CARL-FUHLROTT-GYMNASIUM – WUPPERTAL

Der Mond

fotografische und wissenschaftliche Auseinandersetzung

Alexander Soja und Michael Kaufmann

Jahrgangstufe Q1

Schuljahr 2013 / 2014

Kursleitung unter Bernd Koch

***Anschriften*: Alexander Soja; Hausfeld 81; 42399 Wuppertal; a.m.soja@web.de**

Michael Kaufmann; Hütter Buschstraße 16; 42349 Wuppertal; michael.c.kaufmann@web.de

Inhalt

Kapitel		Thema	Seite
1		**Einleitung**	
	1.1	Vorwort	02
	1.2	Vorstellung des Themas	03
2		**Ausstattung**	
	2.1	Teleskope	03
	2.2	Kameras	05
	2.3	Die verwendeten Programme	06
3		**Aufbau**	
	3.1	Die Sternwarte am CFG	08
4		**Der Mond**	
	4.1	Eckdaten	11
	4.2	Entstehung	13
	4.3	Oberfläche	13
	4.4	Interessante Mondstrukturen	15
	4.5	Mondmosaik und Farbanpassung	21
5		**Auswertung**	
	5.1	Die Ergebnisse	29
	5.2	Rückblick und Aussichten	29
	5.3	Danksagung	30
6		**Abschlusserklärung**	**30**
		Quellen	31

1 Einleitung

1.1 Vorwort

Aufgrund unseres Interesses an Fotografie und ihren künstlerischen Zügen sowie unserer Begeisterung für verschiedene Wissenschaften – wie zum Beispiel der Astrophysik – stellte der Projektkurs Astronomie unter Leitung von Herrn Bernd Koch für uns in erster Linie natürlich ein große Chance dar, einerseits fotografische, für uns sonst niemals realisierbare Projekte zu entwickeln und diese schlussendlich auch in professionellen Dimensionen zu verwirklichen. Andererseits erkannten wir aber auch die Möglichkeit, eben diese fotografischen Ergebnisse mit wissenschaftlichem Wissen zu erweitern und somit auch unseren Teil zur Astrophysik beziehungsweise zur Dokumentation einzelner Planeten und dem All an sich beizutragen. Hierbei war sofort der Mond von großem Interesse, da wir unbedingt mehr von dem natürlichen Satelliten, der täglich um die Erde kreist, in Erfahrung bringen wollen, gerade weil uns sein Erscheinungsbild und seine Schönheit so gut bekannt ist und er auch sonst unter vielen Fotografen als sehr beliebtes Motiv fungiert.

Da nun der Projektkurs Astronomie nach Angaben von Michael Winkhaus für uns Schüler die perfekten Voraussetzungen für die Mondfotografie bieten sollte, haben wir uns beinahe sofort für das Thema Mond und im gleichen Zug für eine Projektarbeit mit fotografischem Schwerpunkt vor wissenschaftlichem Hintergrund entschieden, wobei uns netterweise viele weitere, damit zusammenhängende Themen und Aufgaben näher gebracht wurden.

1.2 Vorstellung des Themas

In der folgenden wissenschaftlichen Projektarbeit wird der Mond fotografisch festgehalten und untersucht, wobei hier eine hochauflösende Mondkarte mit charakteristischen, wiedererkennbaren Kratern beziehungsweise Punkten und deren Höhen und Tiefen angefertigt und höchstwahrscheinlich in dann noch folgenden Schritten großflächig gedruckt werden soll. Weiterhin werden die verschiedenen Mondphasen abgelichtet und miteinander verglichen; daraus soll dann eine Fotomontage entstehen, welche eben diese Mondphasen und deren Abfolge beinhaltet und veranschaulicht. Ergänzend werden alle verwendeten, vom Carl-Fuhlrott-Gymnasium (CFG) sowie dem Projektkurs Astronomie bereitgestellten Materialien und deren technischen Eigenschaften und Funktionsweisen erklärt und die von uns verwendeten Programme beziehungsweise Softwares und deren Arbeitsweisen mit den durchgeführten Arbeitsschritten erläutert.

Somit soll diese Projektarbeit über die eigentlichen Ziele hinaus auch Arbeitsschritte in der Astrofotografie näher bringen und teilweise auch als Anleitung für spätere Projekte fungieren und benutzt werden können.

2 Ausstattung

2.1 Teleskope

Verwendet wurden für die Beobachtung zwei verschiedene Teleskope; Ein Teleskop der Firma *Celestron* mit der weiteren Bezeichnung *C11* sowie ein *Pentax 75 SDHF*. Hierbei weisen die beiden Optiken jeweils andere Brennweiten und Blendenwerte auf, welche folgend als ergänzendes Material tabellarisch aufgeführt werden:

Tbl. 1

	ø der Linsenöffnung	**Brennweite (f)**	**Kleinster Blendenwert**
Pentax 75 SDHF	75 Millimeter	500 Millimeter	~ 6,7
Celestron C11	279 Millimeter	2800 Millimeter	~ 10

2.1.1 Brennweitenberechnung mit Konverter mit Photoshop CS3

Für die Ermittlung der genauen Brennweitenverlängerungsstufe des mit den Teleskopen verwendeten *CaF_2 Flatfield Converter*, welcher zur Verlängerung der eigentlichen Brennweite des Teleskops und somit zur Vergrößerung des zu fotografierenden Ausschnitts eingesetzt wird, wurde das weitläufig bekannte Programm **Photoshop** (*Creative Suite 3 – Version 10.0*) verwendet. Nach dem Öffnen zweier Mondbilder (eines aufgenommen ohne Converter, eines mit) wurde mit Hilfe des Lineal-Werkzeuges das Verhältnis von gleichen Strecken zwischen zwei spezifischen Mondkratern auf beiden Bildern gemessen. Somit ergibt sich folgende Rechnung:

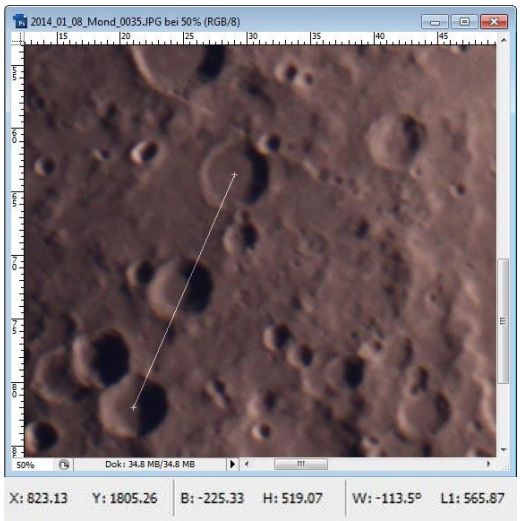


Abb. 2 Mondbild mit Flatfield Converter

$$\frac{L1\ \mathbf{565.87}\ (Abb.1)}{L1\ \mathbf{214.05}\ (Abb.2)} \approx 2{,}64$$

Nachdem dieser Vorgang an drei verschiedenen Strecken durchgeführt wurde, konnte von uns der Mittelwert von ungefähr **2,66** gebildet werden.

In der folgenden Tabelle (**Tbl. 2 →** nächste Seite) sind die neu berechneten Werte für das Teleskop **mit Converter** aufgeführt.

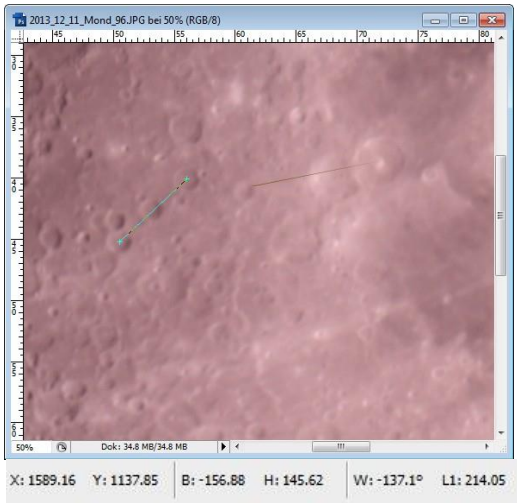


Abb. 2 Mondbild ohne Flatfield Converter

Tbl. 2

	Vergrößerungsfaktor	**Brennweite (f) des C11 mit Converter**	**Blende des C11 mit Converter***
CaF_2 Flatfield Converter	~ 2,66x	7448 Millimeter	~ 26,7

***Berechnung des Blendenwertes:** $\frac{f}{ø}$ **→ Also:** $\frac{\textit{Brennweite}}{\textit{Durchmesser der Linsenöffnung}}$

2.1.2 Wahl des Teleskops

Aufgrund der wesentlich größeren Brennweite bei trotzdem noch akzeptablem Blendenwert wurde für die fotografischen Zwecke lediglich das *Celestron C11* verwendet. Dieses wurde für noch größere Ausschnitte des Mondes (d.h. auch eine bessere Auflösung der Mondoberfläche) - wie oben auch schon erwähnt - mit einer Brennweitenerweiterung (CaF_2 Flatfield Converter) kombiniert, wodurch schlussendlich eine Brennweite von **7448 Millimetern** bei einem Blendenwert von $\approx$ **26,7** erzielt wurde.

Dies ist auch deshalb möglich, da der Mond ein sehr heller Himmelskörper ist, welcher für eine ausreichende Belichtung keine besonders große Blendenöffnung beziehungsweise zu lange Belichtungszeiten (was gleichzusetzen wäre mit einem Verwackeln des Bildes durch Lichtbrechung ausgelöst von der Atmosphäre) benötigt.

Die oben schon erwähnte Optik von **Pentax** diente lediglich dem Zweck des einfacheren Ortens des Mondes am Himmel.

