Der Mond

ein natürlicher Erdsatellit

Eine Projektarbeit im Rahmen des Projektkurses
Astronomie 2020/2021
am Carl-Fuhlrott-Gymnasium, Wuppertal

Giuliana Elisa Redecker, Felix Leon Rauhaus

Jahrgangsstufe Q1 Kursleitung: Bernd Koch

Abgabedatum: 19.05.2021

Inhaltsverzeichnis

Einleitung ... 3
Motivation zu einer Arbeit ... 3
Aufgabenstellung ... 4
Theoretische Grundlagen ... 5
Steckbrief ... 5
Entstehung des Mondes ... 6
Der innere Aufbau ... 7
Die Libration des Mondes ... 8
Mondkrater ... 9
Entstehung der Krater ... 11
Gebirge auf dem Mond ... 12
Mondphasen ... 13
Die Gezeiten ... 14
Sonnenfinsternis ... 15
Mondfinsternis ... 16
Historischer Hintergrund ... 17
Galileo Galilei ... 17
Galileis Mondbilder ... 18
Erste Mondfotografie ... 19
Die Apollo Mondlandungen ... 20
Die Chang'e 5 Mission 2020 ... 22
Die Teleskope ... 23
Einführung ... 23
Das Pentax 75 SDHF ... 24
Das Celestron Edge HD 1100 ... 25
Der StarFire 130 mm EDF-S Refraktor ... 26
Beschreibung und Funktionsweise der Fotokameras ... 27
Technische Daten ... 27
Funktionsweise ... 27
Die Beobachtung ... 28
Experimenteller Aufbau ... 28
Durchführung des Experiments ... 30
Aufbereitung und Auswertung der Aufnahmen ... 32
Eine Aufnahme retuschieren ... 32

Eine Aufnahme schärfen 33
Der Mond in Farbe 34
Ein Mosaik 36
Anhang 38
Danksagung 38
Literaturverzeichnis 39
Bildverzeichnis 44
Abschlusserklärung 46

Einleitung

Motivation zu einer Arbeit

Haben Sie jemals in Ihrem Leben einen tiefen Blick in unseren Sternenhimmel geworfen und sich gefragt, was könnte hinter dieser ewigen Dunkelheit stecken?
Wenn ja, dann sind Sie mit diesen Gedanken nicht allein. Tag für Tag versuchen ForscherInnen das Geheimnis des weiten Weltalls zu lösen und mehr über den Kosmos zu erfahren. Durch das große Angebot zum Thema Astronomie am Carl-Fuhlrott-Gymnasium hatten wir die direkte Chance, ein wenig mehr über das Universum und besonders über unser Sonnensystem zu erfahren.
Unsere Entscheidung zur Wahl des Themas fiel uns zunächst nicht leicht. Denn wenn einem wortwörtlich unendlich viele Möglichkeiten gegeben sind, ist es umso schwieriger die richtige Wahl zu treffen. Nach langen Überlegungen und dem Wechsel von einem zum anderen Thema entschieden wir uns für unseren Erdsatelliten, den Mond.
Dadurch, dass der Mond schon mit bloßem Auge zu erkennen ist, halten ihn viele für weniger spannend und nicht besonders anspruchsvoll für eine Projektarbeit. Das ist sehr schade, weil sich meistens herausstellt, dass ansonsten wenig bis überhaupt kein Wissen über den Mond vorhanden ist.
Unsere Motivation zu einer Arbeit über den Mond entstand natürlich aus Interesse, aber auch durch die Kritik, dass dies ein wenig interessantes Thema ist. Auch nach vielen Jahren der Forschung und dem bereits vorhandenen Wissen über den Mond, bleibt er einzigartig und genauso spannend, wie der Rest des Universums.
Da unser täglicher Begleiter immer wieder am Himmel steht und jeder ein Bild vor Augen hat, ist eine Weitergabe von Wissen und Informationen leichter und vor allem für viele besser zu verstehen, da es greifbar ist. Besonders für Menschen, die sich nicht leidenschaftlich für die Astronomie interessieren ist der gewöhnliche Mond besser, als ein außergewöhnliches Deep-Sky-Objekt.
Somit versuchen wir anhand unserer Projektarbeit jegliche Art von Interessenten zu erreichen.
Denn wie Einstein schon sagte:

„Freude am Schauen und Begreifen ist die schönste Gabe der Natur"
(Albert Einstein, 1953) [1]

Aufgabenstellung

Was wurde untersucht?

Die Aufgabe einer Projektarbeit im Bereich Astronomie, ist das Erforschen eines Himmelskörpers oder jeglichen Phänomenen im Weltall, welche persönliche Interessen wecken. Auf diesem Wege lernt man nicht nur das ausgewählte Thema besser kennen. Durch praktische Arbeiten in dem eigenen Schülerlabor und der großzügigen Sternwarte, können SchülerInnen ihre Kenntnisse erweitern und die Beobachtungen selber leiten, sowie durchführen. Anschließend steht das Angebot der Bearbeitung und Entwicklung der Ergebnisse im Astronomie-Raum bereit.

Diese Projektarbeit beschäftigt sich mit Themen rund um den Mond der Erde.
Zum einen handelt es sich um die Aspekte der Wissenschaft. Darunter versteht man zum Beispiel die zahlreichen Mondkrater, sowie deren Entstehung und Erforschung. Ebenso gehören der innere Aufbau, die Gezeiten, oder die Mondphasen dazu.
Auch die historischen, geschichtlichen Daten spielen eine Rolle. Wer fertigte erste Mondbilder an, bevor es digitale Kameras gab und wie hängt das mit der heutigen Zeit zusammen? All diese Punkte wollen wir hinterfragen und beantworten.
Natürlich sind Fakten sehr wichtig, um Theorien zu beweisen. Trotzdem legen wir auch Wert auf Mythen, noch nicht bestätigte Theorien und religiöse Verbindungen. Denn in der Zeit vor der Wissenschaft, gab es bereits Legenden und Geschichten über den Mond und sein Verhalten.

Die einzelnen Themen werden unterstrichen von persönlichen Ergebnissen der zahlreichen Beobachtungen. Ebenso unterstützen selbst angefertigte Zeichnungen das Vorstellungsvermögen und die erklärten Vorgehensweisen.

Abbildung 1 - Felix und Giuliana vor dem Planewave Teleskop, auf der Sternwarte

Theoretische Grundlagen

Steckbrief

Der zwischen 4,4 bis 4,8 Milliarden Jahre alte Mond hat einen Durchmesser von 3474 km mit der dazu gehörigen Oberfläche von 37 932 330 km². Auf dieser Oberfläche ist der höchste Punkt der Gipfel am Korolev-Becken, mit über 8 000 Höhenmetern. Seine Masse liegt bei $7{,}346 \times 10^{22}$ kg mit einer mittleren Dichte von 3,34g pro cm³. Im Vergleich wiegt die Erde $5{,}972 \times 10^{24}$ kg und hat eine Oberfläche von 510 100 000 km², somit ist die Oberfläche des Mondes fast 13,45mal kleiner als die der Erde. Es gilt, dass der Mond eine nahezu gleiche Oberfläche hat, wie wenn man Afrika und Europa addiert.
(Europa + Afrika= 10 180 000 + 30 370 000 = 40 550 000 km² ~ 37 932 330 km²)
Unser täglicher Begleiter des Himmels braucht 29,95 Tage für eine Erdumrundung, sowie 27,32 Tage für seine eigene Rotation, aus diesem Grund sehen wir Menschen den Mond immer nur von einer Seite, während die Rückseite nur von Teleskopen im All, außerhalb der Erdumlaufbahn, zu besichtigen ist.
Rund 384 000 km liegen im Mittel zwischen dem Mond und der Erde, was auch die physischen Eigenschaften beeinflusst, denn Leben auf dem Mond ist für den Menschen sehr schwierig.
Allein die Anziehungskraft auf der Oberfläche des Mondes ist 6mal geringer als auf der Erde, denn die Fallbeschleunigung des Mondes liegt bei 1,62 m/s², im Gegenteil zu der Kraft der Erde bei 9,807 m/s².
Auf der Tagesseite erreicht unser zweithellstes Gestirn am Himmel bis zu 130°C. Auf der Nachtseite sinken die Temperaturen bis auf -160°C. Es gibt weder Wind, noch Wolken und auch Schallwellen können nicht übertragen werden, darum herrscht dort eine ewige Stille. Dazu hat der Mond kein globales Magnetfeld, die Atmosphäre besteht aus 29% Neon, 25,8% Helium, 22,6% Wasserstoff, 26,6% Argon und zuletzt aus 2% Spurengasen. Trotzdem ist die Gashülle des Mondes so dünn, dass man alles flackerfrei betrachten kann. [2]

Abbildung 2 - der Mond am Nachthimmel
(24.02.2021, 18:09 Uhr, Pentax 75 mit EOS 450D)

Entstehung des Mondes

Auf die Entstehung des Mondes gibt es leider keine endgültige Antwort. Eine Möglichkeit wäre die Einschlags- oder Kollisionstheorie. Sie besagt, dass der Mond vor ca. 4,5 Milliarden Jahren entstand. Nach einem Zusammenprall zwischen der Erde und einem marsgroßen Himmelskörper, namens Theia, formte sich der Mond aus einem Materiering. Somit ist der Mond nicht sonderlich jünger als der Planet Erde.

Ein zweiter Gedanke entstand 1975 durch William K. Hardmann und Ronald R. Davis. Deren Theorie lautet, dass die Erde gerade zu einem festen Himmelskörper wurde, als ebenfalls etwas marsgroßes die Erde streifte. Die Wucht der Kollision (Zusammenprall) zertrümmerte die Oberfläche beider Körper und Bruchstücke wurden in die Erdumlaufbahn geschleudert. Sie formten sich anschließend zu Scheiben, dann zu kleineren Monden und schließlich schlossen sie sich zum Mond zusammen. Laut dieser Theorie wäre der Mond 30 bis 50 Millionen Jahre nach der Entstehung des Sonnensystems entstanden. Was davon jedoch wirklich wahr ist steht allein in den Sternen. [3]

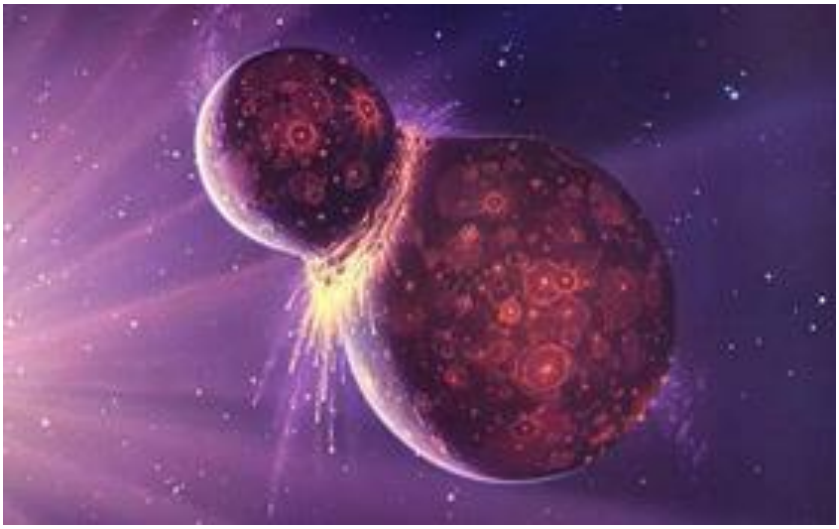

Abbildung 3 - Darstellung zur Kollisionstheorie
[Quelle: https://www.dlr.de/next/Portaldata/69/Resources/images/2_raumfahrt/2_4_universum/2_4_5_astronomische-fragen/2_4_5_22_mondentstehung/Grafik_1-Mondentstehung-280x175.jpg]

Der innere Aufbau

Der innere Aufbau des Mondes wurde durch Seismometer bekannt, welche das Team der Apollo aufbaute, nach der Landung auf dem Mond. Astronauten der amerikanischen Apollo-Missionen 12, 14, 15 und 16 (1969-1972) installierten ein gigantisches Netzwerk. [4]
Seismometer oder auch Seismographen zeichnen Erschütterungen von Mondbeben auf. Doch diese Erdbebenwellen sind nicht immer gleich schnell. Beispielsweise werden in dichtem und hartem Material Wellen leichter weitergegeben, als in leichtem und weichem Material. Durch die Aufnahmen des Seismometers können Wissenschaftler das Material erkennen und anschließend bestimmen. [5]
Der Mond hat einen mindestens 400 km großen, eisenhaltigen Kern, welcher Temperaturen von 1000°C bis zu 1600°C aufweist. Umschlossen ist dieser Mondkern von geschmolzenen Gesteinen, welcher der Ort der Entstehung von Mondbeben ist. Darauf folgt eine dünne Schicht von Kalium, seltenen Erden, sowie Phosphor und zuletzt ein aus Basaltgestein bestehender Mantel. Die Kruste ist auf der Vorderseite des Mondes 70 km dick und auf der Rückseite 150 km und ist aus Anorthosit, ein Gestein, welches aus Abkühlungen von Magmen entsteht. Dazu wird diese Kruste von einer 10-18 Meter tiefen Regolithschicht bedeckt. [6,7[] Regolith ist ein Lockermaterial, welches auf Gesteinsplaneten im Sonnensystem vorkommt. Es bildet sich meist durch Ausgangsmaterial, welches sich auf der Kruste des Objektes festlegt. [8]

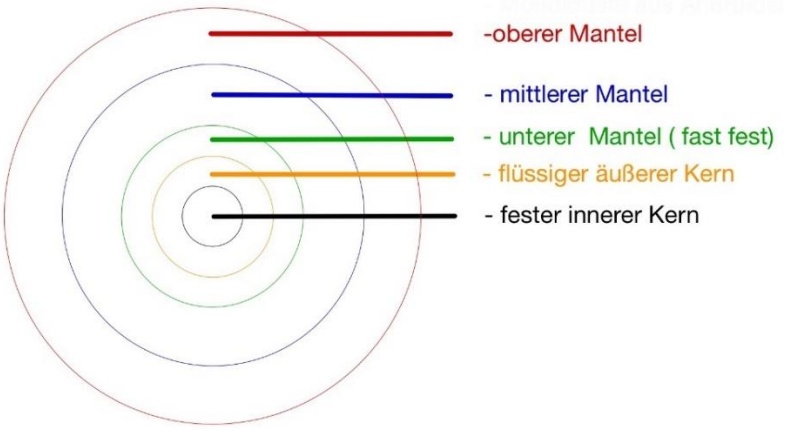

Abbildung 4 - künstlerische Darstellung zum inneren Aufbau

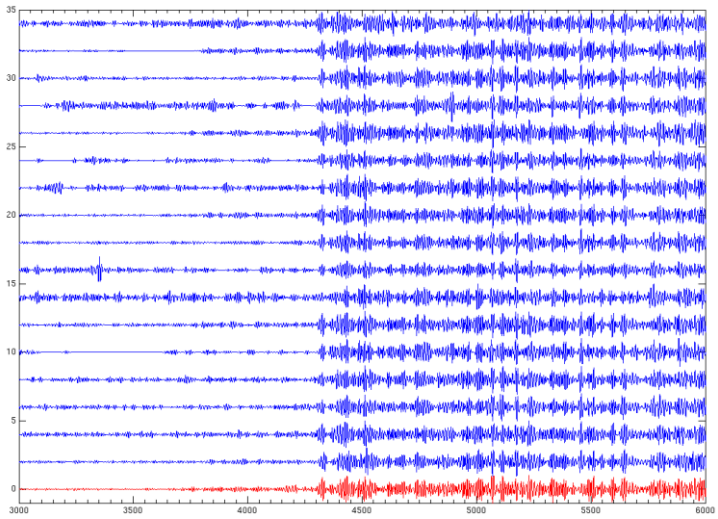

Abbildung 5 - Beispielaufnahme eines Seismometers
[Quelle: https://www.dlr.de/pf/PortalData/6/Resources/images/abt_pp/moon_seismogram.png]

