronomie war es auch nur ein kleiner Schritt.

Besonders die Sternspektroskopie hörte sich interessant an, daher beschlossen wir eine genauere Untersuchung mithilfe der Spektroskopie zu machen an den für uns interessantesten Objekten: Beta Persei, auch Algol genannt, sowie Gamma Cassiopeiae, auch Tsih genannt.

2. Aufgabenstellung

2.1 Vorstellung der Sternbilder

2.1.1 Perseus

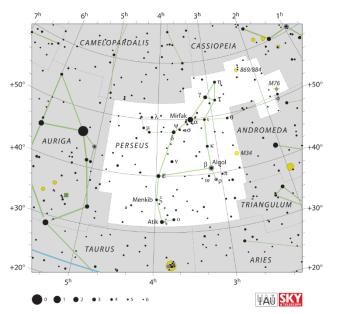


Abbildung 1: Schematische Darstellung von Perseus

Eines der Sternbilder, die in dieser Projektarbeit behandelt werden, ist Perseus. Perseus ist benannt nach dem griechischen Helden, der Medusa tötete, weshalb das Sternbild den Kopf dieser in der Hand hält. Der hellste Stern α Per Abbildung 2: Das Sternbild Perseus wird auch Mirfak, übersetzt Ellbogen, genannt. α Per ist ein weißgelber Superriese [1].

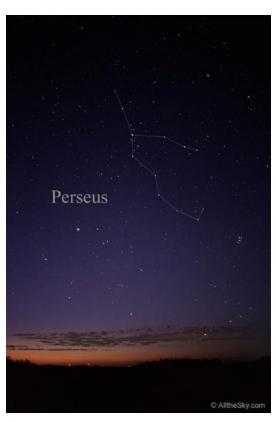




Abbildung 3: Zeichnung von Perseus

Cassiopeia

Abbildung 4: Das Sternbild Cassiopeia



Abbildung 6: Zeichnung von Cassiopeia

2.1.2 Cassiopeia

Ein weiteres Sternbild ist Cassiopeia, benannt nach einer eitlen Königin der griechischen Mythologie. Sie behauptete schöner zu sein als die Nereiden, wofür sie bestraft wurde, indem ihr Land von Meereskatastrophen heimgesucht wurde. α Cas wird auch Schedar genannt, was Brust bedeutet und ist ein rotorangener Stern. [2]

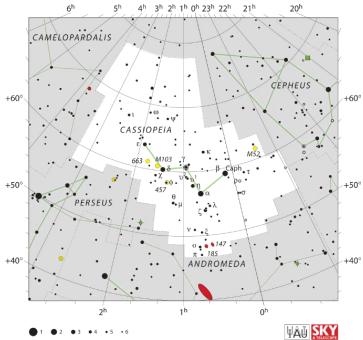


Abbildung 5: Schematische Darstellung von Cassiopeia

2.1.3 Andromeda

Auf den Abbildungen 7 und 8 ist sehr gut zu erkennen, dass der Stern α And (Sirrah) zeitweise auch zum Sternbild Pegasus gezählt wurde und dessen Eigenname ins Deutsche übersetzt "Pferdenabel" bedeutet. In Abbildung 8 kann man gut erkennen, dass Sirrah den Kopf von Andromeda darstellt und in Abbildung 7 sieht man, dass er genau auf der Grenze zwischen den Sternbildern steht. [4, 5]

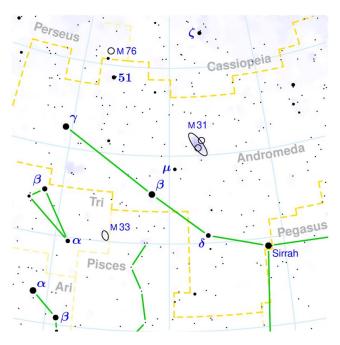


Abbildung 7: Schematische Darstellung von Andromeda



Abbildung 8: Zeichnung von Andromeda

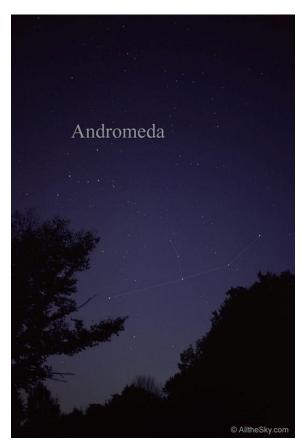


Abbildung 9: Das Sternbild Andromeda

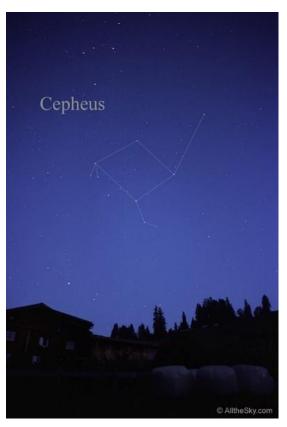


Abbildung 10: Das Sternbild Cepheus

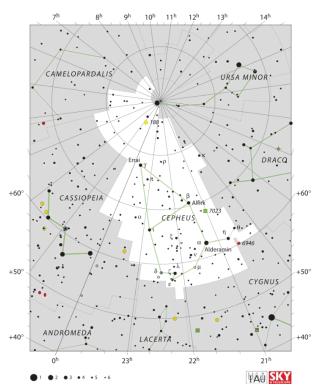


Abbildung 11: Schematische Darstellung von Cepheus

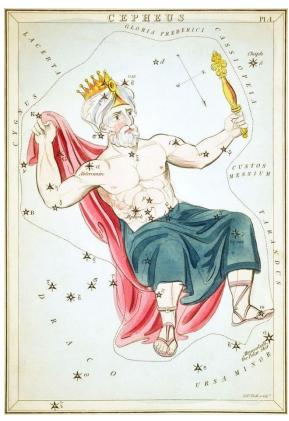


Abbildung 12: Zeichnung von Cepheus

2.1.4 Cepheus

Es ist zwar in der figürlichen Abbildung etwas schwerer zu sehen, doch besonders gut zu erkennen ist das Sternbild Cepheus an seiner Form, die man auch als "Haus des Nikolaus" kennt.

Das Sternbild Cepheus ist zirkumpolar, das heißt von Mitteleuropa aus ist es das ganze Jahr über sichtbar. In ca. 3000 Jahren wird sich der Himmelsnordpol in Cepheus aufgrund der sogenannten Präzession befinden. Der Zyklus der Präzession ist der Zeitraum, in welchem die Erdachse, welche schräg zur Ekliptik steht, komplett um die Achse die senkrecht zur Ekliptik steht, wandert. Dies dauert etwa 25.700 bis 25.800 Jahre. ¹ [6]

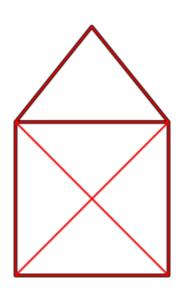


Abbildung 13: Das Haus vom Nikolaus

7

¹ https://de.wikipedia.org/wiki/Zyklus_der_Präzession

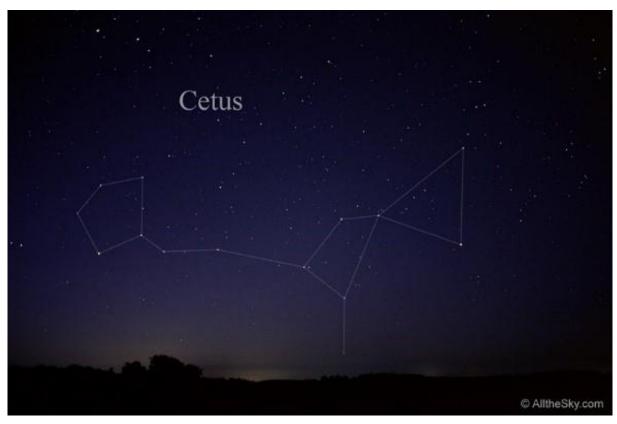


Abbildung 14: Das Sternbild Cetus

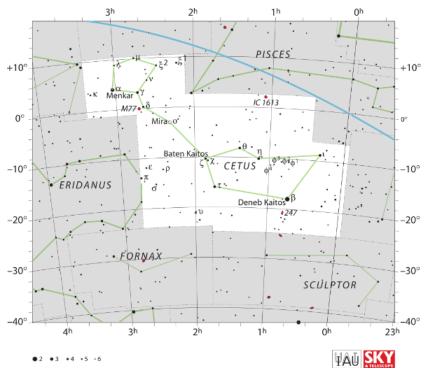


Abbildung 15: Schmatische Darstellung von Cetus

2.1.5 Cetus

Cetus ist das viertgrößte Sternbild am Himmel. Es ist allerdings nicht sonderlich auffällig, da Sterne mit einer Helligkeit geringer als 3 mag mit bloßem Auge nicht gut beobachtet werden können. Besonders interessant in Bezug auf unser Thema ist der Stern o Ceti, auch Mira genannt, da er wie Algol (β Per) auch ein veränderlicher Doppelstern ist. [3]



Abbildung 16: Zeichnung von Cetus

2.2 Vorstellung der Themen

In dieser Arbeit werden wir uns mit ein paar weiteren Themen beschäftigen. Es wird um die Mythologien hinter den Sternbildern sowie die kulturellen Hintergründe gehen, aber auch um unsere Aufnahmen. Dort werden wir die Kameras, Teleskope und den Spektrographen, den wir nutzten, beschreiben, ebenso wie den Aufbau und die Durchführung aller Aufnahmen. Danach werden wir unsere Bildmaterialien sowie die Spektren auswerten. Dann folgt die Beantwortung einiger Fragen, die im nächsten Punkt vorgestellt werden und zum Schluss kommt eine Gesamtauswertung.

2.3 Interessante Fragen

Zwar hatten wir eine Ahnung davon, was wir an Sagen untersuchen wollten in Bezug auf die Wissenschaft, jedoch hatten wir keine konkreten Anhaltspunkte am Anfang. Daher haben wir in verschiedenen Büchern gewälzt, uns durch Foren gegraben und ein paar interessante Fragen herausgesucht.

Wie wir zuvor schon erwähnt haben, hält Perseus den abgetrennten Kopf der Medusa in seiner Hand. Die Menschen in der Antike glaubten, dass ihre dämonischen Kräfte auch durch den Tod nicht vollständig gebannt werden konnten, da ihr Auge, der Stern Algol, "blinzelte", also seine Helligkeit schwankte.

Warum also "blinzelt" Medusa, wenn man mal nicht von übernatürlichen Mächten ausgehen möchte? Was bedeutet der Name Algol und woher kommt er?

Warum verändert der Stern γ Cas seine Helligkeit, so dass er teilweise zum hellsten und teilweise zum dunkelsten Stern des Sternbildes Cassiopeia wird und wieso wird er auch Navi genannt? Warum verschwindet einer der Sterne im Sternbild Cetus?

Diese Fragen haben uns den Weg durch die Sternbilder gezeigt und uns die ersten Anhaltspunkte dafür gegeben, wonach wir Ausschau halten mussten.

3. Theoretische Grundlagen

3.1 Kultureller Hintergrund

Wo beginnt eigentlich die Astronomie? Wer fing damit, die Bewegungen der Sterne vorherzusagen? Und ganz wichtig: Warum? Was sahen die Menschen in den Sternen, das so wichtig war, dass eine völlig neue Wissenschaft her musste?

Die Antwort ist einfach. Die Astronomie wie wir sie heute kennen fing mit den Babyloniern an, denn diese sahen eine göttliche Ordnung in den Sternen und versuchten das Schicksal der Welt vorherzusagen, indem sie die Bewegungen am Himmel berechneten. Ein berühmtes Beispiel für den Glauben der Babylonier an ihre Himmelskunde lässt sich in der Geschichte der Geburt Jesu sehen.

In dieser Geschichte reisen drei weise Könige aus dem Morgenland dem sogenannten Stern von Bethlehem hinterher. Die Frage lautet jetzt: Weshalb? Warum folgten sie diesem Stern?

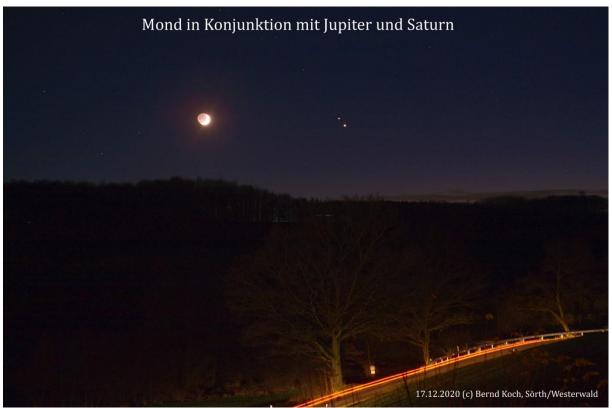


Abbildung 17: Mond in Konjunktion mit Jupiter und Saturn

Nun, dazu muss man erst einmal ein bisschen was über die babylonische Mythologie wissen. Die Babylonier glaubten nämlich, dass die Götter auch von den Planeten verkörpert wurden. So war der Jupiter mit dem Götterkönig Marduk gleichgesetzt.