2.2 Kameras

2.2.1 Die Canon EOS 450D

Für die Astrofotografien in dieser Projektarbeit wurde häufig das Kameramodell **EOS 450D**, eine digitale Spiegelreflexkamera der Firma **Canon**, verwendet. Diese hat die folgenden, technischen Eigenschaften:

Tbl. 3

Sensorgröße	Sensordiagonale	Pixelanzahl	Pixelgröße	Megapixel
22,2mm x 14,8mm	26,7mm	4272 x 2848	5,2μm	12,2

Aus der Sensorgröße von 22,2 mm Breite und 14,8 mm Höhe resultiert eine Sensordaigonale von 26,7 mm. Der große Vorteil der verwendeten Kamera liegt vorallem darin, dass ein sogeannter ACF-Filter durch die Firma Baader eingebaut wurde. Dieser ist wesentlich Lichtdurchlässiger als der standartmäßig von Canon verbaute Filter, was die Schwäche des

CMOS-Sensors, wenn es beim Aufnehmen von Objekten in den Infrarot- beziehungsweise den H-Apha-Bereich des Lichts geht, teilweise ausgleichen kann. Das führt schlussendlich zu einem naturgetreueren Bild mit natürlicheren Farben. Die Durchlässigkeit (Transmission) der beiden Filter kann **Abb. 3** entnommen werden:

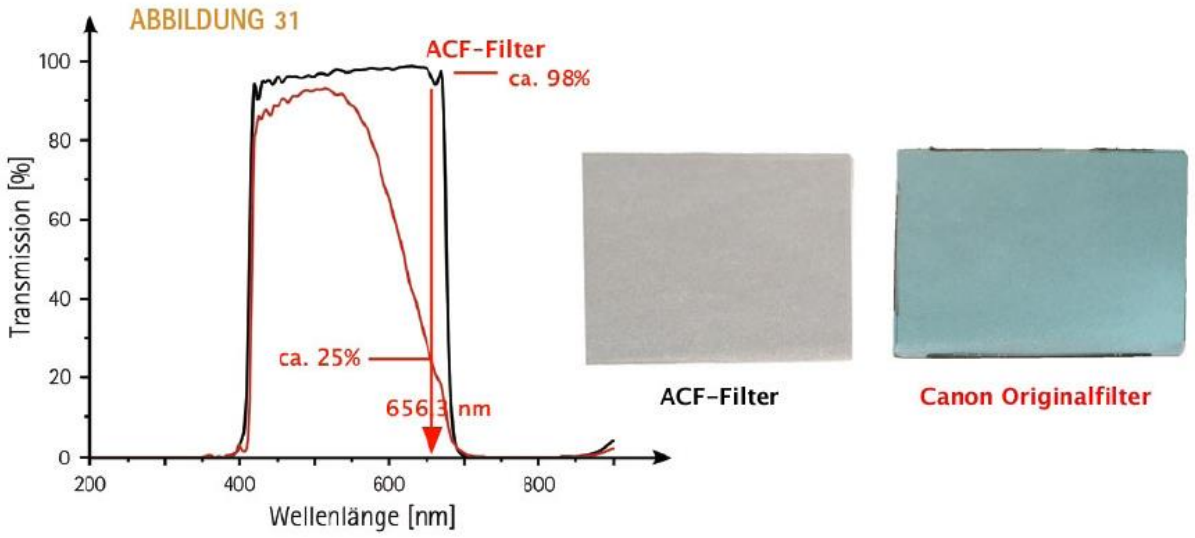


Abb. 3 Diagramm bezüglich des Lichtdurchlasses der Filter (im Vergleich)[1]

2.3 Die verwendeten Programme

2.3.1 Das Aufnahmeprogramm

Als Aufnahmeprogramm für die EOS 450D haben wir die mitgelieferte Software ***EOS Utility*** von **Canon** benutzt, mit der es möglich ist, die Kamera per Kabel über einen Laptop zu steuern. So können sämtliche Einstellungen (z.B. der ISO-Wert[2] und die Belichtungszeit) direkt vom PC getroffen werden, was bei der Einrichtung der Kamera Zeit spart. Zusätzlich ist es einfacher, die Fokussierung des Teleskops über den im Vergleich zur Kamera großen Laptop-Display schon vor der Aufnahme zu kontrollieren und sehr fein einzustellen. Als weiteren Vorteil bietet die Software ein direktes Speichern der aufgenommenen Bilder auf dem Computer an, was den gesamten Prozess beschleunigt.

[1] Quelle: „Astrofotografie mit der EOS 450D (Grundkurs)“, Bernd Koch – Astronomiematerialien
[2] Empfindlichkeit des Sensors

2.3.2 Adobe Lightroom und Camera-RAW

Um die aufgenommenen Bilder auszuwerten und schnell nachzubearbeiten wurde das Programm ***Adobe Lightroom 5*** verwendet, da dieses einen eingebauten RAW-Converter bietet, welcher das Verwenden und Auswerten von Bildern im RAW-Format[3] ermöglicht. Weiterhin bietet das Programm viele Verwaltungstechnische Vorteile, da sich die Bilder leicht und schnell auf den Computer übertragen und sortieren lassen.

2.3.5 Photoshop CS3 und CC

Die wesentlichen Aufgaben unserer Projektarbeit – also das Arbeiten mit und Bearbeiten von Fotos des Mondes – wurden mit dem recht bekannten und vor allem auch mehr oder weniger professionellen Bildbearbeitungsprogramm Photoshop CS3 und Photoshop CC, ebenfalls von Adobe, ausgeführt. Dieses bietet zahlreiche, wichtige Features, welche unerlässlich in der Fotografie sind, wie zum Beispiel das Arbeiten mit verschiedenen Einstellungsebenen, mit denen sich das Bild leicht korrigieren lässt.

2.3.6 Photomerge

Bei ***Photomerge*** handelt es sich um eine in Photoshop integrierte Funktion, welche das leichte Erstellen von Panorama-Bildern aus mehreren Einzelbildern ermöglicht. Dabei stehen verschiedene Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung. Da nun von uns angestrebt wurde, ein hochauflösendes Mondmosaik aus vielen Fotos der Mondoberfläche zu erstellen, war dieses Plug-In essenziel wichtig für den Erfolg unserer Arbeit.

[3] Eine nicht komprimierte Bilddatei, welche sämtliche Sensorinformationen speichert

3 Der Aufbau

3.1 Die Sternwarte am *Carl-Fuhlrott-Gymnasium*

Abb. 5 Sechs von Sieben Inseln auf dem Schuldach

Hier am CFG – einer eigentlich normalen Bildungsstätte – haben Schüler und Studenten die besondere und eher selten anzutreffende Gelegenheit, astronomische Beobachtungen und Forschungsarbeiten an einer schuleigenen Sternwarte durchzuführen. Diese durch die Herrn *Winkhaus* und *Koch* ins Leben gerufene Einrichtung verfügt über insgesamt sieben eigenständige Forschungsinseln, welche es Gruppen von Schülern erlauben, eigenständig astronomische Objekte zu beobachten und die den Inseln zugehörigen Materialien (wie z.B. Teleskope, Kameras, diverse Filter etc.) zu verwenden.

Um nun den Mond fotografisch festzuhalten, wurden neben den schon beschriebenen Optiken und Kameras die verschiedensten technischen beziehungsweise für den Aufbau relevanten Geräte verwendet; so zum Beispiel wird die komplette Konstruktion auf einem massiven Stativ befestigt, welches vom Baader Planetarium in München – wie auch alle anderen Teile – extra für die Sternwarte angeliefert und angefertigt wurde. Weiterhin muss das schwere *Celestron C11* mit einem Gegengewicht stabilisiert beziehungsweise ausbalanciert werden, damit der Motor zum Schwenken und Neigen des Teleskops (ein *Astro Physics 900GTO Servo Drive* aus den USA) vernünftig funktionieren kann und nicht verkantet. Dieser wird über eine Steuereinheit der gleichen Firma (*Astro Physics*) angesteuert (**Abb. 5**). Diese Steuereinheit enthält eine vorprogrammierte Koordinatendatenbank, die das Ansteuern verschiedener Beobachtungsobjekte wie Planeten, Nebeln oder Sternen enorm erleichtert.

