

Höhenberechnung von Kraterwänden auf dem Mond

von Florian Andritsch und Florian Mikulik

Inhalt:

Vorwort: Eigenständigkeitserklärung	3
I : Die Idee	4
II : Die Bild-Entstehung	
II.I : Bearbeitung mit RegiStax	6
II.II : Zusammenfügen der Bilder	8
III : Der Mond-Daten	9
IV : Kepler, Graz und der Mond	9
V : Grundlagen der Berechnung	9
VI : Details der Berechnung anhand eines Beispiel	12
VII : Ergebnisse	14
VIII : Automatisierung	15
IX : Modellierung	16
IX.I : Schatten am Modell	17
X : Ein farbenfroher Mond	19
XI : Zeitplan	20
XII : Quellenverzeichnis	21

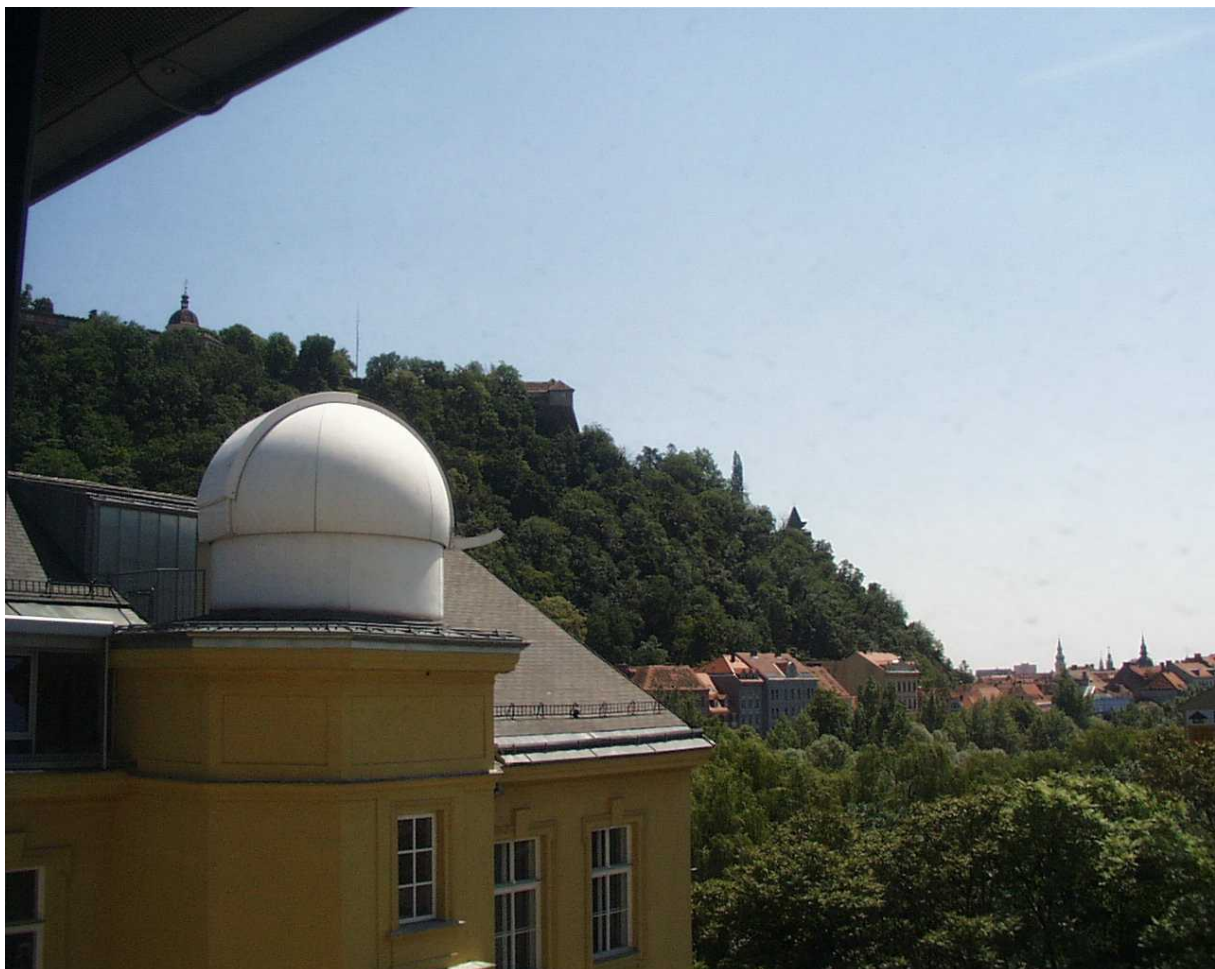
Vorwort: Eigenständigkeitserklärung

Auf folgenden Seiten befassen wir uns mit dem Thema der Höhenberechnung von Mondformationen.