Jetzt ist es auch nicht unmöglich, dass sich die Planeten am Himmel kreuzen, sodass es in etwa so aussieht, als ob aus zwei Planeten einer geworden wäre. Genau das passierte im Jahre 7 v. Chr. wie auch im Dezember 2020. Eine Dreifachkonjunktion von Jupiter und Saturn am Nachthimmel ist für das Phänomen des Sterns von Bethlehem verantwortlich. Nun war es so, dass der Saturn bei den Babyloniern für die Schutzpatronin der Juden stand und die Begegnung im Sternbild der Fische stattfand, welches für das Land am Meer, Palästina stand. Dreimal näherten sich Jupiter und Saturn an und statt der Planeten sahen die Babylonier die Götter und lasen in dieser Begegnung die Geburt des neuen Königs der Juden. Deshalb machten sich die drei weisen Könige auf den Weg, um dieses Baby zu sehen. Im Jahr 2020 konnten wir wieder Zeuge der dreifachen Konjunktion von Jupiter und Saturn werden.

So weit verwurzelt ist also die Astronomie mit unserer Geschichte.

Das Wissen der Babylonier wurde von den antiken Griechen übernommen, in alle Welt verbreitet und vermehrt. Zwar können wir nicht davon ausgehen, dass diese die Astrophysik schufen, jedoch haben wir einige Grundlagen wie das Helligkeitssystem der Sterne und das äquatoriale Koordinatensystem übernommen. [7]

3.2 Mythologie der Sternbilder

3.2.1 Algol (β Per) als Auge der Medusa

Medusa war eine ehemalige Dienerin von Athene, die auf Grund ihrer Schönheit in Athenes Tempel von Poseidon vergewaltigt wurde. Die Götter wollten, dass Medusa bestraft wird, da sie keine Jungfrau mehr war, was für die Dienerinnen der Athene ein schweres Verbrechen darstellte.

Athene verwandelte sie daraufhin in eine Gorgone, eine Frau mit Schlangen statt Haaren, die Lebewesen bei Augenkontakt in Stein verwandelt, und verbannte sie auf eine einsame Insel.

Um zu verhindern, dass König Polydektes Perseus Mutter Danaë heiratete, musste Perseus Medusa umbringen und ihren Kopf als Beweis zurückbringen. Für diese Aufgabe bekam er von Athene eine Sichel und einen spiegelnden Schild, um Medusa sehen zu können ohne sie anschauen zu müssen. Er drang bei Medusa ein und schlug ihr mit der Sichel den Kopf ab. Auf dem Rückweg traf er auf Andromeda, die als Opfergabe an eine Klippe gekettet war. [1]

3.2.2 Algol (β Per) als Lilith

Im jüdischen Volksglauben war Lilith die erste Frau Adams, die genau wie er aus Erde bzw. Lehm geschaffen wurde. Nachdem sie sich weigerte ihm Untertan zu sein, wurde sie für immer aus dem Garten Eden verbannt. Daraufhin wurde Eva aus der Rippe Adams erschaffen, um zu garantieren, dass sie Adam gehorcht.

Es wird erzählt, dass Lilith nach ihrer Verbannung in eine Dämonin, einen Vampir oder eine andere dämonische Kreatur verwandelt wurde. In einigen Volksgeschichten stiehlt und frisst sie Babys und führt sowohl junge Mädchen als auch junge Ehemänner in die Irre.

Während Lilith in der früheren jüdischen Kultur ein Symbol von Ungehorsam war, wird sie heutzutage von vielen jüdischen Feministen positiv gesehen, da sie Mann und Frau auf die gleiche Ebene der Schöpfung stellt. [1]

3.2.3 Die Geschichte der Prinzessin Andromeda

Prinzessin Andromeda war die Tochter von König Cepheus und Königin Cassiopeia von Äthiopien. Cassiopeia war wunderschön und sich dessen auch bewusst, doch war sie auch sehr eitel und prahlte gern mit ihrer Schönheit. Eines Tages behauptete Cassiopeia schöner zu sein als die Nereiden, die für ihre Schönheit berühmten Töchter des Poseidon. Leider wurde sie von eben diesen gehört, woraufhin sie sich bei ihrem Vater Poseidon beschwerten.

Von Zorn erfüllt schlug dieser mit seinem Dreizack aufs Meer und schuf so eine Flut und ein Monster namens Cetus. Poseidon entsandte das Monster zu den Gewässern Äthiopiens, wo es in unregelmäßigen Abständen auftauchte und die Bewohner und deren Herden verschlang. Es schien als gäbe es nichts, um dem Monster Einhalt zu gebieten. Verzweifelt wandte sich der König an das Orakel von Ammon, um herauszufinden, was getan werden muss, um das Monster loszuwerden. Wie entsetzt muss er gewesen sein, um zu erfahren, dass der einzige Weg sein Volk zu retten die Opferung seiner Tochter Andromeda an das Monster wäre. Was sollte er nur tun? Er musste sich entscheiden: Sollte er sein Volk oder seine Tochter retten? Als König gab es keinen Ausweg. Man führte seine Tochter Andromeda an die Küste und kettete sie an einen Felsen, um sie dem Monster zu überlassen.

Der auf dem Pegasus reitende Perseus flog gerade an Äthiopien vorbei, wo die unglückliche Andromeda an den Felsen gekettet war. Er bot an sie zu retten, wenn er sie im Gegenzug heiraten dürfe. Der König stimmte der Bedingung sofort zu und Perseus bezog Position, nicht allzu weit von Andromeda entfernt und riet ihr die Augen fest zu schließen. Sobald das Monster aus dem Wasser in Richtung der vor Angst zitternden und mit fest verschlossenen Augen wartenden Andromeda kroch, sprang Perseus aus seinem Versteck und hielt dem Monster den abgeschlagenen Kopf der Medusa vor das Gesicht. Augenblicklich verwandelte sich das Monster zu Stein wo es bis heute an der levantinischen Küste des Mittelmeers zu sehen ist.

Perseus packte den Kopf der Medusa schnell wieder in einen Lederbeutel und befreite Andromeda von ihren Ketten. Es folgten eine Hochzeit die gleichzeitig auch eine Feier zur Befreiung des äthiopischen Volkes vom grauenvollen Monster Cetus war. Allerdings gab es einen unglücklichen Zwischenfall auf der Hochzeit: Ein Bruder des Königs dem Andromeda bereits versprochen war, Phineus, verursachte einen gewalttätigen Streit beim Bankett. Diesem wurde jedoch auch ein schnelles Ende mithilfe des Kopfes der Medusa bereitet. Nach der Hochzeit zogen Perseus und Andromeda nach Argos und Medusas Kopf wurde Athene als Opfergabe geschenkt, welche diesen in ihren Schild einarbeitete. [4]

3.2.4 Darstellung der Cassiopeia und des Cepheus

Cassiopeia wurde von den Göttern dazu verurteilt, auf ewig um den nördlichen himmlischen Pol zu schwingen, während Cepheus neben ihr sitzt. [4]

3.3 Spektroskopie

Um die Sternbilder und ihre Objekte möglichst gründlich zu untersuchen, haben wir zwei Spektren angefertigt. Die Objekte, die wir uns dafür ausgesucht haben, fanden wir aufgrund ihrer Geschichten und den interessanten Fragestellungen. Unsere Wahl fiel auf die Sterne β Per und γ Cas.

In der Sternspektroskopie geht es darum, mithilfe der Zusammensetzung des sichtbaren Lichts Rückschlüsse auf den spektroskopierten Stern zu ziehen. So kann man mit der Spektroskopie Aussagen über die elementare Zusammensetzung, die Temperatur, den Druck und die Dichte der Sternoberfäche treffen. Des Weiteren kann man die Geschwindigkeit und Rotationsgeschwindigkeit über die Verschiebung der Spektrallinien und ihre Neigung berechnen. [8]

Dafür müssen wir erst einmal herausfinden, was genau Licht ist und wie man es zerlegt. Um ein bisschen die Geschichte des Lichtes anzuschneiden werden wir auch über den Welle-Teilchen-Dualismus und das Doppelspaltexperiment schreiben und anschließend die verschiedenen Arten von Spektren sowie ihre Entstehung vorstellen. Danach werden die Sternspektren nur noch analysiert und klassifiziert und natürlich stellen wir auch den von uns verwendeten DADOS Slit-Spektrographen vor und erklären seinen Aufbau.

3.4 Bildbearbeitung

Die Bildbearbeitung erfolgte mit DeepSkyStacker zum Zusammenfügen der einzeln

Photoshop

aufgenommen Bilder und Photoshop zur Korrektur und genauerem Erkennen der Objekte sowie zur Beschriftung der Bilder.





Adobe Photoshop CS2

Abbildung 18: Logo von Adobe

DeepSkyStacker (64 bit)

Abbildung 19: Logo DeepSkyStacker

3.5 Interessante Objekte in den Sternbildern

3.5.1 Perseus

Die Perseiden mit ihrem Zentrum in γ Per sind mit die auffallendsten Meteorströme der Gegenwart. Am 12. und 13. August kann man maximal 60 – 70 Leuchterscheinungen pro Stunde sehen, da die Erde zu dieser Zeit eine Staubspur durchquert. Als erstes wurden die Perseiden ca. 36 v. Chr. in China, um 811 n. Chr. dann auch in Europa gesichtet. Ab 1762 werden diese Meteorschauer als jährliches Schauspiel angesehen und das Maximum lag vermutlich ein paar Tag früher als heute, oft zwischen dem 10. und 11. August. [1, 9]



Abbildung20: Perseiden 2009

Ein weiteres Objekt im Sternbild Perseus ist α Per, der hellste Stern des Sternbildes, mit einer Größe von 1,8 mag. Der Stern, der auch Mirfak (arabisch; Ellbogen) genannt wird, liegt in den meisten Darstellungen im Bauch des Perseus und ist ein weißgelber Superriese. α Per ist ca. 60-mal so groß wie die Sonne, mit ungefähr 8,5 Sonnenmassen und 505,5 Lichtjahre von der Erde entfernt. Ein früherer Name von α Per war Algenib (arabisch; Seite), allerdings sorgte dies für Verwirrung, da γ Pegasi den gleichen Namen trägt. Er hat eine Temperatur von 6.350 °K. [1, 10]



Abbildung 21: α Per (Mirfak)



Abbildung 22: β Per (Algol)

Ebenfalls interessant ist β Per, auch Algol (arabisch; Ghul) genannt und weit verbreitet als der dämonischste Stern oder Dämonenstern bekannt. B Per ist ein Doppelstern, er besteht aus zwei Sternen mit einem gemeinsamen Zentrum. Seine Helligkeit fällt alle 68,88 Stunden (2,87 Tage) für 10 Stunden von 2,1 mag auf 3,4 mag. Dies wird das "Zwinkern der Medusa" genannt. Bei diesem Ereignis scheint er rot, in seiner normalen Helligkeit ist Algol jedoch ein weißer Stern.

In der griechischen Mythologie stellt Algol den versteinernden Blick des Kopfes der Medusa dar, den Perseus in der Hand hält. In der hebräischen Mythologie ist β Per sowohl der Kopf des Teufels als auch Adams erste Frau Lilith. Algol ist 92,95 Lichtjahre von der Erde entfernt und hat eine Temperatur von 13.000 °K. [1, 11]



Abbildung 24: η Per



Abbildung 23: χ Per

Als letzte Objekte im Sternbild Perseus werden wir die Doppelsternhaufen η Per und χ Per vorstellen. Es handelt sich hier um zwei offene Sternhaufen, die etwa so groß sind, wie der Vollmond. Die hauptsächlich blauweißen Sterne liegen im Kopf des Perseus und sind ca. 7.400 Lichtjahre entfernt. [1]

3.5.2 Cassiopeia

Mit einer Helligkeit von 2,24 mag ist Schedar (arabisch; Brust) der hellste Stern der Cassiopeia und liegt im Herzen der Königin. Damit ist dieser Stern kaum heller als β Cas (Helligkeit: 2,28). α Cas ist ein roter Riese, der ca. 228,3 Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Seine Masse liegt zwischen vier und fünf Sonnenmassen. Schedar ist der 71. Stern, wenn man von hell nach dunkel geht, und braucht 102 Tage, um einmal zu rotieren. [2, 12, 13]



Abbildung 25: α Cas (Schedar)



Der variable Stern y Cas bildet das Zentrum des Ws der Cassiopeia und schwankt zwischen einer Helligkeit von 3,0 mag zu 1,6 mag, mit einem Durchschnitt von 2,5 mag. Man vermutet, dass diese große Veränderung davon kommt, dass der Stern so schnell rotiert. Dies sorgt für Instabilität und es werden Gasringe abgestoßen. Oft wird der Stern Navi oder Tsih (Chinesisch: Die Peitsche) genannt, hat jedoch keinen offiziellen arabischen Namen. Der Stern ist ca. 547,9 Lichtjahre von der Erde entfernt und hat eine Temperatur von 30.000 °K. [2, 10]

Abbildung 26: y Cas mit Nebeln

3.5.3 Andromeda

Im Sternbild Andromeda gibt es einige erwähnenswerte Objekte. Zum einen wäre da der Stern α And, der auch Sirrah oder Alpheratz genannt wird. Diese beiden Eigennamen sind auf einen

arabischen Ausdruck zurückzuführen, welcher "Pferdenabel" bedeutet. Der Name stammt daher, dass dieser Stern auf alten Sternkarten auch als δ Peg zu finden ist. Seit dem Jahre 1930 ist diese Bezeichnung jedoch nicht mehr gebräuchlich.