Abb. 4 Die Steuereinheit

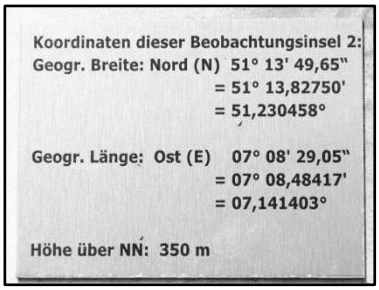
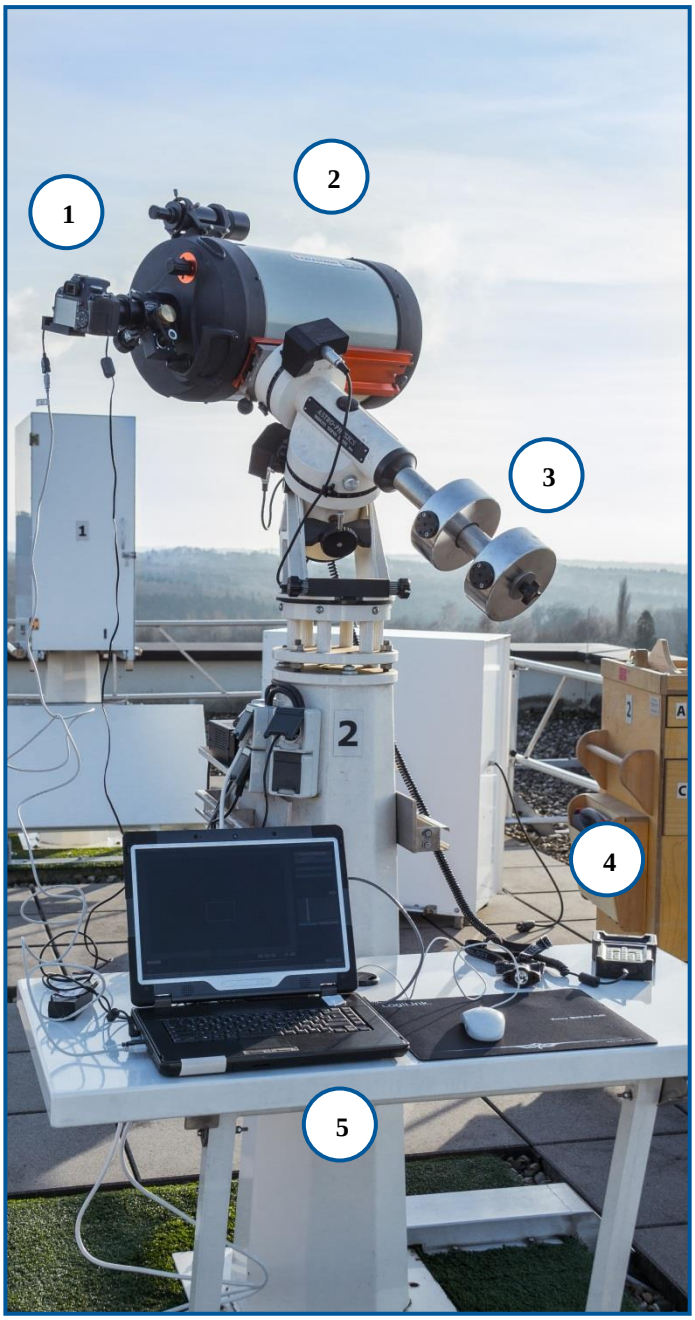


Abb. 6 Koordinaten für Insel 2

Hierzu wurde die genaue Position der Sternwarte bestimmt (**Abb. 6**) und in die Einheit eingespeichert. Somit ist es möglich, via Schnellauswahl das gewünschte Objekt automatisch anfahren zu lassen. Nachdem das Beobachtungsobjekt dann gefunden wurde (da teilweise noch eine manuelle Ausrichtung der Teleskope nötig ist), kann die Beobachtung und Untersuchung mit der schon beschriebenen Kamera beginnen. Weiterhin befinden sich in den Beobachtungsinseln diverse Ausstattungsgegenstände wie Kopf- und Tischlampen für Nachtbeobachtungen, ein inseleigener Laptop, Speichermedien (SD-Karten, USB-Sticks), diverse Kabel für LAN-Verbindungen und Stromversorgung, Schreibutensilien, Werkzeuge, sowie Okulare, kleinere Teleskope, verschiedene Filter (z.B. **Sonnenfilter**) und zusätzliche Kleinteile.



1. Kamera
2. Celestron C11 (Teleskop)
3. Gegengewichte
4. Steuereinheit
5. Laptop zur Datensicherung

Abb. 8 Die Aufgebaute Station 2

1. Kamera EOS 450 D
2. T-Ring
3. CaF_2 Flatfield Converter
4. Teleskop-Anschluss

Abb. 8 Die Kamera Eos 450 mit CaF_2 Flatfield Converter befestigt am Celestron C11

4 Der Mond

4.1 Eckdaten

Tbl. 4[4]

Durchmesser	3476 *km*
Masse	7,348 * 10^{22} *kg*
Mittlere Dichte	3,345 $^{g}/_{cm^3}$
Umlaufzeit	~ 27 Tage, 7 Stunden, 12 Minuten
Mittlere Entfernung zur Erde	384.700 *km*
Schwerebeschleunigung auf der Oberfläche	1,6193 $^{m}/_{s^2}$
Entstehungszeitraum	vor ~ 4,6 * 10^9 Jahren

4.1.1 Was zeichnet einen Mond aus?

Als Mond bezeichnet man einen Satelliten, welcher um einen Planeten kreist. Dabei ist dieser an seinen Planeten gebunden und verlässt seine Umlaufbahn in der Regel nicht. Stattdessen wird diese stetig enger. Der Grund für die langsame Annäherung des Mondes an den Planeten ist die Gravitationskraft, welche zwischen den Körpern wirkt. Hierbei ist entscheidend, dass die Anziehung des Planeten auf den Mond größer ist als die der Sonne auf den Mond. Die Gravitationskräfte, welche zwischen den Körpern wirken, werden nach dem Gravitationsgesetz $F = G * \frac{m*M}{r^2}$ bestimmt. $\boldsymbol{F}$ entspricht hierbei der Kraft (zwischen Mond und Planet bzw. Sonne), welche in Newton angegeben wird. $\boldsymbol{G}$ ist die Gravitationskonstante welche von uns im Physikunterricht hergeleitet wurde; Sie beträgt:

$$\boldsymbol{G = 6,67259 * 10^{-11}\ m^3/kg * s^2}$$

Für $\boldsymbol{m}$ und $\boldsymbol{M}$ wird die Masse des Mondes und des Planeten beziehungsweise der Sonne eingesetzt, wobei $\boldsymbol{m}$ die Masse des Mondes und $\boldsymbol{M}$ die Masse des anderen Objektes beschreibt. $\boldsymbol{r}$ entspricht hierbei dann dem Radius der Kreisbahn, also der großen Bahnhalbachse zwischen den beiden Körpern.

[4] Quellen: „Die wichtigsten Monde der Planeten“, Michael Winkhaus – Physik Materialien
http://de.wikipedia.org/wiki/Mond#Entstehung_des_Mondes (18:25 Uhr; 09.04.2014)
http://www.heret.de/mathe/mond.shtml
Bernd Koch – Astronomiematerialien

4.1.2 Ist der Erdmond ein Klassischer Mond?

Wenn man nun die Wechselwirkung im Erde-Mond-System sowie im Sonne-Mond-System ausrechnet und vergleicht erhält man folgende Gleichungen:

W.w. Erde-Mond: $\boldsymbol{F} = 6{,}67259 * 10^{-11} \frac{m^3}{kg} * s^2 * \frac{7{,}348*10^{22}\, kg * 5{,}976*10^{24} kg}{384700000^2\, m} =$

1,979838677*10^20 Newton

W.w. Sonne-Mond: $\boldsymbol{F} = 6{,}67259 * 10^{-11} \frac{m^3}{kg} * s^2 * \frac{7{,}348*10^{22}\, kg * 1{,}999*10^{30} kg}{1{,}496*10^{11^2}\, m} =$

6,551560993*10^20 Newton

Nun kann man das Verhältnis der Kräfte ermitteln: Da W.w.[5]-Sonne/W.w.-Planet = 3,30914 ist, folgt daraus, dass die Sonne ungefähr ***3,3x*** so stark auf den Mond wirkt als die Erde. Wenn man diese Berechnung auf einen beliebigen anderen Mond in unserem Sonnensystem anwenden würde, erhielte man eine stärkere Anziehung durch den Planeten als durch die Sonne. Dieses Phänomen ist anhand der Position von Erde und Mond im Sonnensystem zu erklären. Alle Planeten, die sich näher an der Sonne befinden als die Erde, haben keinerlei Monde. Dies liegt an der enorm hohen Anziehungskraft der Sonne, welche die möglichen Monde von ihren Planeten wegzieht. Erst die Erde ist in der Lage, einen Mond über einen längeren Zeitraum zu halten. Weiterhin ist die Erde der **einzige** Planet (in unserem Sonnensystem), den nur ein Mond umkreist, wobei dieser sich im Gegensatz zu allen anderen Monden von seinem Bezugsplanten entfernt, dies liegt an der (oben) errechneten Wechselwirkung.

[5] Abkürzung für Wechselwirkung zwischen den Objekten

4.2 Entstehung

Die allgemein anerkannte Theorie des sogenannten „***Giant Impact***“ erklärt die Entstehung des Erdmondes als Ergebnis einer Kollision eines ungefähr marsgroßen Planeten mit der sich im Frühstadium befindenden Erde – auch als ***Protoerde*** bezeichnet.

Abb. 9 Künstlerische Darstellung der Mondentstehung[6]

Hierbei wurden Teile der *Pedo-* und *Lithosphäre* der Erde und des eingeschlagenen Körpers in die Erdumlaufbahn geschleudert, welche zu einer immer größer werdenden Masse heranwuchsen. Mit der entstehenden Anziehungskraft der Teilchen aufeinander bildete sich in circa 20.000 *km* bis 30.000 *km* Entfernung von der Erde eine flüssige Kugel aus Magma – *der Mond*. Dieser prägte im Laufe der Abkühlung eine feste Kruste aus, welche jedoch anfänglich von Fremdkörpern durchschlagen wurde, wodurch wieder Magma an die Mondoberfläche treten konnte. Diese bildete markante *Maare* (Mondmeere) aus, welche auch von der Erde zu sehen sind. Spätere Einschläge bildeten seine markanten Mondkrater.

4.3 Oberfläche des Mondes

Die Oberfläche des Mondes besteht im Grunde genommen aus zwei Komponenten, welche den größten Teil der Mondkruste ausmachen: Ersteres hiervon ist sogenanntes *Basalt* – ein Endprodukt abkühlender Lava – welches besonders in den Mondmeeren zu finden ist und die dunkle Farbe der glatten Meere hervorruft. Weiterhin findet man auf dem Mond dicke Schichten von Gesteinsresten, -trümmern und Staub – *Regolith*. Dieses ist besonders in den Kraterregionen vorzufinden und entstand als Resultat von Meteoriteneinschlägen auf dem Mond.

Insgesamt weist der Mond keinerlei Tektonik – wie beispielsweise die Erde – auf.