Die Libration des Mondes

Aufgrund dessen, dass der Mond sich bei seinem Umlauf um die Erde in der selben Zeit auch um seine eigene Achse dreht, ist immer nur eine Seite der Oberfläche zu sehen. Man bezeichnet dies als gebundene Rotation. Erst 1959 konnten die ersten Einblicke auf die Rückseite der Mondoberfläche gegeben werden. Dies geschah durch die Mondsonde Lunik 3, welche eine sowjetische Herkunft hatte.
Trotzdem fällt häufig auf, dass der Mond an manchen Tagen anders aussieht. Zeitig kann man anstatt 50% bis zu 59% der Mondoberfläche betrachten.
Das liegt an der Libration des Mondes. Hierbei handelt es sich um seitliche Schwankungen. Es gibt zwei Arten von Librationen. Bei der optischen Libration unterscheidet man in drei verschiedene Kategorien.
Die Libration der Länge ist eine seitliche Drehung, bei der unser Mond seine Bahn, um bis zu 7,6 Grad verlässt. Der Himmelstrabant kreist innerhalb einer elliptischen Bahn um unseren Erdplaneten. Diese verändert sich zwischen den Bereichen Apogäum und Perigäum. Nach dem Apogäum erkennt man als Betrachter mehr von der westlichen Mondseite. Im Gegensatz dazu, ist nach dem Perigäum mehr von der östlichen Seite zusehen.
Das nächste Kriterium ist die Libration der Breite. Die Mondbahn unterscheidet sich zur Ekliptik, der Erdumlaufbahn um die Sonne, um eine Neigung von 5 Grad. Ebenso ist die Rotationsachse im Vergleich zu der Ebene seiner Bahn um 1,3 Grad geneigt. Insgesamt entstehen also Schwankungen von einer Summe von maximal 6,7 Grad, deshalb kann der Beobachter zu gewissen Zeiten über Süd- oder Nordpol hinweg schauen.
Außerdem befindet sich der Mensch nicht immer auf der Verbindungslinie, zentral zum Mond, wodurch die Sichtweise ebenfalls verändert wird.
Der letzte Fall der optischen Libration ist die parallaktische oder auch tägliche Libration. Sie bewirkt einen minimalen Unterschied. Durch die Erdrotation verschiebt sich der Mond zwischen Mondaufgang und Monduntergang um ein Grad. Der Mond sieht also nach 12 Stunden ein klein wenig anders aus, als zuvor.
Zuletzt gibt es noch die physische Libration. Es handelt sich um eine Bewegung des Mondes um 0,04 Grad. Der Unterschied passiert aufgrund der Gravitation, beziehungsweise aufgrund der Gezeitenkräfte, welche sich auf den Mond auswirken. Für das menschliche Auge ist dieser Unterschied nicht direkt zu erkennen. [9,10]

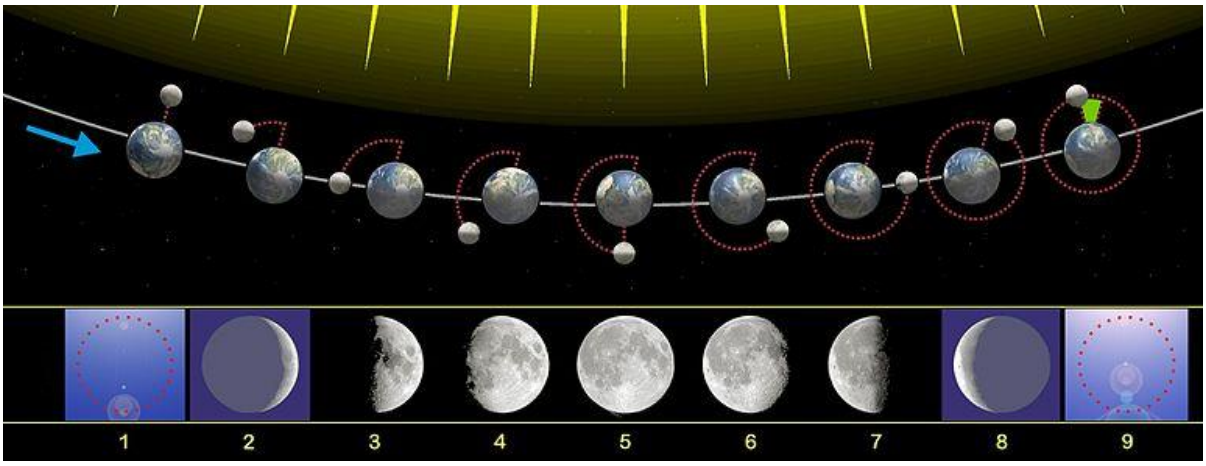

Abbildung 6 - elliptische Umlaufbahn des Mondes
[Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a6/Moon_phases_00.jpg/770px-Moon_phases_00.jpg]

Mondkrater

Jeder der nachts schon mal einen Blick in den Sternenhimmel geworfen hat, entdeckt bestimmt sofort den hell leuchtenden Mond. Wer dort genau hinschaut erkennt schon mit dem bloßen Auge verschiedene Farbstrukturen. Ein Zusammenspiel von hell leuchtenden Flächen und etwas kleiner wirkenden dunklen Flächen. Die Bedeutung dieser Farbunterschiede liegt bei Kratern und Meeren. Die großen Krater, sogenannte Terra (Mehrzahl Terrae) sind meistens in Hochländern zu finden. Sie umschließen die dunklen und tiefer gelegenen Ebenen, die Mare (Mehrzahl Maria). Der Unterschied ist zudem, dass die Terrae 11% des Sonnenlichtes spiegeln, während Maria nur 4% des Lichtes in das Weltall zurückschicken.
Von diesen am häufigsten vorkommenden Oberflächenmerkmal gibt es allein auf der Erdseite des Mondes etwa 300 000 Krater, welche einen Durchmesser von über 1 km aufweisen. Häufig wird der Mond auch als Friedhof der Gelehrten bezeichnet, da die meisten Mondkrater nach berühmten Gelehrten oder Wissenschaftlern benannt wurden.

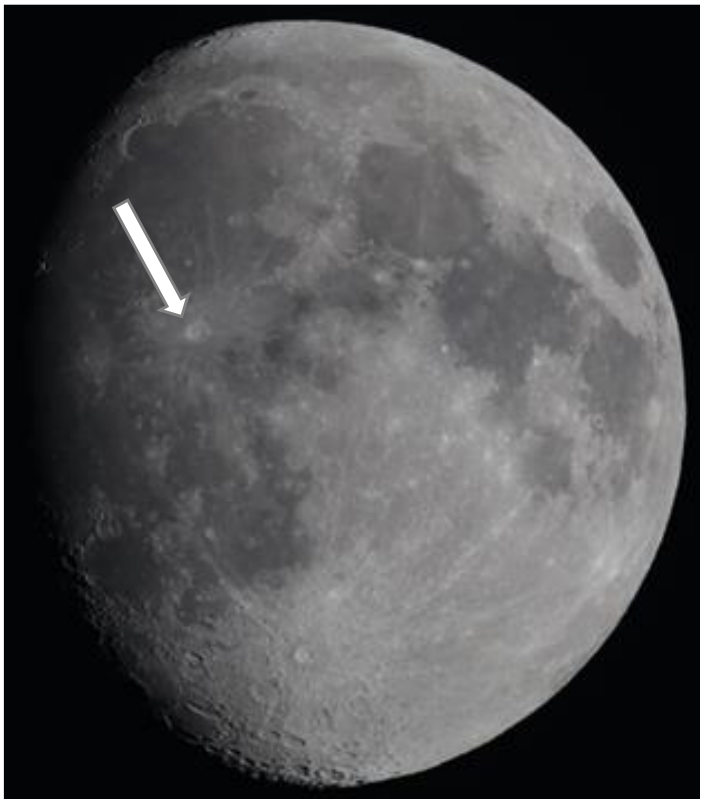

Abbildung 7 - Krater Copernicus
(23.02.2021, 16:45 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

Einer der bekanntesten Krater von ihnen ist der Krater Copernicus. Er hat einen stolzen Durchmesser von über 90 km mit Steilhängen, welche bis zu 3 800 Meter tief sind. [11]

Im Vergleich hat der größte Krater der Erde einen Durchmesser von 480 km und lag lange unter dem Eis der Arktis versteckt. Der größte Krater des Mondes ist um das 4,6-fache größer. Das Südpol-Aitken-Becken misst 2 240 km und ist somit auch der größte Krater im gesamten Sonnensystem. [12]
Kleine Mondkrater findet man meistens neben größeren Einschlägen. Ein Beispiel ist der Krater Milichius. Man findet ihn nordöstlich des Kraters Kepler und westlich des Copernicus. Er selbst hat einen Durchmesser von 12 km, was zunächst als gar nicht so wenig erscheint. Doch um ihn herum liegen mehrere Nebenkrater, welche nach Buchstaben benannt sind. So haben die Krater C, D und E nur einen Durchmesser von 3 km. Häufig haben dort Einzelteile von Explosionen kleinere Krater verursacht. Doch auch natürliche Einschläge aus dem All sind möglich. [13]

Abbildung 8 - ungefährer Standort des Kraters Milichius
(24.02.2021, 18:02 Uhr, C11 Edge HD mit EOS 450D)

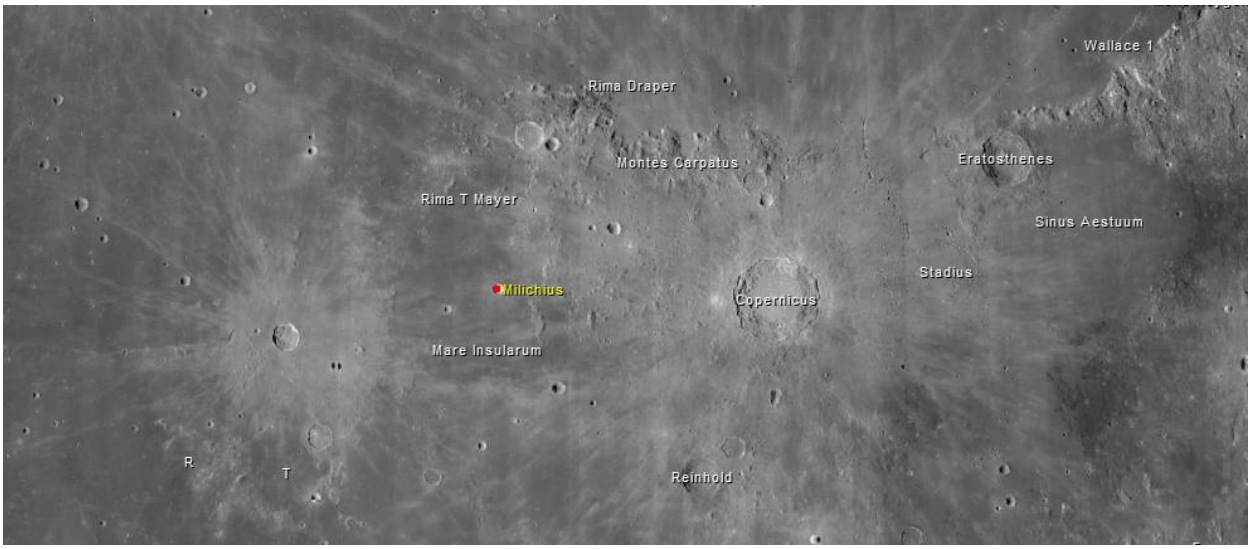

Abbildung 9 - Screenshot zum genauen Standort des Kraters Milichius, anhand des Virtual Moon Atlas

Heutzutage weiß man, dass es auf dem Mond keine Wasserflächen gibt, da die Atmosphäre nicht dicht genug ist. Außerdem würden sich Wasserflächen auf dem Mond spiegeln. Die Maria sind hauptsächlich erkaltete Lavameere, -ozeane und -seen. Sie sind etwa 4,527 Milliarden Jahre alt, wogegen erste Meteoriteneinschläge vor 3,8 Milliarden bis 3,1 Milliarden Jahren vorkamen. Zu dieser Zeit war der Mantel des Mondes noch flüssig und seine Kruste war frisch und dünn. Aus diesem Grund zerbrach die Kruste auch oft und Lava konnte nachfließen, um noch größere Becken zu schaffen. Erst einige 100 Millionen Jahre später kühlte die Oberfläche und alle Maria vollständig ab.

Entstehung der Krater

Die zahlreichen Krater sind hauptsächlich durch Meteoriteneinschläge entstanden. Ein Meteorit fliegt mit 10-70 km pro Sekunde und erreicht dabei das 30 bis 200 fache der irdischen Schallgeschwindigkeit. Wenn die Flugbahn dieses Meteoriten die des Mondes kreuzt, kommt es zu einem Aufprall, wobei der Meteorit bis zu 100 Meter in die Oberfläche eindringt. Dieser Vorgang geschieht innerhalb einigen tausendstel Sekunden. Durch die hohe Geschwindigkeit verwandelt sich die kinetische Energie in Wärme um und der Meteorit explodiert. Die ausgelöste Schockwelle sprengt das umliegende Material weg. Die Richtung, in die das Oberflächenmaterial gestoßen wird kommt ganz auf den Winkel des Einschlags an. Schlägt der Meteorit senkrecht, bei 90° zur Horizontallinie ein, wird das Material kreisförmig weggeschleudert. Hat der Meteorit beispielsweise einen Einschlagswinkel von unter 45°, wird das Material immer in die entgegengesetzte Richtung geschleudert, von wo der Meteorit einschlug.

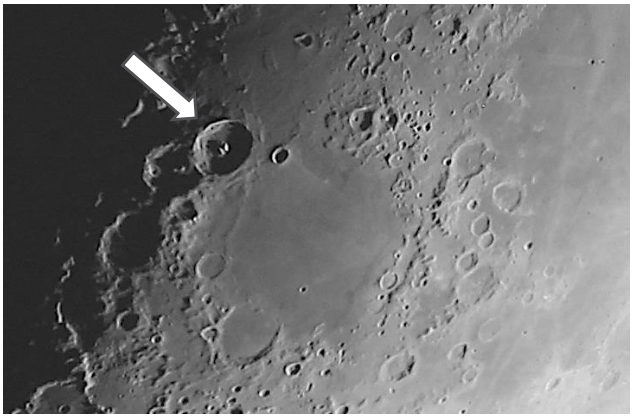

Abbildung 10 - Zentralberg des Kraters Theophilus, mit einem Kraterdurchmesser von 105 km und einer Wallhöhe von über 6 km [14]
(17.02.2021, 17:05 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

Ist das Material erstmal weggesprengt wird am Rand des Einschlagloches ein Wall gebildet, also verschiedene Höhenstufen der Oberfläche. Bei besonders hoher Aufprallgeschwindigkeit formt sich im Einschlagsloch ein Zentralberg.

Die Staubwolke, die sich beim Aufprall bildet, schleudert Material heraus und es entstehen sternförmige Strahlensysteme, wie zum Beispiel beim südlichen Krater Tycho. [14]

Abbildung 11 - sternförmiges Strahlensystem des Tychos, mit einem Kraterdurchmesser von 86 km und einer Wallhöhe von 4,85 km [16,17]
(26.02.2021, 17:48 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

Gebirge auf dem Mond

Ab und zu erkennt man auch auf dem Mond Züge von Gebirgsketten. Gekennzeichnet werden diese mit dem Begriff Montes und der dazu spezialisierte Name. Sie begrenzen entweder Beckenlandschaften oder ziehen sich in einzelnen Ketten über die Oberfläche. Doch die Zusammensetzung und der Aufbau der Ketten sind unterschiedlich zur Erde. Die Gebirge entstanden dort nicht etwa, wie auf der Erde durch Erosionen, da auf dem Mond weder Wind, noch Wetter eine Rolle spielen. Eine einzige Form von Abtragung oder Veränderung der Oberfläche geschieht durch den radikalen Temperatursprung im Wechsel zwischen der Tag- und Nachtseite. Somit schließt die fehlende Atmosphäre und das fehlende Oberflächenwasser jegliche Art von Sedimentation aus. Ebenso ist die Veränderung der Plattentektonik als Entstehungsgrund nicht relevant.
Denn letztendlich sind auch die Bergketten des Mondes eine Folge von Meteoriteneinschlägen. Sie ähneln teilweise Sanddünen, welche durch darauffolgende Einschläge aufgewühlt wurden. [18]
Die Mondgebirge tragen mehrere Namen der irdischen Bergketten und können manche Höhen auch schnell übertreffen. So gibt es auch auf dem Mond unsere beliebten Alpen (Montes Alpes), das georgische Kaukasus-Gebirge (Montes Caucasus) oder das alpidische Balkangebirge (Montes Haemus). Das größte Gebirge ist das Rook-Gebirge (Montes Rook) es ist benannt nach dem britischen Astronomen Lawrence Rook und ist ein ringförmiges Gebirgssystem, welches einen Durchmesser von 651 km hat. Es liegt auf der Rückseite des Mondes. [19,20]