Sowohl α And als auch γ Peg zeigen ungefähr den sogenannten Nullmeridian des Himmels an. Dies bedeutet, dass der Koordinatenwert der Rektaszension so ziemlich null beträgt. Im rotierenden äguatorialen Koordinatensystem ist die Rektaszension eine der beiden Polarkoordinaten, die zweite Polarkoordinate ist die Deklination. Die Rektaszension wird für gewöhnlich in Abbildung 27: α And Zeiteinheiten statt in Grad oder Bogenmaß angegeben.



 α And ist ein sogenannter spektroskopischer Doppelstern. Ein spektroskopischer Doppelstern ist ein Sternensystem, welches am besten mithilfe der Sternspektroskopie auseinandergehalten werden kann, da für die meisten anderen Möglichkeiten der Abstand zwischen den Sternen zu gering ist.

Ein weiteres interessantes Objekt ist das Doppelsternsystem von γ And, auch Alamak genannt. Die erste und hellere Komponente hat eine goldene Färbung, die zweite eine grünlich-blaue. Der Abstand dieser beiden Komponenten beträgt ca. 260 Lichtjahre und sie sind der Strahlungspunkt der Andromediden, wobei dies eigentlich nur eine Illusion ist, da mit dem bloßen Auge natürlich nicht genau gesagt werden kann, von wo der Meteorschauer stammt.

Dies bringt uns zum nächsten Objekt, den Andromediden. Es wird vermutet, dass dieser Meteorschauer aus den Überresten des Kometen Biela besteht, welcher sich vor den Augen aufmerksamer Astronomen in der Mitte des 19. Jahrhunderts in zwei Teile teilte. Sieben Jahre später hatte sich der Abstand der beiden Teile deutlich vergrößert und im Jahre 1872 kehrte der Komet nicht zum erwarteten Zeitpunkt wieder. An seiner Stelle erschien ein Meteorschauer, dessen scheinbarer Strahlungspunkt sich in der Nähe von γ And befand. Im Jahre 1885 fand ein ähnliches Phänomen statt und nun kann man immer in den Jahren, wenn sich die Erde an oder in der Nähe der Kreuzung des eigenen Orbits und des Orbits des ehemaligen Kometen Biela befindet, den Meteorschauer vom 17. bis zum 27. November sehen.

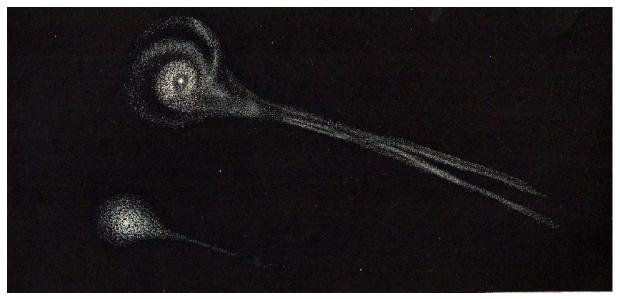


Abbildung 28: Komet Biela

Ein äußerst berühmtes Beispiel ist die Andromeda Galaxie (M31). Sie ist das am weitesten entfernte Objekt, welches nur mit bloßem Auge als verschwommener, nebliger Fleck zu sehen ist, jedoch nur in einer klaren Nacht auf dem Land und ist die der Milchstraße nächstgelegene Spiralgalaxie mit ca. 2,5 Millionen Lichtjahren Entfernung. Die älteste erhaltene Darstellung lässt sich in Al-Sufis Buch der Fixsterne finden. Al-Sufi war ein persischer Astronom, der im 10. Jahrhundert nach Christi Geburt lebte und sich intensiv mit der Astronomie auf Vorlage von Ptolemäus auseinandersetzte und seinen Almagest mit seinen eigenen Beobachtungen ergänzte. Diese Ergänzungen und Verbesserungen veröffentlichte er in seinem Buch der Fixsterne ca. 964 n.Chr. auf arabisch.

Sein Werk war nach Sternbildern sortiert und enthielt als erstes das heutzutage als Andromedagalaxie bekannte Objekt, welches er damals den Andromedanebel nannte. Eine lange Zeit wusste niemand, ob es weitere Galaxien außerhalb unserer Milchstraße gibt, daher auch der Name Andromedanebel.

Tatsächlich brach 1920 ein großer Disput unter Astronomen aus, wobei es zwei verschiedene Ansichten gab: Die eine Seite war fest davon überzeugt, dass es außerhalb unserer Heimatgalaxie keine weiteren Galaxien gäbe und dass alle diese Objekte nur Gasansammlungen in der Milchstraße wären. Die andere Seite war der Überzeugung, dass die Milchstraße nur eine von vielen Galaxien ist, ebenso wie die Andromedagalaxie. Heutzutage weiß man natürlich, dass es noch viele weitere Galaxien gibt und wir nur noch nicht die nötige Technik besitzen sie zu Genüge zu erforschen.

Die Andromedagalaxie ist die Schwestergalaxie unserer Milchstraße, da sie mit gerade mal 2,5 Millionen Lichtjahren Abstand nicht allzu weit entfernt ist. Eigentlich sind die beiden Galaxien sogar so nah aneinander, dass sie miteinander verschmelzen. Derzeit sind es zwar nur die Halos der beiden Galaxien, aber in zwei bis vier Milliarden Jahren wird es dann auch so weit sein, dass die Galaxiekerne, die beiden schwarzen Löcher, miteinander verschmelzen, sodass eine übergroße Galaxie entsteht. [14, 15, 16, 17, 18]



Abbildung 29: Andromedagalaxie

Früher glaubten Wissenschaftler, dass die Milchstraße ca. 100 – 200 Millionen Sternensysteme besäße, wohingegen der Andromedagalaxie ungefähr das doppelte zugeschrieben wurde. Heutzutage nähern sich die Zahlenwerte immer mehr an. Daran kann man erkennen, dass die Erforschung von Objekten außerhalb unserer Milchstraße noch in den Kinderschuhen steckt.

3.5.4 Cepheus

Im Gegensatz zum Sternbild Andromeda sind im Sternbild leider nicht Cepheus interessante Objekte zu finden. Dennoch gibt es auch hier eine interessante Galaxie, NGC 6946 oder auch Feuerwerksgalaxie genannt. Da diese Galaxie fast auf unserer galaktischen Ebene ist die Entfernung liegt, schlechter messbar. Grob geschätzt beträgt sie ca. 21 Millionen Lichtjahre. Die Besonderheit liegt darin, dass es allein in den letzten 100 Jahren dort ganze zehn Supernovae gegeben hat, was überaus viel ist. [6]



Abbildung 30: NGC 6946

3.5.5 Cetus

Das Sternbild Cetus ist das viertgrößte Sternbild des Nachthimmels. In ihm befinden sich einige interessante Objekte, darunter eine der größten im Messier-Katalog aufgeführten Spiralgalaxien, welche Messier 77 genannt wird, 47 Millionen Lichtjahre von uns entfernt ist und einen Durchmesser von ca. 170.000 Lichtjahren hat. Diese Galaxie hat einen aktiven galaktischen Kern, der eine starke Radioquelle ist.

Generell befinden sich vergleichbar viele Galaxien im Sternbild Cetus, auch wenn sie relativ klein sind.

Der Stern o Cet, auch bekannt als Mira (Lateinisch für "wunderbar"), ist für uns interessant, da er der erste nicht-supernova variable Stern ist, der je entdeckt wurde mit der möglichen Ausnahme des Sterns Algol (β Per), welchen wir genauer in dieser Projektarbeit untersuchen.

Hinzukommt, dass ganze drei Meteoritenschauer mit Cetus in Verbindung gebracht werden: die Oktober Cetids, die Eta Cetids und die Omikron Cetids. Jedoch sind diese Schauer nicht sonderlich produktiv. [3]

4. Teleskope

Für unsere Aufnahmen der ganzen Bilder haben wir das Teleskop nur als Stativ verwendet, zur



Aufnahme der einzelnen Sterne waren wir allerdings an Station 7. Dort benutzten wir den TEC160FL apochromatischen Refraktor von Baader. Apochromatisch heißt, dass keine Farbfehler entstehen. Das Teleskop hat eine Öffnung von 160 mm und eine Brennweite von 1134 mm. Die Blende liegt bei f/7. Dies wird ausgerechnet, in dem man die Brennweite durch die Öffnung teilt. Das FL im Namen steht dafür, dass dieses Teleskop eine Fluoritlinse hat.

Abbildung 31: Teleskop TEC160FL ausgerichtet mit Spektrograph

5. Kameras

5.1 Farbkamera

Die von uns verwendete Farbkamera war die ZWOptical ASI183MC Pro, eine Farbkamera mit Bayersensor und einer Auflösung von 20,18 Megapixeln, was 5496 x 3672 Pixeln entspricht. Jedes dieser Pixel ist 2,4 µm groß, was für eine bessere Auflösung sorgt. Der Bayersensor sorgt mit einzelnen Farbfiltern auf jedem Pixel, wobei es doppelt so viele grüne wie rote bzw. blaue gibt, für die Farbe des Bildes. Die Öffnung der Kamera beträgt 15,9 mm im Durchmesser und der gesamte Durchmesser beträgt 78 mm bei einer Länge von 86 mm. Die Belichtungszeit

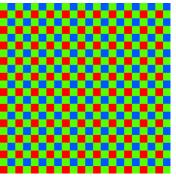


Abbildung 32: Bayersensor

kann ab 32 μs eingestellt werden und kann von dort aus bis ins Unendliche gehen.



Abbildung 33: ZWOptical ASI183MC Pro



Abbildung 34: ZWOptical ASI183MC Pro

5.2 Digitalkamera





Abbildung 36: EOS 450 D

Die Digitalkamera, die wir verwendet haben, war die EOS 450 D mit dem 16 mm Weitwinkel-Objektiv von Zenetar und Blende 4. Der Diffusor, der dafür sorgt, dass die Sterne besser sichtbar sind, war von Cokin.

3

5.3 Spektrenkamera

Die Kamera, mit der wir die Spektographien gemacht haben, war die STF-8300M von SBIG mit 8,3 Megapixeln, bzw. 3326 x 2504 Pixeln á 5,4 μ m. Sie hat eine Belichtungszeit zwischen 0,1 und 60 Minuten und eine aktive Kühlung.



Abbildung 37: SBIG STF-8300M

6. Spektroskopie

6.1 Was ist Licht?

Einige würden jetzt sagen, Licht sei die Abwesenheit von Dunkelheit oder aber Energie. Diese Antworten sind zwar nicht unbedingt falsch, allerdings sind dies nicht die Antworten, die in der Spektroskopie gebraucht werden. Also was ist Licht? Im physikalischen Sinne muss es nicht nur sichtbares Licht sein, auch Gamma-, Röntgen-, UV-, Infrarot- und Radiostrahlung sind Licht.

Da diese Arten von Licht elektromagnetische Phänomene sind, fasst man sie unter dem Begriff elektromagnetische Strahlung zusammen. Die energiereichste Strahlung ist die Gammastrahlung, welche höchst gefährlich für unsere Gesundheit ist. Sie umfasst alle Wellenlängen kleiner als 10 pm. Allerdings ist die Grenze von Gammastrahlung zu Röntgenstrahlung fließend, sodass manchmal auch Wellenlängen bis zu einer Größe von 30 pm zur Gammastrahlung gezählt werden. Manchmal kann zwischen Röntgen- und Gammastrahlung nur aufgrund ihres Ursprungs unterschieden werden. So entsteht Röntgenstrahlung durch "Energieänderungen von Elektronen in der Atomhülle" und Gammastrahlung bei "Prozessen im inneren des Atomkerns oder bei Umwandlungsreaktionen von Elementarteilchen".

Der für Menschen sichtbare Teil des Lichts liegt im Bereich zwischen 380 nm bis 750 nm, während die Radiostrahlung einen Wellenlängenbereich von einem Millimeter bis hin zu mehreren Kilometern umfasst.

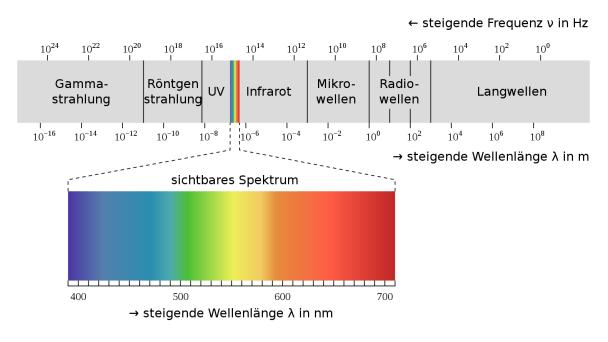
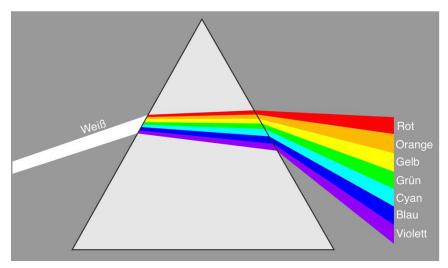


Abbildung 38: Das elektromagnetische Sprektrum

In der oberen Abbildung kann man das elektromagnetische Spektrum sehen, wobei das sichtbare Spektrum (zumindest für Menschen) hervorgehoben wurde. Dabei fällt auf, dass der sichtbare Bereich tatsächlich sehr schmal ist. [19]

Diese Strahlung wird allerdings nur teilweise durch die Erdatmosphäre gelassen, was auch sehr wichtig ist, da sonst die Entwicklung organischen Lebens auf der Erde so gut wie unmöglich wäre. Abgesehen von einigen Durchlässigkeiten im infraroten Bereich, gibt es eigentlich nur zwei Strahlungen, die aus dem Weltall durch unsere Atmosphäre dringen können: Die optische Strahlung in einem Bereich von ca. 400 nm bis 800 nm und die Radiostrahlung mit einer Wellenlänge von einem Millimeter bis 18 m. Die Analyse des Sternenlichts mithilfe unterschiedlicher Methoden (je nachdem was man herausfinden möchte) ist die Grundlage aller astronomischen und astrophysikalischen Untersuchungen. In der Spektroskopie beschäftigt man sich mit dem sichtbaren Licht und damit, welche Schlüsse man über die Sterne aus dessen Zusammensetzung ziehen kann. Um die Zusammensetzung untersuchen zu können, muss das Licht erst einmal zerlegt werden.