Durch unseren Physik und Astronomie Lehrer Mag. Bernd Lackner kamen wir auf die Idee anhand eines Mondbildes Höhenberechnungen durchzuführen. Er gab uns die Kopie eines alten „Sterne und Weltraum“ – Artikels und stand uns mit seinen Fachkenntnissen zur Seite. Weiters ermöglichte er uns die Mondaufnahmen durch das Schulteleskop.

Wir möchten betonen das wir sowohl die Bearbeitung der Bilder, sowie die Berechnungen und den schriftlichen Teil der Arbeit selbständig durchführten.

Florian Mikulik, Florian Andritsch



I :Idee



Der Mond, das größte Objekt, das man am Nachthimmel beobachten kann, bietet jedem Interessierten eine Reihe von unterschiedlichen Seiten.

Schon im Kleinkindalter beginnend, zieht er jeden mehr oder weniger in seinen Bann. Für Hobbyastronomen ist er zudem das am leichtesten zu beobachtende Gebilde. Aufgrund seiner kleinen Entfernung zur Erde kann man sich bereits mit geringen Mitteln, wie einem Fernglas oder kleinen Teleskop ein beeindruckendes Bild von den Kratern und Gebirgen, so wie den großen Meeren verschaffen.

Er ist zugleich sehr hell, wodurch man auf hohe Vergrößerungen zurückgreifen kann. Außerdem bietet der Mond noch einen

anderen, ganz entscheidenden Vorteil gegenüber vielen weiteren Himmelsobjekten, denn er ist das ganze Jahr über, ausgenommen in Neumondnächten, zu beobachten.

Am besten ist es, nicht bei Vollmond zu betrachten, da hier keine Schatten auftreten, weil die Sonne nahezu im rechten Winkel auf die Oberfläche scheint. Die schönsten Beobachtungen kann man an der Licht-Schattengrenze, dem Terminator, machen, da hier die Schatten, die von den Formationen geworfen werden am eindrucksvollsten sind und der Mond hier am plastischsten erscheint.

Behindernd wirken sich allerdings Luftunruhen aus, da das Bild durch diese merklich an Schärfe verliert, was die sehbaren Details stark verringert. Weniger störend bei Mondbeobachtungen ist die Lichtverschmutzung in Städten und deren Umgebung, da der Trabant selbst sehr lichtstark ist.

Eine Tatsache, die den Mond von all den anderen Objekten des Weltraums unterscheidet, ist, dass er das einzige ist, der bisher von Menschen betreten wurde.

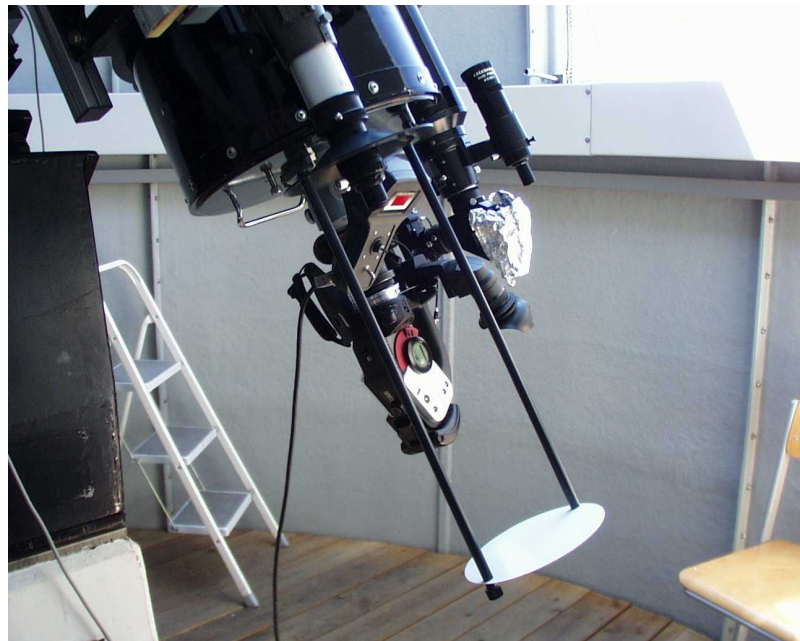
Der erste Besucher auf dem Mond war 1959 die sowjetische Raumsonde Luna2. Die erste Landung von Menschen fand am 20. Juli 1969, die letzte im Dezember 1972 statt. Es konnten bisher ausschließlich Bodenproben vom Mond zur Erde gebracht werden. Im Sommer 1994 wurde er sehr umfangreich durch das kleine Raumfahrzeug Clementine und dann noch einmal 1999 von Lunar Prospector kartographiert.

[Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Mond>]

Der Mond hat abgesehen von der Sonne die größten Auswirkungen auf unseren Planeten. Der Mond verursacht durch seine Gravitation auf der Erde Gezeitenwirkungen. Ebbe und Flut in den Meeren und im Erdmantel bremsen die

Erdrotation und verlängern dadurch gegenwärtig die Tage um etwa 20 Mikrosekunden pro Jahr weiters stabilisiert er durch seinen Anteil am Gesamtsystem des Erde-Mond-Systems auch die Drehachse der Erde, deren Lage ohne diesen Einfluss nicht über viele 100 Millionen Jahre konstant hätte bleiben können. Wäre die Erdachse nicht über diese langen Zeiträume stabil geblieben, hätte dies gravierende Konsequenzen für die Evolution und das Leben auf der Erde gehabt. Weiters kann man sehr leicht Fotos von seiner Oberfläche anfertigen, auf denen man sehr schön das plastische Landschaftsbild mit all den Kratern und Gebirgen sieht. Sehr interessant zu beobachten sind auch die Phasen des Mondes, welche bereits mit freiem Auge zu sehen sind. Der Mond benötigt von der Erde aus gesehen 29,53 Tage für seinen Zyklus von einem Neumond bis zum nächsten.

Stehen einem aber ein besseres Teleskop, und eine Vorrichtung zur Photographie durch dieses zur Verfügung, gelingen sehr detaillierte Aufnahmen, auf denen man Details, wie kleine Rillen oder riesige Gebirgsketten perfekt abbilden kann. Noch genauer werden Bilder, wenn sie aus vielen Einzelbildern erstellt werden. Filmt man also einen Teil des Mondes, zerlegt dieses Video dann in seine Einzelframes, und legt diese übereinander, kann man Störungen durch etwaige atmosphärische Unruhen sehr gering halten.



Die Kamera auf unserem Schulteleskop

Etwas schwieriger ist es aber, die Höhe der Vertiefungen und Erhebungen des Mondes zu berechnen.

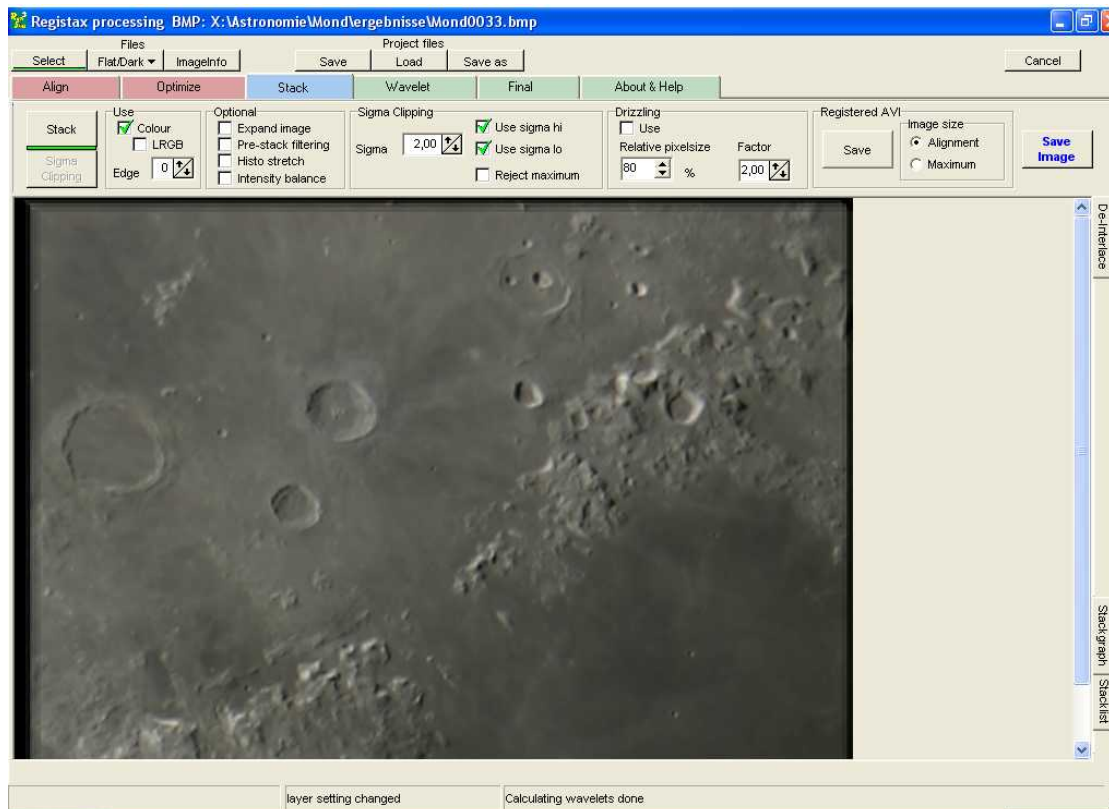
Dazu benötigt man eine möglichst scharfe Aufnahme der Formation, die Koordinaten dieser, allerlei Daten über die genaue Position der Sonne zum Mond, und noch viele weitere Zahlen, worauf wir später noch eingehen werden. Doch genau das definierten wir als unser Ziel.