[6] Quelle: http://www.uni-bayreuth.de/presse/images/2014/057/Giant-Impact-Bild.jpg

4.3.1 Vorderseite (von der Erde aus sichtbar)

Zunächst kann man sagen, dass sich die Oberfläche des Mondes allein mit dem Auge grob in die dunkleren ***Maria*** (etwas 30%) und die etwas helleren höheren Gebiete aufteilen lässt, wobei hier die **Mondmeere** meist tiefer liegen als der Rest der Oberfläche.

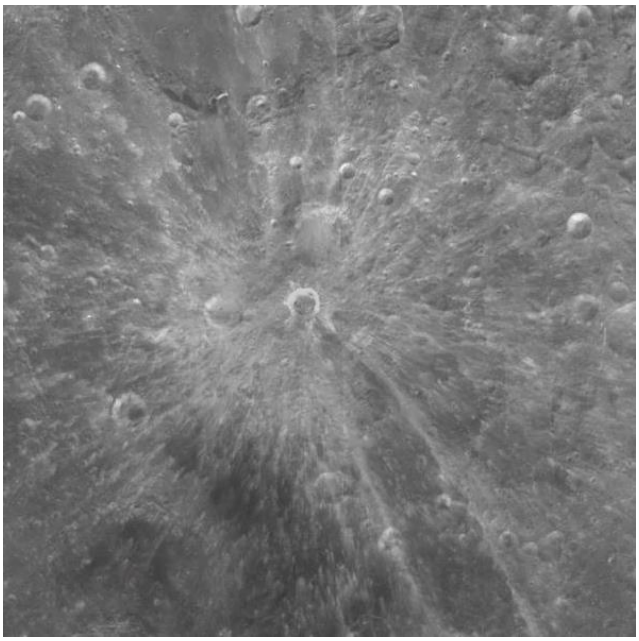


Abb. 10 Helle Strahlen[7]

Weiterhin kann man auf dem Mond markante **Mondkrater** erkennen, welche teilweise von **hellen Strahlen** umgeben sind. Diese *Radialstreifen* bestehen hauptsächlich aus pulverisiertem Material, das bei Einschlägen aus den Kratern geschleudert wurde. Eine weitere Erklärung für diese Streifen ist jedoch auch die Vermutung, dass das Gestein durch die enorme Aufprallenergie verdampfte und sich als glasartige Partikel wieder um den Krater herum verfestigte, womit die große Reflexionsfähigkeit der Strahlen erklärt werden kann. Auch findet man auf dem Mond sogenannte **Wallebenen**. Diese besitzen einen flachen Kraterboden und sind umgeben von einem Wall beziehungswiese einer Art Wand, welche mit den Kratern entstanden ist.

Weitere Oberflächenmerkmale des Mondes bilden seine hohen **Gebirge** und **Ringgebirge**, die oft die großen *Maria* umringen, und diverse **Rillen**, **Spalten** oder **Risse**, welche sich durch die Mondkruste ziehen und sich über hunderte Kilometer erstrecken können.

Besonders auffällige Mondkrater auf der Vorderseite des Mondes, auf die in dieser Arbeit auch noch eingegangen wird, sind **Aristarchus**, **Tycho**, **Archimedes** und **Kopernikus**.

[7] Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Wfm_giordano_bruno.jpg (17:02 Uhr; 24.04.2014)

4.3.2 Rückseite

Die Rückseite des Mondes, beziehungsweise ungefähr **41%** davon, ist von der Erde aus nie sichtbar, was die Beobachtung nur vom All aus möglich macht. Anders als man vielleicht zunächst vermuten würde, unterscheidet sich die Mondoberfläche auf der Rückseite wesentlich von der der Erde zugewandten Seite. Genauer heißt das, dass auf der Mondrückseite nur einige wenige *Maria* und auch weniger Gebirge beziehungsweise Rillen zu finden sind; hierbei bestehen circa 90% der Oberfläche aus kraterbedeckten Hochländern. Durch die fehlenden Mondmeere ist also die Rückseite des Mondes also heller als dessen Vorderseite und besitzt deshalb auch ein höheres Rückstrahlvermögen (*Albedo*).

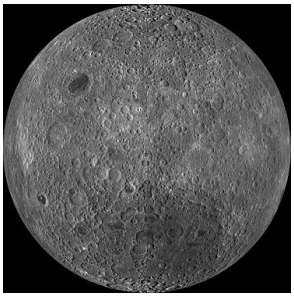


Abb. 11 Mondrückseite[8]

4.4 Interessante Mondstrukturen

4.4.1 Aristarchus-Plateau

Das Plateau befindet sich auf der Erdzugewandten Seite des Mondes und liegt dort nordwestlich des Äquators. Es ist bekannt für seine vulkanischen Erscheinungen wie große Rillenstrukturen und Radon-Emissionen sowie aufgrund diverser Leuchtphänomene *(auch genannt*: **Lunar Transient Phenomena**), bei denen Farb- und Helligkeitsveränderungen für bestimmte Bereiche des Mondes gemessen beziehungsweise beobachtet werden konnten. Hierbei sind das Plateau und der gleichnamige Krater zwei der auffälligsten und aktivsten Bereiche, wobei eben diese Phänomene auf vulkanische Aktivität schließen lassen, obwohl der Mond generell erkaltet ist und auch sonst keine Zeichen für aktiven Vulkanismus zeigt.

Abb. 12 Aristarchus-Plateau[9]

[8] Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/04/Moon_Farside_LRO.jpg/370px-Moon_Farside_LRO.jpg (10:00 Uhr; 24.04.2014)

[9] Quelle: https://the-moon.wikispaces.com/Aristarchus+Plateau (17:34 Uhr; 24.04.2014)

4.4.2 Aristarchus-Krater

Der *Aristarchus-Krater*, welcher sich auf dem süd-östlichen Teil des *Aristarchus-Plateaus* befindet, ist der hellste Krater auf der erd-näheren Mondhälfte und besitzt somit auch die höchste Albedo; diese ist im Vergleich zur restlichen Mondober-fläche ungefähr doppelt so hoch.

Abb. 13 Der Aristarchus-Krater[10]

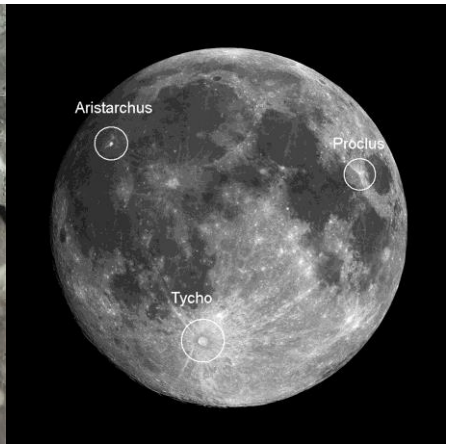


Abb. 15 Position des Aristarchus-Kraters[11]

4.4.3 Tycho

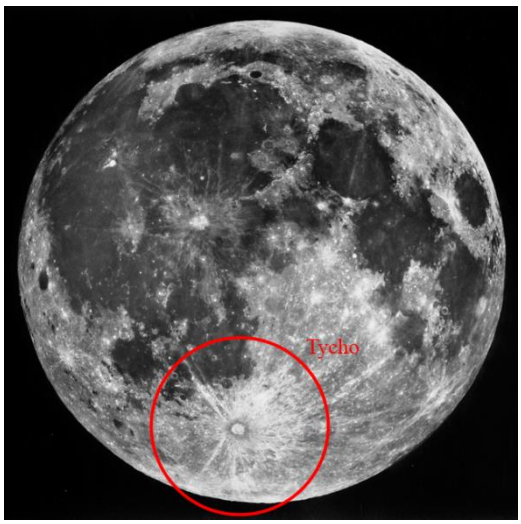


Abb. 16 Lage von Tycho auf der Mondoberfläche[12]

Der Mondkrater *Tycho* ist einer der wohl bekanntesten Krater; nicht zuletzt auch, weil man ihn sogar von der Erde aus mit bloßem Auge beobachten beziehungsweise sichten kann.

Besonders gut zu erkennen sind die prägnanten Strahlen rund um den im Durchmesser ungefähr 85 Kilometer großen Tycho, welche einen weiten Teil der Mond-oberfläche bedecken und eine hohe Albedo – wie das Kraterinnere im Übrigen auch – aufweisen. Ein weiteres, besonderes

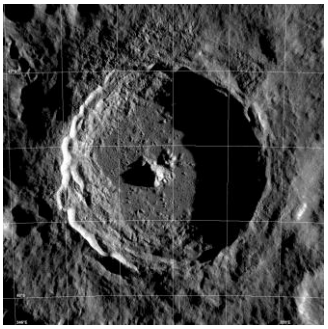


Abb. 17 Detailansicht von Tycho und seinem Zentralberg[13]

[10] Quelle: http://www.jodrellbank.manchester.ac.uk/astronomy/nightsky/nskymay11.html (17:56 Uhr; 24.04.2014)

[11] Quelle: http://astrobob.areavoices.com/files/2010/08/Moon13d_Frank-Barrett.jpg (19:00 Uhr; 31.05.2014)

[12] Quelle: http://www.lpi.usra.edu/education/timeline/gallery/images/061.jpg (12:31 Uhr; 21.05.2014)

[13] Quelle: http://www.spiegel.de/fotostrecke/tycho-der-raetselhafte-mondkrater-fotostrecke-69999-2.html (12:54 Uhr; 21.05.2014)

Merkmal, welches Tycho aufweist, ist der rund 2000 Meter hohe **Zentralberg** inmitten des Kraters, der beim Zurückfedern des Kraterbodens nach dem Meteoriteneinschlag entstanden ist, wobei Material der tieferen Kruste nach außen gedrückt wurde und somit den besagten Berg formen konnte. Auch bekannt ist der Krater teilweise durch diverse Mondexpeditionen der **NASA** (Apollo 17; 20, Surveyor 7) oder die oben schon erwähnten **Lunar Transient Phenomena**, welche auch schon bei diesem Krater beobachtet werden konnten.