6.2. Wie wird das Licht zerlegt?



Die wohl bekannteste Art das Licht in seine Bestandteile zu zerlegen ist das Prisma. Jeder hat schonmal gesehen, wie das Licht der Sonne zum Beispiel vom Regen gebrochen wird, sodass ein Regenbogen entsteht.

Abbildung 39: Zerlegung des Lichts mit einem Prisma

Weißes Licht wird aus einzelnen Bestandteilen zusammengesetzt und besteht aus den Spektralfarben rot, orange, gelb, grün, cyan, blau und violett.

Beim Eintritt in das Prisma werden die blauen Aspekte des weißen Mischlichtes stärker gebrochen als die roten, dies passiert auch wieder beim Austritt. So haben die Aspekte des weißen Lichtes nach der Durchquerung des Prismas unterschiedliche Richtungen, wie oben in der Abbildung zu erkennen ist.

Fällt das zerlegte Licht nun zum Beispiel auf eine Wand, so sieht man das Spektrum des weißen Lichts an dieser. Wenn man nun eine Kamera hinter dem Prisma anbringt, welche das zerlegte Licht mit seinen verschiedenen Richtungen auf einem photographischen Film auffängt, so hat man einen sogenannten "Objektspektrographen".

Diese Möglichkeit wird jedoch nicht mehr in der modernen Astronomie verwendet. Anstatt des Phänomens der Lichtbrechung verwendet man nun das Phänomen der Lichtbeugung mit Hilfe eines sogenannten Gitterspektrographen. Für diesen wird das Prinzip des Doppelspaltexperiments genutzt, allerdings mit deutlich mehr Spalten, um das Spektrum zu verfeinern und dadurch eine höhere Auflösung zu bieten.

6.3 Das Doppelspaltexperiment

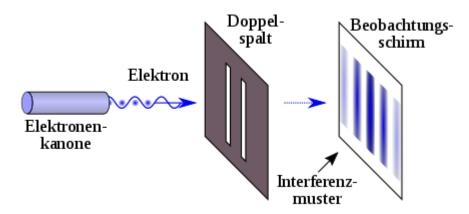


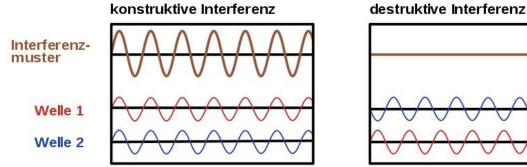
Abbildung 40: Darstellung des Doppelspaltexperiments

Das Doppelspaltexperiment wurde vom englischen Physiker Thomas Young zum ersten Mal 1802 durchgeführt. Dabei verwendete er noch nicht den Doppelspalt, sondern Pappkarton, um den Lichtstrahl zu teilen. Mit seinem Experiment wollte Young Isaak Newtons Vorstellung des Lichts als Teilchen widerlegen.

Bei der modernen Variante des Doppelspaltexperiments fallen einzelne Lichtteilchen, Photonen genannt, auf zwei Spalte in einer ansonsten blickdichten Platte. Auf der anderen Seite ist ein Detektor, welcher aufnimmt wie die Teilchen sich beim Austritt aus den Spalten verhalten.

Nach klassischer Teilchenansicht sollten sich jetzt zwei breite Streifen abbilden. Stattdessen bildet sich ein sogenanntes Interferenzmuster, es werden also abwechselnd helle und dunkle Streifen abgebildet. Ein solches Interferenzmuster entsteht typischerweise, wenn sich Wellen überlagern. Überlagern sich zwei Wellen konstruktiv sieht man einen hellen Streifen, interferieren zwei Wellen destruktiv sieht man einen dunklen Streifen.

Aber was heißt konstruktiv und destruktiv interferieren? In der unteren Abbildung sieht man, dass man von einer konstruktiven Interferenz spricht, wenn die Wellenberge der beiden Wellen übereinander liegen. Liegen die Wellentäler von Welle 1 auf den Wellenbergen von Welle 2, so nennt man dies eine destruktive Interferenz.



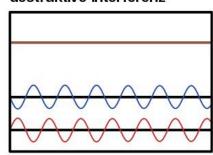


Abbildung 41: Abbildung von konstruktiver/destruktiver Interferenz

Wenn nun die Lichtteilchen auf den Doppelspalt treffen, so verhalten diese sich als wären es Wellen und bilden ein Interferenzmuster. Ein solches Muster entsteht, wenn zwei Wellen auf zwei Spalten treffen und sich beim Austreten entweder konstruktiv oder destruktiv überlagern. An der Position auf dem Detektor, welche gleich weit von beiden Spalten entfernt ist interferieren die Wellen konstruktiv und bilden eine helle Stelle. Guckt man nun weiter oben oder unten vergrößert sich die Entfernung zum einen Spalt, während sich die Entfernung zum anderen verringert. Beträgt der Wegunterschied zu den Spalten eine halbe Wellenlänge, so interferieren die Wellen destruktiv. Solange der Wegunterschied ein ganzes Vielfaches der Wellenlänge ist, überlagern sich die Wellen konstruktiv. Doch weshalb hat Young dieses Experiment überhaupt durchgeführt? [20, 21]

6.4 Der Welle-Teilchen-Dualismus

Wir haben jetzt von Lichtteilchen, die sich wie Wellen verhalten gehört, aber was genau ist Licht, Welle oder Teilchen? Auf diese Frage kann man mit der klassischen Vorstellung von Welle und Teilchen keine Antwort liefern. Photonen sind Quantenobjekte, sie sind Teilchen mit Welleneigenschaften. Doch was sind Quantenobjekte?

Ergebnisse aus Experimenten mit Quantenobjekten zeigen auf, dass Quantenobjekte nach klassischer Vorstellung der Physik sowohl Welle als auch Teilchen sein müssten. Eben dies ist

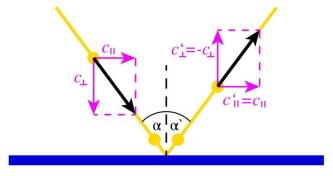


Abbildung 42: geradlinige Lichtausbreitung

jedoch nicht möglich, zumindest nicht in der klassischen Physik. Schon Newton beschäftigte sich mit der Frage, was genau das Licht denn nun sei und kam zu dem Ergebnis, dass Licht aus Teilchen bestehe. Huygens hingegen vertrat die Ansicht, Licht bestehe aus Wellen.

Unterstützt wurde Newtons Theorie dadurch, dass sich Licht geradlinig ausbreitet. Bei der Reflexion an einem Spiegel ist der Eintrittswinkel gleich dem Austrittswinkel (s. Abb. 43).

Die Wellentheorie von Huygens hingegen beruht auf dem Doppelspaltexperiment und wird durch dieses unterstützt, da nur die Wellentheorie die Intensitätsverteilung



die Abbildung 43: Reflexion eines Lichtstrahls

auf dem Leuchtschirm, also das Interferenzmuster erklären kann. Aufgrund dessen wurde die Wellentheorie auch lange Zeit der Teilchentheorie gegenüber bevorzugt, obwohl Newton als Physiker mehr Einfluss hatte und somit seine Theorie hätte Vorrang haben sollen.

Doch was hat das mit Spektroskopie zu tun?

In der modernen Astronomie werden sogenannte Gitterspektrographen verwendet. Diese werden so genannt, weil zwischen dem Teleskop und der Kamera ein optisches Gitter angebracht wird, welches auf dem Prinzip des Doppelspaltexperiments basiert. Da das Spektrum feiner wird wenn mehr Spalte vorhanden sind, werden tausende feine Striche in eine Glasplatte geritzt. Das Gitter wird im Spektrographen so ausgerichtet, dass das Spektrum der 1. Ordnung direkt auf dem photographischen Film der Kamera abgebildet wird. Das Spektrum der 1. Ordnung ist das, welches im Doppelspaltexperiment an der Position steht, an der das Spektrum gleich weit von den beiden Spalten entfernt ist.

6.5 Verschiedene Spektren

Es gibt drei verschiedene Arten von Spektren, welche abhängig von der jeweiligen Lichtquelle sind: Rein kontinuierliche Spektren, reine Emissionslinien-Spektren und Absorptionslinien-Spektren.

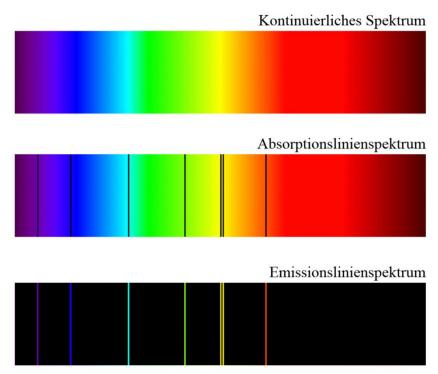


Abbildung 44: Die drei Arten von Spektren

Rein kontinuierliche Spektren bestehen aus einem kontinuierlichen Band in den Spektralfarben vom langwelligen Rot bis zum kurzwelligen Violett. Ein Beispiel für eine Lichtquelle mit kontinuierlichem Spektrum wäre die Glühbirne. Nahezu rein kontinuierliche Spektren in der Astronomie lassen sich bei sehr heißen Sternen oder bei sehr kühlen Objekten, die im Wesentlichen im optischen Bereich thermisch strahlen, finden.

Reine Emissionslinien-Spektren zeichnen sich durch helle Linien aus, die charakteristisch für das jeweilige Element sind. Es ist kein durchgehendes Band aus den Spektralfarben. In der Astronomie lassen sich Emissionslinien-Spektren in Gasnebeln, die von UV-Strahlung zum Leuchten gebracht werden, finden.

Der dritte Typ ist das Absorptionslinien-Spektrum. Dabei sieht man ein kontinuierliches Band wie beim kontinuierlichen Spektrum, allerdings sind hier die Linien der Elemente nicht wie beim Emissionslinien-Spektrum hell hervorgehoben, sondern als dunkle Streifen auf dem kontinuierlichen Band zu sehen. Die entsprechenden Elemente haben also das Licht absorbiert. Das Sonnenspektrum ist auch ein Absorptionslinien-Spektrum.

Um zu verstehen wie genau Spektren entstehen, muss man erst einmal verstehen, wie Licht entsteht. Wir wissen ja, dass Licht – egal ob sichtbar oder nicht – elektromagnetische Strahlung ist. Diese hat ihren Ursprung in der Energieänderung von Elektronen, welche dadurch zustande kommt, dass Elektronen in einem chemischen Element ihre Position ändern. Diese Positionsänderung besteht entweder daraus, dass das Elektron ein höheres Energieniveau erreicht, wofür es einen ganz bestimmten Energiebetrag aufnehmen muss, um genau die Stufe zu erreichen. Aber häufiger passiert es, dass das Elektron auf ein niedrigeres Niveau fällt, da Elektronen im allgemeinen ein möglichst niedriges Energieniveau anstreben. Dabei wird der Energieunterschied in Form einer Lichtwelle freigesetzt.

Jetzt gibt es fünf verschiedene Zustände, in die ein Elektron fallen kann, wodurch man fünf verschiedene Serien sehen kann. Damit sind alle möglichen Übergänge auf ein bestimmtes Niveau gemeint. Da die Balmerserie, welche alle möglichen Übergänge auf das zweite Niveau bezeichnet, als einzige im sichtbaren Bereich des Spektrums liegt, beschäftigt man sich hauptsächlich mit ihr.

Bei Sternen der Spektralklasse B, wie dem Stern γ Cas, ist vor allem die Balmerserie des Wasserstoffs von Bedeutung.

6.6 Entstehung der Spektren

6.6.1 Entstehung rein kontinuierlicher Spektren

Rein kontinuierliche Spektren entstehen bei sehr großen Dichten und hohen Temperaturen, da diese Spektren für gewöhnlich dann auftreten, wenn die "Energiezustände der Elektronen im Atom durch besonders heftige Zusammenstöße von Atomen stark gestört [werden]".²

Zusätzlich gibt es bei so hohen Temperaturen viele freie Elektronen welche beim Wechsel von "Frei-Gebunden" zu "Frei-Frei" auch Licht aussenden, allerdings haben diese eine beliebige Wellenlänge. Durch den Verschmierungseffekt, der bei so vielen Atomen auftritt, erhält man ein "kontinuierliches Band von Energieemissionen".³

6.6.2 Entstehung von reinen Emissionslinien-Spektren

Bei hohen Temperaturen und einer geringen Dichte kommt es zwar auch zu Zusammenstößen zwischen Atomen, wodurch die Elektronen von einem niedrigen Zustand auf ein höheres Energieniveau angeregt werden. Allerdings sind diese nur kurzweilig, da Elektronen im allgemeinen einen möglichst niedrigen Energiezustand anstreben. Die Emissionslinien entstehen dann, wenn die Elektronen wieder auf ihren Grundzustand zurückfallen und dabei

² BeST-Kurs Spektroskopie "Was ist Licht und wie zerlegen wir es?"

