Facharbeit im Leistungskurs Physik

Carl-Fuhlrott Gymnasium

Daniel Petrusch und Jonas Hankel

Betreuungslehrer:
Michael Winkhaus und
Bernd Koch

Abgabetermin: 14.3.2012

[BAU EINES PLANETARIUMSPROJEKTORS]

Inhalt

1 Einleitung 2
2 Der Sternbildprojektor 2
2.1Diaprojektor 2
2.2 Handbeamer 4
2.2.1 Bilder für das Planetarium anpassen 9
2.2.2 Verbildlichung anhand des Orions 12
3 Sternbilder, ihre Funktionen und ihre Entstehung 12
3.1 Sternbilder 12
3.2 Entstehung der Sternbilder 13
3.3 Funktion der Sternbilder 15
3.3.1.Orientierung und Ordnung des Himmels 15
3.3.2 Astrologie 16
3.4 Geschichten und Mythen des Sternbilds Orion 16
4 Objekte im Sternbild Orion 17
4.1 Der Orionnebel 18
5 Eigene fotografische Aufnahme des Sternbildes Orion 19
5.1 Digitale Nachbearbeitung 23
5.2 Vom Foto zum Sternbild 27
5.3 Orion in Stellarium 28
5.4 Orion im Planetarium 28
6 Vergleich des Sternbilds Orion am Wuppertaler Nachthimmel, in der Astrosoftware „Stellarium“ und in unserem Schulplanetarium 31
6.1 Auswertung 32
Abschlusserklärung 34
Literaturverzeichnis 35

1 Einleitung

Zu Anfang möchten wir mit einem kurzen Einblick in die vorkommenden Themen unserer Facharbeit beginnen.

Unser erstes Hauptthema ist der Umbau eines Beamers oder Diaprojektors zu einem für Planetarien tauglichen Sternbildprojektor. Zusätzlich gehört die einzelne Anpassung der Sternbildumrisse im Planetarium dazu. Diesen Punkt werden wir allerdings nur kurz erwähnen, da es eine reine Fleißarbeit darstellt.

Dazu passend befasst sich das zweite Hauptthema mit dem Sternbild des Orion, welches wir auch an der Sternwarte aufnehmen und verarbeiten werden. Zusätzlich werden wir einen Qualitätsvergleich zwischen dem Schulplanetarium und dem echtem Sternhimmel führen, als zusätzliche Referenz werden wir das Programm „Stellarium“ benutzen, mit dem sich am Computer der Sternhimmel betrachten lässt.

2 Der Sternbildprojektor

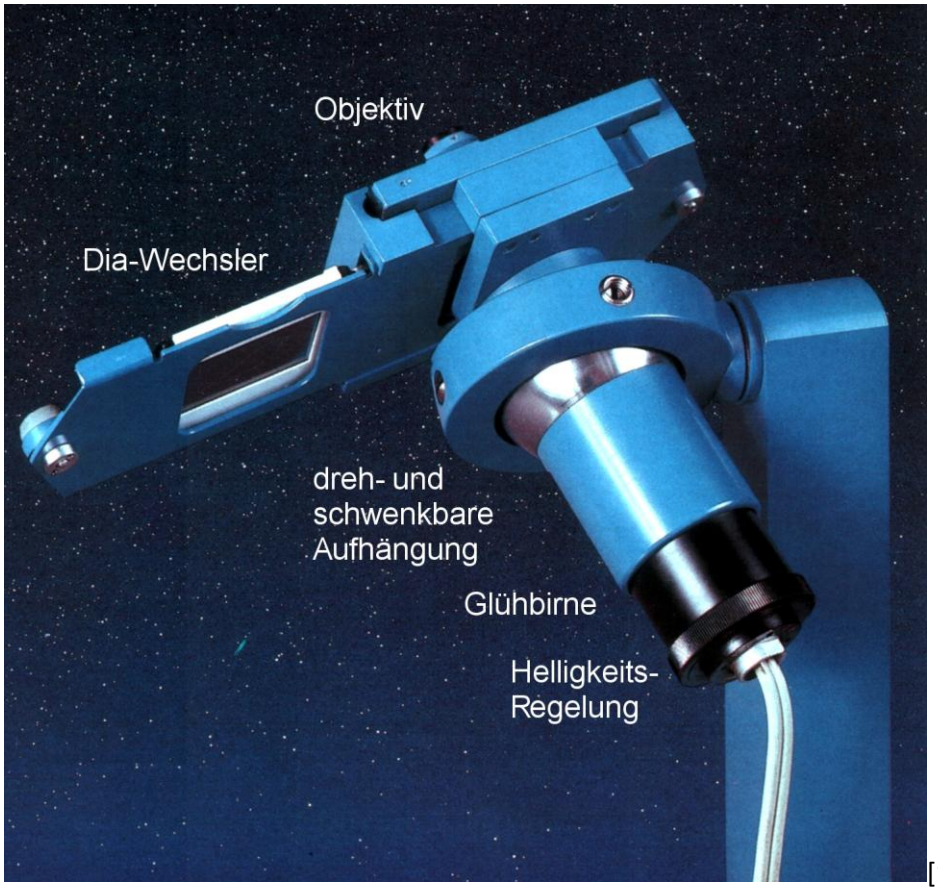
Unser erster Hauptteil der Facharbeit befasst sich mit dem Umbau eines Hand-Beamers oder Diaprojektors zu einem für das Planetarium brauchbaren Sternbildprojektor, da dort ein ebensolcher noch fehlt und eine sinnvolle Erweiterung ist, da die meisten Sternbilder auf den ersten Blick schwer zu erkennen sind und es deshalb bei Präsentationen oft zu Verwirrungen kommt.

2.1Diaprojektor

In der Sternwarte in Recklinghausen wird im Planetarium ein solcher Diasternbildprojektor verwendet, welcher von Zeiss gebaut wurde. Nachdem wir uns mit Herrn Steinrücken, welcher dort arbeitet, in Verbindung gesetzt haben, bekamen wir schnell die nötigen Infos für einen möglichen Umbau.

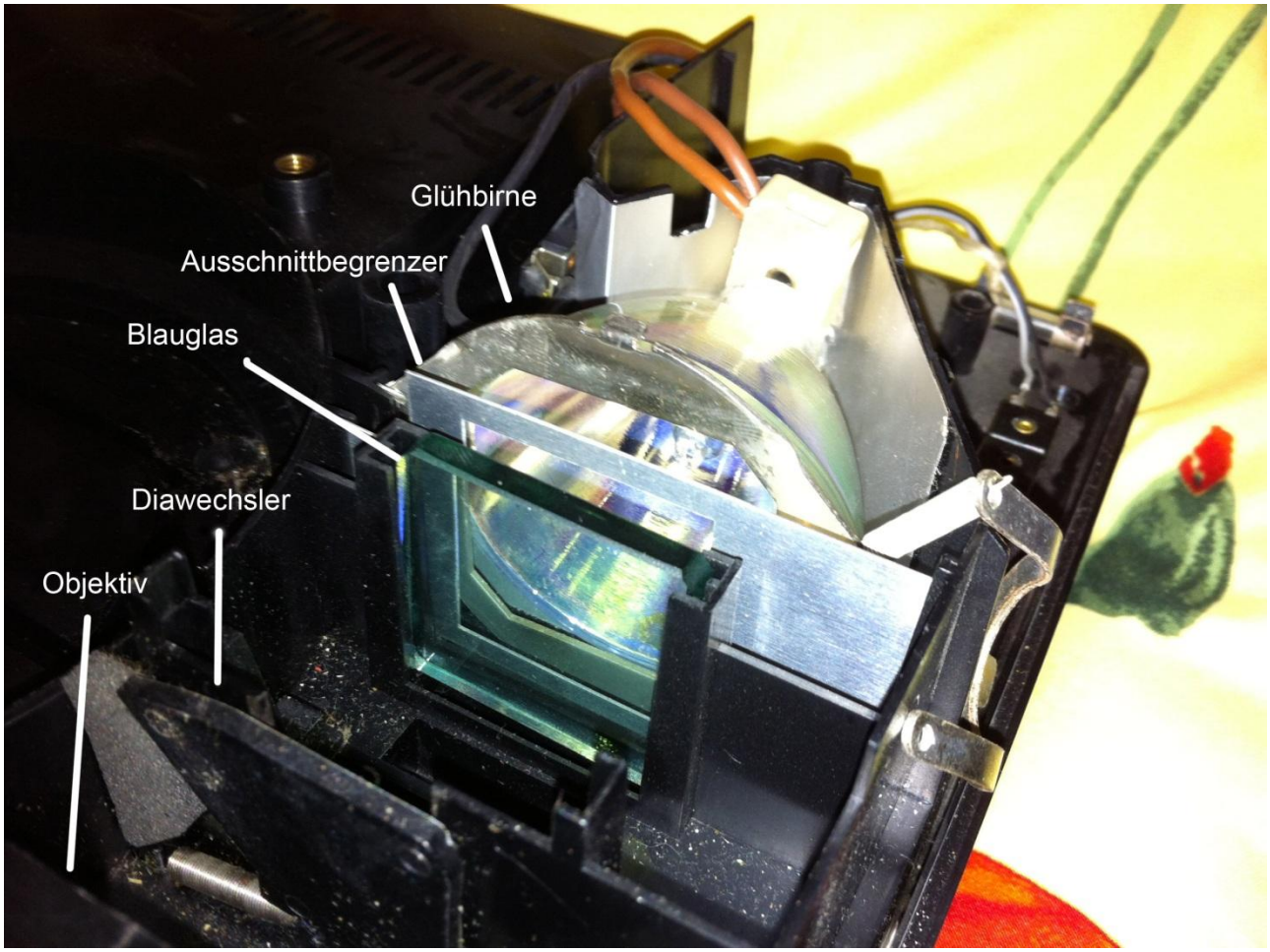
Da normale Diaprojektoren viel zu hell sind, weil sie den Himmel im Planetarium komplett überstrahlen würden, hat die Firma Zeiss eine 6-Volt Birne mit 5 Watt verbaut und jegliche Kondensorlinsen[1] weggelassen. Zudem wurde eine möglichst punktförmige Leuchtwendel benutzt um die Linien so scharf wie möglich darzustellen, da sich die Qualität des Bildes erhöht wenn die Lichtquelle beinahe punktförmig ist. Um die Helligkeit noch von Hand zu regeln, wurde ein Drehwiderstand („Drehpoti“)eingebaut. Die gesamte Konstruktion ist um zwei Achsen drehbar, da die Sternbilder immer von Hand auf die zugehörigen Sterne gerichtet werden müssen. Wir haben zudem folgendes Foto von Herrn Steinrücken erhalten welches den Projektor zeigt:

[1] Kondensorlinsen sorgen durch ihre Krümmung für ein gleichmäßig ausgeleuchtetes Bild und werden zwischen Objektiv und Lichtquelle platziert.



[1]

Für den Umbau haben wir von Herrn Winkhaus zwei alte Diaprojektoren zur Verfügung gestellt bekommen und sie zu Beginn auseinandergeschraubt, um uns mit der Funktionsweise vertraut zu machen.



In diesem Diaprojektor waren keine Kondensorlinsen vorhanden, sondern nur ein bläulich gefärbtes Glas, welches für natürlich wirkende Farben bei den Projektionen sorgte. Stattdessen wurde einfach der Ausschnitt des Lichtes, das auf das Dia fällt, durch eine Metallplatte mit rechteckiger Öffnung begrenzt.

Für den Umbau hätten wir von diesem Projektor nur das Objektiv verwenden können und eventuell die Vorrichtung zum Wechseln der Dias, da die Lampe durch ihre 75 Watt Leistungsaufnahme erstens zu hell und damit für unsere Zwecke überdimensioniert und zweitens äußerst schnell heiß wurde, weshalb auch eine sehr lautstarke Kühlung in dem Projektor verbaut war (auf dem Bild nicht zu sehen, da sie unterhalb der Birne plaziert ist), und bei Planetariums Vorstellungen gestört hätte.

Weil die zweite Variante, für die Projektionen einen Beamer zu verwenden mehr Erfolg versprach, haben wir uns kurzerhand für diese entschieden.