Es erschien uns als viel sinnvoller, schöne Bilder der Mondoberfläche nicht nur zum bloßen Anschauen zu verwenden, sondern einen Schritt weiter zu gehen, und dem Gebilde auf der Oberfläche eine scheinbare Dreidimensionalität zu verleihen. Im Rahmen des Freifachs Astronomie an unserer Schule, mit Unterstützung von Mag. Bernd Lackner, einem sehr engagierten Professor an unserer Schule, der auch das Freifach Astronomie leitet, begannen wir, erste Berechnungsversuche durchzuführen. Zuerst scheiterten wir auf Grund der zahlreichen Fachbegriffe und sahen ein, dass wir uns zuerst etwas besser informieren sollten. Es gelang uns schließlich ein richtiges Ergebnis für den Krater „Theophilus“ zu errechnen.

Da aber reine Zahlen nie ein so anschauliches Bild liefern, wie etwas wirklich Räumliches, entschlossen wir uns, aus Modelliermasse einen der Krater zu formen, um das Verhältnis zwischen der Höhe der seiner Wand und dem Durchmesser dieses darstellen zu können, und weiters Licht-Schatten Simulationen mit einer punktförmigen Lichtquelle am Modell durchzuführen.

II.I: RegiStax

Das Programm RegiStax sortiert zunächst die Bilder mithilfe eines Qualitätsfilters nach ihrer Qualität, und legt sie anschließend, nach optimieren jedes Bildes, übereinander, um das Bildrauschen der Digitalfotos mithilfe von speziellen Algorithmen zu unterdrücken.

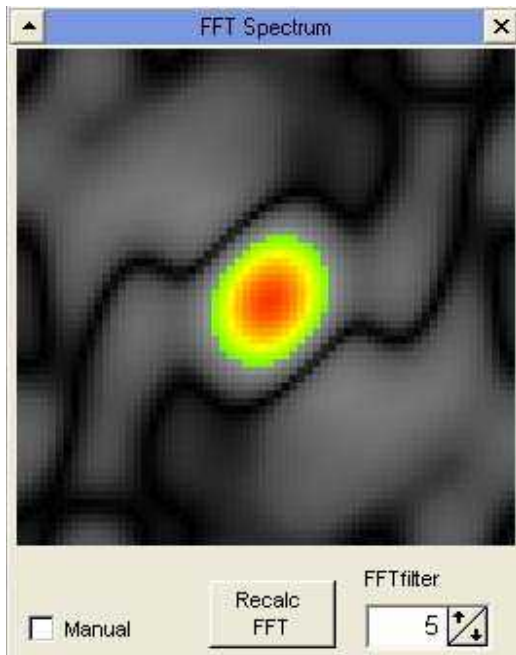


In unserem Fall wurde das Mondbild aus 91 einzelnen Teilbildern zusammengesetzt. Um ein möglichst scharfes Ergebnis zu erhalten, wurden diese 91 Teile des Trabanten über ca. 8-10 Sekunden gefilmt, und diese Filme wurden in jeweils ca. 300 Einzelbilder geteilt.

Doch was macht man mit rund 300 Bildern von ein und derselben Stelle?

Zu entscheiden welches das beste ist, fällt schwer, also musste das Programm „RegiStax“ eingesetzt werden, um diese vielen Bilder zu einem informationsreicheren „Durchschnittsbild“ übereinander zu legen.

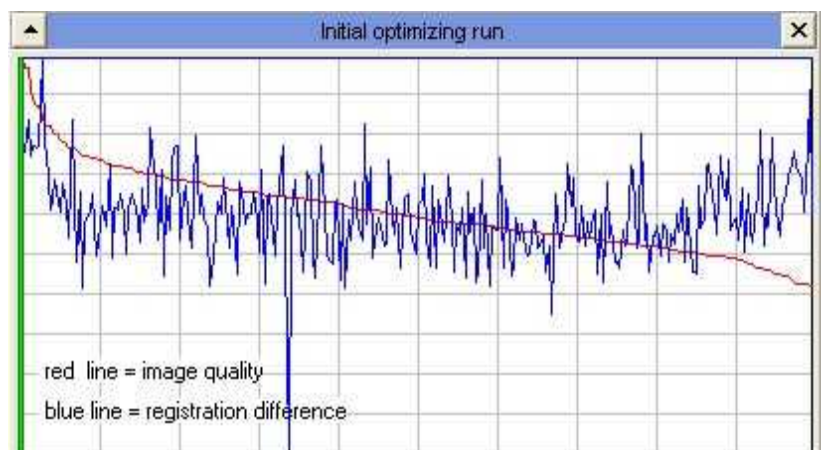
Um ein durchgehend einheitliches Gesamtbild des Mondes zu erhalten, wurden für jedes der 91 Einzelbilder genau dieselben Arbeitsvorgänge verwendet.