³ BeST-Kurs Spektroskopie "Was ist Licht und wie zerlegen wir es?"

Licht einer spezifischen Wellenlänge abgeben. Man erhält für jedes Element ein bestimmtes Muster, da die Energiedifferenzen zwischen den möglichen Bahnen charakteristisch sind.

6.6.3 Entstehung von Absorptionslinien-Spektren

Absorptionslinien entstehen, wenn kontinuierliche Strahlung durch ein kühleres Gas dringt, dessen Atome hauptsächlich im Grundzustand sind, da genau die Wellenlänge, die für die Anregung auf ein höheres Niveau gebraucht wird, verloren geht. Aufgrund dessen ist dann das Licht dieser Wellenlänge so weit abgeschwächt, dass es im Spektrum nur als dunkle Linie zu sehen ist. Die Emissions- und Absorptionslinien desselben Elements stimmen überein, da die Energiedifferenz, welche für die Emissions- oder Absorptionslinie verantwortlich ist, die gleiche ist.

6.7 Analyse der Sternspektren

6.7.1 Gemeinsamkeiten der Sternspektren

Es gibt einige Regelmäßigkeiten, welche man bei den verschiedenen Sternspektren finden kann. So haben zum Beispiel alle Spektren auch Absorptionslinien, da das Licht erst durch unsere Atmosphäre muss, selbst wenn es durch sonst keine Gaswolken muss. Jedoch sind nicht alle Absorptionslinien gleich breit. Im Allgemeinen kann man sagen, dass es einige Spektren gibt, die fast gleich aussehen, wohingegen andere unterschiedlicher nicht sein könnten.

Ein Beispiel dafür wäre, dass man in manchen Spektren das Linienmuster des Wasserstoffs deutlicher erkennen kann als in anderen. Oder aber, dass in einigen Spektren die Calcium-Linien H und K gar nicht zu sehen sind, obwohl sie ansonsten auch in ihrer Intensität variieren können. Grundsätzlich sagt die Anzahl der Linien nichts darüber aus, ob es ein Sternspektrum ist oder nicht, da manche Spektren sehr viele und manche fast keine Linien haben.

6.7.2 Klassifizierung der Sterne in ihre Spektralklassen

Egal welche wissenschaftliche Disziplin man sich anschaut, einen Schritt haben sie alle gemeinsam: Die Klassifizierung der einzelnen Daten. So werden auch die Sterne nach ihren Spektralklassen klassifiziert. Die ursprüngliche Harvard-Klassifizierung um 1890 ordnete die Sterne ihrem Aussehen nach in ein Schema von den Buchstaben A bis Q ein. Dies wurde jedoch von den beiden Astronominnen Antonia Maury und Annie Cannon überarbeitet, so dass die Spektralsequenz

$$O-B-A-F-G-K-M$$

übrig blieb, welche noch bis heute gültig ist.

Diese kann man sich mit folgendem Merksatz gut merken: "Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me!" In der Tabelle unten kann man einige der Charakteristiken eben jener Sequenz sehen, ebenso die Charakteristiken weiterer Spektralklassen.

Klasse	Charakteristik	Farbe	Oberflächen- Temperatur (K)	typ. Masse für Hauptreihe (M_{\odot})	Beispiele		
Hauptreihe und Riesenast							
0	ionisiertes Helium (He II)	blau	30000-50000	60	Mintaka (δ Ori), Naos (ζ Pup)		
В	neutrales Helium (He I), Balmer-Serie Wasserstoff	blau-weiß	10000-28000	18	Rigel, Spica, Achernar		
Α	Wasserstoff, Calcium (Ca II)	weiß (leicht bläulich)	7500- 9750	3,2	Wega, Sirius, Altair		
F	Calcium (Ca II), Auftreten von Metallen	weiß-gelb	6000- 7350	1,7	Prokyon, Canopus, Polarstern		
G	Calcium (Ca II), Eisen und andere Metalle	gelb	5000- 5900	1,1	Tau Ceti, Sonne, Alpha Centauri A		
K	starke Metalllinien, später Titan(IV)-oxid	orange	3500- 4850	0,8	Arcturus, Aldebaran, Epsilon Eridani, Albireo A		
М	Titanoxid	rot-orange	2000- 3350	0,3	Beteigeuze, Antares, Kapteyns Stern, Proxima Centauri		
Braune Zwerge							
L		rot	1300- 2000		VW Hyi		
Т		rot (Maximum in IR)	600- 1300		ε Indi Ba		
Y		infrarot (IR)	200- 600		WISEP J041022.71+150248.5		
Kohlens	Kohlenstoffklassen der roten Riesen (Kohlenstoffsterne)						
R	Cyan (CN), Kohlenmonoxid (CO), Kohlenstoff	rot-orange	3500- 5400		S Cam, RU Vir		
N	Ähnlich Klasse R, mit mehr Kohlenstoff. Das Spektrum weist ab dieser Spektralklasse praktisch keine Blauanteile mehr auf.	rot-orange	2000- 3500		T Cam, U Cas		
S	Zirkonoxid	rot	1900- 3500		R Lep, Y CVn, U Hya		

Abbildung 45: Abbildung der Spektralklassen

Sortiert wurden die Spektren nach den folgenden Eigenschaften:

Tabelle aus "Was ist Licht und wie zerlegen wir es?"

0	Intensives kontinuierliches Spektrum mit Absorptionslinien des ionisierten Heliums; insgesamt sehr wenig Fraunhofer-Linien
В	Wasserstoff Linien treten auf; Auch Linien des neutralen Heliums
А	Balmerlinien des Wasserstoffs im Maximum; Linien des ionisierten Kalziums treten auf
F	Balmerlinien werden schwächer; Kalziumlinien sind sehr stark ausgeprägt; Metalllinien treten auf
G	Starke Kalziumlinien; Balmerlinien sehr schwach; Intensive Linien des Eisens treten auf
K	Intensive Linien des Eisens und anderer Metalle; Zahlreiche Molekülbanden
M	Viele Linien neutraler Metalle, besonders von Eisen; Starke Titanoxid-Banden; auch Linien des Kalziums

6.8 Unser Spektrograph

Für unsere spektrographischen Aufnahmen der Sterne β Per und γ Cas haben wir den DADOS Slit-Spektrograph verwendet. Der Name DADOS Slit-Spektrograph setzt sich aus den Bestandteilen DADOS, was auf spanisch "Würfel" bedeutet, und Slit-Spektrograph, also "Spalten-Spektrograph" zusammen.



Abbildung 47: Spektrograph inkl. Zubehör

In einem Koffer hat man nicht nur den Spektrographen an sich, sondern auch Gitter zum Wechseln sowie das dafür benötigte Werkzeug. Außerdem sind weitere Okulare, eine Kalibrier-Lampe und eine Schnellwechseleinheit vorhanden. Mithilfe der unteren Bilder werden wir nun den Aufbau des DADOS Slit-Spektrographen erklären.



Abbildung 48: DADOS Split-Spektrograph

- 1. Nachführokular mit Blick auf den Spalt
- 2. Okularstutzen für das Nachführokular oder -kamera
- 3. Klemmschraube für die Klemmfassung
- 4. Steckhülse für das Teleskop
- 5. Spaltbeleuchtung in Form einer roten LED
- 6. Erster Würfel mit dem Spaltplättchen
- 7. Zweiter Würfel mit Gitter
- 8. Mikrometerschrauber zur Verstellung des Gitters
- 9. Klemmschraube für den Gitter-Einstellwinkel
- 10. Drehfokussierer, um das Spektrum scharf zu stellen
- 11. Drehfokussierer
- 12. Okular zur Betrachtung des Spektrums



Abbildung 49 & 50: Einsetzen und Wechseln des Gitters

Beim Wechseln des Gitters muss man sehr vorsichtig sein, dass man eben nicht auf das empfindliche Gitter fasst, da dieses dann zerstört würde.

Abbildung 51: DADOS Slit-Spektrograph mit STF 8300M

7. Experimenteller Aufbau und Durchführung



Wir haben unsere Aufnahmen der Sterne γ Cas und β Per, auch Algol genannt, am 03.03.2021 durchgeführt, außerdem haben wir noch von beiden Sternen Spektren aufgenommen. Glücklicherweise konnten wir nicht nur y Cas, sondern auch den Nebel IC 63 aufnehmen. Anfangs war es nicht klar, ob es uns gelingen würde diesen Nebel aufzunehmen, da er lichtschwach ist und von Wuppertal (51° 51' N, 7° 9' O) aus nicht sonderlich gut aufzunehmen ist. Das Wetter war anfangs gut mit klarem Himmel, allerdings sind später dichtere Wolken aufgezogen, welche die Aufnahmen gestört haben. Besonders die Aufnahmen des Nebels IC 63 waren betroffen.

Abbildung 52: Montage des Spektrographen mit Kamera am TEC 160 FL

Wir haben für unsere Aufnahmen die Station 7 verwendet, wo sich der TEC160FL-Refraktor befindet. Als Spektrographen haben wir den DADOS Slit-Spektrographen verwendet mit einem Gitter von 200 Linien pro mm und die Spektren haben wir mit der STF-8300M aufgenommen.





Abbildung 53: Aufbau des TEC160FL-Refraktors in Station 7 mit DADOS 200L/mm und STF-8300M

Abbildung 54: Seitenabbildung des Teleskops mit Spektrographen und Kamera





Abbildung 55 & 56: DADOS Split-Spektrograph und STF-8300 M

Wir haben zuerst die Wettervorhersagen überprüft, damit wir uns sicher sein konnten, dass wir unsere Aufnahmen auch an einem Abend schaffen würden. Anschließend haben wir noch als es hell war das Teleskop vorbereitet. Dazu mussten wir erst das Dach von Station 7 öffnen und die Computer miteinander verbinden. Anschließend haben wir über Stellarium den Stern Algol herausgesucht und das Teleskop zu ihm umschwenken lassen. Dann haben wir den DADOS Slit-Spektrographen vorbereitet, indem wir das Gitter gewechselt und überprüft haben, ob auch alles funktioniert. Danach haben wir den Spektrographen am Teleskop montiert und die Kamera am Spektrographen angebracht.

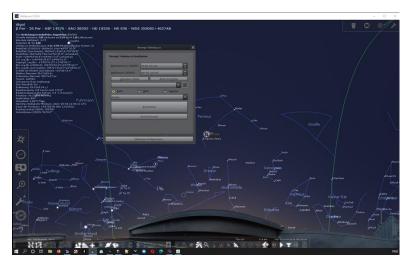


Abbildung 57: Heraussuchen von Algol mit Stellarium

Wir haben zuerst das Spektrum von Algol aufgenommen, dies war einfacher und ging deutlich schneller als der Aufbau und die Vorbereitung. Wir saßen in Station 7 und mussten nur aufpassen, dass Algol auch durch gehend im Spalt war. Mit Hilfe Spaltbeleuchtung der haben wir geprüft, wo genau der Spalt war, so dass wir den Stern im Spalt einfangen konnten. Danach mussten wir nur noch aufpassen,

während der Aufnahmedauer der Stern nicht wieder aus dem Spalt wanderte. Anschließend haben wir das Teleskop zum Stern γ Cas umgeschwenkt und von diesem das Spektrum aufgenommen. Auch hier mussten wir nur sicherstellen, dass der Stern im Spalt blieb.



Abbildung 58: Aufnahme von IC 63

Nachdem wir die Spektren aufgenommen hatten, bauten wir den Spektrographen und die Kamera ab. Dafür mussten wir erst einmal warten, bis Kamera wieder die richtige Temperatur erreicht hat, da sie während der Aufnahme Spektren auf eine Temperatur von -20 gekühlt werden muss. Sobald wir die Kamera und den Spektrographen abmontiert

hatten, zerlegten wir den Spektrographen wieder in seine Einzelteile und packten sie zurück in den Koffer. Dann konnten wir die ASI183MCpro am TEC160FL-Refraktor anbringen. Mit dieser Kamera haben wir die Aufnahmen von Algol, γ Cas und dem γ Cas-Nebel angefertigt. Wir hatten eine Belichtungszeit von 60s pro Bild eingestellt und haben auch so genannte Darkframes aufgenommen. Als Filter hatten wir den Optolong Dual-Band-Filter für HAlpha und [OIII] verwendet.

Nach dem Aufnehmen der Spektren haben wir die Aufnahmen von γ Cas gemacht und zufälligerweise in Stellarium einen nahen Nebel entdeckt. Wir haben uns daraufhin spontan dazu entschieden diesen auch aufzunehmen oder es zumindest zu versuchen.

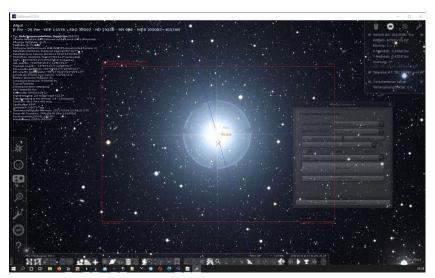


Abbildung 59: Aufnahme von Algol

Auf dem Bild 58 kann man sehen, wie wir das Objekt IC 63 anvisiert und das Teleskop herumgeschwenkt haben.