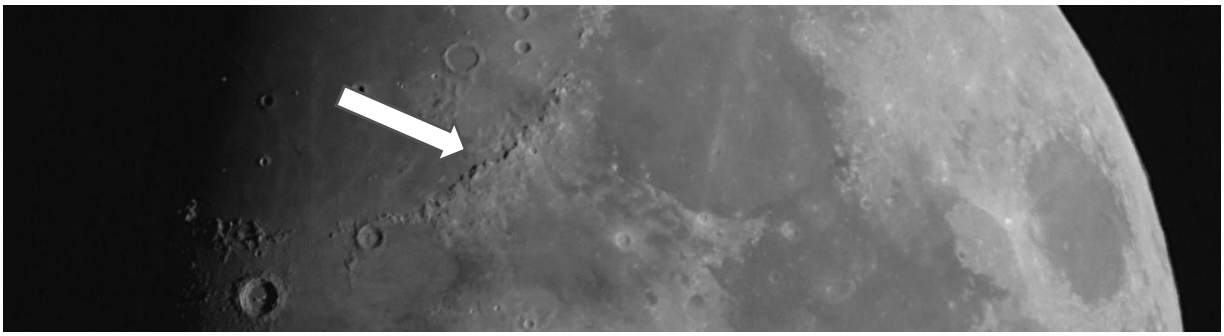

Abbildung 12 - Montes Apenninus, mit einer Länge von 600km und über 5000 Höhenmetern [20]
(21.02.2021, 16:41 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

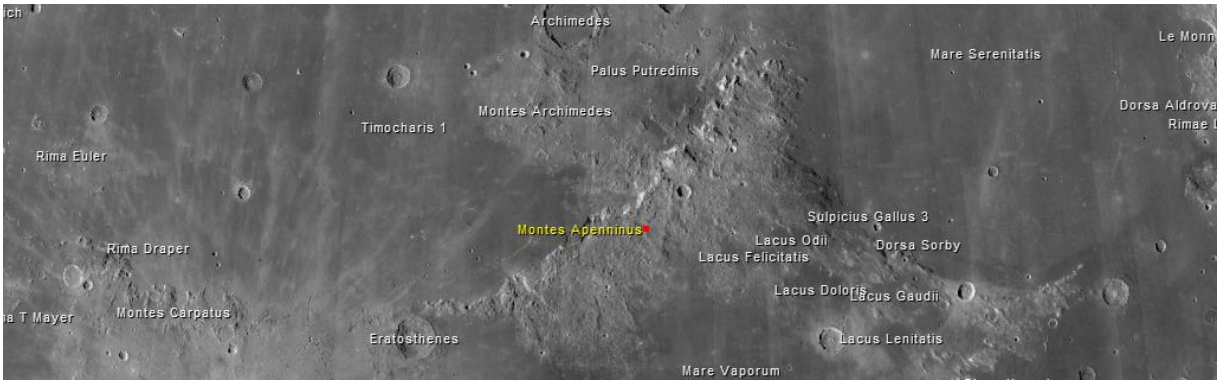

Abbildung 13 - Screenshot zu den Montes Apenninus, anhand des Virtual Moon Atlas

Mondphasen

Auch der Mond hat eine Tag- und Nachtseite, da auch er das Sonnenlicht reflektiert und nicht selbst leuchtet. Dadurch, dass die Erde jedoch häufig die Bahn des Mondes und der Sonne schneidet, entstehen verschiedene Ausdehnungen zwischen hellen und dunklen Zonen. Es gibt 4 Hauptphasen.
Beim Neumond steht der Mond zwischen Erde und Sonne, das heißt die Rückseite wird angestrahlt und der Mond ist an unserem Himmel nicht zu sehen.
Kurz nach Neumond ist eine schmale Sichel am Himmel zu sehen. Anhand dieser Sichel kann man den Ort des Mondes fündig machen und erkennt den restlichen Teil des Mondes in einem grau-blauen Licht. Man nennt dieses Licht auch „Aschgraues Mondlicht“, „Erdschein“ oder „Erdlicht“, da unsere Meere das Licht zurück auf den Mond reflektieren und somit die unbeleuchtete Fläche des Mondes zum Vorschein bringen.
Danach kommt der zunehmende Halbmond, hierbei steht der Mond im rechten Winkel zu Erde und Sonne. In der zunehmenden Phase wird der angestrahlte Teil von rechts nach links immer größer.
Darauf folgt der Vollmond. Das heißt, dass der Mond hinter der Erde steht und der Sonne gegenüber. Er leuchtet hell am Himmel und reflektiert das Sonnenlicht auf die Erde, weshalb es in Vollmond-Nächten sehr hell sein kann.
Beim abnehmenden Mond steht der Mond erneut im rechten Winkel. Diesmal wird in der abnehmenden Phase die Schattenfläche von links nach rechts größer. Auch hier ist das Phänomen der Erdreflektion sichtbar.
An jedem Neumond beginnt dieser Zyklus wieder neu. [21]

Abbildung 14 - eigene Aufnahmen des zunehmenden Mondes
(StarFire 130mm EDF-S)

Von links:

Datum	*Uhrzeit*	*Mondphase*
17.02.2021	17:05	Zunehmender Halbmond (30%)
19.02.2021	16:57	Erstes Viertel (49%)
21.02.2021	16:41	Zunehmender Halbmond (68%)
23.02.2021	16:45	Zunehmender Halbmond (86%)
26.02.2021	17:22	Vollmond (98%)

Die Gezeiten

Unser Himmelstrabant kann die Erde in unterschiedlichster Weise beeinflussen, so auch bei dem Wasserpegel der irdischen Meere.
Die sogenannten Gezeiten gibt es in zwei Formen, denn Ebbe und Flut wiederholen sich im Abschnitt von 12 Stunden. Wo bei der Flut das Wasser zum Höchststand steigt, sinkt bei der Ebbe das Wasser zum Niedrigstand.
Das Geschehen ist ein Wechselspiel der Anziehungskraft des Mondes und der Tragfähigkeit von Wassermassen und Erdkörpern. So ist es ähnlich bei Sonne und Erde, nur das sich die Kraft des Mondes stärker ausprägt, da er viel näher am Planet Erde ist und somit einen größeren Einfluss hat.
Zunächst einmal steht der Mond gegenüber der Erde. Genau an diesem Punkt kommt die Anziehungskraft ins Spiel, denn dort ist die Anziehung zwischen Mond und Erde so extrem, dass unser Planet sich in Richtung des Mondes ausdehnt. Es entsteht quasi eine Art Wölbung auf der mondzugewandten Erdseite. Durch die Mondanziehungskraft türmt sich ein Flutberg auf, welcher bei uns die Flut ist.
Auf der mondabgewandten Seite ist die Gravitationskraft des Mondes geringer, die Trägheit des Wassers hingegen größer. Die Folge ist, dass sich ein zweiter Flutberg bildet, da die Fliehkraft sich ausprägt und das Wasser von der Erde wegdrückt. Die Fliehkraft entsteht durch die Rotation der Erde, da durch die Umdrehungen der Druck nach außen verstärkt wird. Wie wenn man mit einem Auto in eine Kurve fährt, wo man nach außen gedrückt wird, ist das derselbe Vorgang bei unserer Erdrotation. Weg gedrückt wird hier die zweite Wassermenge. [22,23,24,25]

Abbildung 15 - künstlerische Darstellung zu den Auswirkungen der Gezeiten

Somit stehen Ebbe und Flut in Vierteln nebeneinander. Aus diesem Grund zieht sich das Wasser in den nicht betroffenen Zonen zurück und in die entgegengesetzte Richtung, denn auch die Flutberge müssen sich ihre Wassermengen von anderen Orten nehmen. Durch diese Vorkommnisse entstehen zyklische Veränderungen der Meeresspiegelhöhe, welche aufgrund des Mondumlaufs Flutberge in Folge von 12 Stunden und 25 Minuten bilden.
Der Unterschied zwischen dem höchsten Flut- und dem niedrigsten Ebbestand lautet Tidenhub. Dieser Beträgt an der Nordseeküste 2 bis 3 Meter, an der westlichen Ostküste 30 cm oder an der kanadischen Ostküste bis zu 15 Meter.

Trotzdem gibt es noch zwei besondere Ereignisse. Das sind die Springflut und die Nippflut. Wenn die Erde zwischen Sonne und Mond steht, befinden sie sich in einer Bahn. Das passiert an Voll- und Neumond. Genau dann addieren sich die Anziehungskräfte und können sich verdoppeln. Die Erde ist also auf beiden Seiten gewölbt und bekommt eine ovale Form, eine Springflut entsteht. Natürlich ist das ein minimaler Unterschied und von außen schaut die Erde weiterhin rund aus.
Die Nippflut hingegen entsteht, wenn es Halbmond ist. Dort stehen Sonne, Erde und Mond im rechten Winkel zueinander. Aus diesem Grund schwächen die Wirkungen ab, die Ebbe ist geringer und die Flut wird zur Nippflut, da die Mondflut und Sonnenebbe aufeinandertreffen. [22]

Sonnenfinsternis

Abbildung 16 - eine Sonnenfinsternis
[Quelle:https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FSonnenfinsternis&psig=AOvVaw04PDGV_mCKf2CaoijMgvPr&ust=1620568127552000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKCQse6cuvACFQAAAAAdAAAAABAE]

Es gibt Dinge auf dieser Erde, an die sich der Mensch längst gewöhnt hat. Das eine Flut oder eine Ebbe kommt ist für viele Alltag, unabhängig davon ob sie wissen, dass der Mond daran beteiligt ist. Doch eine Sache, die für viele Religionen sogar als Gefahr gilt, ist jedes Mal ein unglaubliches Spektakel. Wenn Himmelskörper, welche als natürliche Lichtquelle bekannt sind, plötzlich ihr Aussehen oder die Lichtintensität verändern kann es den Menschen schonmal anders werden.
Bei einer Sonnenfinsternis dachte man im alten China, dass ein gewaltiger Drache die Sonne verschluckt. Der einzige Ausweg war, viel Lärm am Boden um den Drachen zu verjagen. Die Menschen hatten riesige Angst und bis heute ist dieser Mythos ein Teil der Astronomie. Zwar liegt der Glaube nicht mehr bei der Geschichte, aber trotz allem heißt der Punkt, wo der Mond die Sonne bedeckt „Drachenpunkt“. [26]
Die wahre Erklärung, wie die Sonne am Tag verschwindet lautet natürlich anders. Bei einer totalen Sonnenfinsternis wird die Sonne zu einer völlig schwarzen Scheibe und in den betroffenen Regionen wird es plötzlich dunkel. Die längste gemessene Dunkelheit gab es am 20. Juni 1955 auf den Philippinen, sie betrug 7 Minuten und 8 Sekunden. [27]
Eine totale Sonnenfinsternis entsteht erst dann, wenn der Mond genau zwischen Erde und Sonne steht. Man spricht von einer Kernschattenzone, wo die Finsternis total ist. Diese 300 km breite Totalitätszone wird langsam bedeckt, da die Sonne in diesem Moment hinter den Mond geschoben wird. Deshalb ist jegliches Licht der Sonne genommen. Die Erde befindet sich an diesem Ort in einem kegelförmigen Schatten. Man sieht nur noch kleinere Sonnenstrahlen, welche hinter dem Mond eine Art Kreis bilden. Es scheint als gäbe es für kurze Zeit ein Loch im Himmel. Das Schauspiel ist einzigartig in unserem Sonnensystem, da Sonne und Mond an unserem Himmel scheinbar die gleiche Größe haben.
Allerdings gibt es auch eine partielle Sonnenfinsternis. Hier spricht man von einem Halbschatten. Es ist der gleiche Vorgang, jedoch wird bei einer partiellen Sonnenfinsternis nicht die gesamte Sonne bedeckt, da die Himmelsobjekte sich nicht genau auf einer Geraden treffen, sondern etwas versetzt. [28]
In Deutschland findet die nächste Sonnenfinsternis am 10 Juni 2022 statt. Es wird eine ringförmige sein und sie spielt sich hauptsächlich in den Polarregionen ab. [29]

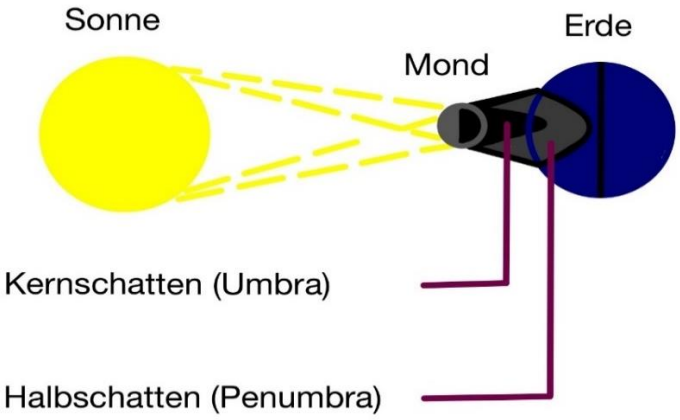

Abbildung 17 - künstlerische Darstellung zur Entstehung einer Sonnenfinsternis

Mondfinsternis

Wie der Mond die Sonne verdecken kann, so ist auch die Erde in der Lage sich vor den Mond zu schieben.
Es ist Vollmond und unser Begleiter steht am Horizont, auf der Nachtseite des Planeten Erde. Plötzlich bewegt sich ein rotes Licht auf dem Mond, welches langsam mehr Fläche in Anspruch nimmt und den Mond in ein rot-orangenes Licht hüllt. Der ein oder andere hat dieses Erlebnis vor gar nicht langer Zeit, am 21.01.2019 sichten können.
Es handelt sich um eine totale Mondfinsternis. Bei dieser Art von Finsternis bilden Mond, Erde und Sonne eine Gerade, wobei die Erde im Mittelpunkt, zwischen dem Mond und der Sonne steht. Somit wandert der Mond durch den Schatten der Erde. Da der Erdschatten in mittlerer Mondentfernung einen Durchmesser von 9 000 km hat, dauert das Geschehen bis zu 3,5 Stunden. Auch hier kann es passieren, dass die Himmelskörper nicht unbedingt genau auf einer Geraden stehen, weshalb die Finsternis auch partiell, also nur teilweise zu Stande kommen kann. Bei einer Mondfinsternis ist der Unterschied, dass der Mond, im Gegenteil zur Sonne, noch klar am Himmel zu erkennen ist. Das Besondere liegt darin, dass unser Himmelstrabant sich Stück für Stück rötlich verfärbt. Wie schon bei der Sonnenfinsternis, gelingt es restlichen Sonnenstrahlen hinter dem Himmelskörper hervor zu ragen. Dieses Sonnenlicht wird durch die Erdatmosphäre in den Kernschatten gelenkt und es gelangen langwellige, rote Lichtstrahlen in den Kegelschatten. Durch die rote Verfärbung gab man dem Mond bei einer Mondfinsternis auch den Namen „Blutmond“. Wenn dieser jedoch bräunlich scheint, dann liegen viele Staubpartikel in der Atmosphäre, die das rote Mondbild für den Menschen in ein braunes verfälschen. [30]