2.2 Handbeamer

Große Planetarien benutzen hauptsächlich digitale Geräte, da diese vielseitiger einsetzbar sind als das analoge Verfahren mit Dias und Bilder zudem relativ einfach angepasst werden können, da dies kurzweilig am Computer durchgeführt werden kann kann. Auch dazu erhielten wir von Herrn Winkhaus die nötigen Materialien. Er stellte uns einen Handbeamer von der Firma AIPTEK in Größe eines Kartenspiels sowie lineare Polarisationsfolie zur Verfügung. Diese polarisieren das Licht linear und durch Drehung zweier dieser Folien gegeneinander, wird abhängig vom Drehwinkel der Folien immer weniger Licht durchgelassen. [2]

Die Idee ist es nun, die Polarisationsfolie so vor den Beamer zu befestigen, dass das projizierte Bild dunkel genug ist, um im Planetarium nicht alle Sterne zu überstrahlen.

Bevor wir jedoch damit begonnen haben, mussten wir erst im Planetarium testen, ob die Brennweite des Beamers ausreicht, da sonst noch ein Austausch des Objektivs von Nöten gewesen wäre. Unsere Tests haben glücklicherweise gezeigt: Die Größe der projizierten Fläche ist groß genug, um alle wichtigen Sternbilder darstellen zu können.

Nun galt es, eine möglichst praktikable Konstruktion zu bauen, an der zwei Polarisationsfolien gegeneinander verdreht werden können. Und zwar möglichst so, dass es auch während einer Präsentation problemlos möglich ist, das Bild aufzuhellen oder abzudimmen. Nach einigen Überlegungen kam es uns in den Sinn, das Gewinde einer 0,5l PET-Flasche zu verwenden, den Deckel mit einem Locheisen zu bearbeiten und dort zwei Polarisationsfolien zu befestigen.

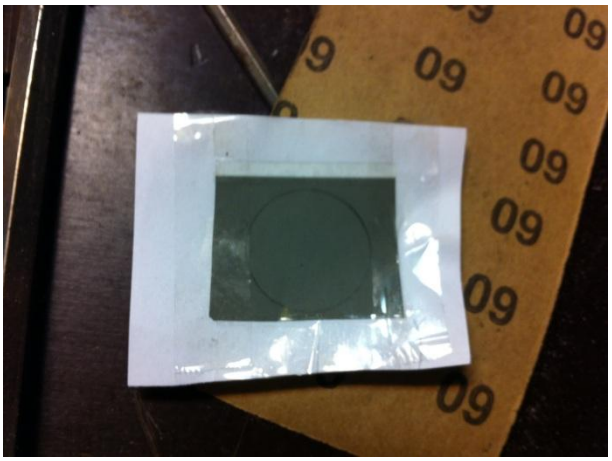
Also setzten wir dies in die Tat um:

Auf dem Bild sind diverse Plastikdeckel, ein Hammer sowie eine Locheisen mit einem Durchmesser von 20mm zu sehen.

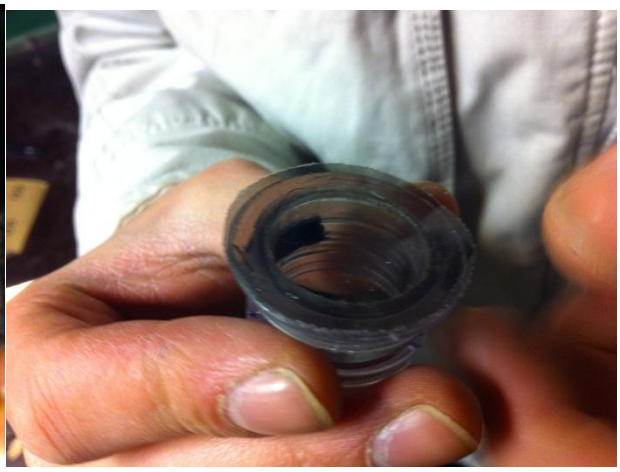
Auf einem abgeschnittenen Gewinde sieht das erste Ergebnis wie folgt aus:

Nun wurden noch letzte Schleifarbeiten vorgenommen, bevor die Folien befestigt wurden:

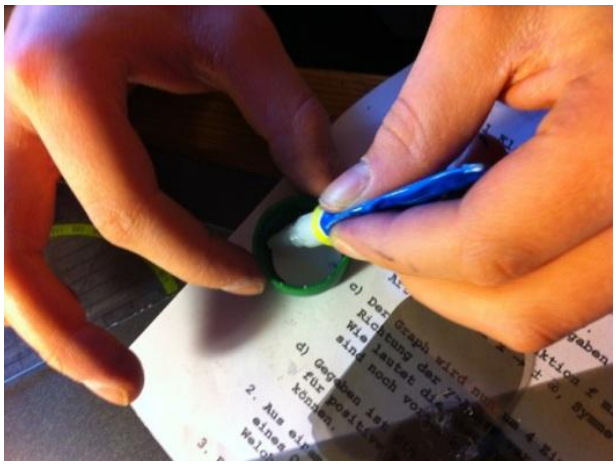
Um die Polarisationsfolie zuzuschneiden, haben wir zuerst eine Schablone gezeichnet und an dieser dann die Polarisationsfolie fixiert und ausgeschnitten.



Schließlich wurde die erste Folie an der Unterseite festgeklebt, die überstehenden Ränder wurden noch mit einer feinen Schere abgeschnitten.



Die zweite Polarisationsfolie haben wir in den Deckel gelegt und festgeklebt, da diese dann einfach von Hand gegen die andere Folie verdreht werden kann, welche unbeweglich ist.



Bevor wir die fertige Konstruktion am Beamerobjektiv befestigt haben, mussten wir uns noch einem anderen Problem widmen. Dazu mussten wir den Beamer öffnen.

Da der Beamer auf der Oberseite über ein hellgrün leuchtendes Bedienpanel verfügt, würde dieser Teil des Beamers in der Dunkelheit sehr stark leuchten und die erforderliche Augenadaption der Besucher im Planetarium stören. Also hatten wir vor, die dafür zuständige Dioden von der Stromzufuhr abzuklemmen. Doc h dies erwies sich schwerer als erwartet, da der Innenraum des Beamers - bedingt durch seine Größe - komplett ausgenutzt ist und man nicht ohne weiteres an die Dioden kommt.

Irgendwo unter dieser Platine befinden sich die Dioden auf der anderen Seite

Also behalfen wir uns mit einer Notlösung und sind zu einer eventuell noch besseren Lösung gekommen, da das Bedienpanel nun immer noch bedienbar im Dunkeln ist,-die Lichtstärke aber stark abgeschwächt wurde.

Dazu lösten wir die obere, festgeklebte Metallplatte des Beamers und lackierten die Dioden mit schwarzem Lack.

Schließlich klebten wir die Metalplatte wieder fest.

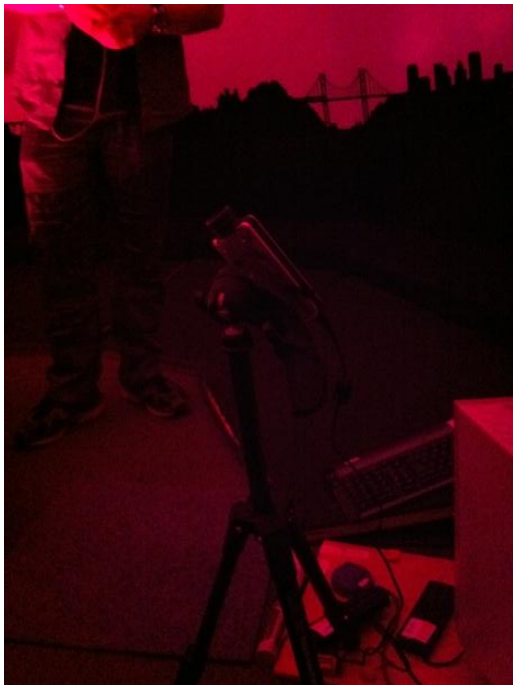
Im Dunkeln sah das Ergebnis dann wie folgt aus:

Im Gegensatz zu vorher konnten wir damit die Leuchtkraft stark reduzieren.

Nachdem der Beamer wieder fertig zusammengebaut worden war, konnten wir unsere Konstruktion vor das Objektiv bringen. Auch dazu nutzten wir Sekundenkleber und schlussendlich konnte man das Ergebnis betrachten.

Die ersten Praxisversuche zeigten, dass die ungewöhnliche Konstruktion durchaus ihren Nutzen erfüllt, denn auch der aus dem Beamer austretende Lichtkegel wird durch den Vorbau an den äußeren Rändern nicht abgelockt.

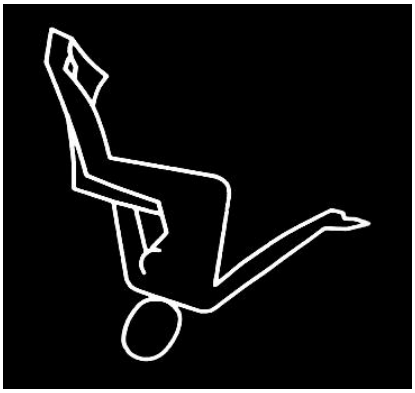
Als letzter Schritt folgte die Installation im Planetarium, dazu haben wir ein Stativ mit Kugelkopf erworben, um flexibler in der Darstellung der Sternbildumrisse zu sein. Durch den Kugelkopf lässt sich der Beamer auch nach rechts oder links kippen. Aufgestellt haben wir das Stativ samt Beamer direkt neben dem Steuercomputer im Planetarium, damit er für den Vorführer leicht erreichbar ist.



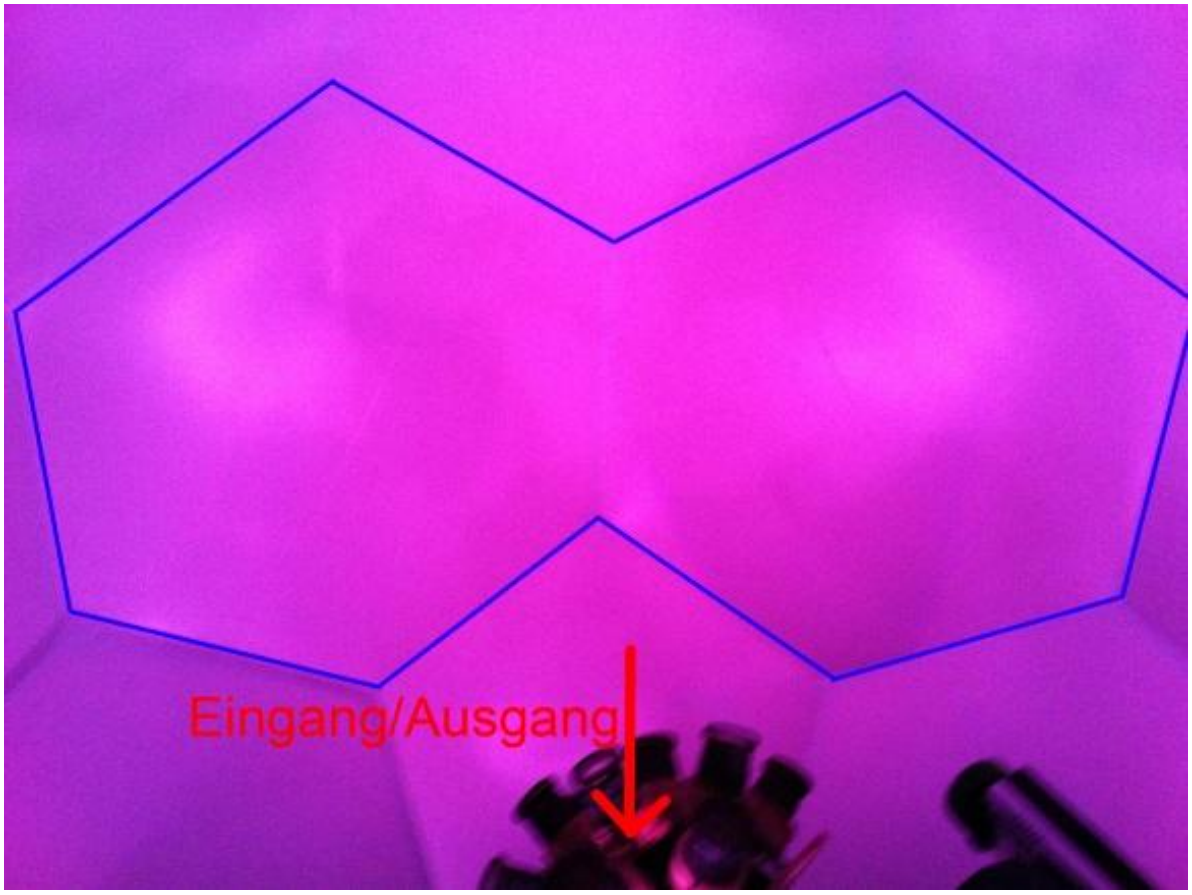
Um den Beamer nun für Präsentationen nutzen zu können wird er einfach gestartet, mittels einer Box, in die der Vorführer rein projiziert, wählt er nun im Menü das gewünschte Sternbild aus. So sieht nur er das Menü und muss nicht den Sternhimmel dafür „missbrauchen“. Wenn das Sternbild geöffnet wurde kann der Beamer, insofern das gewünschte Sternbild im richtigen Sektor ist, auf das Sternbild gerichtet werden. Mittels der drehbaren Polarisationsfolie dunkelt der Vorführer nun soweit ab, bis er das gewünschte Ergebnis erreicht hat.