Auf dem Bild 59 kann man sehen wir wie ein letztes Mal das Teleskop zu Algol geschwenkt haben, um auch von β Per Bilder aufzunehmen.

8. Programme

8.1 DeepSkyStacker am Beispiel γ Cas

Mit DeepSkyStacker haben wir die einzelnen Bilder, die wir gemacht haben, aufeinander gestackt, um eine bessere Qualität zu erreichen und die Objekte besser sichtbar zu machen. Hier war der erste Schritt, die Bilder auszuwählen (Abb. 60).

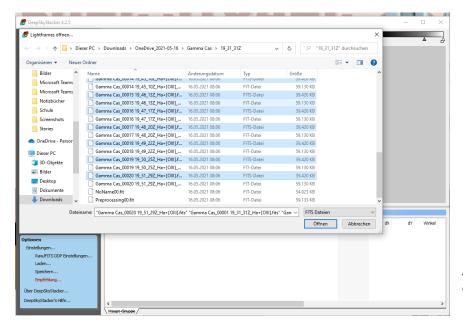


Abbildung 60: Auswahl der Bilder in DeepSkyStacker

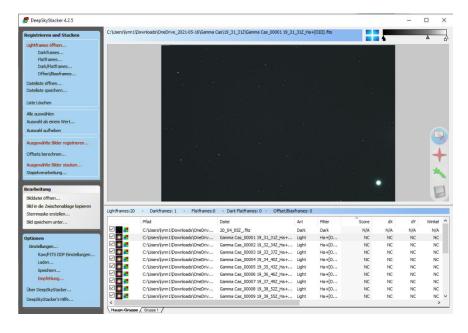


Abbildung 61: alle Bilder eingefügt, ein Referenzbild festgelegt

Danach wurde eines der Bilder als Referenzbild angelegt und alle Bilder markiert (Abb. 61).

Als nächstes wurden die Bilder von dem Programm gestackt (Abb. 62 – 64).

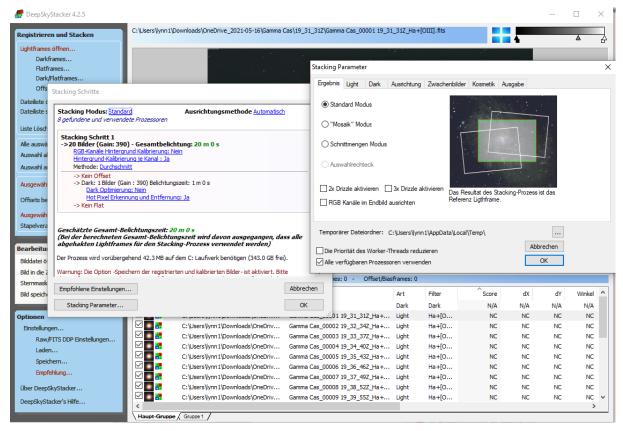


Abbildung 62: Einstellungen für das Stacken

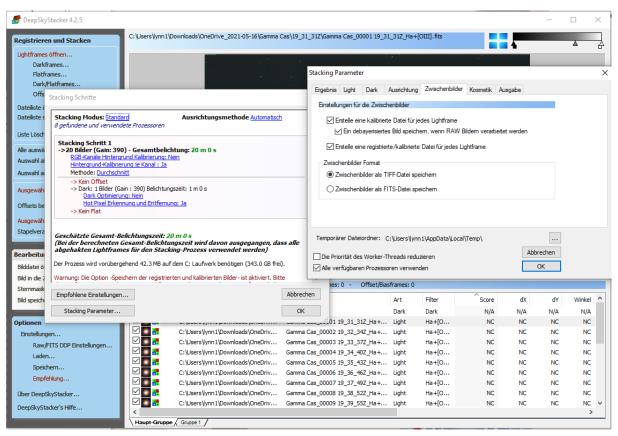


Abbildung 63: Einstellungen für das Stacken

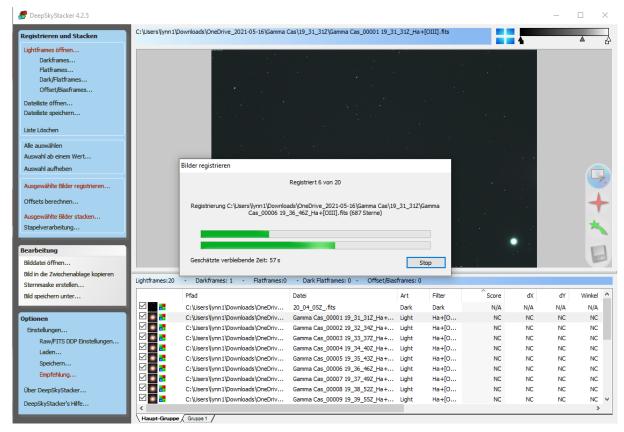


Abbildung 64: Stackvorgang

Nach dem Stacken kam ein grünliches Bild heraus, welches mit Hilfe der Farbkorrektur verbessert wurde.

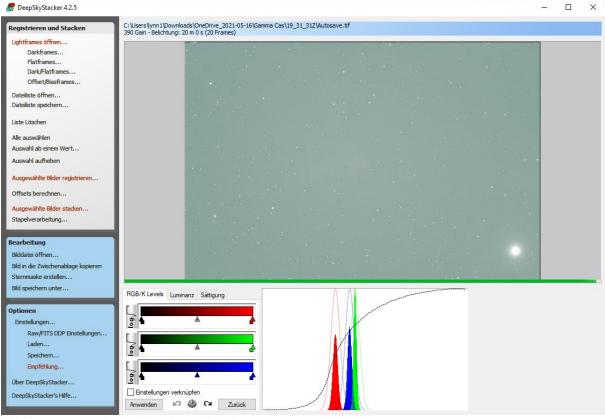


Abbildung 65: gestacktes Bild vor der Farbkorrektur

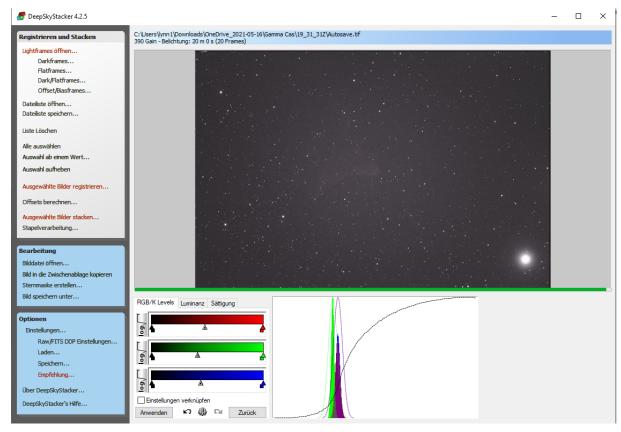


Abbildung 66: gestacktes Bild nach der Farbkorrektur

Das entstandene Bild konnte abgespeichert und mit Photoshop weiterbearbeitet werden.

8.2 Photoshop am Beispiel Cassiopeia



Abbildung 67: Einfügen des Bildes

Im ersten Schritt wurde das Bild in Photoshop geöffnet (Abb. 67). Dann wurde als erstes die Farbe korrigiert (Abb. 68 – 69). Dies sorgte dafür, dass man die Sterne besser erkennen konnte. Dieses Bild wurde als Photoshop-Datei abgespeichert.

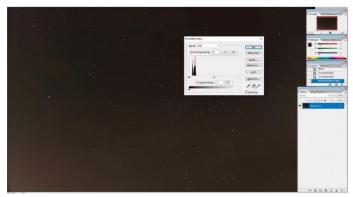


Abbildung 69: Farbkorrektur

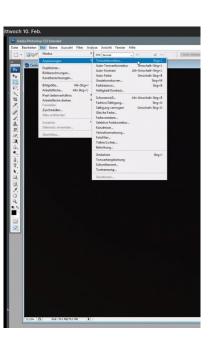
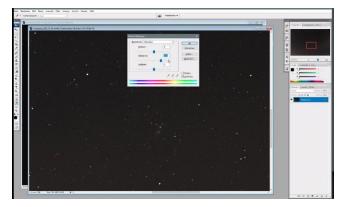


Abbildung 68: Farbkorrektur



Danach haben wir die Sättigung des Bildes hochgesetzt (Abb. 70), was die Sterne noch besser sichtbar macht und auch diesen Schritt abgespeichert.

Abbildung 70: Sättigungsanpassung

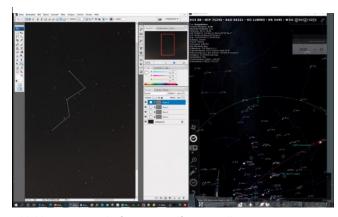


Abbildung 71: Beschriftung mit Hilfe von Stellarium

Als letztes haben wir Stellarium zur Hilfe genommen, um die genaue Lage von Cassiopeia zu ermitteln. Dann haben wir das Sternbild eingezeichnet und beschriftet.

8.3 Ergebnisse



Abbildung 72: Mit DeepSkyStacker und Photoshop bearbeitetes Bild von Algol



Abbildung 73: Mit DeepSyStacker und Photoshop bearbeitetes Bild von γ Cas und einem Nebel

9. Auswertung der Spektren

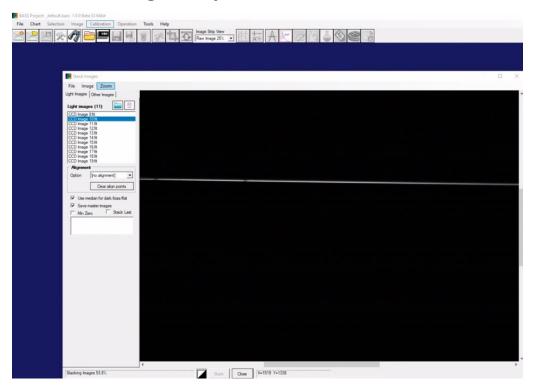


Abbildung 74: Gestackte Aufnahme mit Spektren

Wir werden nun die Bearbeitung und Auswertung unserer Spektren von γ Cas und β Per vorstellen. Zur Bearbeitung der Spektren haben wir das Programm BASS Project verwendet.

Zuerst haben wir alle Aufnahmen des Spektrums von Algol in BASS Project gestackt (Abb. 74), woraufhin wir eine Spektralkurve erhalten haben (Abb. 75). Im Bild kann man sehr deutlich erkennen, dass das Spektrum nicht wirklich horizontal liegt. Dies mussten wir korrigieren.

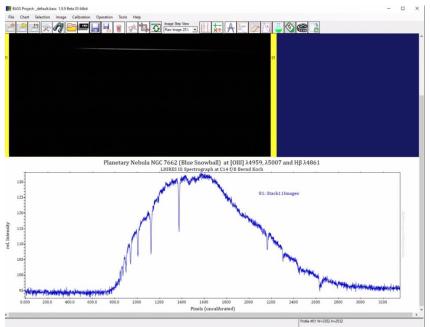
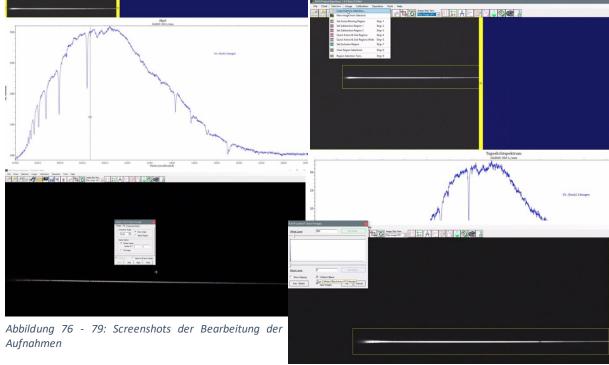


Abbildung 75: Gestackte Aufnahme mit Kurve

Auf den folgenden Bildern kann man sehen, wie genau wir das Spektrum gedreht haben, schließlich wussten wir nicht genau um wie viel Grad es gedreht werden musste. Außerdem hatten wir an den Rändern Teile, die nicht zum Spektrum gehörten. Dies mussten wir natürlich auch entfernen, da wir nur das Spektrum untersuchen wollten. Dafür haben wir einfach einen Rahmen um das Spektrum gezogen und so den nicht benötigten Rest abgeschnitten.



Dies wird in den vier Screenshots (Abb. 76 - 79) deutlich. Dies ist jedoch nicht die endgültige Auswertung der Spektren. Zuerst mussten wir noch das Spektrum kalibrieren, damit wir auch sehen konnten, welche Elemente im Stern Algol enthalten sind.

Zur Kalibrierung des Spektrums wählt man mindestens fünf bekannte Linien aus, die leicht zu erkenne sind und deren genaue Wellenlänge man kennt. Man muss mit der roten Linie oben die Spitze eines solchen Ausschlags markieren und ihn dann einem Element zuordnen.