Zuerst wurden die Bitmapsequenzen geöffnet, anschließend eine möglichst kontrastreiche Formation ausgewählt, wobei die Auswahlfelder „Color“ und „LRGB“, sowie „FFT“ und „Graph“ aktiviert waren. Die „Processing-Area“ wurde mit 1024 Pixel dimensioniert und die „Alignmentbox“ hatte eine Größe von 64 Pixel. Die „Lowest Quality“ wurde auf 50% gesetzt, anschließend auf „Align“ geklickt. Dann drückten wir auf den „Limit“ Button.

Um ein möglichst perfektes resultierendes Bild erhalten zu können, erzeugten wir ein „Reference Frame“, wobei wir jedes Mal 50 Bilder berücksichtigten. Dann klickten wir auf das Feld „Continue“, und stellten danach die „Search Area“ auf 4 Pixel.

Nun waren wir soweit, um den Arbeitsschritt „Optimize“ einzuleiten. Dieser nahm etwas Zeit in Anspruch, doch war das Bild nun fast fertig gestellt. Danach wählten wir in der oberen Menüleiste die Kategorie „Stack“. An den Feineinstellungen nahmen wir an dieser Stelle keine Veränderungen vor, sondern klickten mit der Maus nur mehr auf das „Stack“-Feld.



Dies war der letzte Vorgang, den es abzuwarten galt, bevor wir das Ergebnis erhielten. Wir wechselten in die Menüauswahl „Wavelet“ und konnten hier das fertige Bild betrachten. Um noch den letzten Rest der Details herauszulocken, verstellten wir die Schieberegler der ersten beiden Filter, wobei der 1:1 auf 4,0 und der 1:2-Filter auf 2,0 eingestellt wurde.

Nun war das Bild soweit fertig und wurde nur mehr mit dem Feld „Save Image“ gespeichert.

Sobald wir alle 91 Bilder auf diese Weise bearbeitet hatten, stellte sich uns die Frage, wie wir daraus nun ein Gesamtbild des Mondes anfertigen sollten. Manuell aneinanderlegen kam nicht in Frage, also hielten wir Ausschau nach einer Software, die das besser kann. Wir stießen auf das Programm „iMerge“, welches in der Lage ist, Bilder genau zusammenzufügen.

So bildete sich das fertige Bild unseres stetigen Begleiters.

II.II: Zusammenfügen der Bilder

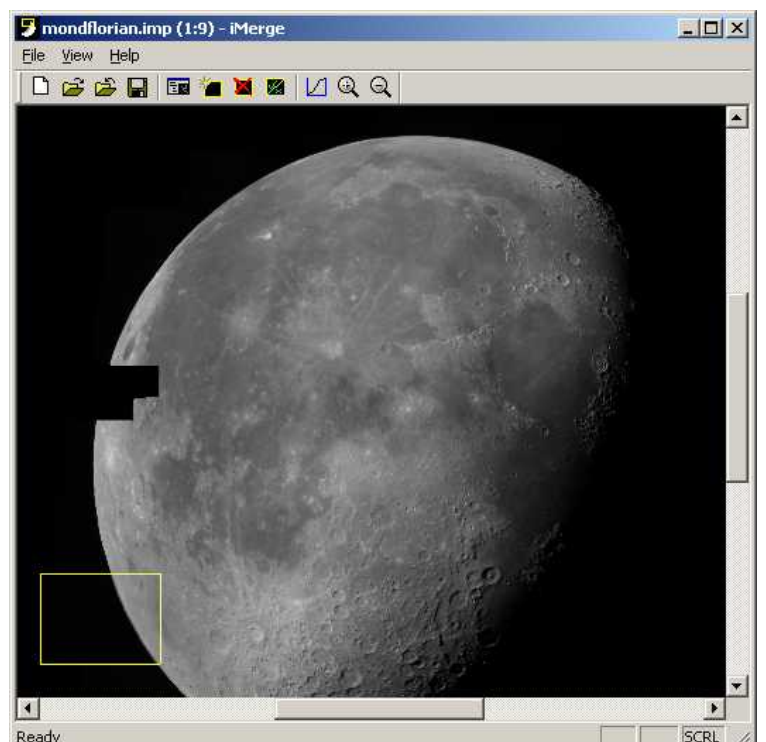
Die einzelnen Bilder haben wir nun mit iMerge, einem kostenlosen Programm aus dem Internet, zusammengefügt. Hierbei handelt es sich um ein, in der astronomischen Bildbearbeitung häufig genutzten Programm, zur Erstellung von Mosaiken.

Dieses eher einfache Programm bietet einige nützliche Zusätze. Es kann die verschiedenen Bilder nur mit einem Klick übereinander legen. Dabei wird die Helligkeit der Bilder gleich mitkorrigiert. Um die Bilder übereinander zu legen wird ein erstes Bild in das Programm importiert. Wenn dies geschehen platziert man dieses Bild an einer geeigneten Stelle im „Canvas“. Das Canvas ist der Bereich im Programm in welches die Bilder importiert und anschließend zusammengesetzt werden.