4.4.4 Archimedes

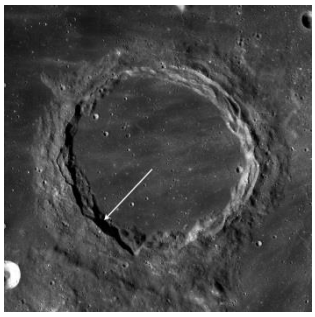


Abb. 18 Archimedes[14]

Der Mondkrater Archimedes ist mit einem Durchmesser von 81 Kilometern der größte Einschlagskrater im Mare Imbrium und befindet sich dort am östlichen Rand. Umgeben ist der Krater von einem Außenwall, dessen Innenwand stufenweise abfällt. Im Kraterinneren fehlen jegliche Gebirge; der Boden ist flach und mit mehreren Maria bedeckt.

Abb. 19 Archimedes und die angrenzende Gebirgskette[15]

4.4.5 Kopernikus

Der Mondkrater **Kopernikus** (auch: *Copernicus*), welcher als Ringgebirge auftritt, hat einen ungefähren Durchmesser von 93 Kilometern[16] und ist von innen terrassenartig gegliedert. Seine Besonderheit liegt in der enormen Größe und Tiefe des Kraters und der Tatsache, dass er – anders als andere, ähnliche Mondkrater – nicht nur einen, sondern gleich mehrere Zentralberge aufweist, wobei der höchste ungefähr 1,2 Kilometer hoch ist.

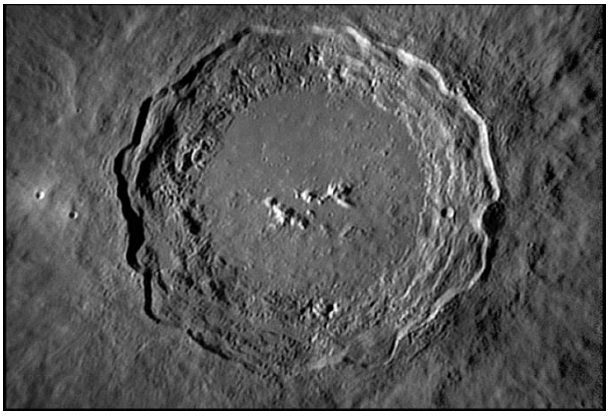


Abb. 20 Mondkrater Kopernikus mit den erkennbaren Zentralbergen[16]

[14] Quelle: http://www.nasa.gov/images/content/524220main_030211b.jpg (15:01 Uhr; 21.05.2014)

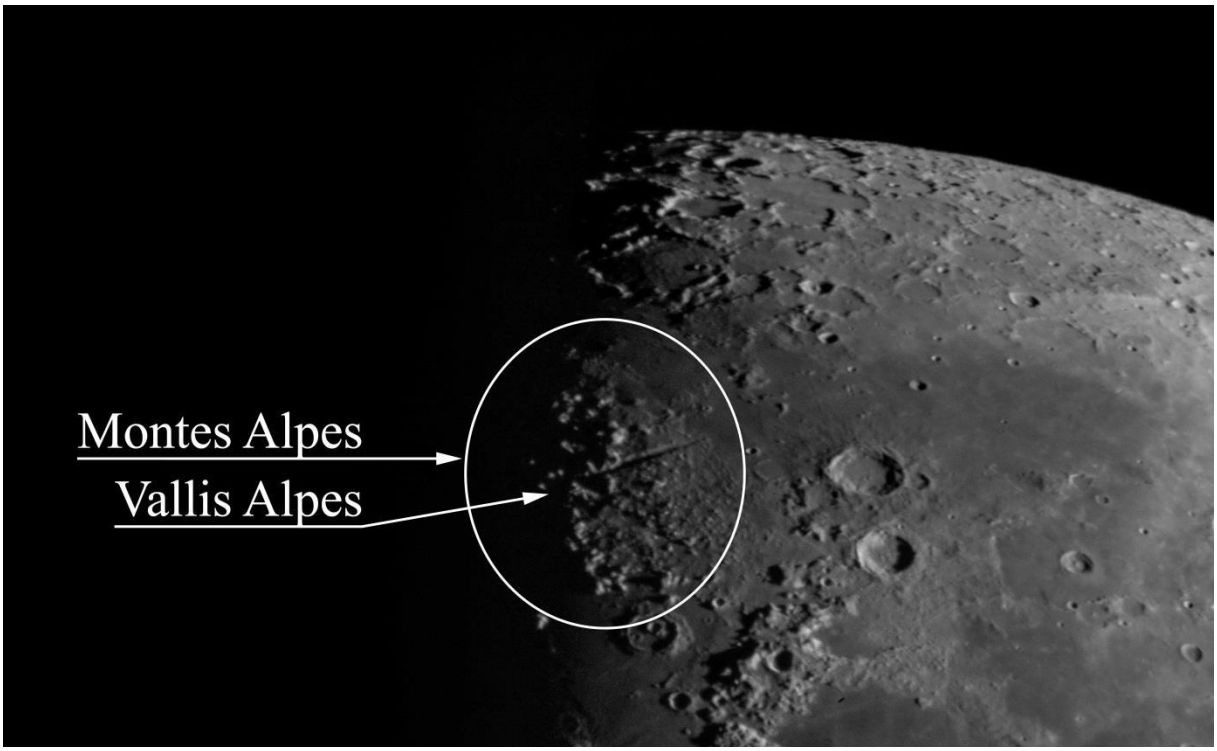
[15] Quelle: http://www.uwgb.edu/dutchs/GeolColBk/JPGSource/Archimedes.jpg (14:58 Uhr; 21.05.2014)

[16] Quelle: http://www.damianpeach.com/barbados06/lunar/copernicus_2006_04_20.jpg (18:13 Uhr; 31.05.2014)

4.4.6 Vallis Alpes

Das sogenannte **Vallis Alpes** [*Deutsch*: Alpental], welches quer durch die Gebirgsstrucktur **Montes Alpes** verläuft und , ist ein circa 130 Kilometer langes und 11 Kilometer breites Tal[17], dass durch eine rillenartige Absenkung mittig geteilt wird. Die Entstehung dieses Tals ist bislang noch nicht vollständig geklärt; hierbei sind einige Astronomen der Ansicht, dass die Struktur die Folge eines Meteoriteneinschlags gewesen sein könnte, wobei andere für möglich erachten, sie sei das Resultat tektonischer beziehungsweise vulkanischer Ereignisse.

Zu sehen ist das **Vallis Alpes** auch auf unserer eigens angefertigten Mondkarte.



[17] Quelle: **Virtual Moon Atlas** Version 6.0

4.4.6 Landepunkt der Apollo 11-Mission

Da auf unserem Mondmosaik auch der Landepunkt der **Apollo 11-Mission** (*NASA*) und weiteren Mond-Missionen zu finden ist, behandeln wir diese ganz besondere Landezone der ersten Mondlandung ebenfalls in unserer Projektarbeit.

Der Landepunkt liegt im Süd-Westen des **Mare Tranquillitatis**, wo auch heute noch immer die Fußspuren der damals auf dem Mond gelandeten Astronauten zu sehen sind. Dieser Landeplatz wurde sorgfältig und mit Bedacht auf die Sicherheit der Astronauten (*Neil Armstrong, Michael Collins, Buzz Aldrin*) ausgewählt und musste verschiedenste Kriterien erfüllen; hierbei mussten zunächst optimale Sichtverhältnisse bei Landung und Wiederaufbruch zur Erde gewährleistet werden, wobei auch die Entfernung in Betracht gezogen wurde. Somit war schon klar, dass sich der Landepunkt in unmittelbarer Nähe zum Äquator des Mondes befinden musste. Da weiterhin eine feste und recht flache Beschaffenheit des Bodens Voraussetzung für eine sichere Fährenlandung war, liegt die Lösung in einer Stelle in einem der Maria auf dem Mond. Da der in unserer Karte dargestellte Punkt im **Mare Tranquillitatis** nun optimale Eigenschaften aufwies, diente er letztendlich auch als Landestelle für das *Eagle-Modul* der Apollo 11 Mission. Das Landemodul selbst kann man auf unseren Aufnahmen selbstverständlich nicht sehen, jedoch schickte die *NASA* den **Lunar Reconnaissance Orbiter** auf eine Umlaufbahn um den Mond, sodass dieser die verschiedenen Landepunkte der Apollo Missionen 11, 12, 14, 15, 16 und 17 im Jahr 2009 aufnehmen konnte.