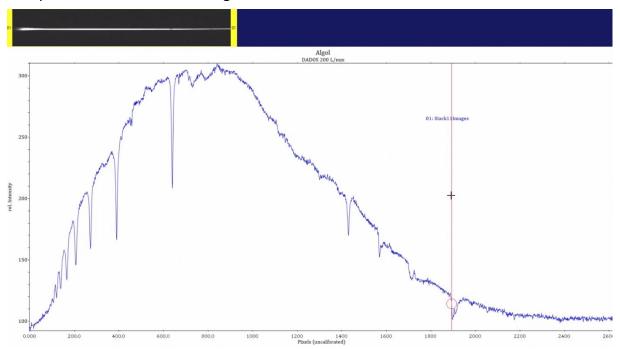


Abbildung 80: Beginn der Kalibrierung

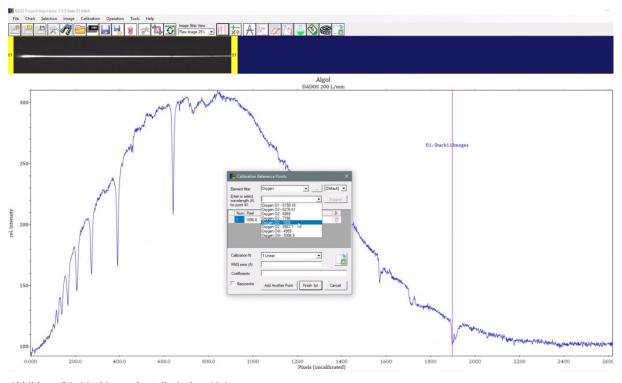


Abbildung 81: Markieren der tellurischen Linien

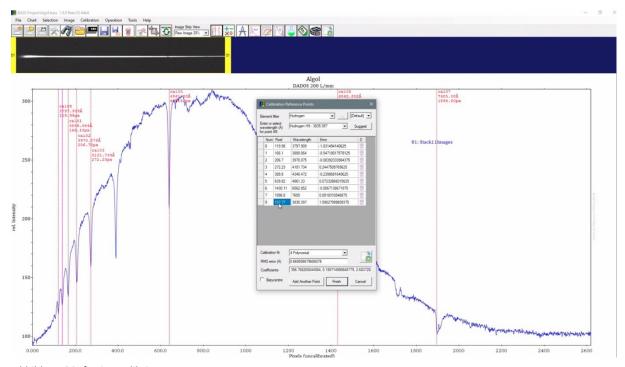


Abbildung 82: fertige Kalibrierung

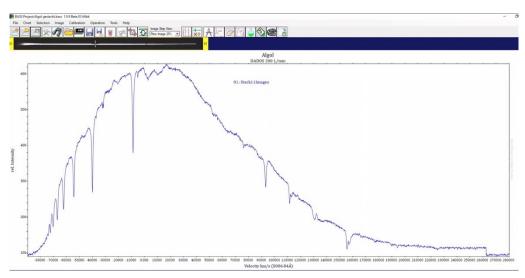


Abbildung 83: Spektrum nach der Kalibrierung

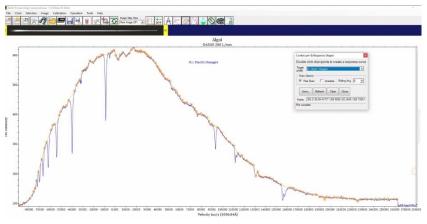
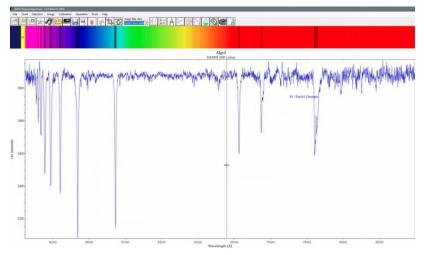


Abbildung 84: Flusskalibrierung

Nachdem wir unser Spektrum SO kalibriert haben, dass wir die richtigen Wellenlängen hatten, mussten wir es noch normieren, also die Kurve herausholen, diese nicht so existiert, sondern einfach durch die Aufnahme entsteht.

Anschließend haben wir uns noch das Spektrum farbig darstellen lassen, damit man eine bildliche Vorstellung davon hat, welche Farbe zu welcher Wellenlänge gehört.



Wir Flusshatten die kalibrierung durchgeführt, um die Kurve aus dem Spektrum zu kriegen, dennoch waren wir zu dem Zeitpunkt noch nicht fertig. Erst einmal mussten wir das Spektrum auf eins normieren, die um Ausschläge besser analysieren zu können.

Abbildung 85: Normiertes Spektrum mit farblicher Darstellung

Daraufhin mussten wir noch einmal die Flusskalibrierung herausnehmen, um die Form des Spektrums in der Grafik zu korrigieren. Dafür hatten wir weitere Rechenverfahren anwenden müssen, wie man unten sehen kann.

Unter anderem mussten wir die Erdatmosphäre von unserem Standort aus dem Spektrum nehmen, da auch dieser Einfluss darauf hat, wie das Spektrum aussieht. Die tellurischen Linien beispielsweise sind Linien, welche nur durch die Erdatmosphäre entstehen.

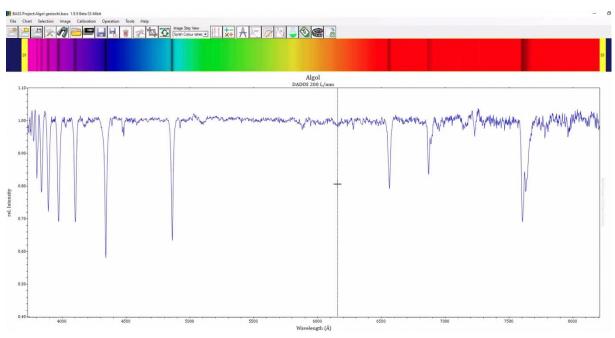


Abbildung 86: Normierung des Spektrums auf Eins

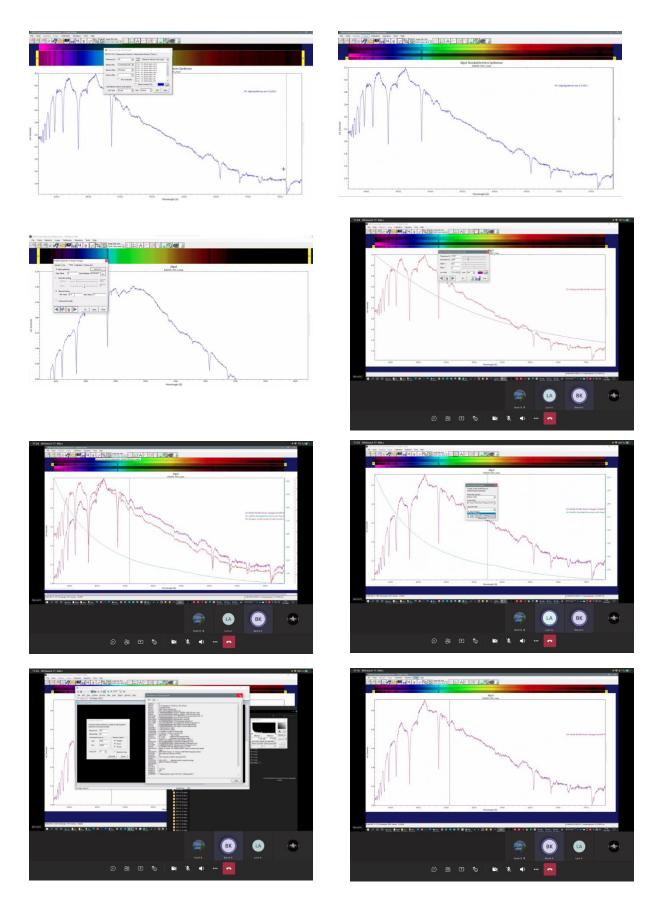
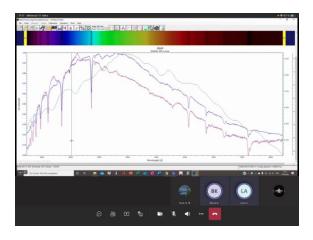
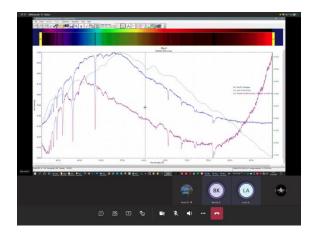


Abbildung 87 - 94: verschiedene Rechenprozesse





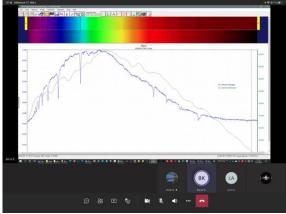


Abbildung 95 - 97: verschiedene Rechenprozesse

Danach konnten wir anfangen das Spektrum von Algol genauer zu analysieren. Dafür haben wir nachgesehen, welche möglichen Stoffe in Algol zu finden sind und die Vorschläge der jeweiligen Wellenlängen der Ausschläge damit verglichen.

Wir mussten auch mitunter auf amerikanische Datenbanken zurückgreifen, um herauszufinden, welches Element zu welchem Peak gehört.

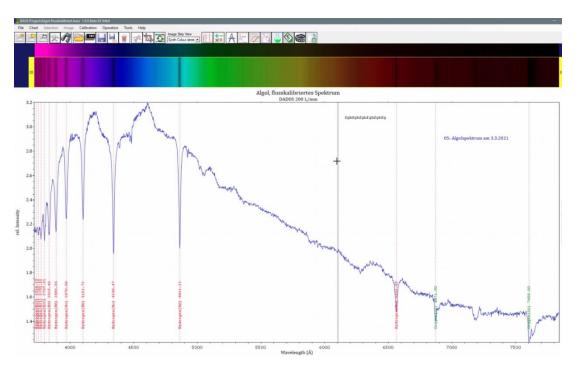


Abbildung 98: Beschriftung der Absorptionslinien

In Abbildung 98 kann man nun sehen, was wir in unserem Algolspektrum gefunden haben. Tatsächlich hatten wir nur Ausschläge für Wasserstoff (rot) und Sauerstoff (grün) gefunden, allerdings hat man dafür sehr schön die Balmerserie des Wasserstoffs sehen können.

Anschließend haben wir noch eine Legende erstellt und einige wichtige Informationen angegeben wie zum Beispiel: Wer hat das Spektrum aufgenommen? Wieso? Wann? Mit welchem Equipment?

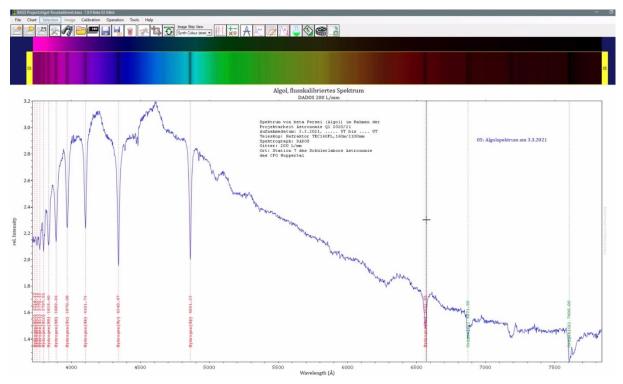


Abbildung 99: Spektrum mit Legende

Daraufhin wollten wir das Spektrum noch übersichtlicher darstellen, also haben wir die Flusskalibrierung wieder rein gemacht, so dass das Spektrum auf eins normiert war und leichter zu verstehen war.

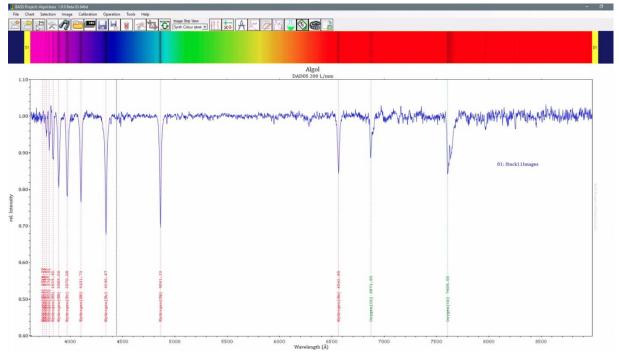


Abbildung 100: normiertes Spektrum

Zum Schluss haben wir noch den Hintergrund der Grafik in den Spektralfarben eingefärbt, um es nicht nur schöner zu machen, sondern auch damit wieder die Farbe des Lichtes verdeutlicht wurde.

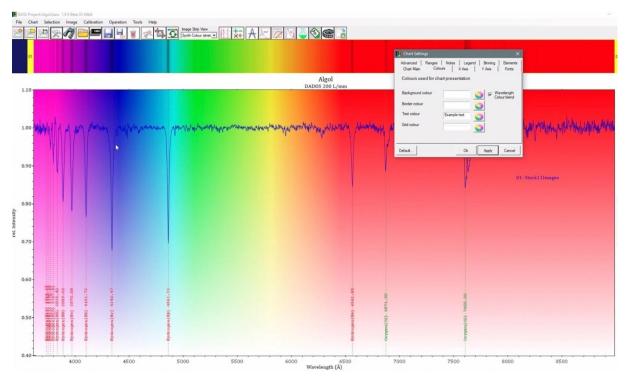


Abbildung 101: eingefärbtes Spektrum

10. Beantwortung der Fragen

10.1 Warum verändert γ Cas seine Helligkeit?

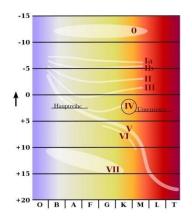


Abbildung 102: Hertzsprung-Russell-Diagramm

Spektralklasse ist der hohe Anteil an neutralem Helium und Wasserstoff der Balmer-Serie.