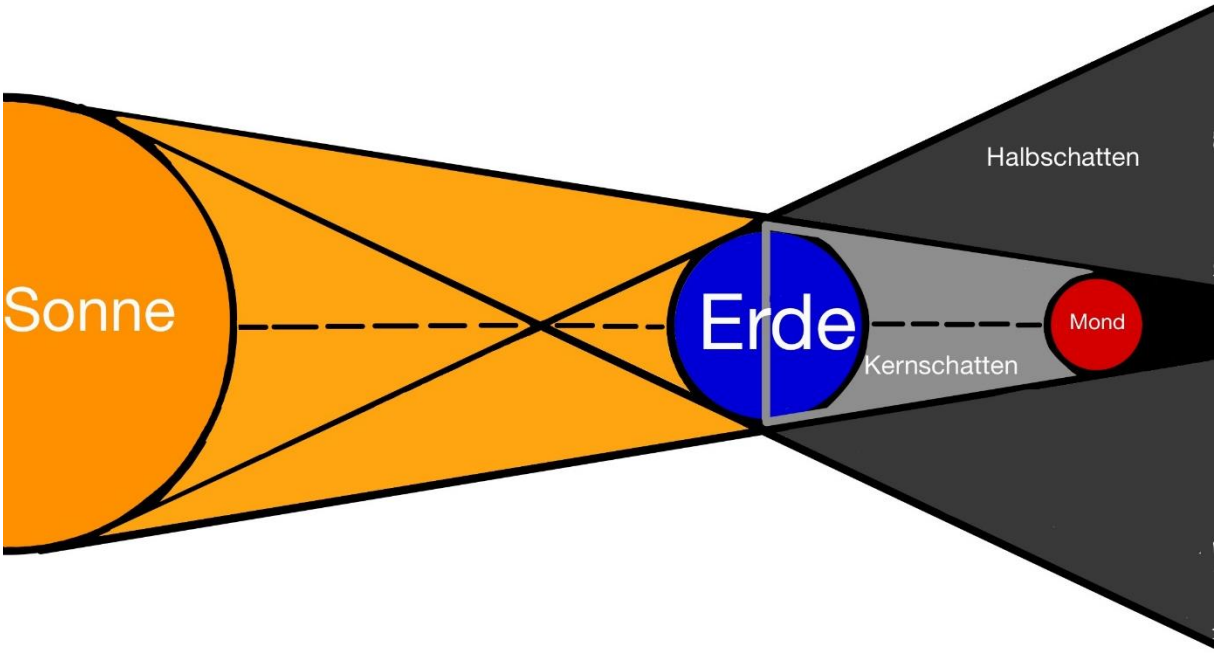

Abbildung 18 - künstlerische Darstellung zur Entstehung einer Mondfinsternis

Historischer Hintergrund

Galileo Galilei

Den Anfang der Mondforschung machte der wohl bekannteste Astronom unserer Geschichte.
Galileo Galilei war bekannt als Astronom, Physiker, Philosoph und Mathematiker. Der Italiener wurde am 15. Februar 1564 in Pisa geboren und verstarb mit 77 Jahren, am 8. Januar 1642 bei Florenz. Außerhalb seiner Wissenschaften führte er ein Leben mit seiner Ehefrau und zog mit ihr drei Kinder groß.
Eines seiner bekanntesten Zitate lautete: „*Die Neugier steht immer an erster Stelle eines Problems, das gelöst werden will*“ und forschte auch ganz nach dem Prinzip.
Naturwissenschaften spielten sein gesamtes Leben eine große Rolle für ihn. So hat er mit seinen teleskopischen Beobachtungen als erster bewiesen, dass es Himmelkörper, wie den Mond gibt, welche um die Planeten kreisen. Damit war das kopernikanische heliozentrische Weltbild für ihn eindeutig bewiesen.
Begonnen hat das Ganze an dem Tag, wo Galilei 1606 einen neuen Stern am Himmel entdeckte und sich der Astronomie widmete. Mit der Erfindung des Fernrohrs forschte er in der Milchstraße und lernte die Mondoberfläche besser kennen. 1610 veröffentlichte er seine Schrift Sidereus Nuncius, welche seine Mondzeichnungen beinhaltete. Über die Jahre investierte er viel Zeit in die Entdeckung der vier Jupitermonde und wurde 1615 durch sein heliozentrisches Weltmodell berühmt und bekannt. [31]
Doch die Begeisterung hielt nicht lange an, denn dass die Erde sich um die Sonne dreht entsprach dem Gegenteil des katholischen Verständnisses des Weltbildes. Man ging davon aus, dass die Erde das zentrale Element des Weltalls sei.
Aufgrund des kopernikanischen Weltbildes musste der Mathematiker zwei Mal vor das Gericht der Inquisition. Das erste Urteil war im Februar 1616. Hierbei wurde ihm untersagt, dass er seine Theorien weiterhin verbreiten und sie Lehren kann. Ebenso wurde ein Literaturverbot verhängt. Da Galileo Galilei selbst Christ war, hörte er zunächst auf sein Verbot. Bis zu dem Punkt, wo Papst Urban VIII ihn ermutigte, dass er seine Lehren in Form von Hypothesen veröffentlichte.
Mit der Erlaubnis der Inquisition veröffentlichte der Forscher im Februar 1632 ein Buch, mit einem Dialog über zwei Weltsysteme, wobei das kopernikanische Weltbild eindeutig stärkere Argumente aufweist. Bereits im Sommer nach dem Druck und der Veröffentlichung verhing die Inquisition ein Verbot und Galilei wurde nach Rom gebeten. Wäre er nicht erschienen, hätten Soldaten ihn geholt, es war sehr ernst. Dort wurde Galileo Galilei verurteilt, da er gegen das Verbot ihm Jahre 1616 verstoßen haben soll. Er war dazu gezwungen seine Theorie zu widerrufen und ist nur knapp dem Tode entkommen. [32]
Leider lief es weiterhin nicht gut. 1634 starb zunächst seine Tochter und darauf erblindete der Forscher, da er schon lange mit Augenproblemen zu kämpfen hatte.
Auch Jahre nach seinem Tod im Jahre 1642, sorgten seine Forschungsergebnisse für Aufregung in kirchlichen Kreisen. Erst 1757 wurden seine Theorien anerkannt. [30]

Galileis Mondbilder

Egal, ob mit dem heliozentrischen Weltbild oder der Erforschung der Jupitermonde, Galileo Galilei erreichte die Neugier der Menschen. Besondere Werke waren dabei auch seine veröffentlichten Schriften, welche der Menschheit lange vorenthalten wurden, durch das erteilte Literaturverbot.

Eines der Schriften war das Buch „Sidereus Nuncius“, auch bekannt als der Sternenbote. Es beinhaltet die allerersten Mondzeichnungen, welche Galilei im Laufe der Jahre angefertigt hat. Zustande kamen diese durch seine Geschicklichkeit im Instrumente bauen. So halfen ihm seine Fernrohre und Teleskope beim Erkunden der Mondoberfläche. Auch seine Begabung in der Kunst half ihm Perspektiven und Schattierungen zu verstehen und anschließend zu deuten. Der Mathematikprofessor war zudem ein Künstler der Geometrie und zeichnete die verschiedenen Flecken und Ebenen auf genaue Weise. Mit seiner Entdeckung im Jahre 1609 widerlegte er Aristoteles Theorie, dass der göttliche Begleiter eine perfekte Kugel sei. Galileo Galilei stellte in diesem Herbst fest, dass es auf dem Mond Berge gibt und er der Erde ähnelt in Bezug auf Berg und Tal. [33]
Erst vor kurzem sind in New York alte Zeichnungen des Astronom aufgetaucht. Die Errungenschaften sind mit Aquarellfarben angefertigt, was darauf hindeutet, dass es Galileis erste, originalen und selbstangefertigten Mondzeichnungen seien. Es gibt bereits eine Ausgabe des Sternenboten, welches sich in der Nationalbibliothek in Florenz befindet. Beim Vergleich wurde klar, dass das aus Florenz mit Kupferstichen angefertigt wurde und das aus New York mit Aquarell. Zudem befinden sich in dem New Yorker Buch mehrere Fehler, welche in dem aus Florenz als richtig gezeichnet sind. Letztendlich dachten Forscher, dass das New Yorker Exemplar, welches in einem Antiquitätenladen versteckt war, die älteste Ausgabe ist. Zu dem Zeitpunkt hatte Galilei noch viele kleine Fehler in seinen Zeichnungen. Um am Schluss eine realitätsgetreue Ausgabe zu bekommen gab der Mathematiker 1610 rund 550 Exemplare in den Druck. In 30 von ihnen waren freie Illustrationen, in denen Galilei seine Entdeckungen erweiterte und sie trotzdem im selben Format waren, denn das Ziel war eine maßstabsgetreue Vorlage für die Bücher mit Kupferstichen. [34]
Bedauernd stellte der Historiker Nick Wilding 2011 fest, dass die Entdeckungen des Bildwissenschaftlers Horst Bredekamp, sich als Fälschung erwiesen. [35]
Trotzdem begeistern seine Arbeiten die Menschen, denn mit seinen grandiosen Zeichnungen revolutionierte Galilei die Vorstellung des Kosmos und bestätigte somit, dass er auf dem Papier und nicht nur im Kopf gedacht hat.

Abbildung 19 – Galileis Mondbilder
[Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Galileo%27s_sketches_of_the_moon.png/200px-Galileo%27s_sketches_of_the_moon.png]

Erste Mondfotografie

Die erste Fotografie des Mondes fand fast ein Jahrhundert später statt.
John William Draper war Naturwissenschaftler, Pionier der Fotografie und Historiker. Geboren wurde er am 5. Mai 1811 bei Liverpool und starb am 4. Januar 1882 bei New York.
Die Leidenschaft zur Wissenschaft gab ihm sein Vater John C. Draper, welcher in Naturwissenschaften interessiert war. Durch die Untersuchung von Licht auf chemische Substanzen gelangte John William Draper zur Fotografie. [36]
Am 26. März 1840 schoss er die erste, gespeicherte Aufnahme des Mondes. Dies geschah auf dem Dach der Universität in New York, an der er 1839 zum Professor der Physiologie ernannt wurde. [37]
Das Bild ist eine Daguerreotypie, ein Fotografie-Verfahren des 19. Jahrhunderts. Es wurde 1839 von Louis Daguerre entwickelt und ist eine Fotografie auf einer Metalloberfläche, zum Beispiel auf Kupfer- oder Silberplatten.
Im Laufe der Jahre forschte Draper weiter im Sonnensystem und entdeckte dabei unbekannte Spektrallinien im Ultravioletten, welche sich an der Sonne befinden. [38]

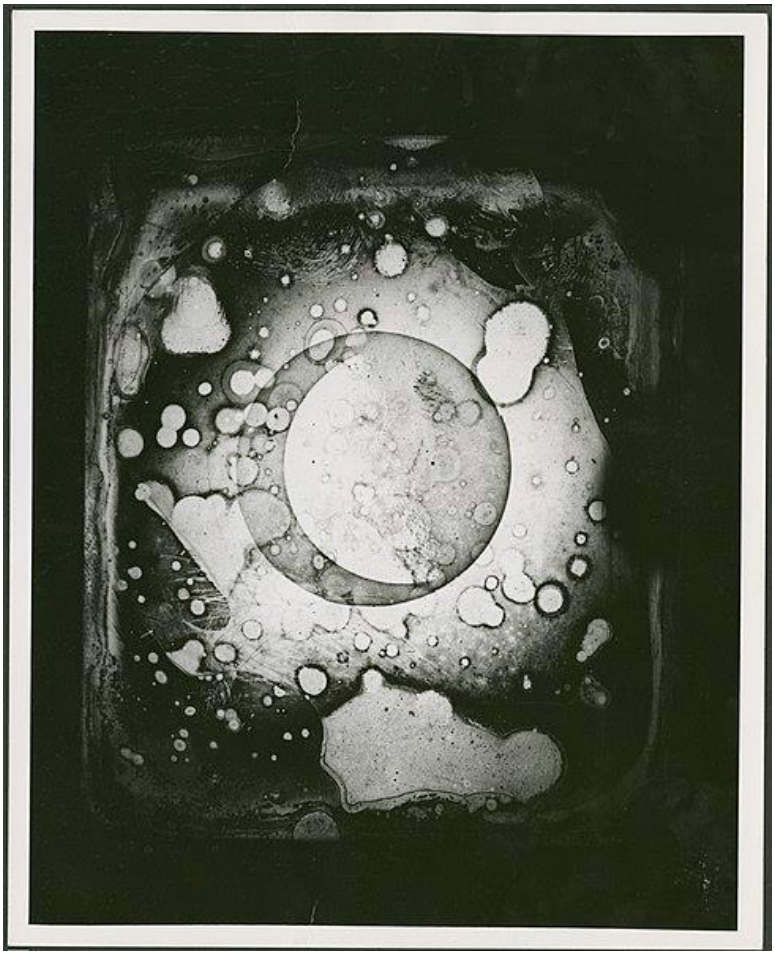

Abbildung 20 - erste Fotografie des Mondes von J.W. Draper
[Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/34/John_W_Draper-The_first_Moon_Photograph_1840.jpg/487px-John_W_Draper-The_first_Moon_Photograph_1840.jpg]

Die Apollo Mondlandungen

Der Mond wurde über Tausende von Jahren erforscht und besichtigt. Ein wichtiger Fortschritt fehlte jedoch, das Betreten des Mondes.
Das Apollo-Programm bestand aus Missionen der NASA, welche zum ersten und einzigen Mal Menschen auf den Mond brachte. Der Name Apollo entstand aus dem Bezug zur griechischen Mythologie. Der Gott Apollon galt als ein Lenker des Sonnenwagens und war bekannt als treffsicherer Bogenschütze. Dies passte genau, fand der NASA-Manager Abe Silverstein.
Die gesamten Mondmissionen galten nicht nur der Forschung des Mondes, sondern auch der wissenschaftlichen Weiterentwicklung der Navigation und Landemanövern von Raumschiffen, sowie die Kopplung zweier Raketen und der Entwicklung von Raumanzügen.
So war die erste bemannte Mission zum Mond die Apollo 8, im Jahre 1968. Vom 21. bis zum 27. Dezember flogen Frank Borman, William Anders und James Lovell außerhalb der Erdatmosphäre. Ganze 10 Mal umkreisten sie den Mond und sahen somit als erste Erdbewohner die Rückseite des Mondes. Jedoch gab es bei dieser Mission keine Landung auf dem Mond. Doch das Warten war kurz. Am 21. Juli 1969 fand die erste bemannte Landung auf der Mondoberfläche statt. Mit an Bord der Apollo 11 waren Neil Armstrong, Michael Collins und Buzz Aldrin. Nach der Landung im Mare Tranquillitatis und dem Betreten der Oberfläche, sagte Armstrong den Satz, der in die Geschichte einging:

„That's one small step for man, one giant leap for mankind." (Neil Armstrong,1969)[3] (zu Deutsch) „Dies ist ein kleiner Schritt für einen Menschen, ein großer Sprung für die Menschheit."

In den nächsten 3 Jahren erfolgten 5 weitere, gelungene Mondlandungen, wobei 12 US-amerikanische Raumfahrer den Mond betraten. [39,40]

Mission	Start und Landung	Dauer	Kommandant	Pilot des Apollo-Raumschiffs	Pilot der Mondfähre	Missionsziel/Bemerkung
AS-201	26. Feb. 1966 26. Feb. 1966	37m 20s	unbemannt			Erster Start der Saturn IB, suborbitaler Testflug des Apollo-Kommandomoduls
AS-203	5. Jul. 1966 5. Jul. 1966	5h 59m 47s	unbemannt			Erster orbitaler Start der Saturn IB, Testflug ohne Apollo-Raumschiff
AS-202	25. Aug. 1966 25. Aug. 1966	1h 33m 2s	unbemannt			suborbitaler Testflug des Apollo-Kommandomoduls
Apollo 1	(27. Jan. 1967) kein Start		Virgil Grissom	Edward White	Roger Chaffee	Am 27. Januar 1967 brach während eines Bodentests auf dem Starttisch bei reiner Sauerstoffatmosphäre in der Kabine Feuer aus, dabei kamen alle drei Astronauten ums Leben.
Apollo 4	9. Nov. 1967 9. Nov. 1967	8h 36m 59s	unbemannt			Erster Start der Saturn V, Testflug des Apollo-Kommandomoduls
Apollo 5	22. Jan. 1968	11h 10m	unbemannt			Testflug der Mondlandefähre im Erdorbit
Apollo 6	4. Apr. 1968	10h 22m 59s	unbemannt			Zweiter Start der Saturn V, Testflug
Apollo 7	11. Okt. 1968 22. Okt. 1968	10d 20h 9m 3s	Walter Schirra	Donn Eisele	Walter Cunningham	Erster bemannter Start der Saturn 1B. Tests in der Erdumlaufbahn ohne Mondfähre – erste Fernsehübertragung während einer US-Raumfahrt-Mission
Apollo 8	21. Dez. 1968 27. Dez. 1968	6d 3h 0m 42s	Frank Borman	James Lovell	William Anders	Erster bemannter Start der Saturn V und erster Flug von Menschen zum Mond, den sie 10-mal umrundeten. Da sie keine Mondfähre hatten, übernahm Anders die Aufgaben eines Bordingenieurs und Fotografen
Apollo 9	3. Mrz. 1969 13. Mrz. 1969	10d 1h 0m 54s	James McDivitt	David Scott	Russell Schweickart	Tests der Mondfähre in der Erdumlaufbahn – Rendezvous und Docking
Apollo 10	18. Mai 1969 26. Mai 1969	8d 0h 3m 23s	Tom Stafford	John Young	Eugene Cernan	Test der Mondfähre im Mondorbit, nähert sich der Mondoberfläche bis auf 14 km
Apollo 11	16. Jul. 1969 24. Jul. 1969	8d 3h 18m 35s	Neil Armstrong	Michael Collins	Buzz Aldrin	Erste Mondlandung Landeplatz: Mare Tranquillitatis
Apollo 12	14. Nov. 1969 24. Nov. 1969	10d 4h 36m 25s	Charles Conrad	Richard Gordon	Alan Bean	Landung bei der 1967 gestarteten Sonde Surveyor 3 Landeplatz: Oceanus Procellarum
Apollo 13	11. Apr. 1970 17. Apr. 1970	5d 22h 54m 41s	James Lovell	John Swigert	Fred Haise	Explosion eines Sauerstofftanks im Service Modul (SM) und Leck in der Außenhülle des SMs. Abbruch der Mission, Kabine des Lunar Module (LM) diente der Besatzung zeitweilig als „Rettungsboot", Swing-by-Manöver am Mond – keine Mondlandung geplanter Landeplatz: Fra Mauro
Apollo 14	31. Jan. 1971 9. Feb. 1971	9d 0h 1m 58s	Alan Shepard	Stuart Roosa	Edgar Mitchell	Erfolgreiche Landung auf dem ursprünglichen Landeplatz von Apollo 13, Einsatz einer Handkarre (MET) Landeplatz: Fra Mauro
Apollo 15	26. Jul. 1971 7. Aug. 1971	12d 7h 11m 53s	David Scott	Alfred Worden	James Irwin	Erste Mission mit dem Mondauto Lunar Roving Vehicle Landeplatz: Hadley-Rille
Apollo 16	16. Apr. 1972 27. Apr. 1972	11d 1h 51m 5s	John Young	Thomas Mattingly	Charles Duke	Erste Untersuchung einer Hochebene, Einsatz UV-Kamera, Mondauto Landeplatz: Descartes
Apollo 17	7. Dez. 1972 19. Dez. 1972	12d 13h 51m 59s	Eugene Cernan	Ronald Evans	Harrison Schmitt	Letzte Mondlandung, Mondauto, Orange Soil gefunden Landeplatz: Taurus-Littrow