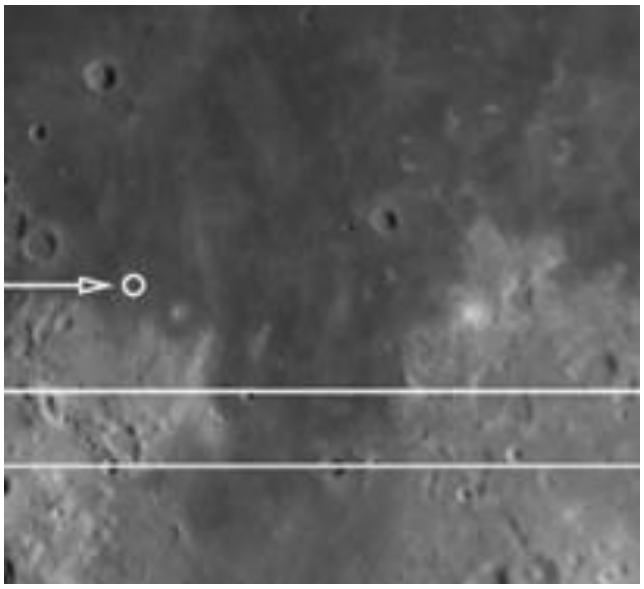


Abb. 14 Ausschnitt des Mare Tranquillitatis aus dem Mondmosaik (der Kreis stellt die ungefähre Position der Landestelle dar)

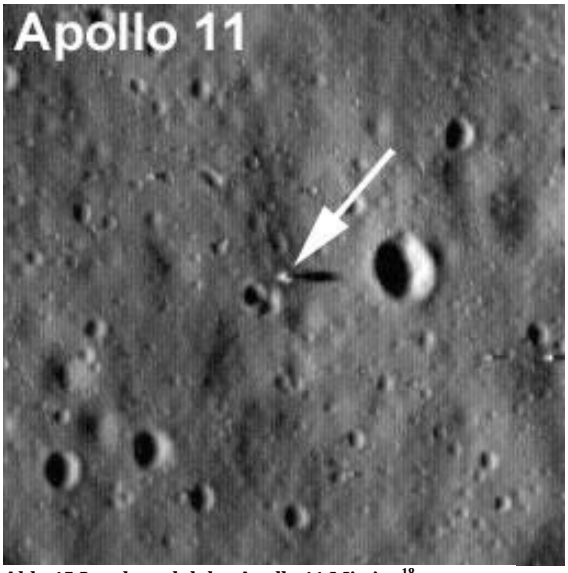


Abb. 15 Landemodul der Apollo 11 Mission[18]

[18] Quelle: http://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/multimedia/lroimages/apollosites.html (21:15 Uhr 01.06.2014

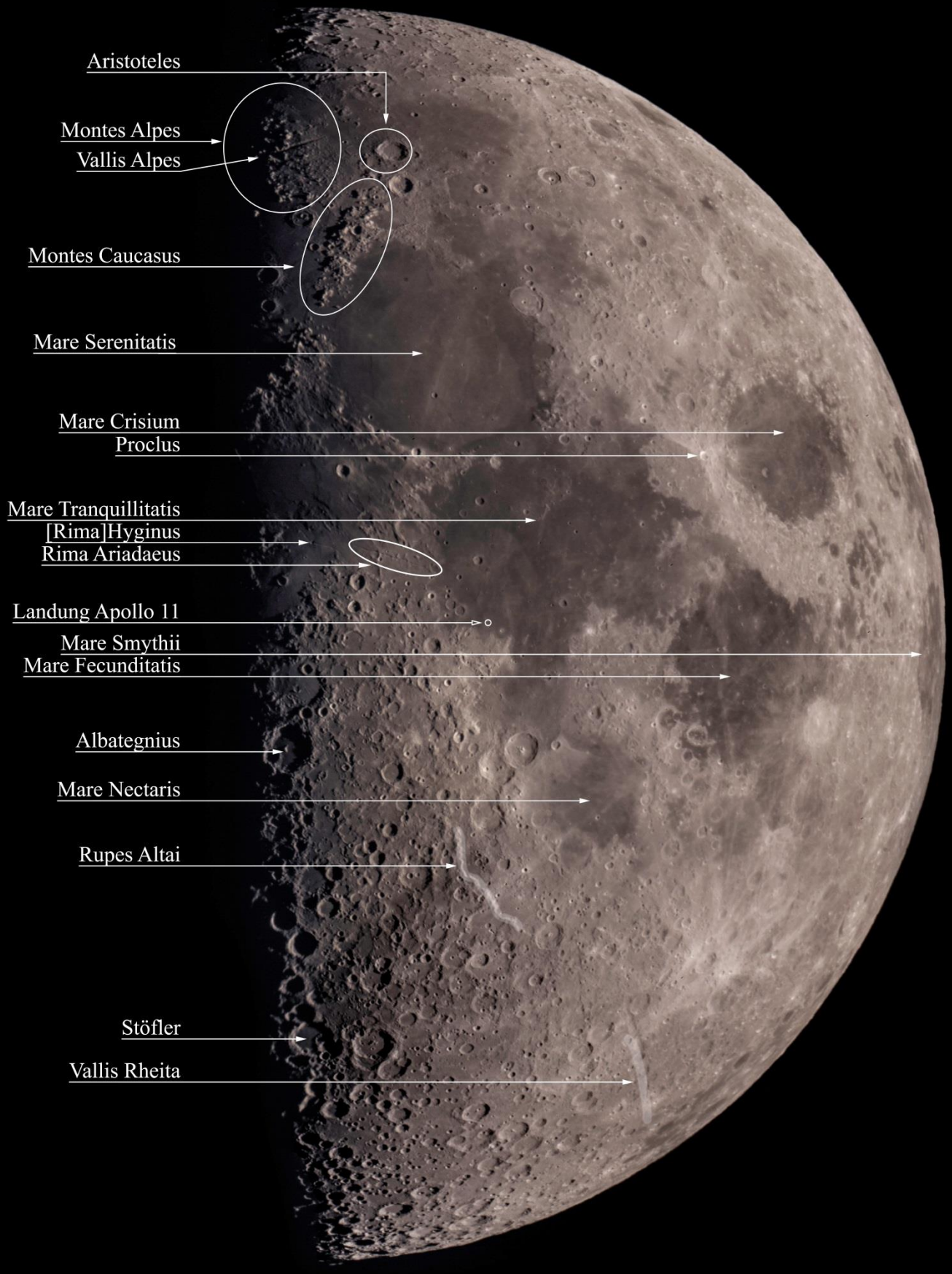


Abb. 16 Mondkarte der verschiedenen Mare und Krater (erstellt mit Photoshop und Virtual Moon Atlas aus unserem Mondmosaik)

4.5 Mondmosaik

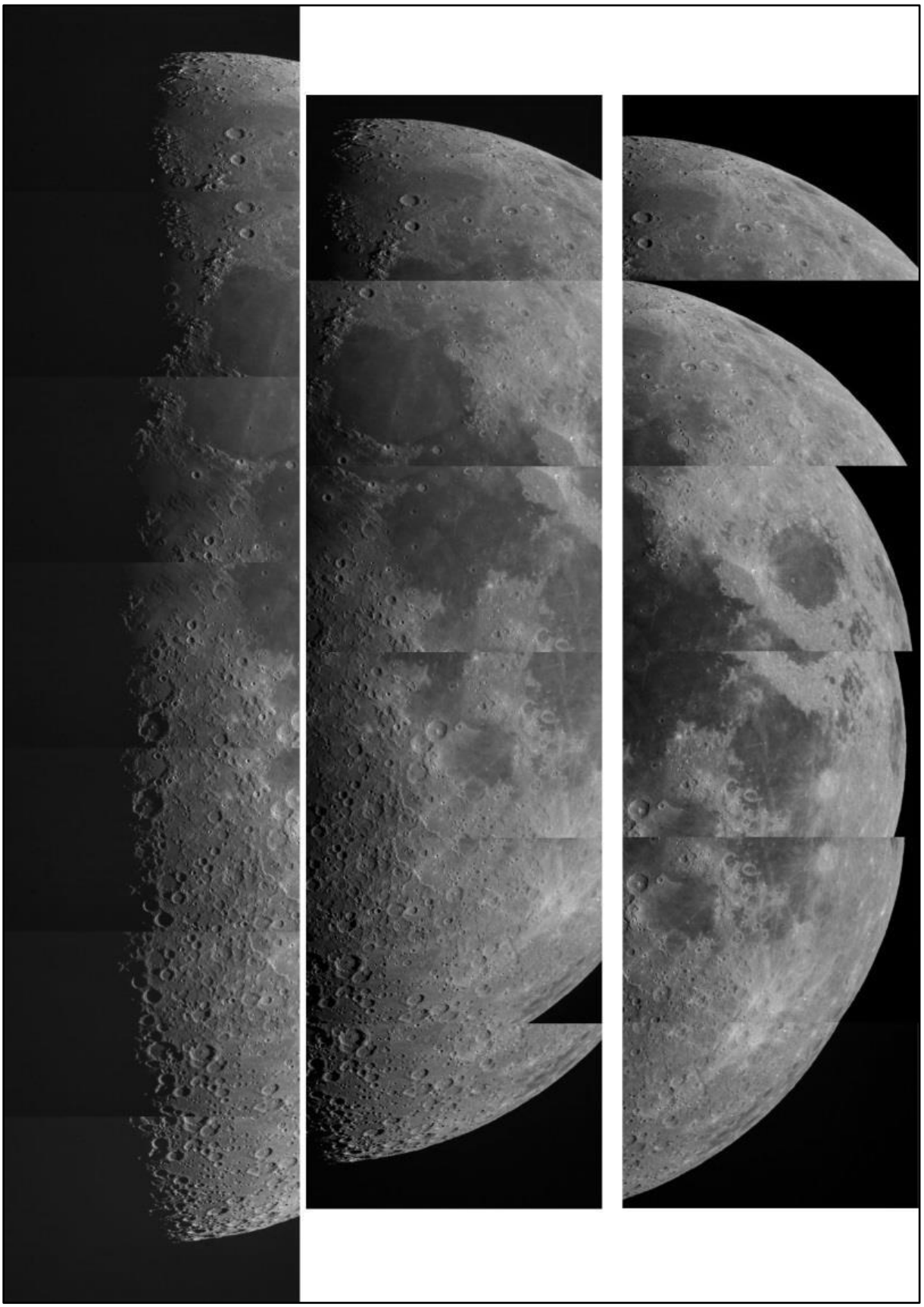


Abb. 17 Die 19 Einzelbilder die für das Mosaik verwendet wurden

4.5 Mondmosaik

Als Zentrales Ziel unserer Projektarbeit wollen wir ein Hochauflösendes Mondmosaik erarbeiten, welches zudem insoweit Farbkorrigiert wird, dass die verschiedenen, „echten“ Farben auf der Mondoberfläche deutlich werden und somit ein Rückschluss auf die Bestandteile gezogen werden kann. Da die Bedingungen für ein optimales Mondmosaik nur am 08.01.2014 gegeben waren und das Wetter oder die Zeit an jeglichen, folgenden Beobachtungsterminen die Sicht auf den Mond verhinderte, mussten wir uns für ein Mosaik eines Halbmondes entscheiden. Aus selbigem Grund war es uns ebenfalls nicht möglich, den in der Vorstellung des Themas angekündigten Mondkalender zu realisieren.