Auf der Ebene des Äquators von γ Cas hat sich eine dünne Scheibe aus Materie gebildet, da γ Cas knapp

γ Cas ist ein eruptiv veränderlicher Unterriese des Spektraltyps B0,5IVe. Dabei steht das B für einen blau-weißen Stern der Hauptreihe des Hertzsprung-Russel-Diagramms mit einer Oberflächentemperatur von 10000 – 28000 °K und IV für die Leuchtkraftklasse. In diesem Fall ist es die eines Unterriesen. Das Suffix e steht dafür, dass man die Balmerlinien in Emissionen sehen kann, wenn man eine Spektrographie durchführt. Besonders charakteristisch für Sterne dieser

Klasse	Charakteristik	Farbe	Oberflächen- Temperatur (K)	typ. Masse für Haupt- reihe (M⊙)	Beispiele
Hauptre	eihe und Riesenast				
0	ionisiertes Helium (He II)	blau	30000-50000	60	Mintaka (δ Ori), Naos (ζ Pup)
В	neutrales Helium (He I), Balmer-Serie Wasserstoff	blau-weiß	10000-28000	18	Rigel, Spica, Achernar
Α	Wasserstoff, Calcium (Ca II)	weiß (leicht bläulich)	7500- 9750	3,2	Wega, Sirius, Altair
F	Calcium (Ca II), Auftreten von Metallen	weiß-gelb	6000- 7350	1,7	Prokyon, Canopus, Polarstern
G	Calcium (Ca II), Eisen und andere Metalle	gelb	5000- 5900	1,1	Tau Ceti, Sonne, Alpha Centauri A
K	starke Metalllinien, später Titan(IV)-oxid	orange	3500- 4850	0,8	Arcturus, Aldebaran, Epsilon Eridani, Albireo A
M	Titanoxid	rot-orange	2000- 3350	0,3	Beteigeuze, Antares, Kapteyns Stern, Proxima Centauri
Braune	Zwerge				
L		rot	1300- 2000		VW Hyi
Т		rot (Maximum in IR)	600- 1300		ε Indi Ba
Υ		infrarot (IR)	200- 600		WISEP J041022.71+150248.5
Kohlens	stoffklassen der roten Riesen (Kohlenstoffsterne)			
R	Cyan (CN), Kohlenmonoxid (CO), Kohlenstoff	rot-orange	3500- 5400		S Cam, RU Vir
N	Ähnlich Klasse R, mit mehr Kohlenstoff. Das Spektrum weist ab dieser Spektralklasse praktisch keine Blauanteile mehr auf.	rot-orange	2000- 3500		T Cam, U Cas
S	Zirkonoxid	rot	1900- 3500		R Lep, Y CVn, U Hya

Abbildung 103: Spektralklassen

unter der kritischen Geschwindigkeit rotiert. Die kritische Geschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, bei der die Fliehkraft die Schwerkraft überwiegen würde. Diese Scheibe verleiht dem Stern seine rötliche Färbung, wenn man ihn mit bloßem Auge sieht, da die Scheibe aus Wasserstoff besteht, welcher rot leuchtet.

Die Bildung dieser Scheibe ist der Ausbruchsmechanismus des Lichtwechsels von γ Cas, welcher aus Absorption und Remission bei anderen Wellenlängen aufgrund des Ausstoßes von Materie besteht.

10.2 Warum wird y Cas auch Navi genannt?

Der Name "Navi" wurde γ Cas 1967 auf einer Apollo-Mission gegeben. Es gab 36 Navigationssterne, allerdings hatten nur 33 von ihnen Namen, die man sich gut merken konnte. Daher kamen die Crew-Mitglieder auf die Idee, den drei übrigen Sternen Spitznamen zu geben.

"Navi" steht für γ Cas, "Dnoces" für ι Uma und "Regor" für γ Vel. "Navi" steht in diesem Fall für das Crew-Mitglied Virgil Ivan Grissom, dessen zweiter Vorname lediglich rückwärts geschrieben wurde.

10.3 Warum "zwinkert" Medusa?

Algol (β Per) ist ein Doppelstern bestehend aus einem kleinen, hellen Stern sowie einem großen, eher schwachen Stern, die umeinanderkreisen. Wenn nun alle 2,87 Tage der größere, schwache Stern von der Erde aus gesehen vor dem kleineren Stern entlangläuft, kann man den hellen Stern nicht sehen und Algol erscheint dunkler. Da Algol das Auge der Medusa darstellen kann, zwinkert Medusa, wenn sich der größere Stern vorne befindet.

10.4 Warum verschwindet einer der Sterne im Sternbild Cetus?

Tatsächlich ist mit diesem Stern der Stern o Cet (Mira) gemeint. Dieser verschwindet jedoch nicht, sondern er ändert nur seine Helligkeit. Das Helligkeitsmaximum schwankt in einem Bereich von 1,7 mag bis 4,9 mag, das Helligkeitsminimum schwankt zwischen 8,6 mag und 10,1 mag. Dadurch ist der Stern mal mit bloßem Auge und mal nur mit einem Teleskop sichtbar. Die Dauer von Maximum zu Maximum beträgt 206 Tage.

Es verändert sich allerdings nicht nur die Helligkeit des Sterns, sondern auch das Spektrum. Mira verändert seinen Spektraltyp von M5e während des Maximus zu M9e während des Minimus.

Mira ist derzeit der einzig bekannte Stern mit einem kometenartigen Schweif. Dieser Schweif besteht aus ausgestoßener Materie der äußeren Hülle des Sterns und kommt dadurch zustande, dass Mira sich mit einer relativ hohen Geschwindigkeit von 110 km/s durch den interstellaren Raum bewegt. Miras Sternwind interagiert mit dem Gas des interstellaren Raums. Aus dem Schweif, also der ausgestoßenen Materie, wird sich irgendwann ein planetarischer Nebel bilden. Der Sternschweif von Mira ist ganze 13 Lichtjahre lang.

11. Anhang

11.1 Quellen

- [1] Kosmos, Geoffrey Cornelius, Was Sternbilder erzählen, S. 96-97
- [2] Kosmos, Geoffrey Cornelius, Was Sternbilder erzählen, S. 61-62
- [3] https://de.wikipedia.org/wiki/Walfisch (Sternbild)
- [4] Julius D.W. Staal, The New Patterns in the Sky; Myths and Legends of the Stars, S. 7 15
- [5] https://de.wikipedia.org/wiki/Andromeda (Sternbild)
- [6] https://de.wikipedia.org/wiki/Kepheus (Sternbild)
- [7] https://www.schuelerlabor-astronomie.de/die-geschichte-des-sterns-von-bethlehem/
- [8] https://www.baader-planetarium.com/de/downloads/dl/file/id/496/product/1481/sternspektroskopie studente narbeit von anja molter herbstkurs 2014.pdf
- [9] https://de.wikipedia.org/wiki/Perseiden
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha Persei
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Algol
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha Cassiopeiae
- [13] https://www.star-facts.com/schedar/
- [14] https://de.wikipedia.org/wiki/Andromeda-Milchstraßen-Kollision
- [15] https://de.wikipedia.org/wiki/Andromedagalaxie
- [16] https://de.wikipedia.org/wiki/Abd_ar-Rahman_as-Sufi
- [17] https://de.wikipedia.org/wiki/Alamak
- [18] https://de.wikipedia.org/wiki/Sirrah
- [19] https://www.leifiphysik.de/optik/elektromagnetisches-spektrum/grundwissen/gammastrahlung
- [20] https://de.wikipedia.org/wiki/Doppelspaltexperiment
- [21] Spektrum der Wissenschaft, Ausgabe 12.18, S. 13 19
- [22] BeST-Kurs Spektroskopie "Was ist Licht und wie zerlegen wir es?"

11.2 Bildnachweis

Titelbild	eigene Anfertigung					
Abb. 1	https://en.wikipedia.org/wiki/Perseus (constellation)#/media/File:Perseus IAU.svg					
Abb. 2, 4, 9, 10, 14	http://www.allthesky.com/constellations/visualconstellations.html					
Abb. 3	https://en.wikipedia.org/wiki/Perseus (constellation)#/media/File:Sidn ey Hall - Urania's Mirror - Perseus.jpg					
Abb. 5	https://en.wikipedia.org/wiki/Cassiopeia (constellation)#/media/File:Cassiopeia IAU.svg					
Abb. 6	https://en.wikipedia.org/wiki/Cassiopeia (constellation)#/media/File:Sidney Hall - Urania's Mirror - Cassiopeia (image right side up).jpg					
Abb. 7	https://de.m.wikipedia.org/wiki/Andromeda (Sternbild)#/media/Datei %3AAndromeda constellation map.png					
Abb. 8	https://en.wikipedia.org/wiki/Andromeda (constellation)#/media/File: Sidney Hall - Urania's Mirror - Gloria Frederici, Andromeda, and Triangula.jpg					
Abb. 11	https://en.wikipedia.org/wiki/Cepheus (constellation)#/media/File:Cepheus IAU.svg					
Abb. 12	https://en.wikipedia.org/wiki/Cepheus (constellation)#/media/File:Sidney Hall - Urania's Mirror - Cepheus.jpg					
Abb. 13, 18, 19, 31 – 37, 47 –	eigene Anfertigung					
101						
Abb. 15	https://en.wikipedia.org/wiki/Cetus#/media/File:Cetus IAU.svg					
Abb. 16	https://en.wikipedia.org/wiki/Cetus#/media/File:Sidney Hall - Urania's Mirror - Psalterium Georgii, Fluvius Eridanus, Cetus, Officina Sculptoris, Fornax Chemica, and Machina Electrica.jpg					
Abb. 17	© Bernd Koch					
Abb. 20	https://de.wikipedia.org/wiki/Perseiden#/media/Datei:Perseiden Met eor (2009).jpg					
Abb. 21	https://www.astro.com/astrowiki/de/Mirfak					
Abb. 22	https://in-the-sky.org/data/object.php?id=TYC2851-2168-1					
Abb. 23	https://in-the-sky.org/data/object.php?id=TYC3694-2581-1					
Abb. 24	https://in-the-sky.org/data/object.php?id=TYC3704-1332-1					
Abb. 25	https://archive.stsci.edu/					
Abb. 26	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gamma Cassiopeiae by Kees Scherer.jpg					
Abb. 27	https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sirrah#/media/Datei%3AAlpheratz.gif					
Abb. 28	https://de.wikipedia.org/wiki/Andromediden#/media/Datei:CometBiela.ipg					
Abb. 29	https://apod.nasa.gov/apod/ap181217.html					
Abb. 30	https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/NGC 6946					
Abb. 38	https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:EM-Spektrum.svg					
Abb. 39	https://www.leifiphysik.de/optik/farben/grundwissen/spektralfarben					
Abb. 40	https://de.wikipedia.org/wiki/Doppelspaltexperiment					

Abb. 41	https://de.wikipedia.org/wiki/Interferenz (Physik)
Abb. 42	https://www.leifiphysik.de/optik/lichtausbreitung/versuche/geradlinige-lichtausbreitung
Abb.43	https://www.leifiphysik.de/optik/wellenmodell-des-lichts/grundwissen/licht-als-teilchen-vorstellungen-von-newton
Abb. 44	http://astro.uni-tuebingen.de/~TMAW/manuals/manualDE.pdf
Abb. 45	https://de.wikipedia.org/wiki/Spektralklasse
Abb. 102 Abb. 103	https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:HR-diag-no-text-3.svg (bearbeitet) https://de.wikipedia.org/wiki/Spektralklasse (Bildschirmfoto)

12. Danksagung

Zunächst möchten wir uns beim Carl-Fuhlrott-Gymnasium mit all seinen Lehrern bedanken, die uns in dieser schweren Zeit unterstützt haben und uns geholfen haben, trotz der Corona-Pandemien doch noch einen Projektkurs Astronomie stattfinden zu lassen.

Insbesondere danken wir Herrn Winkhaus, der einen wundervollen und sehr lehrreichen Vortrag zur Spektroskopie hielt und in zwei Tagen die Geschichte dazu und die physikalischen Grundlagen nähergebracht hat.

Natürlich hätten wir ohne Herrn Koch diese Projektarbeit überhaupt nicht erst anfertigen können, deshalb bedanken wir uns noch einmal ausdrücklich die Hilfe bei der Auswertung der Spektren und bei all den technischen Problemen, die sich uns gestellt haben. Vielen Dank auch für die zahlreichen Quellen, die Sie uns für unsere Arbeit zur Verfügung gestellt haben. Besonders großartig und absolut nicht selbstverständlich war es, dass Sie uns Ihre eigene Sternwarte für ferngesteuerte Aufnahmen angeboten haben.

Unseren herzlichsten Dank auch an unsere Eltern, die uns immer mit allen Möglichkeiten unterstützt haben. Egal, ob wir spätabends abgeholt oder aus Tiefpunkten herausgecoacht werden mussten.

Vielen, vielen Dank auch an unsere Kurskameraden, wegen denen der Kurs nie langweilig wurde, selbst wenn man sich nicht persönlich sehen konnte.

Ein besonderes Dankeschön geht an alle Sponsoren des Schülerlabors Astronomie, ohne die es diesen Projektkurs nicht geben würde!

13. Abschlusserklärung

Hiermit versichern wir, dass wir diese Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen Quellen als die von uns angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Projektarbeit, die dem Wortlaut oder dem Inhalt nach aus anderen Werken entnommen wurden, in jedem einzelnen Fall mit genauer Quellenangabe gekennzeichnet haben.

Wir sind damit einverstanden, dass die von uns verfasste Projektarbeit der schulinternen Öffentlichkeit in der Bibliothek der Schule zugänglich gemacht wird.

Ort, Datum		 	
Unterschriften			