2.2.1 Bilder für das Planetarium anpassen.

Als Grundlage für die Sternbildumrisse verwenden wir die von der Firma Zeiss erstellten Vorlagen für die professionellen Planetarien. Diese sind sehr simpel und ohne unnötige Ausschmückungen gestaltet, wie hier am Beispiel des Sternbildes Kassiopeia zu sehen ist.



Nun haben wir mit Hilfe des kostenlosen Bildbearbeitungsprogramm „GIMP“ für jedes Sternbild mehrere unterschiedlich groß skalierte Versionen erstellt und uns mit diesen ins Planetarium begeben, um dort die richtig skalierte Version für jedes Sternbild herauszufinden. Da der Beamer jedoch nicht in der Mitte des Planetariums steht, passen die Größen auch nur dann, wenn die Sternbilder ungefähr an der richtigen Stelle im Planetarium stehen, denn das projizierte Bild des Beamers wird größer oder kleiner, wenn der Abstand zur Projektionsfläche steigt oder sinkt. Ziel war es, die Sternenbilder dann anzupassen, wenn sie auf einem, dem Beamer gegenüberliegenden, der beiden Fünfecke erscheinen. Da mehrere Sternbilder aber entweder nicht komplett oder gar nicht dort erscheinen, konnte dies nicht immer umgesetzt werden. So haben wir die Umrisse oft bewusst etwas größer um das Sternbild gelegt, um mehr Spielraum in der Projektion zu haben. Sobald die von Zeiss gefertigten Bilder fertig angepasst wurden, haben wir die mythologischen Figuren aus dem Freewareprogramm Stellarium verwendet und diese an die bereits angepassten Bilder von Zeiss angepasst.



Die vorgesehenen Projektionsflächen im Planetarium

Nachfolgend haben wir alle von uns angepassten Sternbilder aufgelistet. Es sind alle Tierkreiszeichen, die wichtigsten Sternbilder von Frühlings-, Sommer-, Herbst-, und Winterhimmel, sowie die Zirkumpolarsternbilder, also die Sternbilder die das ganze Jahr über zu sehen sind.

Die nur auf der Südhalbkugel zu sehenden Sternbilder haben wir nicht angepasst, da sie in von unserem Standpunkt (Nordhalbkugel) nie zu sehen sind und dementsprechend auch ziemlich unbekannt sind.

Tierkreiszeichen:
Krebs
Zwillinge
Stier
Widder
Fische
Wassermann
Steinbock
Schütze
Skorpion
Waage
Jungfrau
Löwe
Zirkumpolar:
Großer Wagen
Großer Bär
Kleiner Wagen
Kleiner Bär
Drache
Cepheus
Frühlingsternbilder
Löwe
Jungfrau
Herkules
Leier
Sommersternbilder
Schwan
Adler
Herbststernbilder
Cassiopeia
Perseus
Andromeda
Pegasus
Widder
Wintersternbilder
Orion
Großer Hund
Stier
Fuhrmann
Zwillinge

2.2.2 Verbildlichung anhand des Orions

Im Folgenden zeigen wir wie die Projektion eines solchen Sternbildes dann später im Planetarium aussehen soll, indem wir ein vom Planetarium geschossenes Foto vom Orion nehmen (links) und mit Hilfe des Programms Photoshop sowohl die Umrisse von Zeiss(mitte) als auch die mythologische Figur(rechts) auf dieses legen:

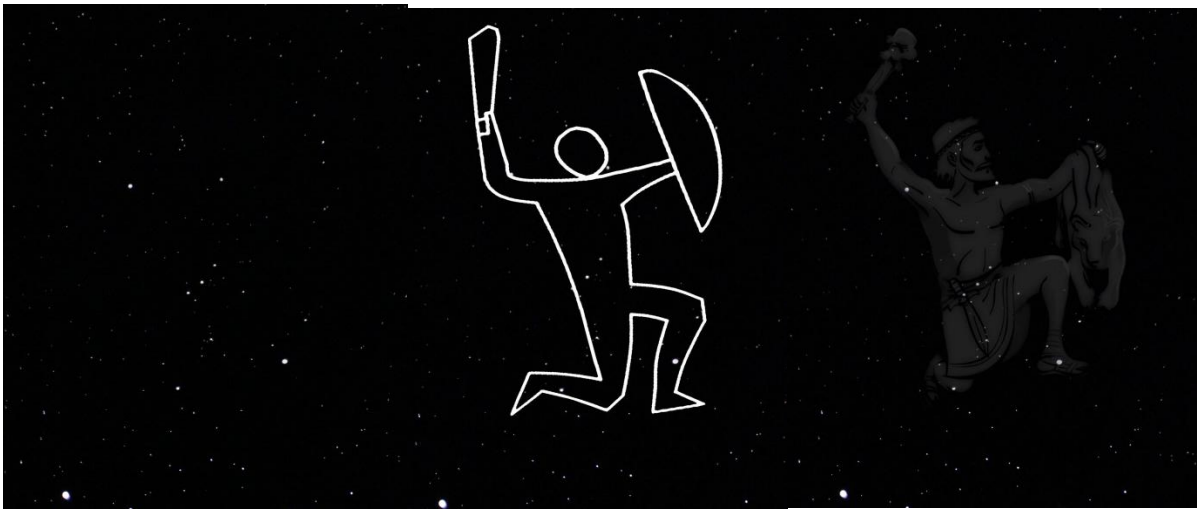


Abb. 1

Erfahrungen in der Recklinghauser Sternwarte zeigen, dass die nur mit feinen Linien gezeichneten Bilder oft hilfreicher sind um Sternbilder zu zeigen, da der Beobachter beim Abblenden der Darstellung die Linien mit den Sternen leicht verbinden kann. Die eher überladenen Bilder von Stellarium hingegen, lassen sich vom Betrachter viel schwerer mit dem Himmel in Beziehung setzen, da klare Linien fehlen und die Ausschmückungen vom eigentlichen Sternbild ablenken.

3 Sternbilder, ihre Funktionen und ihre Entstehung

3.1 Sternbilder

Ein Sternbild ist eine scheinbare, räumlich gestaffelte Gruppierung bzw. Anordnung von mehreren Sternen, welche zusammen verbunden ein Muster bilden (sollen). Insgesamt gibt es 88 offiziell anerkannte Sternbilder. Eines der bekanntesten Sternbilder heißt Orion, mit dem wir uns später noch genauer beschäftigen.

Der Himmel ist in fünf verschiedene Abschnitte unterteilt, in welchen man spezifische Sternbilder, zu gewissen Zeiten erkennen kann.

Der zirkumpolare Teil beinhaltet die Zirkumpolarsternbilder, welche zu jeder Jahreszeit zu finden sind, da sie niemals untergehen.

Im Zentrum dieses Abschnittes befindet sich der Polarstern.

Hier zu sehen: Eine Langzeitaufnahme vom Sternhimmel am Nordpol. In der Mitte ist der, sich nicht bewegende Polarstern. [7]

Alle um den Nord- und Südpol sichtbaren Himmelsobjekte sind zirkumpolar, wenn die Sterne bei der scheinbaren Rotation der Himmelskugel nicht untergehen. Je weiter man sich auf der Erde jedoch dem Äquator annähert, nimmt auch der Anteil der zirkumpolaren Objekte ab.

Daneben gib es den Bereich der Jahreszeitensternbilder. Sie werden in die vier Jahreszeiten Frühling, Sommer, Herbst und Winter unterteilt und sind in den betreffenden Jahreszeiten abends hoch im Süden des Himmels wunderbar zu sehen.

Des Weiteren gibt es noch die Tierkreissternbilder. Sie verlaufen entlang der scheinbaren Bahn der Sonne, also der Ekliptik.

3.2 Entstehung der Sternbilder

Die Entstehung der Sternbilder erstreckt sich über einen Zeitraum von mehreren tausend Jahren und verbindet das Wissen vieler Völker.

Man hat schon Steinzeit-Höhlenmalereien gefunden, welche erste Zeichnungen von Sternbildern sein könnten (siehe Abb.).

Doch die bewussten und nachgewiesenen Beobachtungen, die auf unseren heutigen Kenntnissen beruhen, begannen vor ca. 5000 Jahren und wurden, unabhängig voneinander, von Priestern durchgeführt. Sie taten dies, um sich am

Eines der möglicherweise ersten Bilder der Sterne. Die Entstehung der Sternbilder erstreckt sich über mehrere tausend Jahre und verbindet das Wissen vieler Völker. [6]

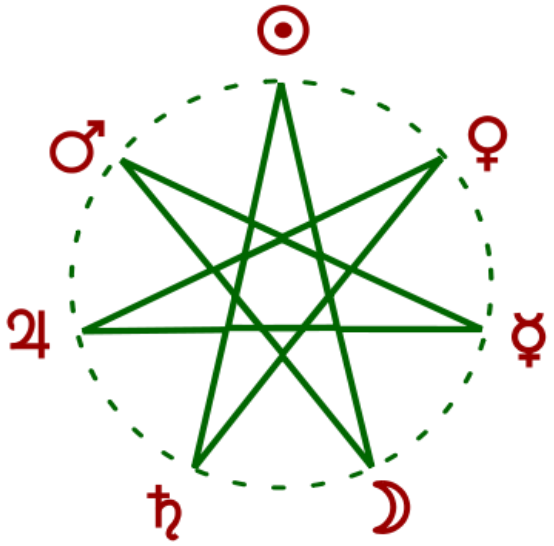
Himmel zu orientieren und gleichzeitig wurden in dieser Zeit auch die Fixsterne, die Sonne, der Mond und die Planeten benannt.

Ca. 3000 Jahre v. Chr. haben die Sumerer, als sie in die Gebiete um Euphrat und Tigris einwanderten, ihr Wissen über die Sterne dort verbreitet. Von ihnen stammen z.B. die Sternzeichen Stier, Krebs, Löwe und Skorpion.

Die Babylonier übernahmen diese Sternkunde der Sumerer und erbauten daraufhin eine der ersten Sternwarten. Ein Versuch von ihnen könnte der Turmbau von Babel gewesen sein. Aus dem Lauf der Gestirne legten sie den Jahresverlauf und den Willen ihrer Götter fest, da diese mit den Gestirnen (Sonne → Sonntag, Mond → Montag, Mars → Dienstag, Merkur → Mittwoch, Jupiter → Donnerstag, Venus → Freitag und Saturn → Samstag) identisch waren. Des Weiteren haben sie den Himmel in die 12 Sternbilder des Tierkreises unterteilt.

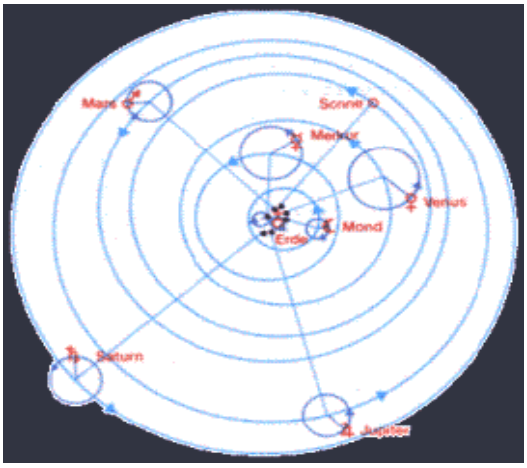
Ebenfalls haben ägyptische Priester, ca. 3000 Jahre v. Chr., eigene Sternbilder benutzt, um die sich alljährlich wiederholende Nilüberschwemmung vorhersagen zu können.

Die Griechen übernahmen die Sternkunde der Babylonier. Jedoch hatten sie andere Götter. Daher haben sie die Sternbilder mit ihren Mythen belegt. Wenn es keine Zusammenhänge zwischen ihren Mythen und noch freien Sternkonstellationen gab, haben sie einfach neue Mythen erfunden. Im 3.Jahrhundert v. Chr. hatten sie insgesamt 48 Sternbilder, welche den nördlichen Sternhimmel ausfüllten.