Als nächstes wird ein zweites Bild in den Canvas importiert. Dieses Bild muss das erste Bild teilweise überlappen. Nachdem man die zwei Bilder per Drag & Drop ungefähr übereinander gelegt hat, wird mittels einem Rechtsklick auf eine kontrastreiche Stelle des Bildes diese Stelle auf dem Bild darunter gesucht und die Bilder werden anhand dieser Stelle übereinander gelegt. Beim vierten Versuch gelang es uns dann, das Bild ohne Fehler zusammenzufügen.

Da die Bilder aus RegiStax einen ungenauen Bildrand haben kann man diesen mit der Funktion „Feathering“ wegschneiden. Unter dem Menüpunkt View->Settings werden dazu „Feather margin“ und „Feather trim“ eingestellt.

Bei unserem Bild beträgt „Feather margin“ 170, und Feather trim 13.



Weiters gibt es die Einstellungen Autobrighten und Monochrome.

Ist Autobrighten aktiviert werden die Bilder die man übereinander legt automatisch in ihrer Helligkeit korrigiert. In unserem Fall ist Autobrighten deaktiviert, weil die Helligkeit der Bilder von vorn herein bereits korrekt ist.

Ist Monochrome aktiviert wird das Bild im Farbmodus „Graustufen“ gespeichert. Bei unserem Bild ist diese Einstellung mehr oder weniger egal, weil der Mond sowieso nur grau ist. Das Bild wurde nur im Farbmodus gespeichert, um in weiterer Folge die Farben des Bildes zu verstärken und so einen „farbigen“ Mond erhalten.

III. Der Mond-Daten

Die Daten über den Mond wurden dem Programm „GUIDE 8.0“ entnommen.

Der Mond am 4. September 2004 um 03:00 Uhr MEZ:

Mond mag -11.0

Rektaszension: 02h44m34.503s

Deklination: +16 27' 22.66"

Entfernung vom Heimatplaneten: 0.00260163 AE (389,198 km)

Heliozentrische Position: Länge 43.98795 Breite 0.95059

Abstand von Sonne: 1.00962 AE

73.65% beleuchtet

Phasenwinkel: 61.77 Grad

Elongation von der Sonne 118.10 Grad (Morgenhimmel)

30.69 Bogenminuten Winkeldurchmesser

Positionswinkel des Nordpols: 344.12 Grad

Libration in Breite: -0.79 Grads

Libration in Länge: 5.19 Grads

Gesamte Libration: 5.2 Grad, am Positionswinkel 261

Selenographische Position der Sonne: -56.55 1.21

Selenographische Colongitude der Sonne: 146.55

Radius: 1738 km (27% der Erde)

Masse: $7,3483 \cdot 10^{22}$ Kilogramm (1/81,3 der Erde)

Mittlere Dichte: 3,94 g/ccm

Rotationsdauer: 27,321 Tage

Bahngeschwindigkeit: 1,0 km/s

Entweichgeschwindigkeit: 2,37 km/s

Anziehungskraft an der Oberfläche: 16% der Erde

IV : Kepler, Graz und der Mond

Johannes Kepler in Graz:

Kepler, der ursprünglich protestantischer Geistlicher werden wollte, nahm jedoch im Alter von 23 Jahren auf Grund seiner mathematischen Begabung 1594 einen Lehrauftrag für Mathematik an der Universität Graz an.

Dort begann Kepler mit der Ausarbeitung einer kosmologischen Theorie, die sich auf das kopernikanische Weltbild stützte, die 1596 als *Mysterium Cosmographicum* veröffentlicht wurde. Im April 1597 heiratete er Barbara Mühleck, eine Müllerstochter, die allerdings 1611 starb. Im Dezember 1599 schrieb Tycho Brahe an Kepler und lud ihn ein, ihm in Prag zu assistieren. Durch die Gegenreformation wurde Kepler gezwungen, Graz zu verlassen und traf 1600 mit Tycho zusammen.

Heutzutage erinnern noch eine Straße, zwei Schulen und eine Brücke an Johannes Keplers Zeit in Graz.

Johannes Kepler und sein „Traum“ vom Mond:

Kepler war Anhänger des Kopernikanischen Weltbildes, entwickelte es aber weiter. Um die Menschen davon überzeugen zu können, dass nicht sich die Erde im Zentrum unseres Sonnensystems befindet, schrieb er an dem Buch "Somnium" (Der Traum). Das Buch entstand in einem Zeitraum von 40 Jahren, und wurde erst nach Keplers Tod von seinem Sohn Ludwig veröffentlicht.

Er beschäftigt sich im Buch damit, wie Vorgänge am Firmament vom Mond aus aussehen. Da er den Inhalt in Form einer Traumgeschichte gestaltete, gibt es auch keine Konflikte mit wissenschaftlichen Gegebenheiten, wie die Existenz von Mondbewohnern. Aus der Sicht eines raumreisenden Geistes, erklärt er fiktive astronomische Beobachtungen vom Mond aus.