Abbildung 21 - Screenshot der Apollo-Missionen [Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Apollo-Programm]

Abbildung 22 - die ersten Schritte auf dem Mond [Quelle: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FApollo_11&psig=AOvVaw2km_wCpcdmWT_AKGmqs66T&ust=1620821792406000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJiFguvNwfACFQAAAAdAAAAABAR]

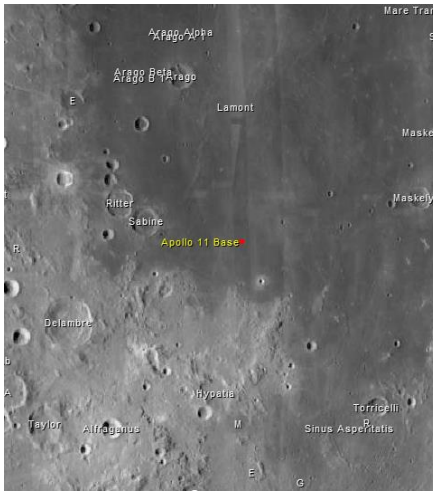

Abbildung 23 - Apollo 11

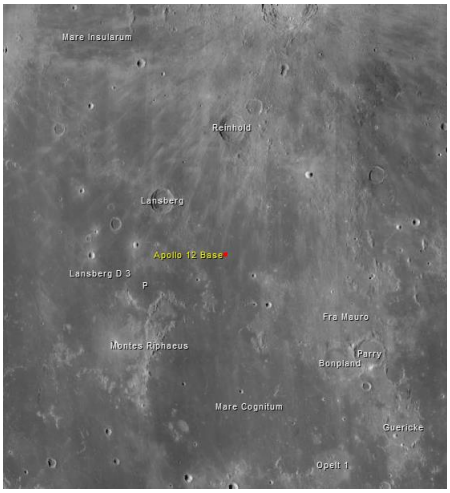

Abbildung 24 - Apollo 12

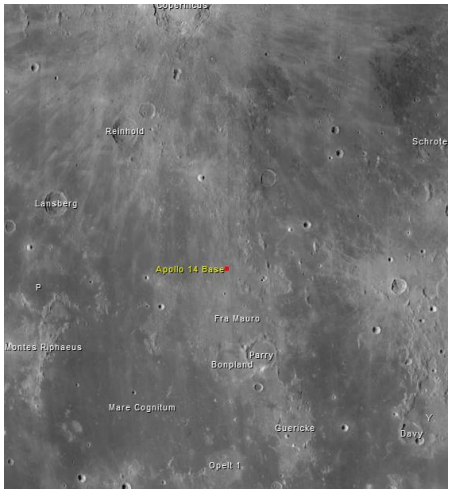

Abbildung 25 - Apollo 14

Abbildung 26 - Raketenstart der Apollo 11, 1969
[Quelle:https://www.dlr.de/content/de/bilder/2019/3/apollo-11-start-der-mission.jpg?__blob=normal&v=3__ifc1920w]

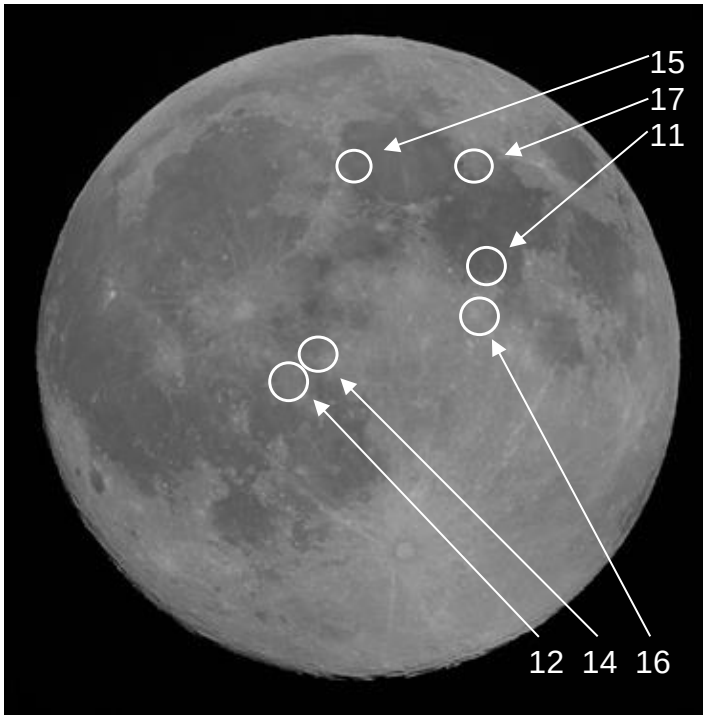

Abbildung 27 - Landeplätze der Apollo-Missionen (26.02.2021, 17:22 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

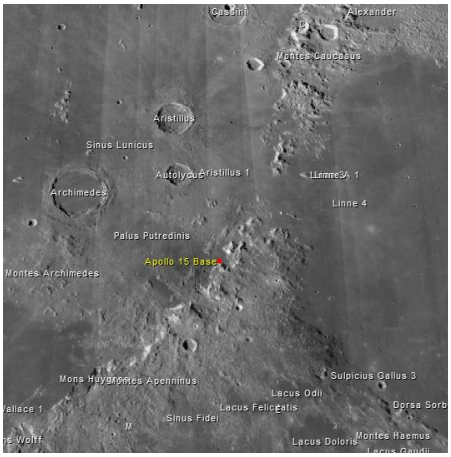

Abbildung 28 - Apollo 15

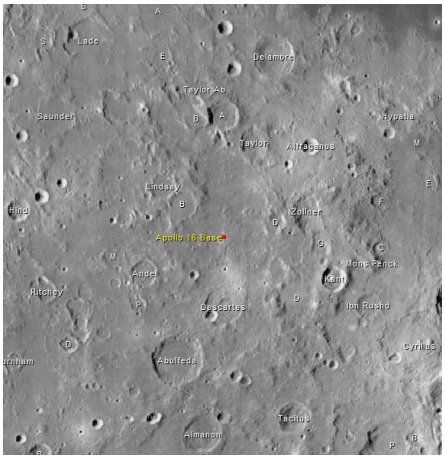

Abbildung 29 - Apollo 16

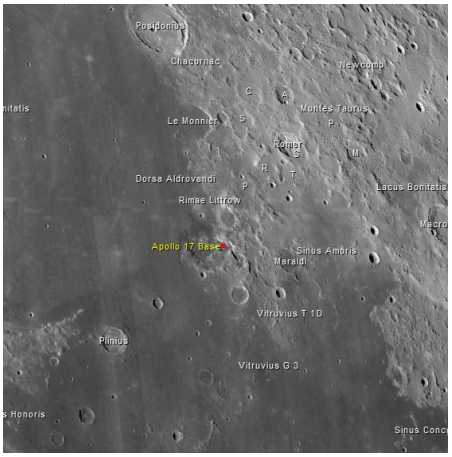

Abbildung 30 - Apollo 17

Die Chang'e 5 Mission 2020

Auch heute gibt es noch aktive Forschungen am Mond. Die aktuellste Mission ist die Chang'e 5. So startete die chinesische Raumfahrtbehörde im Jahr 2020 einen neuen Flug zum Mond, um Gesteinsproben mitzubringen, welche untersucht werden sollen. China wäre dann die dritte Nation, welche Mondgestein besitzen würde.
Der Name der Chang'e 5 kommt aus dem Chinesischen und bedeutet Mondgöttin. Zudem wäre die Chang'e 5 das dritte unbemannte Raumschiff, welches im 21. Jahrhundert auf dem Mond landet. Zuvor erreichten die chinesischen Chang'e 3 und 4 die Mondoberfläche.
Die aktuellste Mission startete am 24. November 2020, mit dem Aufbruch zum Mond. Zunächst flog sie zum Mond und umkreiste diesen einige Male, bevor die tatsächliche Landung anstand. Am Dienstag, den ersten Dezember wird die Landung um ca. 15:57 Uhr MEZ eingeleitet. Nachdem das Raumschiff den Landeanflug in Richtung Mond anging, wurden 2.5 km über dem Boden die Landeposition angepasst und die Fluggeschwindigkeit verringert. 100 Meter vor dem Aufsetzen suchte eine Kamera nach einem passenden Landeort und manövrierte die Sonde dorthin. Wenige Meter vor dem Boden, wurden alle Motoren abgestellt, da durch die Mondanziehungskraft eine weiche Landung möglich ist. Um 23:11 Uhr MEZ war die Landung geglückt.

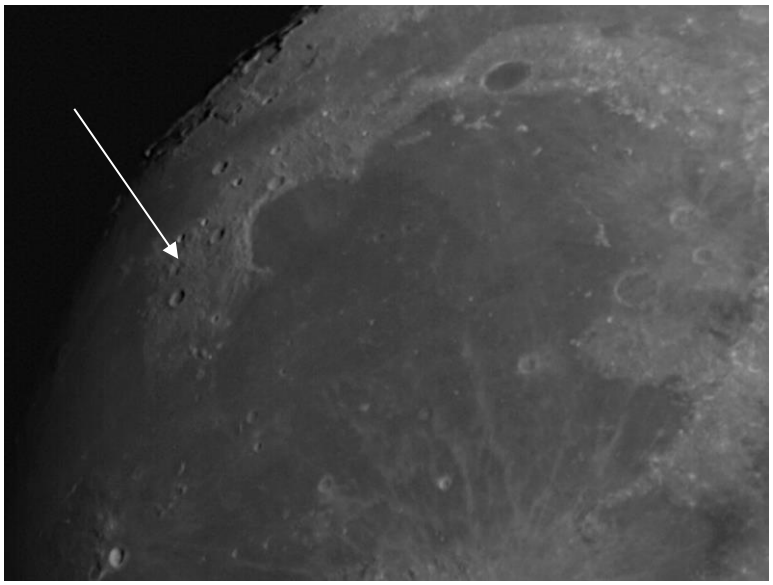

Abbildung 31 - Landeplatz der Chang'e 5 (24.02.2021, 18:02 Uhr, C11 Edge HD mit EOS 450D)

Abbildung 32 - Die Chang'e 5 Mondsonde
[Quelle:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/Chang-e-5-assembly-CG-1-Cropped.jpg]

In der Mission sorgt ein Roboter dafür, dass Gesteinsproben gesammelt werden. Dies geschieht zum Beispiel anhand von Bohrern, welche Steine aus unter 2 Metern Tiefe sammeln, sowie Greifarme für Staub und Geröll an der Mondoberfläche. Bis zu 2 kg Mondgestein soll hierbei gesammelt werden, welche auf 1,2 Milliarden Jahre geschätzt werden. Die Proben der Apollo Missionen sollen bis zu 3,4 Milliarden Jahre alt gewesen sein.
Am 16. Dezember 2020 landete die Kapsel, nach ihrem Rückflug, in der inneren Mongolei. [41,42]

Die Teleskope

Einführung

Die Ergebnisse der Arbeit wurden auf dem Dach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums angefertigt. Dort befindet sich die Sternwarte, mit insgesamt 7 Stationen. Von ihnen bieten 6 die Chance mit den Teleskopen Pentax 75 SDHF und Celestron Edge HD 1100 (kurz: C11 Edge HD) zu arbeiten. Die siebte Station ist für das Planewave CDK20, welches in einer geschützten Bebauung untergebracht ist.
Die für die Mondbilder verwendeten Teleskope sind zum einen das Pentax 75 und das C11 Edge HD. Außerdem hatten wir das Glück, der Verwendung des StarFire GTX 130 mm EDF-S Refraktor. Dieser Refraktor ist Teil des privaten Equipments unseres Projektleiters, Herrn Koch, mehr dazu in der Durchführung.
Zur Anwendung eines Teleskops sind drei Dinge erforderlich. Zuerst ein Stativ, welches der Grundbaustein des Aufbaus ist. Auf der Sternwarte ist das Stativ eine bereits fest verankerte Säule im Boden. Auf dieser Säule/diesem Stativ ist die Montierung. Eine Montierung ist die Halterung, wo zum Schluss ein Tubus angesetzt wird. Der optische Tubus ist wie ein Fernrohr. In diesem Rohr sind die Linsen für die Wiedergabe des Bildes.
(bildliches Beispiel auf Seite 29)

Abbildung 33 - Beobachtung am 25.11.2020 beim Sonnenuntergang

Das Pentax 75 SDHF

Bei dem Pentax 75 SDHF handelt es sich um ein kleines, kompaktes Linsenteleskop für ein Mittelformat bis 4,5 x 6. Es ist dreilinsig, apochromatisch und verfügt über eine hintere Feldkorrekturlinse. Der japanische Hersteller baute das beliebte Teleskop 2009 mit einem Objektivdurchmesser von 75 mm und einer Brennweite von 500 mm. Die lange Brennweite bietet ein kleines Gesichtsfeld, welches optimal für die Mondbeobachtung ist. Der Typ ED Halbapo hat ein Öffnungsverhältnis von f/6.7, mit einer Frontlinse, welche ein Doublet mit einem SD-Glaselement und einem Luftspalt ist. Die Länge des Tubus inklusive Taukappe ist 47,5 cm, jedoch kann diese auf eine minimale Länge von 40,3 cm gekürzt werden, was perfekt für Reisen ist. Das Gewicht des Tubus beträgt insgesamt 2,2 Kilogramm.
Bei einem Linsenteleskop sind eine achromatische Objektivlinse und ein Okular relevant. Der Durchmesser der Objektivlinse entscheidet, wieviel Licht das Teleskop einfängt. Das Licht, beziehungsweise das Bild kommt durch die Objektivlinse und wird im Brennpunkt fokussiert, wo man am Rad für die Einstellung des Fokus‘ nachhelfen kann. [43,44]

Abbildung 34 - das Pentax 75 SDHF

Das Celestron Edge HD 1100

Das Schmidt-Cassegrain-Teleskop ist ein etwas größeres Spiegelteleskop. Seinen Namen verdankt das Modell seiner hohen Auflösung (Englisch; High Definition), welches bis zum Rand (Englisch; Edge) gehen kann. Aus diesem Grund die Bezeichnung Edge High Definition. Der Aluminium Tubus hat eine Brennweite von 2 800 mm und eine Öffnung von 279 mm, hierbei liegt das Öffnungsverhältnis bei f/10. Zudem verfügt das C11 Edge HD über ein Auflösungsvermögen von 0,41 Bogensekunden, sowie eine maximal sinnvolle Vergrößerung, welche 558-fach ist. Der Volltubus hat ein Gesamtgewicht von 12,7 Kilogramm und ist besonders gut anwendbar bei dem Mond und Planeten, aber auch Nebel und Galaxien sind bei einer Beobachtung möglich.