Das Wochentagsheptagramm, welches die Zeichen der beweglichen Gestirne („Planeten“) zeigt.

Als ca. im 2.Jahrhundert v. Chr. Claudius Ptolemäus das astronomische Wissen des Altertums in Form eines Lexikons („ Almagest“) zusammenfasste, entstand das „Ptolemäisches Weltbild“, in dem er die 48 griechischen Sternbilder, die bereits eine feste Grundlage der Astronomie geworden waren, erwähnte.



Geozentrisches Weltbild von Ptolemäus

Durch das sich verbreitende Christentum gerieten sowohl die nordeuropäischen als auch die griechisch – römischen Sternbilder in Vergessenheit.

Die Araber hingegen bewahrten jedoch zumindest die antiken Sternenkonstellationen und übersetzten später Ptolemäus Himmelskunde in das Arabische. Sie nannten es “Al Magest“, was so viel heißt wie “Das Größte“ (im Sinne einer der größten Zusammenfassungen des antiken Wissens überhaupt).

Im späteren Zeitverlauf wurde das “Al Magest“ ein weiteres Mal übersetzt. Diesmal ins Lateinische und zwar von Gerhard von Cremona, der absichtlich einige Sternnamen aus dem Arabischen beibehielt. Durch diese Übersetzung fand die Astronomie ihren Weg-zurück ins Abendland. Die Sternbilder wurden durch Entdeckungsreisen erweitert, da man während diesen bemerkte, dass auf der südlichen Halbkugel komplett andere Sterne zu erkennen waren. Jedoch wusste man nicht, wie man diese benennen sollte, da bereits alle griechischen Mythen “verbraucht“ worden waren. Also entschieden vor allem die Seeleute (bzw. die Seefahrernationen), die neuen Sternbilder der südlichen Hemisphäre nach gerade erst erfunden, technischen Gegenständen zu benennen, die vor allem Verwendung auf Schiffen fanden.

Zwischen den Jahren 1920 und 1930 wurden dann die 88 internationalen Sternbilder mit ihren lateinischen Namen von der IAU (Internationale Astronomische Union) benannt. Die Sterne, welche noch zu keinem Sternbild zugeordnet waren, wurden einfach den nächstgelegenen Sternbildern hinzugefügt.

Jedoch gibt es manche Kulturen, die ihre eigenen Sternbilder beibehalten haben, wie zum Beispiel die Chinesen. Sie haben die Tierkreissternbilder in 28 Teile aufgeteilt. [3],[8],[9]

3.3 Funktion der Sternbilder

3.3.1.Orientierung und Ordnung des Himmels

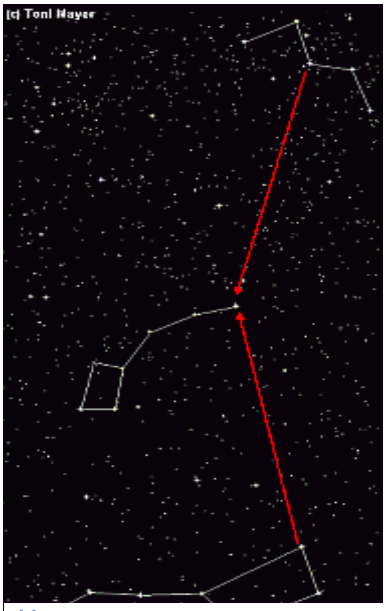


Abb. 1

Die Ordnung des Himmels mittels Sternbilder war eigentlich sehr zweckgemäß, da man sich durch die Gruppierung einzelner Sterne besser am Firmament zurechtfinden konnte.

Am besten funktioniert die Orientierung am Polarstern (Polaris), da sich dieser in Bezug auf den Horizont kaum bewegt. Deshalb steht er auch das ganze Jahr über im Norden. Außerdem ist er das hellste Objekt in seiner Umgebung. Er ist der Hauptstern des Sternbildes Kleiner Wagen und lässt sich leicht mit Hilfe des Großen Wagens finden, indem man dessen beiden hinteren Kastensterne um das Fünffache verlängert.

Des Weiteren kann man sich an dem Himmels-W, der Kassiopeia, orientieren.

Wenn der Große Wagen tief am Horizont steht, steht das Himmels-W direkt über dem Beobachter. Die mittlere Spitze des “W“ zeigt nun genau auf den Polarstern.

Beide Methoden laufen darauf hinaus, den Polarstern zu finden. Er ist nicht nur gut geeignet, die Himmelsrichtung zu finden, sondern dient auch gut als Orientierungspunkt am Himmel, da er sich kaum bewegt (siehe Abb. 1). [5]

3.3.2 Astrologie

Die meisten Völker, wie z.B. die Babylonier und die Ägypter, setzten die Gestirne des Himmels ihren Göttern gleich und versuchten somit ihren Willen zu erahnen oder ihren Zorn zu besänftigen. Die Sumerer sahen in den Tierkreiszeichen Bilder göttlicher Tiere. Diese göttliche Gleichsetzung der Himmelsobjekte geschah, da sie nicht nur unerreichbar, sondern auch schier unveränderlich schienen. Indem man den Verlauf dieser Himmelskörper beobachtete, glaubte man den irdischen Lauf der Dinge vorhersagen zu können. Wenn jedoch etwas, für damalige Verhältnisse, Unvorhersehbares geschah, wie z.B. das Erscheinen eines Kometen, erwartete man eine Zeit voller Grauen. Diese Deutung des Himmels lag in den Händen von Priestern, Schamanen und Druiden. Zudem konnten die Priesterastronomen den zeitlichen Verlauf anhand dieser Objekte bestimmen und somit die Landwirtschaft verbessern, was wiederum Einfluss auf das Wohl des ganzen Volkes hatte. Später, ca. in der Zeit der Renaissance, rückte der Mensch bzw. das Individuum in den Mittelpunkt der Wahrnehmung. Daher wurde nun versucht, die “Zukunft“ des einzelnen vorherzusagen und die Tierkreiszeichen erlangten vor allem eine herausragende Bedeutung für Geburtshoroskope. [8]

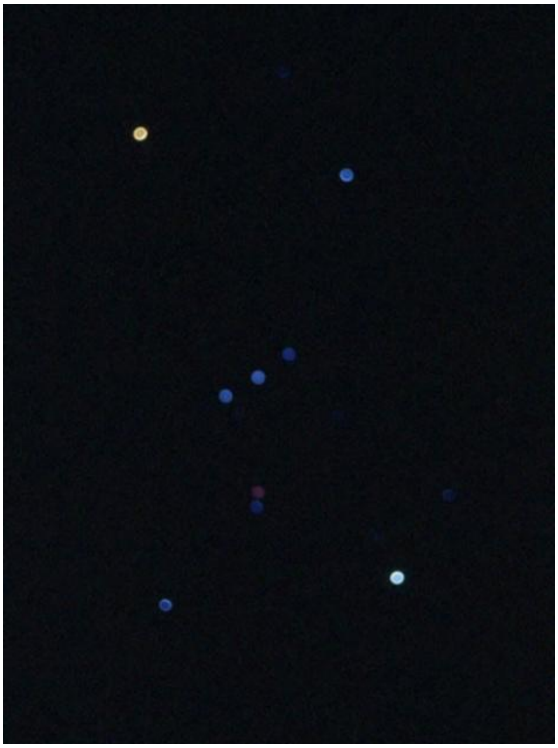
3.4 Geschichten und Mythen des Sternbilds Orion

Die Babylonier sahen in der heutigen Orion-Sternkonstellation einen Städtegründer, den sie Gilgamensch nannten. Er schütze die gerade neu errichtete Stadt mit seiner Keule vor dem Stier, der kam, um die Stadt zu zerstören. Die Ägypter sahen im Orion, der bei ihnen Osiris genannt wurde, einen Fruchtbarkeits- und Totengott.

Osiris war der Bruder seiner Geliebten. Sie hieß Isis. Osiris Bruder Seht war eifersüchtig auf das Glück der Beiden und erschlug Osiris. Im Totenreich hatte er das Recht, über die Toten zu herrschen. Isis war jedoch bereits schwanger von Osiris und gebar ihren gemeinsamen Sohn Horus. Dieser rächte seinen Vater, indem er seinen Onkel tötete und seinen Vater wiederbelebte. Osiris stieg wieder in den Himmel und spendete der Erde wieder Fruchtbarkeit. Das Recht, über die Toten zu herrschen, behielt er bei.

Die Griechen übernahmen diese Geschichte nur teilweise, benannten Osiris jedoch in Orion um, was so viel wie “der jugendlich schöne Bringer von Sommer und Erntezeit“ heißt, da sie ihre eigenen Götter besaßen. Sie schrieben die Mythen so um, so dass Orion der Sohn des Meeresgottes Poseidon ist, da zu Lebzeiten Orions die Götter und Menschen in einem freundschaftlichen Verhältnis lebten und manche Menschen von Göttern abstammten. Das Sternbild Orion stellt dort einen Jäger dar und wird am Himmel von den Sternbildern Kleiner und Großer Hund stets auf seiner Jagd begleitet.

4 Objekte im Sternbild Orion



Das Sternbild Orion besitzt 15 verschiedene Sterne und ein weiteres ganz besonderes Objekt, den sogenannten Orionnebel.

Von den 15 Sternen gibt es sieben die mit einem Eigennamen versehen wurden, auf die wir nachfolgend eingehen wollen.

Es sind diese:

1. Beteigeuze (α Ori):

Der Stern Beteigeuze (sog. Pulsationsveränderlicher) ist die (von uns aus gesehen) linke Schulter des Orions und er besitzt ca. den 300-700 fachen Durchmesser unserer Sonne. Der Durchmesser ändert sich aber wegen der Pulsation des Sterns beständig (Radius zwischen 290 und 480 Mio. km). Er ist ein Riesenstern (Roter Überriese). Seine Leuchtkraft ist ungefähr zehntausendmal stärker als die Sonne. Dieser Wert schwankt ebenfalls durch die o.g. Pulsation, jedoch erreicht dieser seinen höchsten Wert, wenn der Radius des Orion am geringsten ist. Nach heutigem Wissensstand wird Beteigeuze (also die "rechte Schulter des Orions") als eine Supernova enden. In diesem Fall würde seine Helligkeit das 17- 18 fache seiner eigentlichen Leuchtkraft erreichen. [14]

2. Rigel (β Ori):

Er ist (von uns aus gesehen) das rechte Knie des Orion und ist ein Mehrfachsternsystem, d.h. er besteht aus mehreren Sternen. Zu ihnen gehören Rigel A-D. Rigel-A ist der Hauptstern und gehört zu den „Blauen Riesen". Jedoch ist er bereits in der Übergangsphase zum Roten Überriesen. Er besitzt den 62-fachen Durchmesser der Sonne und seine Leuchtkraft entspricht dem 40600-fachen der Sonne.

3. Saiph (κ Ori)

Er ist (von uns aus gesehen) das linke Knie des Orions. Er ist ein blauer Stern bzw. gehört ebenso zu den Überriesen. Saiph scheint 6200-mal so hell wie die Sonne. Trotz dieser enormen Energieabstrahlung ist seine scheinbare Helligkeit geringer als die einiger anderer Sterne seines Sternbilds, da ein Großteil seiner Leuchtkraft im ultravioletten Spektralbereich existiert.

4. Bellatrix(γ Ori)

Er ist die (von uns aus gesehen) rechte Schulter des Orion und (wie die Bezeichnung „ γ" schon verrät) der dritthellste Stern in diesem Sternbild. Bellatrix ist ein Blauer Riesenstern und besitzt die 8- fache Masse und seine Leuchtkraft ist ca. 4000-mal so stark, wie die der Sonne. In weiterer Zukunft wird er zwar zu einem Roten Riesen, da aber ihre Masse zu gering ist wird sie "nur" als massereicher Weißer Zwerg enden.

5. Alnitak (ζ Ori)

Er ist der (von uns aus gesehen) linke Gürtelstern. Alnitak ist ein Mehrfachsternsystem und die Leuchtkraft des Hauptsterns ist 10000-mal so hell wie die Sonne. Er ist ein Blauer Überriese und hat ca. den 20-fachen Durchmesser der Sonne.