Konkret beschäftigt er sich mit den uns bekannten Finsternissen, der Zeiteinteilung und scheinbaren Bewegung der Erde gegenüber dem Fixsternhimmel.

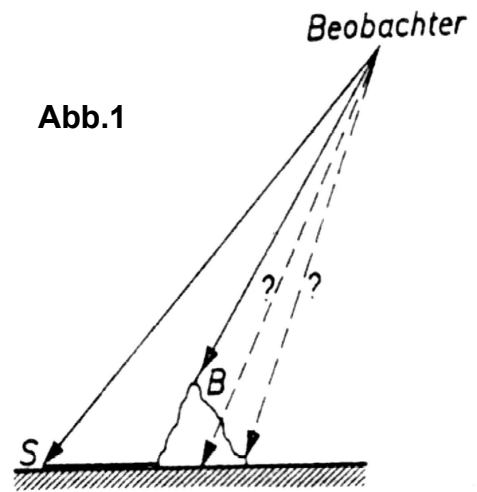
Er zeigte plausibel, dass sowie wir die Rotation der Erde und ihre Bewegung um die Sonne nicht spüren, aber den Mond seine Bahn ziehen sehen, könne ein lunarer Beobachter glauben, der Mond stehe still im Raum, und die Erde würde sich drehen.

Nach seinem Tod wurde zu seinen Ehren ein Mondkrater mit seinem Namen versehen.

V : Grundlagen der Berechnung

Eine Direkte Höhenmessung von Formationen am Mond ist nur in wenigen Ausnahmefällen möglich, nämlich, wenn sich die Formation genau am Mondrand befindet. In allen anderen Fällen muss man die Höhe indirekt gemessen werden, und zwar über die Länge des Schattens den diese Formation wirft.

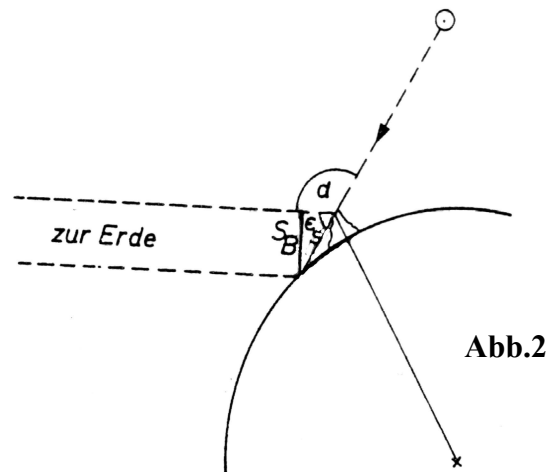
Am Anfang muss man die Länge des Schattens bestimmen. Für die Berechnung der Höhe benötigen wir die Schattenlänge von der Spitze der Formation bis zur Schattenspitze. Diese Entfernung ist aber nicht direkt messbar (Abb.1).



Um die wahre Schattenlänge aus der Beobachteten zu berechnen benötigt man den Winkel ϵ . (Abb.2)
Dann gilt:

$$S_B : S = \sin \epsilon$$

ϵ ist aber gleich $180 - \alpha$, und dieses α entspricht wiederum dem Winkel in einem Dreieck Sonne-Mond-Erde. Weil der Mond so klein ist kann man ihn mit dem Winkel am Mondmittelpunkt desselben Dreiecks (Abb.3) gleichsetzen.



Es gilt:

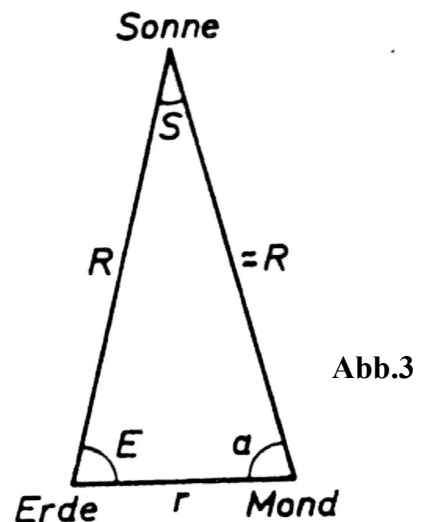
$$\alpha = 180 - E - S$$

(E und S sind die Winkel im Dreieck Erde-Mond-Sonne)

Jedoch ist diese Gleichung für uns irrelevant, da wir die Elongation E, den Phasenwinkel α aus den Daten des Mondes entnehmen können. (Siehe III)

Die entgültige Formel zur Berechnung der Schattenlänge lautet:

$$\frac{S_B}{r_{Mond}} \cdot \sin(E)$$



Um Daraus die Höhe der Formation zu berechnen benötigt man noch den Winkel γ im Mondmittelpunkt, welcher die Schattenlänge auf der Mondoberfläche einschließt und den Zenitwinkel Z_O .