Die Funktionsweise dieser bekannten Art von Teleskopen startet mit dem Eintritt eines Bildes, in Form von Licht durch eine Schmidtplatte, welche sich vorne am Eingang des Teleskops befindet. Das Bild reicht bis zum Ende des Teleskops, an den Primärspiegel. Dieser hat ein Öffnungsverhältnis von f/2. Das gewünschte Bild wird anschließend auf den Sekundärspiegel reflektiert, welcher vorne in der Mitte liegt. Durch eine Öffnung im Primärspiegel endet das Bild beim Betrachter. Wenn das Bild jedoch nicht die gewollte Schärfe hat, kann man anhand der Arretierungsschrauben das Gesamtbild fokussieren. [45,46,47]

Abbildung 35 - C11 Edge HD

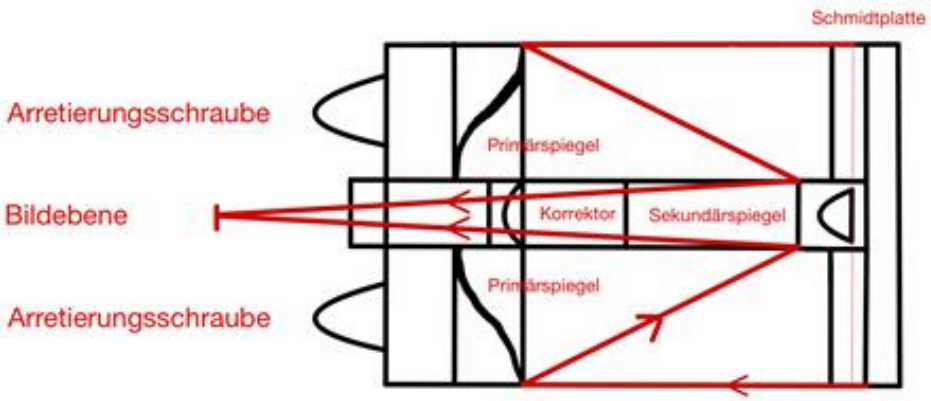

Abbildung 36 - Funktionsweise eines Spiegelteleskops

Der StarFire 130 mm EDF-S Refraktor

Der von Astro-Physics hergestellte, apochromatische Refraktor hat ein Triplet Objektiv mit dualer Fügetechnik. Die freie Öffnung hat einen Durchmesser von 130 mm und eine Brennweite von 780 mm. Hierbei ist das Öffnungsverhältnis bei f/6 und kann eine 22- bis 500-fache Vergrößerung bieten. Mit Taukappe liegt der Refraktor bei einer Länge von 864 mm, ohne Taukappe bei 724 mm. [48]
Das Vorgehen liegt nah an der Idee des Fernrohrs. Das Rohr beinhaltet Linsen, wodurch das Licht zunächst gebrochen wird. Danach entsteht ein Zwischenbild, welches um 180° gedreht ist. Mit Hilfe eines Okulars, einer zweiten Linse, wird das Bild letztlich vergrößert. Das gute an dem Modell ist, dass keine Spiegel oder ähnliches eingestellt werden müssen. [49]

Abbildung 37 - StarFire 130 mm EDF-S Refraktor (links verbunden mit der Kamera)

Beschreibung und Funktionsweise der Fotokameras

Technische Daten

Die gesamten Ergebnisse entstanden anhand einer Spiegelreflexkamera. Die Canon EOS 450D ist eine digitale Kamera, welche das japanische Unternehmen im März 2008 auf den Markt brachte. Sie verfügt über einen CMOS-Sensor mit 12,4 Megapixel (Physikalisch) und 12,2 Megapixel (effektiv) und einem dazugehörigen Prozessor, mit 14 Bit Farbtiefe. Die Fotoauflösung des Modells liegt bei 4.272 x 2.849 Pixel, im Verhältnis von 3:2. Zudem fotografiert die gegebene Kamera im RAW-Bildformat, also im Rohdatenformat [51] und in Form eines JPG-Bildformates, wo das Bild in eine kleine Fotodatei komprimiert wird. [52] Die Größe der Ausgabe beträgt 129 x 98 x 62mm (Breite x Höhe x Tiefe) mit einem Gewicht von 510 Gramm. Einstellungen, sowie Bildeindrücke werden auf dem 7,6 cm (3 Zoll) LCD-Monitor getätigt. [50]

Abbildung 38 - Canon EOS 450D
[Quelle: https://m.media-amazon.com/images/I/81yHO+YSVYS._AC_UY218_.jpg]

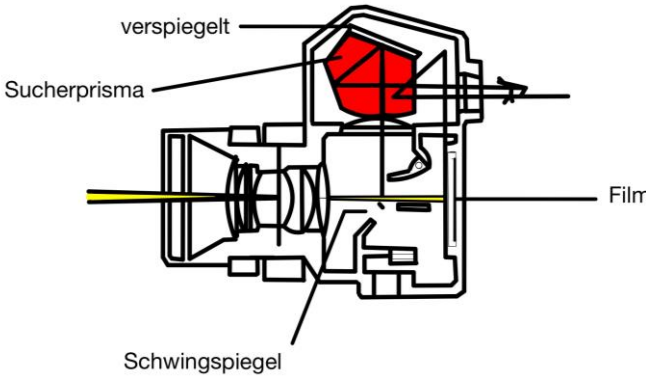

Abbildung 39 - Funktionsweise einer Spiegelreflexkamera

Funktionsweise

Das besondere an einer Spiegelreflexkamera ist, dass das Bild meist genauer und schärfer fokussiert werden kann, da der Betrachter die Chance hat auf direktem Weg durch das Objektiv zu schauen.
Zwischen Objektiv und der Bildebene gibt es einen wegklappbaren Spiegel. Hierbei trifft das einfallende Licht durch das Objektiv an den Spiegel, welcher das Licht zum Sucher umlenkt. Dieser Prismensucher richtet das Bild horizontal oder parallel zur optischen Achse, welches durch ein Okular sichtbar wird. Der Sucher der Canon EOS 450D kann sich automatisch an verschiedene Brennweiten anpassen, was die Flexibilität zwischen unterschiedlichen Objektiven erleichtert. [53]

Die Beobachtung

Experimenteller Aufbau

Der Aufbau besteht aus drei Schritten, der Vorbereitung, dem Aufbau des Teleskops und dem Aufbau des dazugehörigen Equipments.
Der erste Schritt, die Vorbereitung, startet in dem kleinen Aufenthaltsraum auf der Sternwarte. Dort sind die verschiedenen Tuben, sowie das gesamte Equipment verstaut. Da der Aufbau größtenteils mit vielen Einzelteilen verbunden ist, gibt es für jede der sechs Außenstationen einen zugehörigen Wagen, indem sich alle nötigen Bestandteile befinden. Dieser Wagen wird also zu allererst rausgefahren und geparkt.

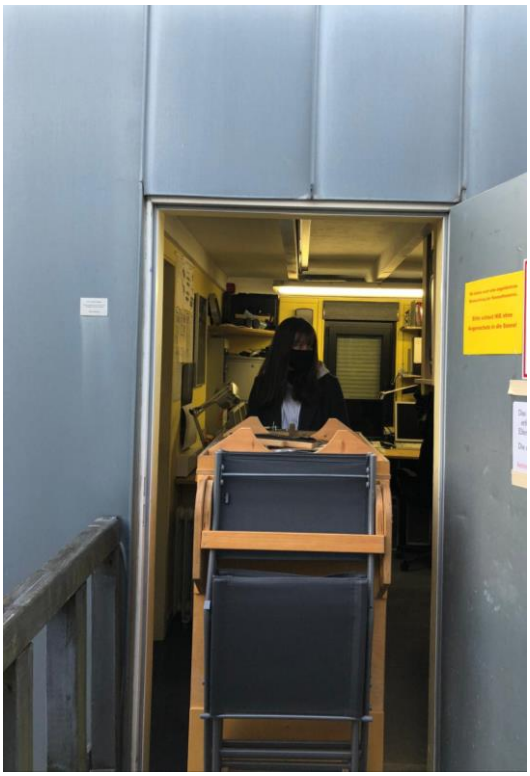

Abbildung 40 - Aufenthaltsraum der Sternwarte, mit dazugehörigem Wagen für das Equipment

Abbildung 41 - geschützte Teleskope

Danach geht es weiter mit dem Aufbau des Teleskops. Hierbei wird erst einmal der Stecker der Belüftung gezogen. Da unsere Teleskope, beziehungsweise die Säule mit der Montierung, dauerhaft draußen stehen und nur von einem Metallkasten geschützt werden, müssen sie Wind, Wetter und jegliche Temperaturen ertragen. Hierfür gibt es eine Belüftung, die zum Beispiel eine Ansammlung von Schimmel vermeiden soll, da leicht Feuchtigkeit in den Kasten gelangen kann.
Wenn das erledigt ist, wird der integrierte Beistelltisch ausgeklappt. Hier findet sich Platz, um später das technische Zubehör abzulegen. Nachdem man sich für einen beliebigen Tubus entschieden hat, wird dieser an eine Schiene an der Montierung fest gemacht. Dieser Aufbau ist der schwierigste Teil, da die Aufsätze und Bestandteile sehr schwer sind und beim Montieren für einige Zeit gehalten werden müssen. Wichtig beim Aufsetzen des Tubus‘ ist zudem, dass man das Gegengewicht befestigt. Bei kleinen Teleskopen reicht die Gewichtsstange, doch bei größeren müssen Gegengewichte angebracht werden, welche das Gewicht des Tubus‘ ausgleichen.

Zuletzt wird das Equipment des Wagens angebracht. Darunter zählt die Steuerungseinheit, zum Verstellen des Teleskops. Außerdem ein Laptop, welches mit Strom-, sowie Netzwerkkabel verbunden wird. Zum Schluss bringt man noch die Kamera, mit einem passenden Okular an und verbindet diese mit dem Laptop, um Bilder größer zu erkennen und die Kamera auszulösen.

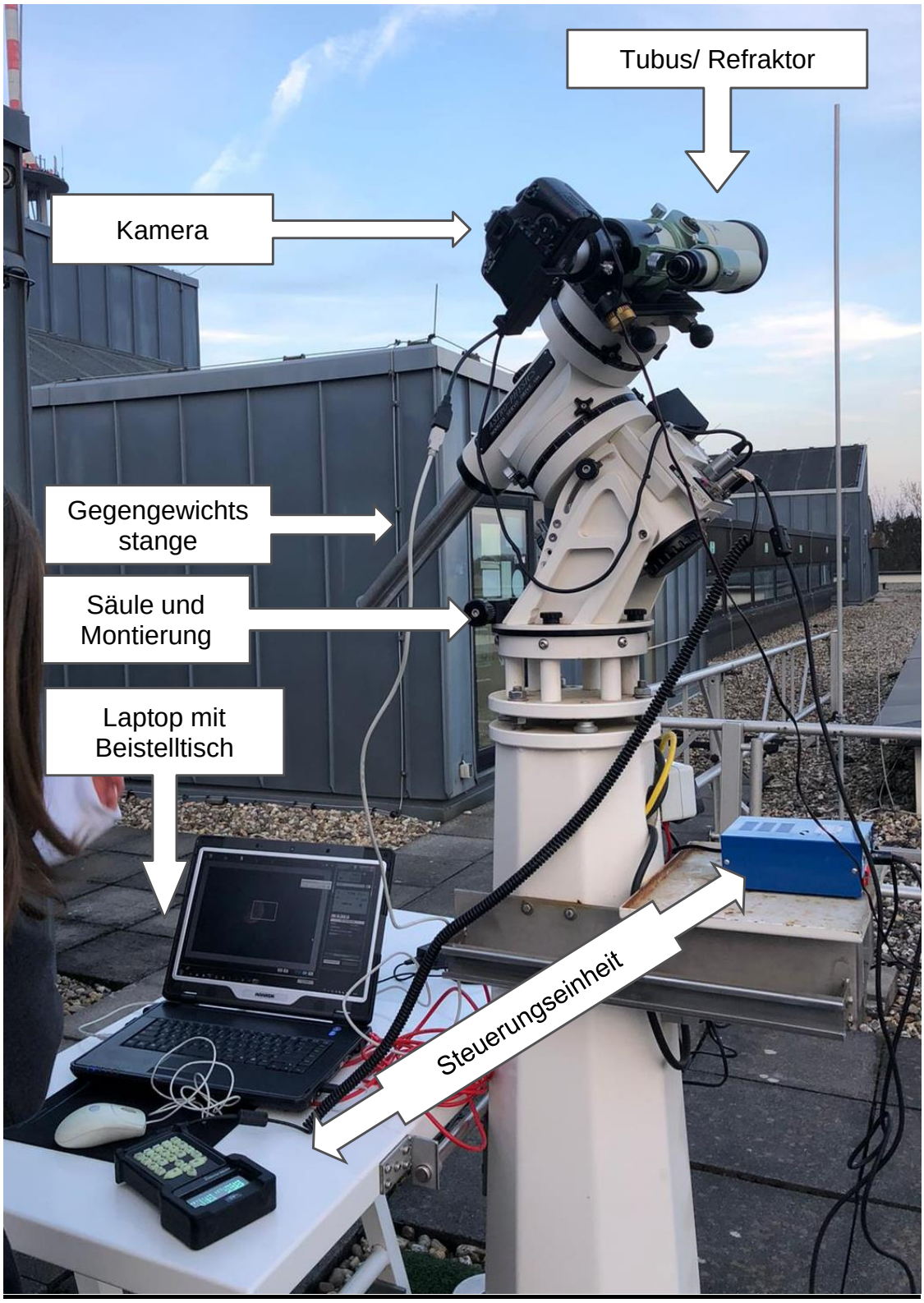

Abbildung 42 - Aufbau eines Teleskops

Durchführung des Experiments

Wie bereits erwähnt hatten wir das Glück, mit dem privaten Equipment von Herrn Koch zu arbeiten. Seit Anfang 2020 beschäftigt unsere Welt die Corona-Pandemie, weshalb der Unterricht von Woche zu Woche wechselt. Da unsere Beobachtungszeit auf die Herbst- bis Winterzeit 2020/ 2021 gefallen ist, hatten wir teilweise nicht die Möglichkeit unsere Bilder an der Sternwarte zu schießen. In dieser Zeit waren wir darauf angewiesen von Zuhause zu arbeiten, via Online-Unterricht. Auch die Sternwarte war geschlossen und unsere zunächst letzte und erste Beobachtung fand am 25.11.2020 statt. Erst 3 Monate später, am 24.02.2021 hatten wir eine zweite und letzte Beobachtung an der Sternwarte. In der Zwischenzeit beobachteten wir vier Mal und ein fünftes Mal nach dem 24.02 von Zuhause.
Die Vorgehensweisen der Durchführungen sind zum Glück sehr ähnlich. Nachdem man auf der Sternwarte und Herrn Kochs privatem Teleskop, alles aufgebaut hat, öffnet man die Software zur Bedienung der Kamera am Laptop und aktiviert das Live-Bild. Anhand der Steuerungseinheit fährt man das Teleskop elektrisch zu dem beliebigen Himmelsobjekt. Hierbei gibt man in den Steuerungscomputer das Sonnensystem und den Himmelskörper Mond ein.
Wenn das Teleskop seine Position erreicht hat, bleibt es stehen, der Beobachter checkt die Position und stellt gegebenenfalls manuelle Verfeinerungen ein. Das Ziel ist es, den Mond genau in die Mitte in des Live-Bildes zu befördern. Hierbei kann eine 5- bis 10-fache Vergrößerung vorgenommen werden, um die Schärfe genauer einstellen zu können. Bei der Einstellung kann es passieren, dass der Mond zunächst gar nicht zu sehen ist. Um die Lichtverhältnisse zu regeln, stellt man einen ISO-Wert ein. Bei einem hellen Abendhimmel reicht ein niedriger ISO-Wert, ist es schon dunkel, wird er höhergestellt. Hierfür arbeitet man zudem an der Belichtungszeit, welche individuell eingestellt wird.
Wenn die perfekten Einstellungen getätigt sind, werden viele Bilder geschossen. Das geht über den Auslöser, welcher sich oben rechts in der Bedienung befindet.
Eine Beobachtung an der Sternwarte kann mit Auf- und Abbau bis zu vier Stunden dauern. Diese haben wir entweder in der Kurszeit oder nach Kursende gemacht. Eine Beobachtung von Daheim braucht nur um die ein bis zwei Stunden. Diese fanden meistens ab 18 oder 19 Uhr statt.