6. Alnnilam (ε Ori)

Alnilam ist der mittlere Gürtelstern. Er ist ein Blauer Überriese. Seine Leuchtkraft ist 375000mal stärker als die Sonne und mit einem Durchmesser von ca. 36Millionen Kilometern 26mal größer als unsere Sonne.

7.Mintaka (δ Ori)

Er ist der (von uns aus gesehen) rechte äußere Gürtelstern und ein Vierfachsternsystem. Mintakas Hauptstern hat eine Leuchtkraft, die 70000-fach stärker als die Sonnenleuchtkraft ist und besitzt ca. eine Masse, die mehr als 20 mal so groß als die der Sonne ist. [14-24]

4.1 Der Orionnebel

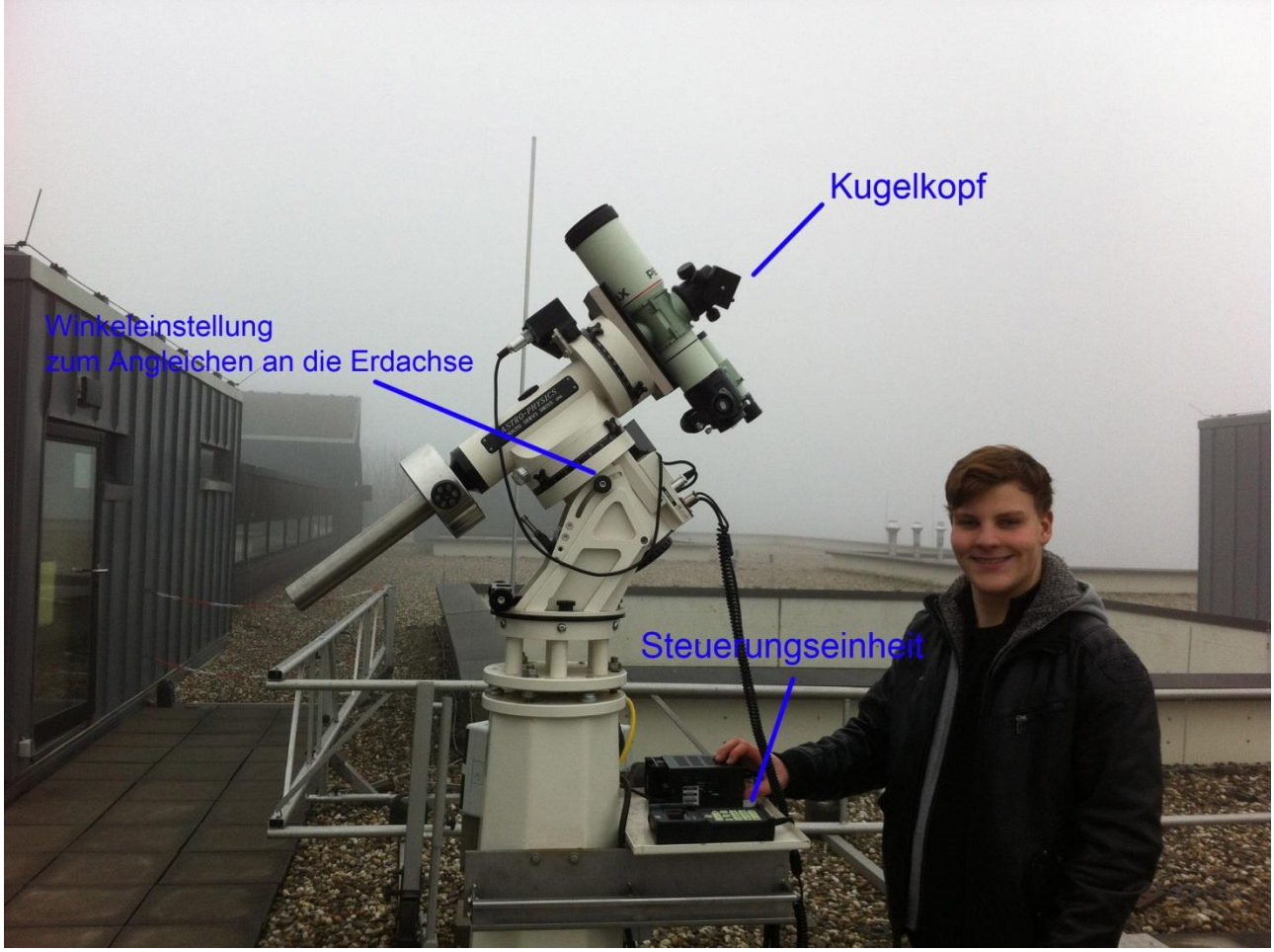
Der Orionnebel, oder auch M42/43 genannt, ist eine heiße, überwiegend aus Wasserstoff bestehende Wolke, auch Emissionsnebel genannt, in welcher, durch die Verdichtung von Materie, neue Sterne entstehen. Diese “neugeborenen“ Sterne heizen das Gas von Innen auf und bringen es daher zum Leuchten. Der Nebel befindet sich im Schwertgehänge des Orions und er ist für das menschliche Auge, ohne Hilfsmittel, schwach rötlich gefärbt bei allerbesten Beobachtungsbedingungen gerade noch sichtbar. Die Ausweitung dieser Staubwolke geschieht durch die dauerhaft ansteigende Anzahl der neu entstandenen Sterne. Der Orionnebel besitzt einen Durchmesser von ca. 30 Lichtjahren.

Orionnebel [25]

Er wurde 1610 erstmals dokumentiert und am 4.März 1769 von Charles Messier in seinen Katalog als Messier-Objekt 42 (M 42) aufgenommen. [14+24]

5 Eigene fotografische Aufnahme des Sternbildes Orion

Wir haben uns dazu entschieden, exemplarisch am Sternbild des Orion die Qualität unseres Planetariumshimmels zu testen. Dazu begaben wir uns am Abend des 16.1.2012 auf unsere schuleigene Sternwarte, um den zu dieser Jahreszeit hoch im Süden stehenden Orion fotografisch aufzunehmen. Verwendet haben wir dazu die Kamera „Canon EOS 450D“ mit einem Zoomobjektiv mit 18-55mm Brennweite, die wir nun mithilfe eines Kugelkopfes an der AP-900-Montierung von Station 4 befestigt haben.



Da alle Sterne eine dermaßen große Entfernung von der Erde haben**,** liegen die Sterne für die Kamera alle gleichweit weg, also muss man den Fokusring der Kamera so weit drehen, dass er ins Unendliche fokussiert. Dazu sucht man sich möglichst helle Lichtquellen, die äußerst weit weg liegen. In unserem Fall haben wir die Lichterfront der Stadt am Horizont genutzt und den Fokus so lange verändert, bis die Lichtquellen möglichst punktförmig auf dem Bild erschienen. Bei älteren Objektiven, die noch keinen Autofokus nutzen, kann man den Fokusring bis zum Anschlag drehen, um die Fokussierung ins Unendliche zu gewährleisten. Neue Objektive mit Autofokus-Funktion haben jedoch einen Verstellweg über den Wert „Unendlich“ hinaus. Dies liegt an der Funktionsweise des Autofokus. Dieser überprüft nämlich beim Einstellen immer wieder den Kontrastwert des Bildes und verbessert diesen solange, bis er wieder schlechter wird und wählt dann eben den Punkt, bevor der Kontrastwert wieder schlechter wird.

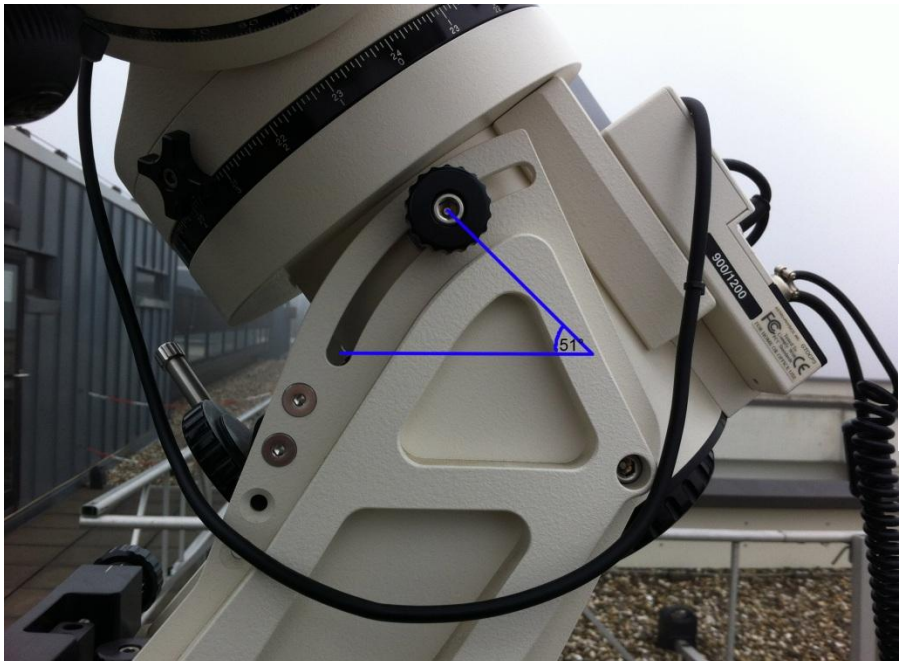
Neben der Fokussierung spielen Blende und Belichtungszeit natürlich auch noch eine Rolle, denn auch ein klarer und mit dem Auge gut erkennbarer Sternenhimmel ist auf einem Foto oft überhaupt nicht zu erkennen, wenn die Belichtungszeit nicht lang genug war. In der Fotografie von nahen Gegenständen hilft man sich einfach mit einem Blitz aus, doch dies ist bei der Fotografie von Sternen natürlich nicht möglich, da der Blitz nicht den Sternenhimmel ausleuchten kann und das Ergebnis eher verschlechtert, indem er Gegenstände, die sich in der Nähe der Kamera befinden, anleuchtet und das dadurch reflektierte Licht in die Kamera einfällt. Zur Sichtbarmachung von Sternen auf einem Foto hilft es also nur, die Belichtungszeit zu erhöhen und die Blende soweit wie möglich zu öffnen.

Bei längerer Belichtungszeit fällt mehr Licht in die Kamera. Doch da der Sternhimmel nicht fest steht, sondern sich von der drehenden Erde aus gesehen bewegt, kann es passieren, dass bei zu langen Belichtungszeiten die Sterne nicht mehr als Punkte zu erkennen sind, sondern kreisbahnförmige Linien (sog. Sternstrichspuren) um den Polarstern herum bilden. Bei zu kurzer Belichtungszeit hingegen sind lichtschwache Sterne oft nicht mehr zu erkennen.

Die Blende regelt die Größe der Öffnung der Linse, je kleiner der Blendenwert ist desto mehr Licht fällt auch in gleicher Zeit ein, da gilt: Blendenwert=Brennweite/Linsendurchmesser. Doch dies hat den unschönen Nebeneffekt, dass Sterne nicht mehr als scharfe Punkte zu erkennen sind, sondern verwaschen sind und man das Zentrum des Sternes nur noch schwer ausmachen kann. Zusätzlich verringert sich dadurch die Schärfentiefe, da das Licht nun aus einem größeren Winkel auf den Chip fällt und Lichtquellen, die weit außen auf dem Bildrand liegen, unscharf und verzehrt sind.

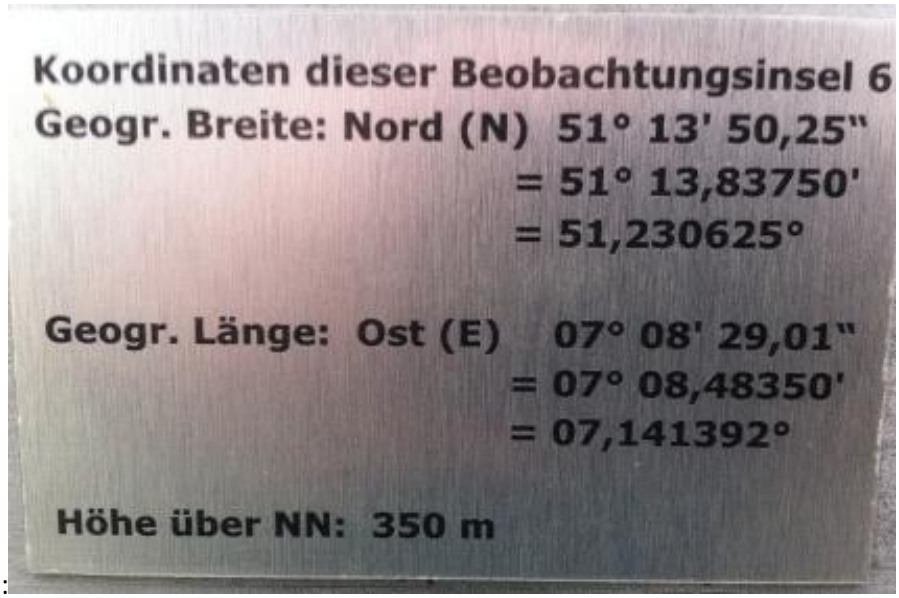
Nun kann es ans eigentliche Fotografieren gehen.