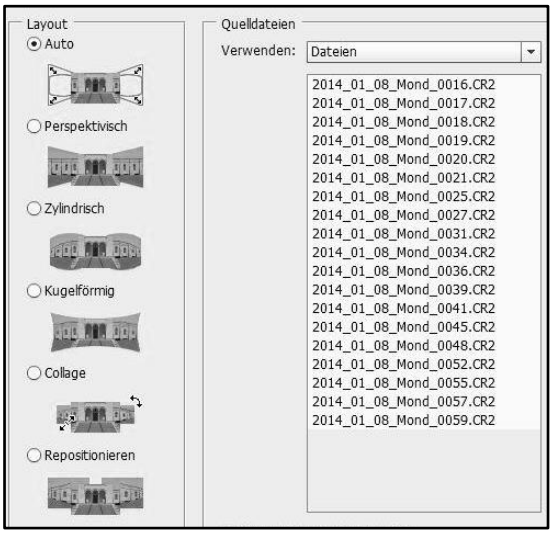


Abb. 18 ***Photomerge*: Die Panorama Funktion von Photoshop**

Nach dem Aufbau der Station mit **Celestron C11**, ***CaF_2 Flatfield Converter***, der Kamera EOS 450D und dem Laptop (der genaue Aufbau oben beschrieben und visualisiert), wurde nun das Teleskop auf den Mond ausgerichtet. Mit der erreichten Brennweite von circa 7448 mm (siehe **Tbl. 2**) war es uns möglich, die Mondoberfläche mit 19 hochauflösenden Einzelbildern abzudecken, wobei hier mehrere Bilder von jedem Abschnitt angefertigt und die Schärfeneinstellung bei jedem neuen Abschnitt kontrolliert wurde, um ein durchgängig scharfes und korrekt belichtetes Bild sicherzustellen Weiterhin kann so weitgehend verhindert werden, dass durch ungünstigen Wind oder die Atmosphäre Verzerrungen entstehen, die das Gesamtbild quasi zerstören würden.

Abb. 19 Ergebnis der Photomerge Funktion

Bei verwendeter Bildserie wurden als Kameraeinstellungen ein ISO-Wert von 800 und eine Verschlusszeit von 1/60 Sekunde verwendet. Hierbei ist essenziell wichtig, dass alle Bilder des Mosaiks mit zumindest

ähnlichen Einstellungen aufgenommen werden, um möglichst gleichbelichtete Ergebnisse zu haben. Am PC wurden dann von uns die besten (sprich schärfsten) Bilder herausgefiltert und diese mithilfe von *Adobe Lightroom* (entspricht Photoshop CamaraRaw) in den Aspekten Schärfe, Rauschreduzierung, Tiefen (Schwarzwert) und Höhen (Weißwert) entsprechend vorbereitet. Um die Fotos anschließend zusammenzusetzten, ist nun die *Photomerge*-Funktion (Funktion zum Erstellen von Panoramas) von *Photoshop* (*CC*) genutzt worden. Hierbei wurde der automatische Modus ausgewählt, welcher das Programm dann die Einzelbilder vollautomatisch zusammensetzen lässt. Trotz der teilweisen Überlappung der Bilder (um das zusammensetzten zu ermöglichen) entsteht aus diesen Bildern dann ein einzelnes Foto mit einer Auflösung von 8599x13146 Pixeln, was einer Auflösung von 113.04 Megapixeln entspricht (zum Vergleich: ein Einzelnes Foto der EOS 450D hat eine Auflösung von 12,2 Megapixeln). Nach dem Zusammensetzen des Mosaiks folgt natürlich die Nachbearbeitung. Hier wird im ersten Schritt das Bild senkrecht ausgerichtet, sodass die Mondachse vertikal verläuft. In einem weiteren Schritt wurde von uns der Hintergrund als reines Schwarz definiert, wobei ein bei uns aufgetretener Farbfehler, welcher im Bereich der Mondachse aufgetreten ist und die Schatten blau verfärbt hat, reduziert wurde. Um nun das volle Potential dieses 113 Megapixel großen Mondmosaiks auszunutzen, haben wir dieses mithilfe der „Unscharf Maskieren“-Funktion in *Photoshop* nachgeschärft und weiterhin mit dem **Camara-RAW Filter** (*Photoshop CC*) in den Aspekten Klarheit, Rauschen und Schärfe, sowie Lichter, Tiefen, Dynamik und Sättigung korrigiert beziehungsweise bearbeitet.

4.5.1 Die Farbanpassung

Für die Farbkorrektur der Mondoberfläche wird jedoch auf die in Photoshop zur Verfügung gestellten Funktionen **Tonwertkorrektur** (STRG+L) und **Farbton/Sättigung** (STRG+U) zurückgegriffen.

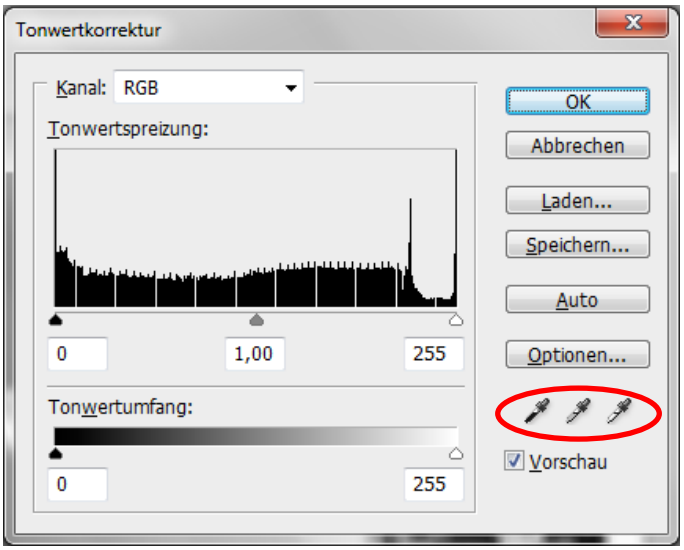


Abb. 20 Einstellungsfenster für die Tonwertkorrektur

Somit ist es möglich gewesen, mit folgender Technik die „echten" Mondfarben, also so wie sie der Kamerasensor einfangen kann, hervorzuheben und somit ein farbkorrigiertes Mondmosaik zu erstellen. Hierzu wird zunächst die Sättigung jeglicher Farben bis zu dem Punkt verstärkt, an dem Farbabrisse entstehen können (diese Farbabrisse sind erkennbar anhand von herausstechenden Farbfeldern, welche dann vollkommen übersättigt sind). Daraufhin wird der Weißabgleich mithilfe der oben im Fenster erkennbaren Pipetten-Tools genormt, also an einen wirklich komplett schwarzen beziehungsweise weißen Punkt angepasst. Dieser Prozess wird nun insofern wiederholt, dass mit Hilfe des Farbton/Sättigung-Filters nun einzelne Farben angepasst werden können. Dabei ist wieder zu beachten, dass keine Farben übersättigen. In unserem Fall beziehungsweise bei unserem Mondmosaik hieß das, dass wir versuchen mussten, den vorhandenen Blaustich an der Lichtgrenze zu entfernen, was uns zuletzt teilweise auch gut gelungen ist. Anschließend wird nochmals ein Weißabgleich vorgenommen, um die korrekten Farbwerte zu ermitteln.

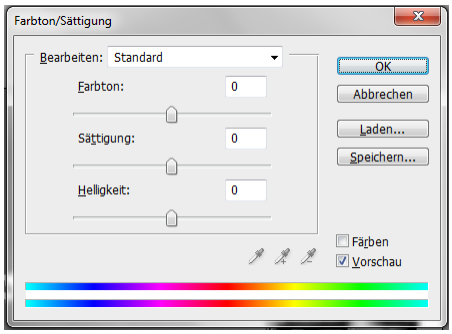


Abb. 21 Einstellungsfenster für Farbtöne und Sättigungen

Abb. 22 Ergebnis der Photomerge Funktion nochmals in großer Ansicht (das lieferte Photoshop)