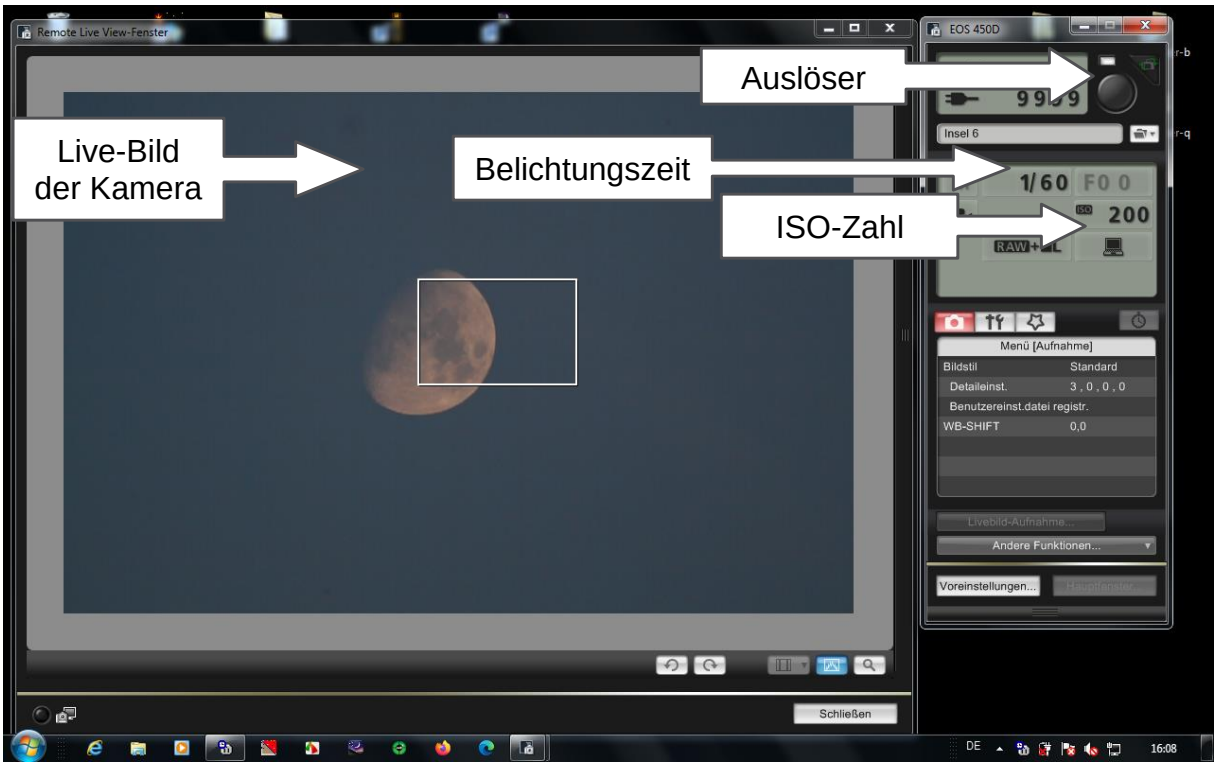

Abbildung 43 - Screenshot der Bedienung der Kamera anhand der Computer-Software (an der Sternwarte)

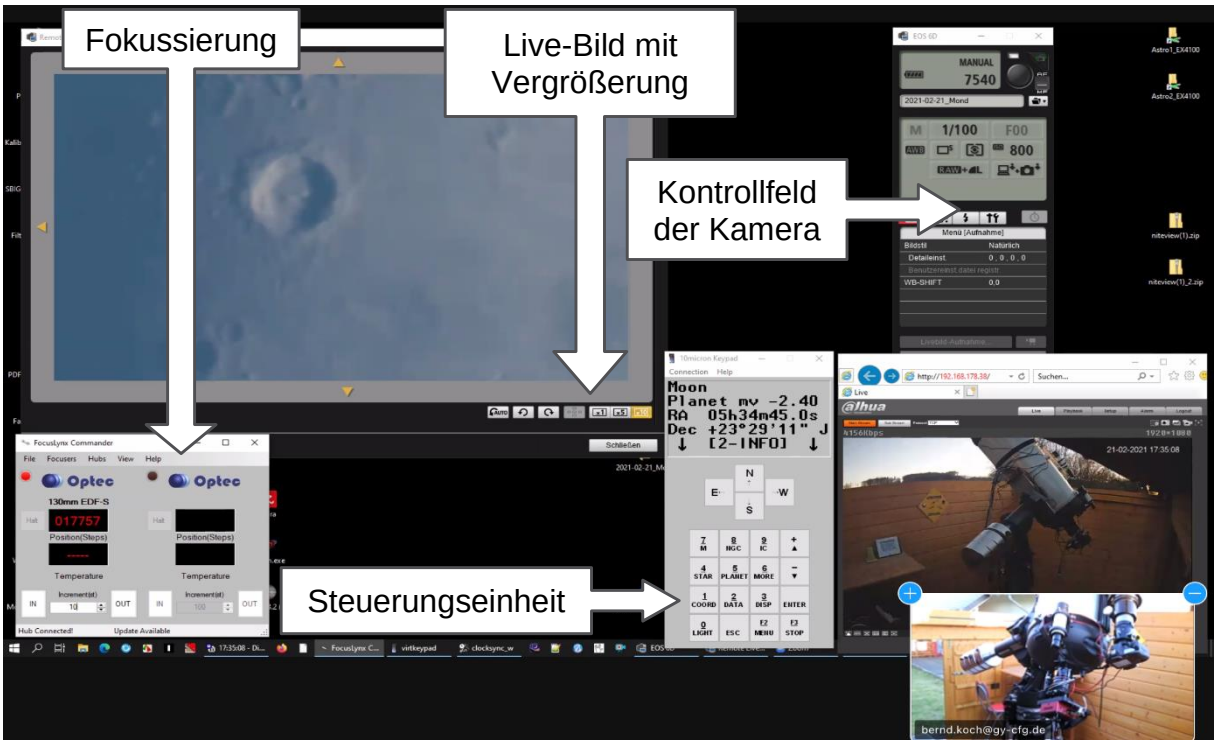

Abbildung 44 - Screenshot der Bedienung des gesamten Teleskops (von Zuhause)

Aufbereitung und Auswertung der Aufnahmen

Eine Aufnahme retuschieren

Wenn die Beobachtungen abgeschlossen sind oder der Tag gefüllt mit Regenwetter und dichten Wolken ist, beschäftigen wir uns im Kurs mit der Auswertung der Aufnahmen. Bild für Bild wird durchgegangen und wenn eine Aufnahme besonders gut getroffen ist, wird diese kopiert und in einem anderen Ordner festgehalten. So sammeln wir die schönsten Momente der Beobachtungen.
Trotzdem ist nicht jedes Bild gleich perfekt. So waren auf unseren ersten Aufnahmen viele Staubpartikel und Flusen auf der Linse, weshalb schwarze Flecken im Bild waren. Anhand von Photoshop, einer Software zum Bearbeiten von Fotos, können wir diese Flecken leicht weg retuschieren. Das funktioniert, indem man das Tool zum retuschieren anklickt, danach markiert man die Flecken, das System erkennt den Hintergrund und setzt in dem Fleck die nötige Farbe ein.

Abbildung 45 - vorherige Aufnahme mit Staubpartikeln und Flusen

(25.11.2020, 16:08 Uhr, Pentax 75 SDHF mit EOS 450D)

Abbildung 46 - bearbeitete Aufnahme, mit weg retuschierten Partikeln

Eine Aufnahme schärfen

Nicht nur Flecken werden retuschiert. Mit Photoshop schärfen wir unsere Bilder und nehmen teilweise die Farbe aus dem Bild. Der Grund dafür ist, dass die Bilder in jeweils unterschiedlichen Situationen und Lichtverhältnissen geschossen worden sind.
Das schwarz-weiße Bild, macht die Aufnahmen nicht nur einheitlicher, es lässt manche Mondkrater und -berge auch besser zu Vorschein kommen, da der hell-dunkel Kontrast besser erkennbar ist.
Um auf die Schärfe zurück zu kommen zeigen die zwei angegebenen Bilder den Unterschied zwischen der originalen Aufnahme und der schwarz-weiß, geschärften Aufnahme. Einerseits kommen mehrere Mondkrater (unten am Mond: Zahlreiche Krater, Links-Mittig: Krater Copernicus) besser zum Ausdruck, doch auch die gesamte linke Mondseite, welche die Grenze zum Schatten bildet, ist um einiges besser zu erkennen.
Wichtig hierbei ist, dass man den Bezug zur Realität nicht verliert. Dem Bild eine gewisse Schärfe zu geben ist wichtig, doch die Aufnahme sollte trotzdem natürlich bleiben.

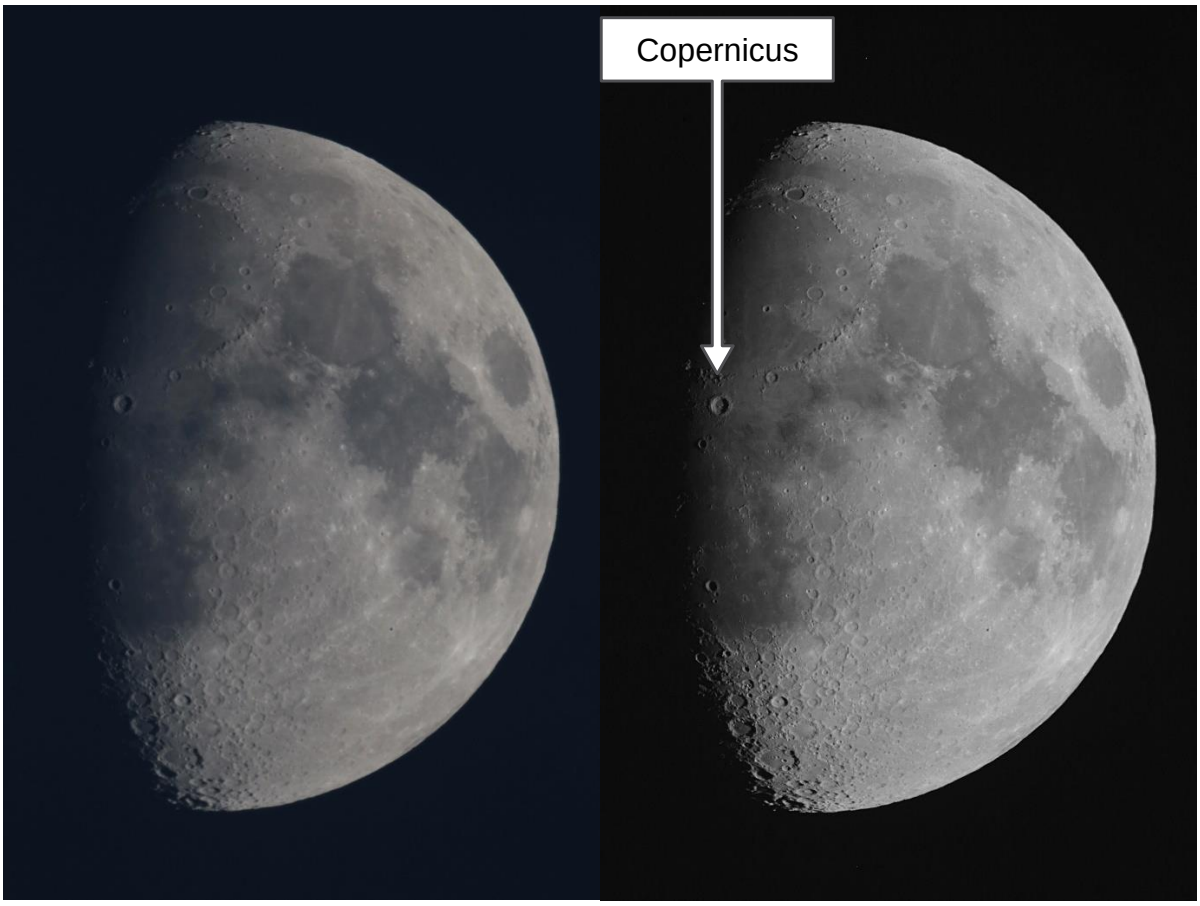

Abbildung 47+48 - Originalaufnahme (links), geschärfte Aufnahme (rechts)
(21.02.2021, 16:41 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

Der Mond in Farbe

Zwei unserer Mondbilder haben wir dazu genutzt, um einen Einblick davon zu bekommen, wie der Mond in Farbe aussieht. Das menschliche Auge sieht den Erdsatelliten mit seinen erkennbaren Farben; Weiß-, Grau- und Schwarztönen. Wenn diese manchmal gelblich wirken, verursacht die Atmosphäre den Farbunterschied.

Doch wenn man die Farbkontraste etwas bearbeitet und bereits vorhandene Farben stärker zum Ausdruck bringt, fällt etwas auf. Man erkennt rote, gelbe, bis blaue Farbtöne. Im Vergleich zweier Bilder wirken die tiefergelegenen, dunklen Meere meist bläulich. Die Farben entstehen durch das Gehalt von Metall in dem Basaltgestein. Bei einem Eisengehalt von unter 15% und einem Titangehalt unter 2%, leuchten die Gebiete in roten Farben. Gegensätzlich haben die Gebiete, welche Blautöne enthalten einen Titangehalt bis zu über 7% und der Eisengehalt ist ebenfalls höher als in roten Gebieten. [54]

Abbildung 49 - zunehmender Mond in Farbe (links)
(25.11.2020, 16:08 Uhr, Pentax 75 SDHF mit EOS 450D)

Abbildung 50 - Vollmond in Farbe (rechts)
(26.02.2021, 17:22 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

In der Software sucht man sich zunächst ein beliebiges Bild aus, welches man zwei Mal einsetzt. Dem ersten Bild nimmt man die Farbe und macht aus der Aufnahme ein schwarz-weiß-Bild, danach stellt man dort die gewünschte Schärfe ein.
Auch hierbei gilt eine natürliche Schärfung. Bei dem zweiten Bild wird die Sättigung Stück für Stück verstärkt, um die Farben intensiver leuchten zu lassen.
Zum Schluss legt Photoshop beide Aufnahmen übereinander, kombiniert das geschärfte Bild mit dem farbigen und fertig ist der Mond in Farbe.

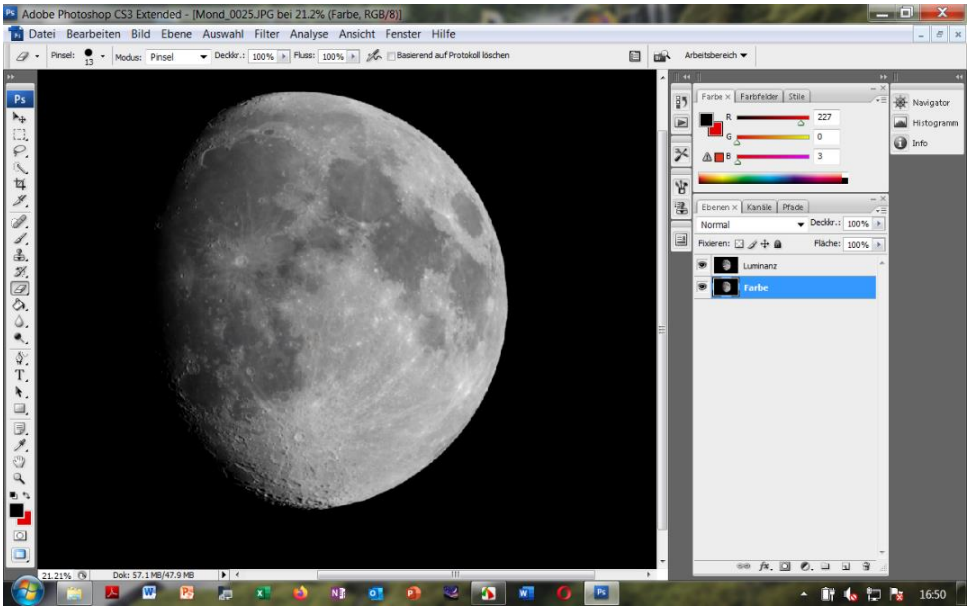

Abbildung 51 - Schwarz-weiß Bild zur Schärfung

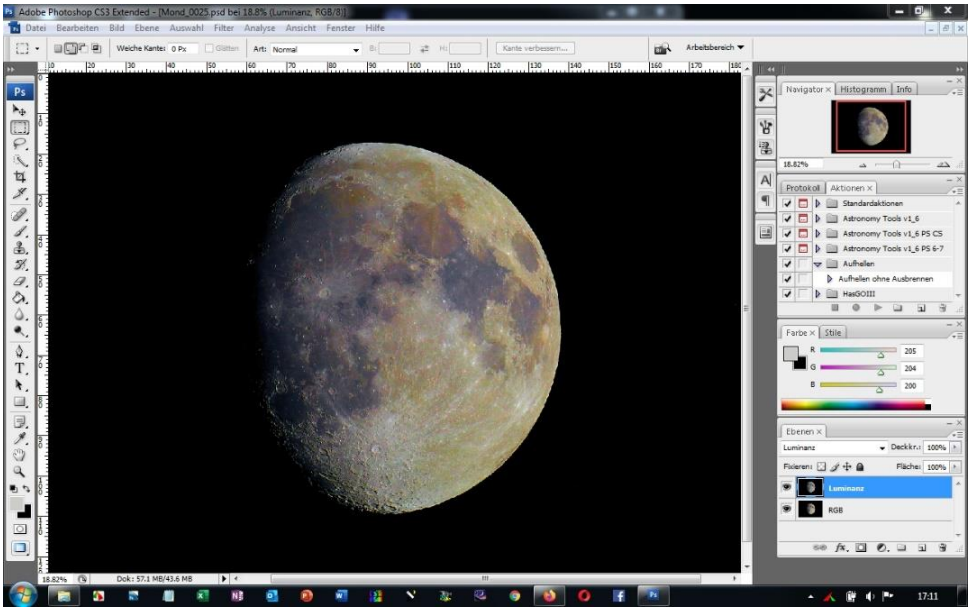

Abbildung 52 - Originalaufnahme mit hoher Sättigung

Ein Mosaik

Bei der Zusammenstellung eines Mosaiks sind mehr als ein Bild Voraussetzung. Sie müssen sich in kleinen Abschnitten überschneiden können, weshalb keine harte Kante, sondern ein Übergang von Bildrändern vorhanden sein muss.
Hat man zwei passende Aufnahmen, welche Abschnitte beinhalten, die die gleichen Regionen abbilden, kann man sie super nutzen.
Erneut arbeiten wir mit der Software Photoshop. Hier werden in unserem Fall zwei Aufnahmen ausgewählt. (Siehe Beispiel) Diese fügt man auf simple Weise in die Funktion zum Erstellen eines Mosaiks ein. Das System analysiert die Bilder und legt zusammengehörige Teile übereinander und verbindet die zwei Aufnahmen, als sei es eine gewesen. Für den Betrachter geht dieses Zusammenstellen sehr schnell und mit wenig Aufwand.