Man richtet das Stativ in unserem Fall Richtung Süden und zentriert die Kamera per Hand auf das Sternbild Orion. Es ergab sich, dass wir bei einer Belichtungszeit von 30s und eine Blende von f/8 gute Ergebnisse erzielen konnten, also haben wir mit dieser Einstellung 21 Bilder von je 30s Belichtungszeit gemacht, was eine Dauer von 21 Minuten ergibt. Dass der Orion sich während dieser 21 Minuten nicht groß im Bild bewegt oder gar den abfotografierten Bereich verlässt, liegt daran, dass das die Kamera an einer parallaktischen Montierung befestigt ist, die sich entgegengesetzt zur Erdrotation dreht. Da die Montierung nur aus einem Antriebsmotor besteht, der die Montierung nur auf einer Achse drehen kann, muss dieser einmalig vor Verwendung so ausgerichtet werden, dass er parallel zu Erdachse steht. Dies stellt so also sicher, dass die Position des Orion auf unserem Bild nicht nach jedem Foto von Hand nachjustiert werden muss. Am Nordpol müsste man eine solche Montierung mit dem Höhenwinkel 90° einstellen, da man dort direkt auf der Erdachse steht und sich der Polarstern also im Zenit des Himmels befindet und keine Anpassung an die Achse der Erde mehr nötig ist. Wuppertal hingegen liegt auf dem 51. Breitengrad. So wird auch der Winkel an der Montierung auf ca. 51° gestellt (siehe Abb.).



Über der Schraube, mit der man die Achse parallel zur Erdachse einstellt, befindet sich der Motor, der sich entgegen der Erdrotation dreht.

Die genauen geografischen Koordinaten der Beobachtungsstation sind auch an jeder Teleskopsäule auf einem Schild notiert.



:

Das sich aus 21 Bildern mit je 30s Belichtungszeit eine Bearbeitungszeit von 20 Minuten ergibt, liegt daran, dass die Kamera vor jedem Foto ein sogenanntes Darkframe aufnimmt.

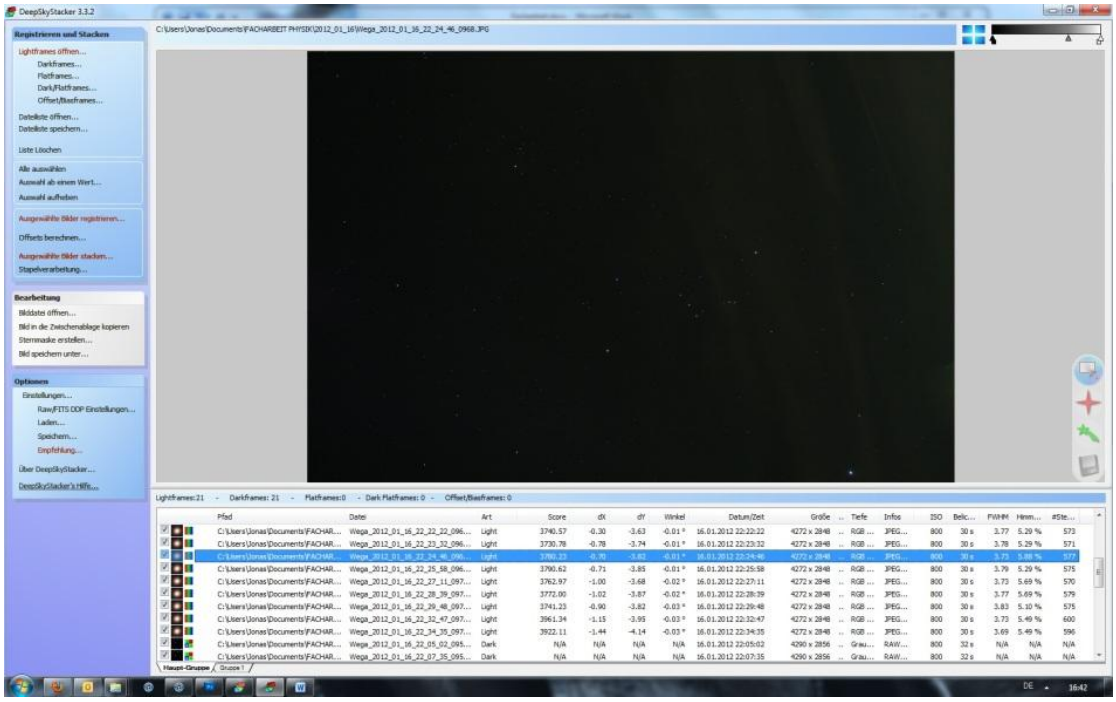
Darkframes dienen der Ausmerzung von Signalstörungen, die sich im fertigen Bild als Rauschen darstellen. Während so genannte Dunkelströme[2] bei normalen Belichtungszeiten schwach bis gar nicht auffallen, fällt dieser Effekt bei Langzeitbelichtungen, wie sie in der Astrofotografie üblich sind, doch auffällig ins Gewicht, wenn man nicht über eine ausreichend stark gekühlte Kamera verfügt, die verhindert, dass Elektronen aufgrund von thermischer Energie freigesetzt werden. Professionelle Kameras in diesem Einsatzbereich werden deshalb oft mit flüssigem Stickstoff gekühlt [11]. Darkframes werden bei der EOS 450D jeweils nach dem eigentlichen Foto aufgenommen, während kein Licht in die Linse fällt. Die Kamera subtrahiert nun das Rauschen mit Hilfe des Darkframes.

Die ersten Ergebnisse sahen bei uns dann wie folgt aus. Die Sterne des Orions sowie Sirius (unten rechts) sind schon recht eindeutig zu erkennen, doch viele andere Sterne verschwinden im Dunkeln.

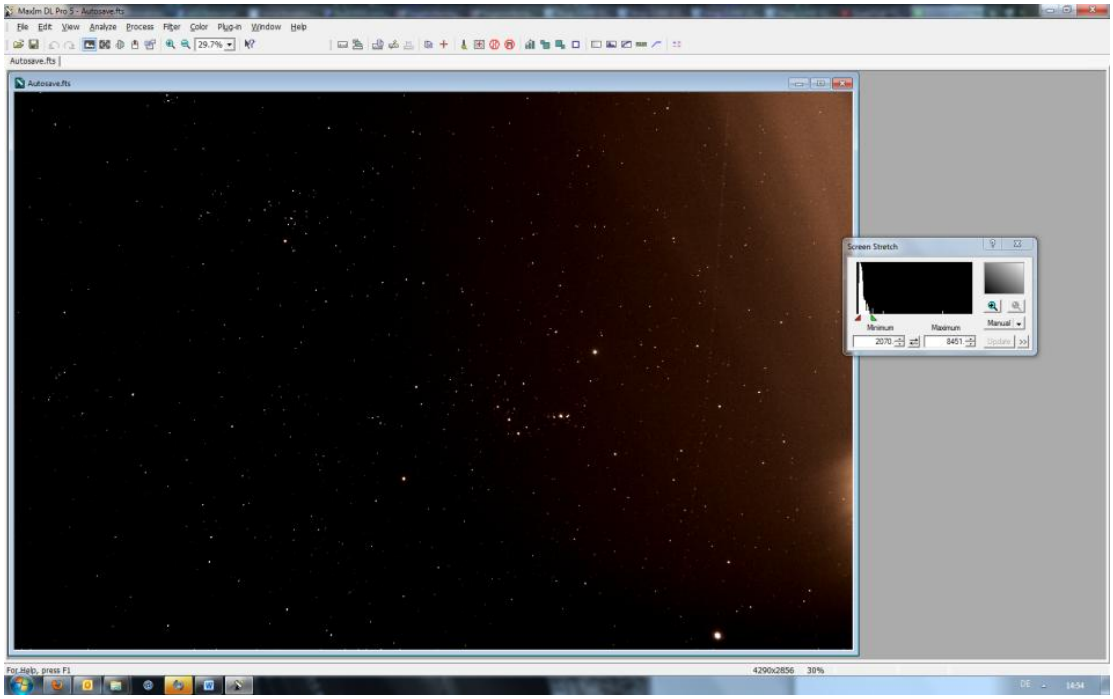
[2] „Er entsteht dadurch, dass Elektronen im Silizium auch ohne die Lichteinwirkung von außen, also allein aufgrund ihrer thermischen Energie freigesetzt werden können.“ *–Digitale Astrofotografie S.46 [4]*

5.1 Digitale Nachbearbeitung

Da wir zufrieden mit den Roh-Ergebnissen waren, folgt nun die Auswertung der Bilder, indem diese zuerst mittels der Software „DeepSkyStacker“ gestackt[3] werden. Anschließend wurden mit dem Programm „MaxIm DL 5“ über ein Histogramm[4] die vorkommenden Helligkeitswerte geregelt.



DeepSkyStacker legt alle Bilder übereinander und mittelt die Helligkeitswerte

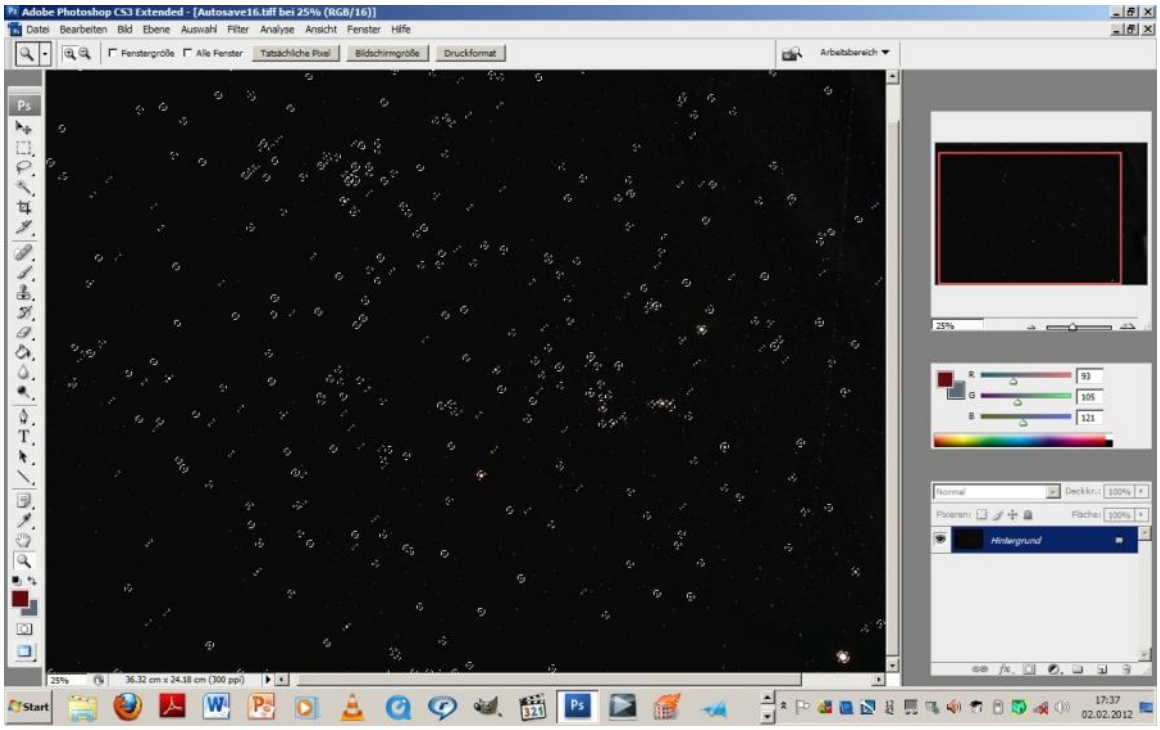


MaxIm DL 5 – rechts im Bild das Histogramm

[3] Alle aufgenommenen Bilder werden passend überlagert und die Helligkeitswerte der Sterne werden entweder aufsummiert oder gemittelt. – Digitale Astrofotografie S.308