Abb. 23 Farblich entsättigte Version, auf diesem Bild basiert auch die Mondkarte

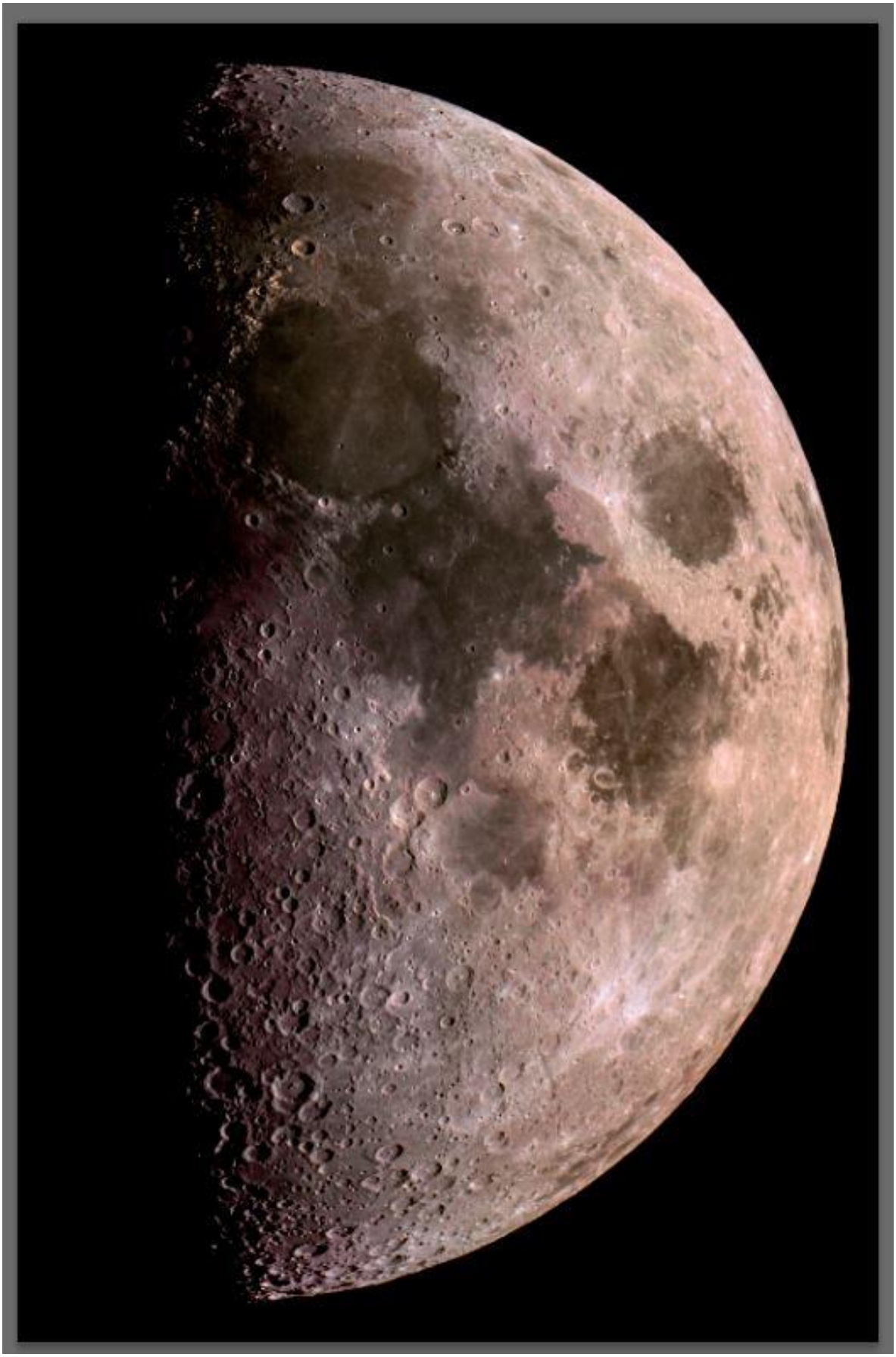


Abb. 24 Eine ausgerichtete und farblich korrigierte Version des Mondmosaiks: Dies ist unser erstes Farblich angepasstes Mond-Bild, deutlich zu erkennen ist der starke Rot Stich.

Abb. 25 Die zweite Farbangepasste Version, bei der die bläuliche Lichtgrenze abgeschnitten wurde

4.5.2 Ergebnis unserer Farbanpassung

Die farbliche Korrektur des Mondbildes ist stark von dem Ausgangsmaterial abhängig. Obwohl wir ein superhochauflösendes Mondbild erstellen konnten, war die Farbliche Ausgangslage doch recht schlecht für die Weiterverarbeitung. Der rechte Teil des Mosaiks tendiert bei der Farbanpassung zu einem Rot-Gelb Stich, der linke Teil (an der Lichtgrenze) zu einem Blaustich. Im Gegensatz zu dem Farbangepassten Vollmond der Facharbeit „***Spektroskopie des Mondes***“ der Herren *Laurenz Sentis* und *Jonas Niepmann*, deren Ergebnis wir als Referenz gebraucht haben, ist unsere Version viel eher Monoton, entweder sie erhält eine Gelbe oder Blaue Färbung. Durch kleine Tricks, mit deren Hilfe man die Krater einzeln einfärben könnte, wäre zwar eine Lösung zu erreichen, was jedoch nicht unserem Ziel entspräche. Daher müssen wir uns leider mit dem nicht wirklich korrekten Ergebnis begnügen.

5 Auswertung

5.1 Die Ergebnisse

Rückblickend sind wir generell zufrieden mit unserem erarbeiteten Mondmosaik, nicht zuletzt aufgrund der bestechenden Schärfe und der detailreich zu sehenden Mondoberfläche, welche wir erfolgreich abgelichtet haben. Was jedoch leider nicht optimal verlaufen ist, ist die Erstellung des Mondphasenkalenders und die Farbkorrektur unseres Mondmosaiks. Bei Ersterem fehlte uns, wie vorher schon erwähnt, schlichtweg gutes Wetter an den uns zur Verfügung stehenden Beobachtungstagen sowie die Freiheit, an jedem Tag der Woche das Schülerlabor benutzen zu können, weshalb es uns nicht gelang, weitere Phasen des Mondes zu dokumentieren.

Das zweite Problem wurde von uns zwar bearbeitet und auch eigentlich für uns zufriedenstellend gelöst, jedoch ist uns beim vergleich mit Ergebnissen anderer Schüler später aufgefallen, dass die von uns herausgearbeiteten Mondfarben so nicht stimmen können. Hier lag die größte Schwierigkeit im sich linksseitig befindenden Schatten des Mondes, welcher durch die (gedachte) Achse zwischen Nord- und Südpol verläuft. Dieser färbte das Bild immer wieder blau, was jedoch nicht mit anderen Ergebnissen übereinstimmte und von uns auch nicht wirklich beseitigt werden konnte.

5.2 Rückblick auf das Projekt und weitere Aussichten / Planungen

Insgesamt hatten wir bei diesem Projekt sehr viel Spaß, wobei wir unsere fotografischen Fähigkeiten und den damit verbundenen Wissensstand wesentlich erweitert und gefestigt haben.

Weiterhin ist es uns nun möglich, das erstellte Mondmosaik in einem großen Format für schulische Zwecke zu drucken und in Verbindung damit gegebenenfalls auch eine ausstehende Unterrichtsreihe zu unserem Thema zu unterstützen, in der wir jüngeren Kindern die Möglichkeit bieten wollen, mit der Astrofotografie in Kontakt zu kommen.

5.3 Danksagung

Letztlich wollen wir den Herren Koch und Winkhaus herzlich dafür danken, dass diese Projektarbeit entstehen konnte. Ohne ihren Einsatz währe der Projektkurs Astronomie nicht möglich gewesen. Auch das Verfassen der Facharbeit selbst wurde durch ihr Fachwissen unterstützt, wofür wir sehr dankbar sind.

6 Abschlusserklärung

Wir versichern hiermit, dass unsere Projektarbeit in einem eigenständigen Prozess entstanden ist und weiterhin alle von uns verwendeten Quellen beziehungsweise Materialien im folgenden Quellenverzeichnis und auf den eigentlichen Textseiten (als Fußnoten) selbst angegeben sind. Die Internetquellen sind weiterhin auf der beiliegenden Projekt-CD als PDF-Dateien zu finden.

Weiterhin erklären sich die Autoren dieser Projektarbeit mit der Veröffentlichung Selbiger und den sich darin befindenden, selbstfotografierten Bildern zur Weiterverwendung durch andere Instanzen einverstanden, solange die Arbeit nicht verfremdet oder unter anderen Namen publiziert wird.

Michael Kaufmann *Alexander Soja*

_____ _____

Ort *Datum*

_____ _____

Liste der Internetquellen:

http://de.wikipedia.org/wiki/Mond#Entstehung_des_Mondes (24.04.2014; 09:24 Uhr)

http://www.astrokramkiste.de/mondoberflaeche (24.04.2014; 09:24 Uhr)

http://www.raumfahrtlexikon.de/p012/p01212/index.htm (24.04.2014; 09:24 Uhr)

http://www.wissenswertes.at/index.php?id=mond-oberflaeche (24.04.2014; 09:24 Uhr)

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/04/Moon_Farside_LRO.jpg/370px-Moon_Farside_LRO.jpg (24.04.2014; 10:00 Uhr) (Bild Mondrückseite)

http://de.wikipedia.org/wiki/Mondr%C3%BCckseite (24.04.2014; 16:08 Uhr)

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Wfm_giordano_bruno.jpg (24.04.2014; 17:02 Uhr) (Bild Helle Strahlen)

http://www.jodrellbank.manchester.ac.uk/astronomy/nightsky/nskymay11.html (24.04.2014; 17:56 Uhr) (Bild Aristarchus-Krater)

https://the-moon.wikispaces.com/Aristarchus+Plateau (24.04.2014; 17:34 Uhr) (Bild Aristarchus-Plateau)

http://de.wikipedia.org/wiki/Aristarchus_(Mondkrater) (24.04.2014; 18:09 Uhr)

http://www.lpi.usra.edu/education/timeline/gallery/images/061.jpg (21.05.2014; 12:31 Uhr) (Bild Tycho)

http://www.spiegel.de/fotostrecke/tycho-der-raetselhafte-mondkrater-fotostrecke-69999-2.html (21.05.2014; 12:54 Uhr) (Bild Zentralberg)

http://de.wikipedia.org/wiki/Tycho (21.05.2014; 13:27 Uhr)

http://de.wikipedia.org/wiki/Apollo_11 (31.05.2014; 19:30 Uhr)

http://de.wikipedia.org/wiki/Mond (01.06.2014; 23:59 Uhr)