Abbildung 53+54 - obere (links) und untere (rechts) Hälfte des Mondes
(24.02.2021, ab 17:52 Uhr, C11 Edge HD mit EOS 450D)

Abbildung 55+56 - obere (links) und untere (rechts) Hälfte des Vollmondes
(26.02.2021, ab 17:48 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

Abbildung 57 - Mosaik aus zwei Teilbildern (24.02.2021, ab 17:52 Uhr, C11 Edge HD mit EOS 450D)

Abbildung 58 - Mosaik aus zwei Teilbildern des Vollmondes (26.02.2021, ab 17:48 Uhr, StarFire 130mm EDF-S)

Anhang

Danksagung

Da sich nicht nur die Projektarbeit, sondern auch der Kurs zum Ende neigt, ist es an der Zeit Danke zu sagen.
Ein ganz großes Dankeschön geht zuerst an unseren Projektleiter, Herrn Bernd Koch. Natürlich half er uns bei unseren Arbeiten und war immer besorgt und interessiert. Jeder Anfang war schwer und auch als wir unser Thema wechselten, das Teleskop verstellten, oder manche Sachen einfach nicht verstanden, behielt er die Geduld und nahm sich Abend für Abend und viele Nachmittage Zeit, um uns zu unterstützen und die perfekten Aufnahmen zu treffen. Auch die Nutzung seines privaten Equipments war ein tolles Angebot, so konnten wir, trotz Einschränkungen, schöne Ergebnisse erzielen.
Es ist sehr schön zu sehen, dass es Menschen gibt, die ihr ganzes Leben lang ein wunderschönes Hobby haben, welches eines Tages zum Beruf wurde. An die vielen Geschichten und Ratschläge werden wir uns auch in Zukunft sehr gerne erinnern.

Für die gesamte Ausstattung und die Chance an dem Projektkurs teilzunehmen danken wir dem Carl-Fuhlrott-Gymnasium und den Unterstützern des Astrokurses. Dieses Maß an Möglichkeiten in Bezug auf die Astronomie ist sehr selten und eine schöne Abwechslung zu dem normalen Unterricht.

Vielen Dank auch an unsere Mitschüler des Kurses. Leider hatten wir nicht so viele Beobachtungen zusammen und konnten dem entsprechend auch nicht allzu viele Erlebnisse teilen. Dafür waren die gemeinsamen Beobachtungen eine einzigartige Erfahrung und jeder hat bei dem anderen mit angepackt und dort unterstützt, wo es nötig war.

Leider ist die Astronomie für viele noch eine versteckte Wissenschaft und wird häufig als zu schwierig oder kompliziert abgestempelt. Diese Projektarbeit steht dafür, dass man auch mit kleinem Wissen und ohne Erfahrungen, besondere Entdeckungen machen kann. Lange Formeln oder Mathematik ist keine Voraussetzung für eine Beobachtung und man kann tatsächlich mehr aus dem Weltall sehen, als man glaubt.

Ein Rat für jeden Leser ist darum:
„Schaut zu den Sternen und nicht hinab auf Eure Füße. (...) Seid neugierig, und wie schwer auch immer das Leben scheinen mag, so gibt es doch immer etwas, das ihr tun und worin ihr erfolgreich sein könnt. Es kommt darauf an, nicht aufzugeben.“
(Stephen Hawking; †2018) [2]

Literaturverzeichnis

Zitate:
[…] [1]
http://www.zudensternen.de/Astronomie%20Zitate.html

[…] [2]
https://www.globalcitizen.org/de/content/stephen-hawkings-zitate/

[…] [3]
https://de.wikipedia.org/wiki/Apollo-Programm

- *Theoretische Grundlagen*

Steckbrief:
[2] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds

Entstehung des Mondes:
[3] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds

Innerer Aufbau des Mondes:
[4] Institut für Planetenforschung - Seismologie auf dem Mond
https://www.dlr.de/pf/desktopdefault.aspx/tabid-8639/14873_read-37046/
[5] Welt der Physik - Seismologie
https://www.weltderphysik.de/gebiet/erde/erdinneres/seismologie/
[6] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds
[7] Planet-Schule - Wie ist die Erde aufgebaut?
https://www.planet-schule.de/mm/die-erde/Barrierefrei/pages/Wie_ist_die_Erde_aufgebaut.html
[8] Wikipedia - Regolith
https://de.wikipedia.org/wiki/Regolith

Die Libration des Mondes:
[9] Astronomie.de - Die Libration des Mondes
https://www.astronomie.de/das-sonnensystem/der-erdtrabant/basiswissen/die-libration-des-mondes/
[10] Wikipedia - Libration
https://de.wikipedia.org/wiki/Libration

Mondkrater:
[11] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds
[12] Wikipedia - Aitken Becken
https://de.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCdpol-Aitken-Becken
[13] Wikipedia - Milichius
https://de.wikipedia.org/wiki/Milichius_(Mondkrater)

Entstehung der Krater:
[14] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds
[15] Wikipedia - Theophilus
https://de.wikipedia.org/wiki/Theophilus_(Mondkrater)
[16] Sternwarte Passau - Tycho
http://sternwarte-passau.de/?p=762
[17] Wikipedia - Tycho
https://de.wikipedia.org/wiki/Tycho_(Mondkrater)

Gebirge auf dem Mond:
[18] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds
[19] Wikipedia - Liste der Ebenen des Mondes
https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Ebenen_des_Erdmondes
[20] Gerd Waloszek - Mond-Alphabet
http://www.waloszek.de/astro_mond_10_d.php

Mondphasen:
[21] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds

Die Gezeiten:
[22] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds
[23] Wikipedia - Gezeiten
https://de.wikipedia.org/wiki/Gezeiten
[24] NDR - Ebbe und Flut: so entstehen die Gezeiten
https://www.ndr.de/ratgeber/Ebbe-und-Flut-So-entstehen-die-Gezeiten,gezeiten108.html
[25] WDR - Wie entstehen Ebbe und Flut?
https://kinder.wdr.de/tv/das-surfcamp/ueber-das-surfen/wetter-wellen-und-co/surfcamp-ebbeundflut-100.html

Sonnenfinsternis:
[26] Deutschlandfunk - Mythen rund um Sonnenfinsternisse
https://www.deutschlandfunk.de/mythen-rund-um-sonnenfinsternisse-die-sonne-mit-kroeten.732.de.html?dram:article_id=422062
[27] BR Sterngucker - Sonnenfinsternis - ein kosmischer Zufall
https://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/mond/sonnenfinsternis.html
[28] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds
[29] Augsburger Allgemeine - Nächste Sonnenfinsternis in Deutschland
https://www.augsburger-allgemeine.de/panorama/Naechste-Sonnenfinsternis-in-Deutschland-Termin-und-die-Uhrzeit-im-Juni-id59069381.html

Mondfinsternis:
[30] Bernhard Mackowiak - Astronomie
https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/ID148992577.html?ProvID=10907020&gclid=EAIaIQobChMI08fj74uh8AIVUAKLCh06EQi_EAAYASAAEgKoCPD_BwE&gclsrc=aw.ds

- *Historischer Hintergrund*

Galileo Galilei:
[31] GEOlino - Galileo Galilei
https://www.geo.de/geolino/mensch/3485-rtkl-weltveraenderer-galileo-galilei
[32] Süddeutsche Zeitung - Als die Kirche den Menschen das Denken verbieten wollte
https://www.sueddeutsche.de/wissen/prozesse-gegen-galileo-galilei-als-die-kirche-den-menschen-das-denken-verbieten-wollte-1.1888721

Galileis Mondbilder:
[33] Deutschlandfunk - Mond, Monde, Galileo
https://www.deutschlandfunk.de/mond-monde-galileo.732.de.html?dram:article_id=107161
[34] Spiegel Wissenschaft - Galileis erste Mond-Bilder entdeckt
https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/sensationelle-zeichnungen-galileis-erste-mond-bilder-entdeckt-a-474696.html
[35] Wikipedia - Sidereus Nuncius
https://de.wikipedia.org/wiki/Sidereus_Nuncius

Erste Mondfotografie:
[36] Wikipedia - John William Draper
https://de.wikipedia.org/wiki/John_William_Draper
[37] Pixolum - 20 erste Bilder der Geschichte
https://www.pixolum.com/blog/fotografie/20-erste-bilder-in-der-geschichte-der-fotografie
[38] Wikipedia - Daguerreotypie
https://de.wikipedia.org/wiki/Daguerreotypie

Die Apollo Mondlandungen:
[39] Wikipedia - Mondlandungen
https://de.wikipedia.org/wiki/Mondlandung
[40] Wikipedia - Apollo-Programme
https://de.wikipedia.org/wiki/Apollo-Programm

Die Chang'e 5 Mission 2020:
[41] MDR.DE - Start erfolgreich
https://www.mdr.de/wissen/faszination-technik/chinas-mondmission-chiange-fuenf-gesteinsprobe-gestartet100.html
[42] Wikipedia - Chang'e 5
https://de.wikipedia.org/wiki/Chang%E2%80%99e_5

- *Die Teleskope*

Das Pentax 75 SDHF:
[43] Peter Knappert - Pentax 75 SDHF
http://www.black-forest-astrophotography.de/Knappert_Astrofotografie/Equipment/Pentax%2075%20SDHF.html
[44] Manuel Jung - Vergleichstest Pentax 75 SDHF gegen Takahashi FS-60
http://www.sternklar.ch/Berichte-PDF/Pentax_75_SDHF_und_Tak_FS_60_M_Jung_Jun_02.pdf

Das Celestron Edge HD 1100:
[45] Celestron - 11" Edge HD Tubus
https://www.celestron.de/ce_de/astronomie/teleskope-(otas)/edgehd-11-ota.html
[46] Ulrich Dittler - Celestron C11 Edge HD
https://nimax-img.de/Produktdownloads/16402_TestberichtC11.pdf
[47] Astroshop - Celestron Schmidt-Cassegrain Teleskop
https://www.astroshop.de/teleskope/celestron-schmidt-cassegrain-teleskop-sc-279-2800-edgehd-1100-ota/p,16402

Der StarFire 130 mm EDF-S Refraktor:
[48] Baader Planetarium - Astro-Physics […] „Gran Turismo"
https://www.baader-planetarium.com/de/teleskope/astro-physics/astro-physics-130mm-f6.3-starfire-gtx-refraktor.html
[49] Teleskop Guide - Linsenteleskope im Vergleich
https://www.teleskopguide.net/refraktor-teleskop/

- *Beschreibung und Funktionsweise der Fotokameras*

Technische Daten:
[50] Digitalkamera.de - Canon EOS 450D
https://www.digitalkamera.de/Testbericht/Testbericht_Canon_EOS_450D/4839.aspx
[51] Lichter der Welt - 9 Gründe, warum du im RAW-Format fotografieren solltest
https://lichterderwelt.de/9-gruende-warum-du-im-raw-modus-fotografieren-solltest/
[52] Tech Smith - JPG oder PNG; Welches Format sollte ich nutzen
https://www.techsmith.de/blog/jpg-oder-png-vergleich/

Funktionsweise:
[53] Wikipedia - Spiegelreflexkamera
https://de.wikipedia.org/wiki/Spiegelreflexkamera

- *Aufbereitung und Auswertung der Aufnahmen*

Der Mond in Farbe:
[54] Astro.de - Der Mond in Farbe
http://www.astrode.de/mofa1.htm

Bildverzeichnis

Internetquellen:

Abbildung 3 - Darstellung zur Kollisionstheorie
https://www.dlr.de/next/Portaldata/69/Resources/images/2_raumfahrt/2_4_universum/2_4_5_astronomische-fragen/2_4_5_22_mondentstehung/Grafik_1-Mondentstehung-280x175.jpg
Abbildung 5 - Beispielaufnahme eines Seismometers
https://www.dlr.de/pf/PortalData/6/Resources/images/abt_pp/moon_seismogram.png
Abbildung 6 - elliptische Umlaufbahn des Mondes
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a6/Moon_phases_00.jpg/770px-Moon_phases_00.jpg

Abbildung 16 - eine Sonnenfinsternis
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/SolarEclipse20060329tr02.jpg/284px-SolarEclipse20060329tr02.jpg

Abbildung 19 - Galileis Mondbilder
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Galileo%27s_sketches_of_the_moon.png/200px-Galileo%27s_sketches_of_the_moon.png

Abbildung 20 - erste Fotografie des Mondes von J.W. Draper
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/34/John_W_Draper-The_first_Moon_Photograph_1840.jpg/487px-John_W_Draper-The_first_Moon_Photograph_1840.jpg

Abbildung 21 - Screenshot der Apollomissionen
https://de.wikipedia.org/wiki/Apollo-Programm

Abbildung 22 - die ersten Schritte auf dem Mond
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FApollo_11&psig=AOvVaw2km_wCpcdmWT_AKGmqs66T&ust=1620821792406000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJiFguvNwfACFQAAAAAdAAAAABAR

Abbildung 26 - Raketenstart der Apollo 11, 1969
https://www.dlr.de/content/de/bilder/2019/3/apollo-11-start-der-mission.jpg?__blob=normal&v=3__ifc1920w

Abbildung 32 - Die Chang'e 5 Mondsonde
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/Chang-e-5-assembly-CG-1-Cropped.jpg

Abbildung 38 - Canon EOS 450D
https://m.media-amazon.com/images/I/81yHO+YSVYS._AC_UY218_.jpg

Eigene Anfertigungen:

- Abbildung 4 - künstlerische Darstellung zum inneren Aufbau
- Abbildung 15 - künstlerische Darstellung zu den Auswirkungen der Gezeiten
- Abbildung 17 - künstlerische Darstellung zur Entstehung einer Sonnenfinsternis
- Abbildung 18 - künstlerische Darstellung zur Entstehung einer Mondfinsternis
- Abbildung 36 - Funktionsweise eines Spiegelteleskops
- Abbildung 39 - Funktionsweise einer Spiegelreflexkamera

Virtual Moon Atlas:

- Abbildung 9 - Screenshot zum genauen Standort des Kraters Milichius
- Abbildung 13 - Screenshot zu den Montes Apenninus
- Abbildung 23 - Apollo 11
- Abbildung 24 - Apollo 12
- Abbildung 25 - Apollo 14
- Abbildung 28 - Apollo 15
- Abbildung 29 - Apollo 16
- Abbildung 30 - Apollo 17

Abschlusserklärung

Hiermit versichern wir, Giuliana Elisa Redecker und Felix Leon Rauhaus, dass wir die Projektarbeit, der Mond - ein natürlicher Erdsatellit, selbstständig angefertigt haben und keine anderen als die angegeben Quellen und Hilfsmittel benutzt haben. Die direkt übernommenen Zitate und Bilder sind ebenfalls kenntlich gemacht.
Ebenso sind wir damit einverstanden, dass die Projektarbeit für schulische Zwecke für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

_____

Ort, Datum

_____ _____

Giuliana Elisa Redecker

gredecker03@gmail.com

Felix Leon Rauhaus

f.rauhaus@web.de