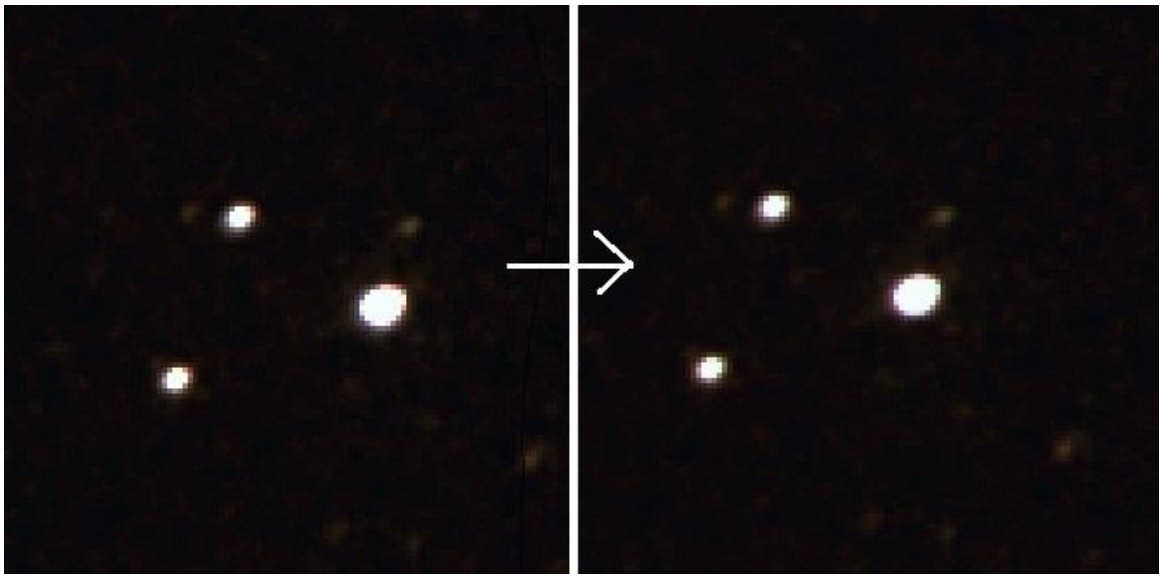
[4] Zeigt an, wie viele Pixel des Bildes einen bestimmten Helligkeitswert haben. 0=schwarz 255=komplett weiß

Da der Himmel im rechten Teil des Bildes durch die angestrahlten Wolken unerwünscht hell ist, wird mit der Photoshop-Erweiterung GradXT nur der Hintergrund ausgewählt. Diese speziell für solche Probleme programmierte Photoshop- Erweiterung passt dann automatisch den Hintergrund im rechten Teil des Bildes dem des linken Teils an.



Mit Hilfe des Zauberstab-Werkzeuges wurden zuerst alle Sterne ausgewählt, der ausgewählte Bereich dann vergrößert und schließlich umgekehrt, damit nur der Hintergrund ausgewählt ist.

Der nächste Schritt ist die Entfernung der atmosphärischen Dispersion[5], wodurch Sterne rot/blaue Farbränder bekommen. Diesen Effekt behebt man, indem Rot- und Blau-Kanal gegeneinander verschoben werden.



Dies ist hier am Beispiel des Sternes HIP 24674 zu sehen.

[5] Das vom Himmelsgestirn ankommende Licht wird beim Eintreten in die Erdatmosphäre gebrochen. Diese Brechung verschiebt die kurzen, blauen Wellenlängen nach oben rechts und die längeren roten nach unten links, was die blau/roten Farbschleier verursacht. [12]

Nachdem das Bild schlussendlich noch gedreht wurde, kann man das Endresultat betrachten.

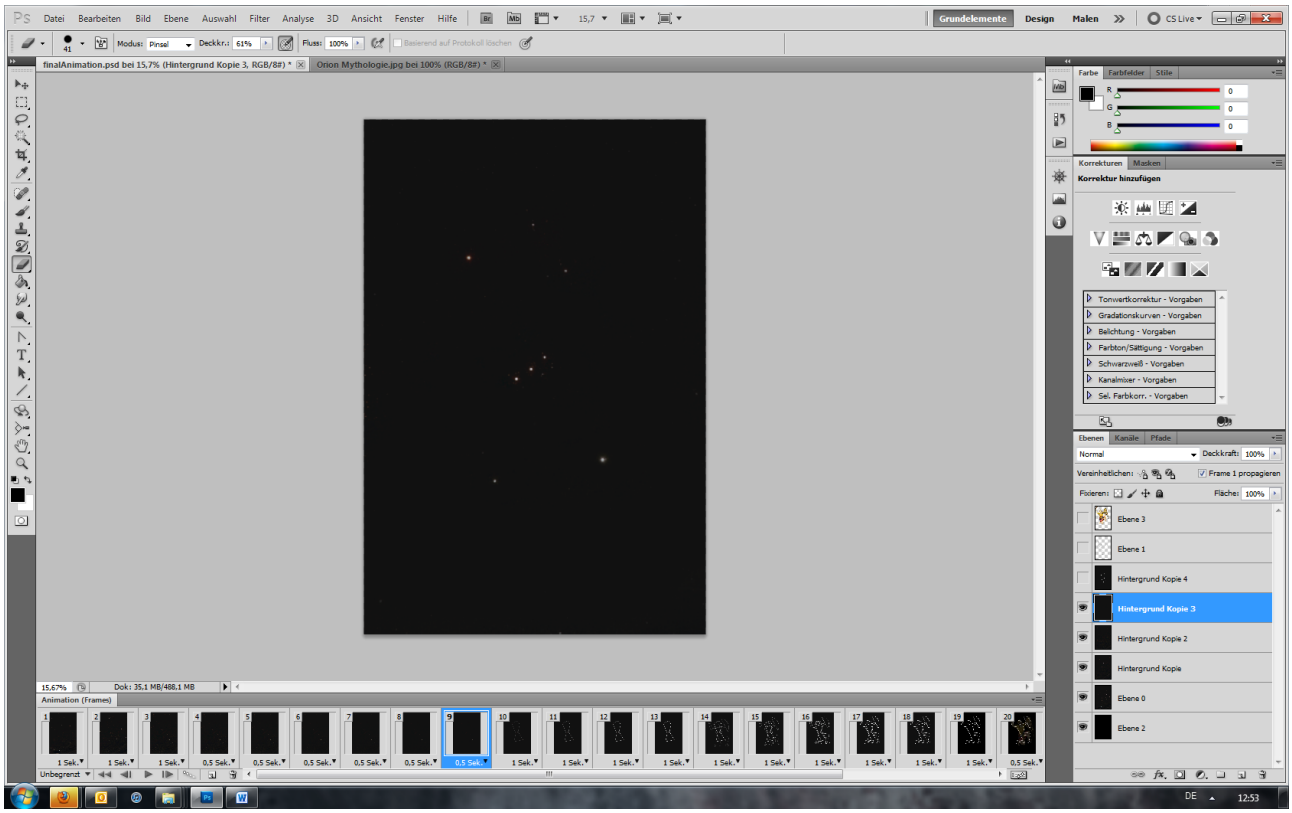
Mit Beschriftung [13]:

5.2 Vom Foto zum Sternbild

Die Entstehung eines Sternbildes aus einem Foto zeigen wir mittels eines animierten Bildes, welches auf der CD oder durch folgenden Link zu finden ist:

http://www.imgbox.de/show/img/S6ikSt2OKR.gif

Zur Erstellung eines solchen animierten GIF nutzten wir Photoshop, um mehrere Ebenen nacheinander erscheinen zu lassen, die stufenweise ausgeblendet werden.



Alle für das Sternbild unwichtigen Sterne werden mit dem dunklen Hintergrund ersetzt

Der Ablauf der Animation ist wie folgt:

1. Komplettes Aufnahme des Orion
2. Der Bildausschnitt wird begrenzt auf den Orion.
3. Alle für das Sternbild irrelevanten Sterne werden ausgeblendet.
4. Die Sterne werden per Linien miteinander verbunden.
5. Das von Zeiss erstellte Sternbild erscheint.
6. Die mythologische Figur des Orion[6] legt sich über die Sternbildzeichnung von Zeiss.

[6] http://www.turbo.at/antares/stb/ORI2.jpg

5.3 Orion in Stellarium

Uns hat nun nebenher auch interessiert, wie gut und genau eigentlich ein Sternbild in einer gängigen Planetariumssoftware (Stellarium) dargestellt wird. Um den gewünschten Ausschnitt aus dem Freeware-Programm Stellarium zu erhalten, haben wir einen Screenshot vom Bildschirm genommen und die Beschriftung der Sterne und die Atmosphäre ausgeschaltet. Das ergab das folgende Bild:

5.4 Orion im Planetarium

Anfangs hatten wir schon erwähnt, dass wir ebenso unseren Planetariumshimmel am Beispiel des Orion testen wollten. Ist das Sternbild Orion in unserem Planetarium tatsächlich exakt und genauso wie am „richtigen“ Sternenhimmel zu sehen, oder gibt es Verzerrungen?

Für die Aufnahmen im Planetarium war keine parallaktische Montierung notwendig, da der Sternenhimmel einfach soweit gedreht werden kann wie gewünscht und dann gestoppt wird.

Wir wählten dafür die Kamera „Canon EOS 500D“ mit einem baugleichen Zoomobjektiv, wie wir es an der Sternwarte verwendet haben und wählten auch die gleichen Einstellungen, um gleiche Voraussetzungen zu schaffen. Also benutzten wir eine Blende von f/8 und eine Belichtungszeit von 30 Sekunden. Da es bei dieser Aufnahme nur darum ging, die Qualität des projizierten Himmels in Bezug auf die Positionen der Sterne zu testen, machten wir nur Einzelaufnahmen, um diese nachträglich zu bearbeiten. Das Stacken mehrerer gleicher Aufnahmen wie an der Sternwarte war ebenfalls nicht nötig, da die Sterne im Planetarium um einiges besser zu erkennen sind als am aufgehellten Wuppertaler Nachthimmel. Im Planetarium beeinträchtigt ja kein städtisches Streulicht unseren Blick zum Himmel.

Um das Bild möglichst unverzerrt schießen zu können, wurde das Stativ samt Kamera direkt neben die Projektoren gestellt.

Nun wurde der Sternhimmel soweit gedreht, bis Orion in einem der Fünfecke stand, nur Bellatrix befand sich an der Kante zu einem der anderen Fünfecke

.

Ausschnitt den die Kamera fotografiert bei beleuchtetem Planetarium

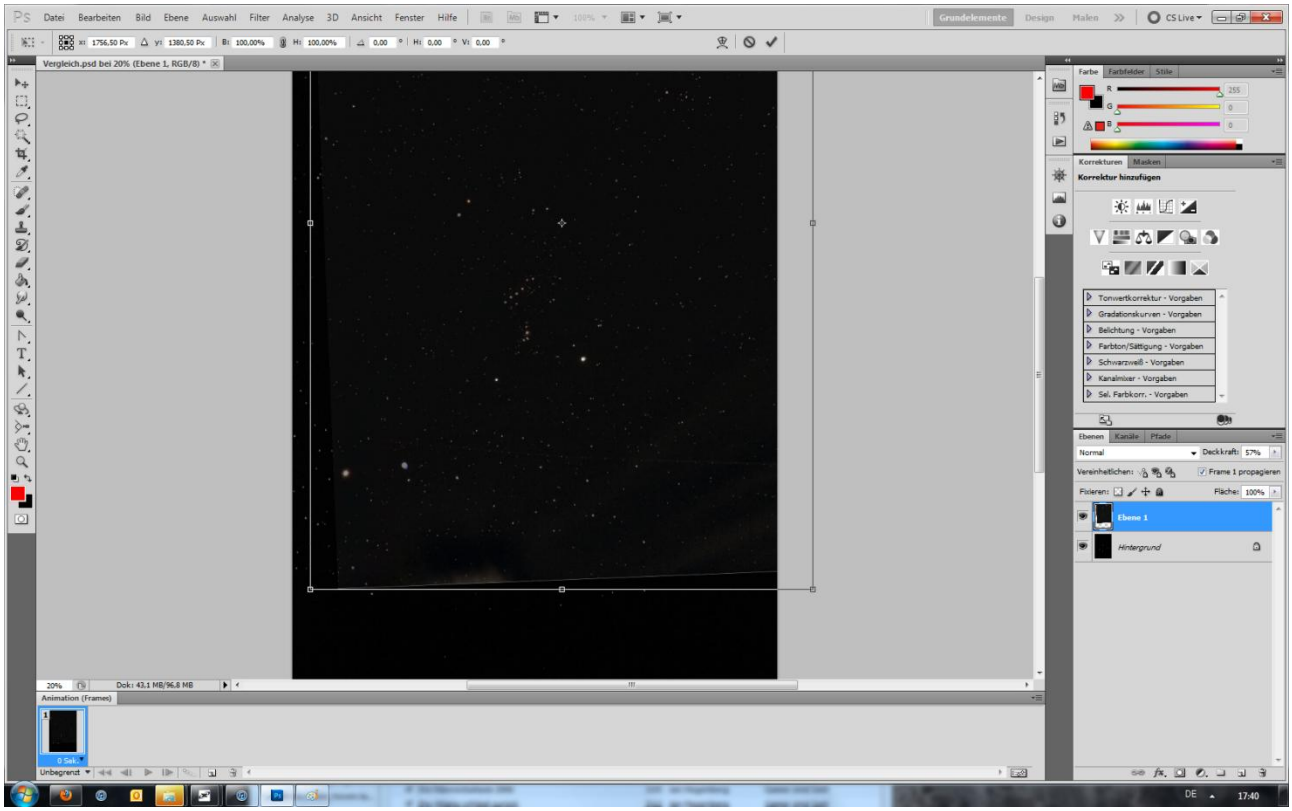
Nun wurde die komplette Beleuchtung ausgeschaltet und es konnten Fotos aufgenommen werden.

Das verwendete Ergebnis sieht wie folgt aus:

Da nun alle drei Bilder fertig sind, wenden wir uns dem Vergleich der drei Ergebnisse zu.

6 Vergleich des Sternbilds Orion am Wuppertaler Nachthimmel, in der Astrosoftware „Stellarium“ und in unserem Schulplanetarium

Den Vergleich dieser drei Bilder des Orion führten wir mit „Photoshop“ durch, indem wir alle drei Bilder übereinander gelegt haben und zuerst das Bild von „Stellarium“ unserem fotografierten Bild an der Sternwarte angepasst haben, indem wir die Deckkraft von einem der beiden Bilder auf ca. 50% runtergeregelt haben und nun die beiden Fixpunkte, Saiph und Rigel übereinanderlegten. Da die Bildgrößen und aufgenommenen Ausschnitte nicht gleich waren, musste eines der Bilder vergrößert und gedreht werden, aber natürlich nur so, dass die alten Verhältnisse gewährt blieben und sich das Bild nicht verzerrt.



Das Gleiche wurde mit der dritten Ebene gemacht.

Da es sich auch hier anbot, eine bewegte GIF-Animation zu erstellen, taten wir dies. Die Animation stoppt jeweils, wenn nur eines der drei Ergebnisse zu sehen ist, oder wenn zwei der Ergebnisse beide ca. 50% Deckkraft haben, so dass man den direkten Vergleich sehen kann. Sie wurde auf dem gleichen Weg erstellt wie bereits die Animation zum Sternbild Orion und ist auch wieder nur im Browser (und natürlich auf der beigefügten Materialien-CD) betrachtbar.

http://www.imgbox.de/show/img/kIWLmqPFMG.gif

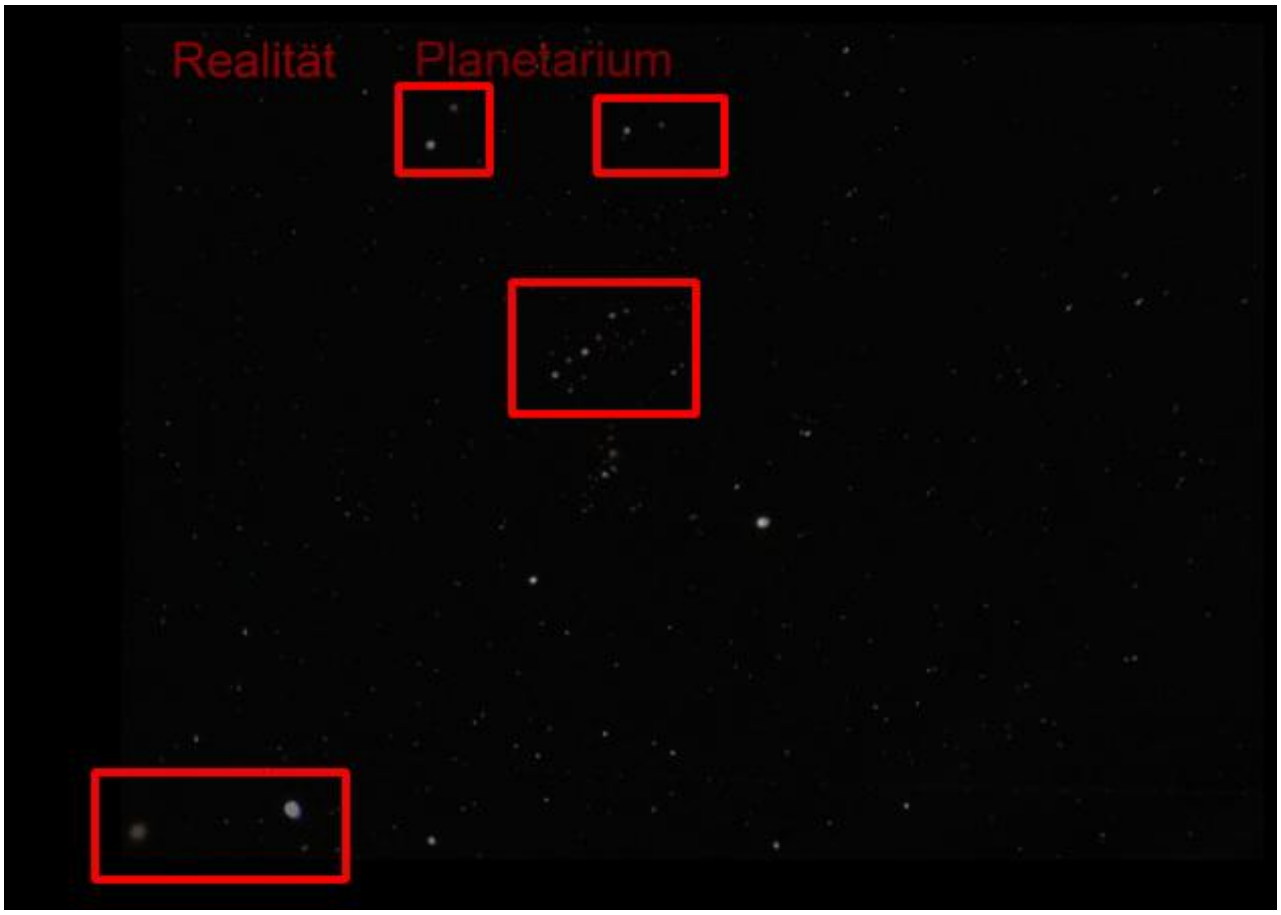
6.1 Auswertung

Für die Auswertung beginnen wir mit dem Vergleich zwischen „Stellarium“ und dem selbst fotografierten Wuppertaler Nachthimmel (Realität).

Wie zu sehen, liegen hier die Sterne in der Mitte recht gut übereinander, doch auch schon im oberen Bereich des Bildes ist der Stern Beteigeuze recht deutlich doppelt zu sehen, der obere größere gehört dabei zu „Stellarium“. Genauso deutlich ist dies an Sirius zu sehen, der rechte Sirius gehört wieder zu Stellarium. Die Unterschiede in den äußeren Bereichen der Bilder könnten entweder auf die Verzeichnung der Objektive zurückzuführen sein oder auf eine Ungenauigkeit in Stellarium.

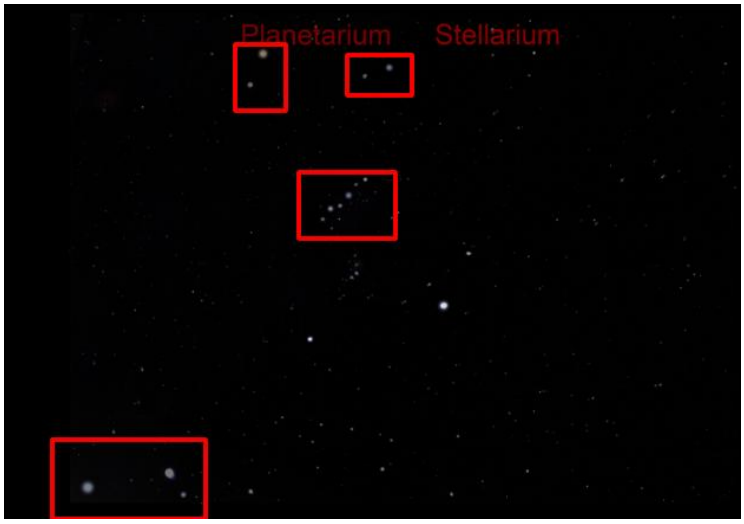
Im Prinzip ist die Übereinstimmung aber recht genau.

Nun kommen wir aber zum viel interessanteren Vergleich des Orion in der Realität mit dem Orion an unserem Planetariumshimmel.



Hier sind deutlich größere Unterschiede zu sehen. Während die unteren beiden Sterne des Orion per Konstruktion übereinanderliegen (was daran liegt, dass dies die Fixpunkte waren, um die Bilder übereinanderzulegen), ist es schon beim Gürtel in der Mitte deutlich zu erkennen, dass keiner der Sterne übereinander liegt. Das Gleiche ist bei den oberen Sternen des Orion zu sehen. Auch Sirius liegt keinesfalls übereinander. Noch auffälliger wird dies, wenn einem bewusst wird, dass der „Planetariums-Sirius“ rechts vom „Realitäts-Sirius“ ist, die anderen „Planetariumssterne“ innerhalb des Orions links von den zugehörigen „Realitätssternen“ liegen.

Beim Vergleich von Planetarium und „Stellarium“ ergibt sich logischerweise ein sehr ähnliches Bild.



Also scheint das Sternbild Orion, das der Beobachter im Planetarium sieht, schmaler zu sein als in der Realität am echten Sternenhimmel. Sirius befindet sich im Planetarium um einiges näher am Orion Sternbild befindet als es in Wirklichkeit der Fall zu sein scheint. Ob sich diese Erkenntnis für alle Sternbilder in unserem Planetarium übertragen lässt, ist daran natürlich nicht zu erkennen. Es könnte auch eine einzelne Verzerrung sein, oder das Ergebnis könnte weniger verzerrt sein, wenn der Sirius höher am Planetariumshimmel steht. Jedenfalls lässt sich mit unseren Untersuchungen die Qualität unseres Planetariumshimmels so einigermaßen abschätzen. Solch eine Untersuchung ist noch nie durchgeführt worden und könnte auch für andere Planetarien interessant sein.

Abschlusserklärung

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

Literaturverzeichnis

[1] sämtliche Informationen und Bilder stammen von Herr Steinrücken.

[2] http://physikshow.uni-bonn.de/versuche/Polarisationsfolie.html

[3] http://www.almanachdeutschesmuseum.de/Sternbilder.htm

[4] http://www.almanachdeutschesmuseum.de/Der%20ORION.htm

[5] http://www.ajoma.de/html/orientierung.html

[6] http://img.webme.com/pic/j/jensengard-area51/japan.jpg

[7] http://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/foto/zirkumpolar-getty-gr.jpg

[8] http://astronomy.meta.org/monatlich/0209_monatsthema.html

[9] http://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/sternbilder/namen.html

[10] http://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_%28Planet%29

[11] Digitale Astrofotografie von Axel Martin und Bernd Koch

[12] http://astrofotografie.hohmann-edv.de/grundlagen/optik.brechung.php

[13] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Sternbild_Orion.jpg

[14] http://www.almanachdeutschesmuseum.de/DaehneOrionObjekte.htm

[15] http://jumk.de/astronomie/sternbilder/orion.shtml

[16] http://www.sternenhimmel-aktuell.de/Orion.htm

[17] http://de.wikipedia.org/wiki/Saiph

[18] http://de.wikipedia.org/wiki/Bellatrix

[19] http://de.wikipedia.org/wiki/Alnitak

[20] http://de.wikipedia.org/wiki/Mintaka

[21] http://de.wikipedia.org/wiki/Alnilam

[22] http://de.wikipedia.org/wiki/Beteigeuze

[23] http://de.wikipedia.org/wiki/Rigel

[24] http://de.wikipedia.org/wiki/Orionnebel

[25] http://www.sternenhimmel-aktuell.de/SB_Orion_00002.jpg