Der Zenitwinkel Z_O beschreibt jenen Winkel, den eine gedachte Achse vom Mondmittelpunkt durch die Spitze der Formation mit dem einfallenden Licht einschließt.

Der Winkel γ wird über den Sinussatz mit der Formel:

$$\sin \gamma = \frac{S}{r_{Mond}} \cdot \sin(Z_O)$$

berechnet.

Für den Zenitwinkel Z_O fanden wir die Gleichung:

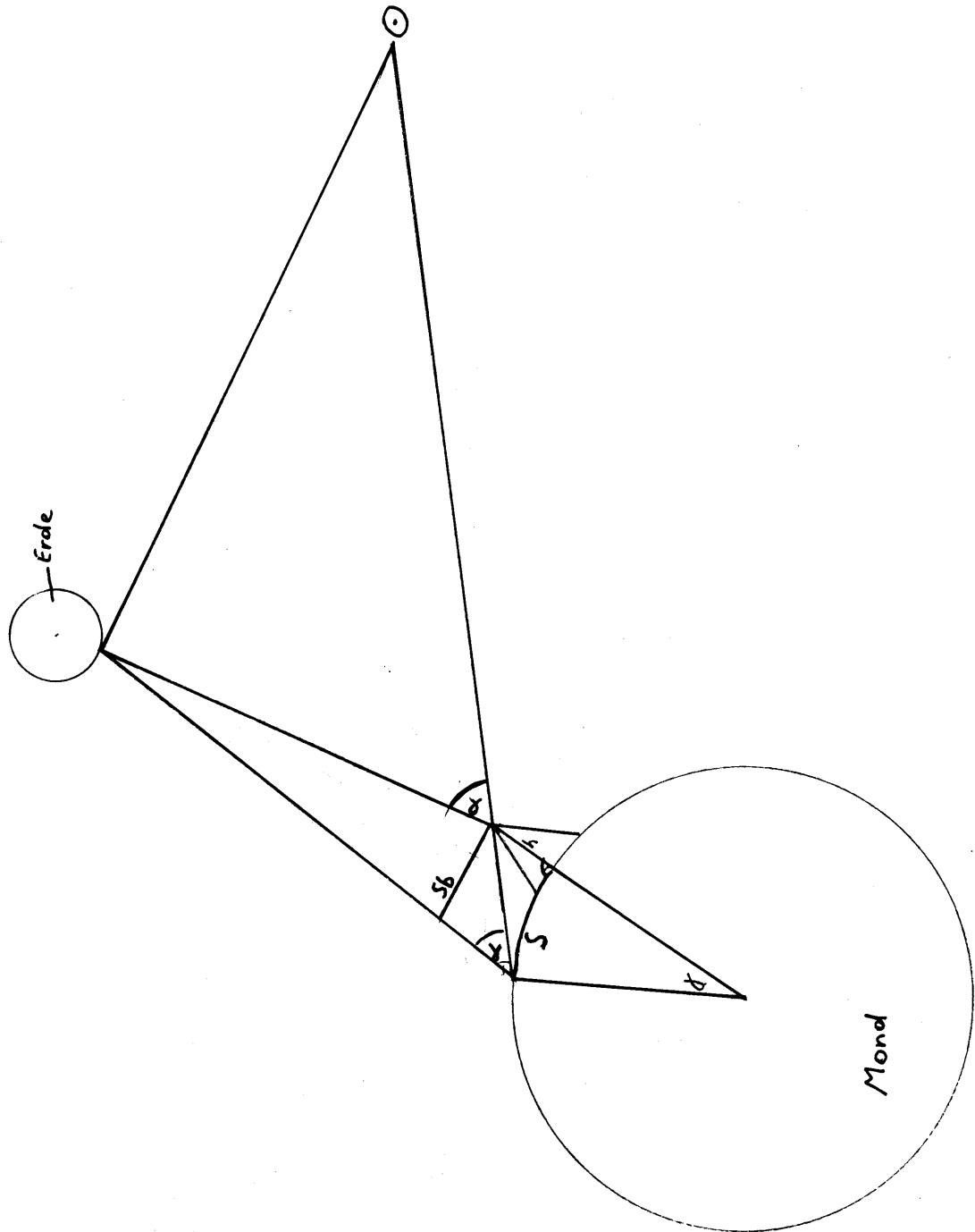
$$\cos(Z_O) = \sin(b_F) \cdot \sin(b_O) + \cos(b_F) \cdot \cos(b_O) \cdot \sin(C_O + l_F)$$

in die die selenographische Länge l_F und Breite b_F der Formation und die Colongitude der Sonne C_O und ihre Deklination b_O einfließen.

Mit diesen Werten kann man dann die Höhe der Formation mit der Formel:

$$H = \left(\frac{\sin(Z_O + \gamma)}{\sin(Z_O)} - 1 \right) \cdot r_{Mond}$$

berechnen.



Skizze des Dreiecks Erde-Mond-Sonne

VI : Details der Berechnung anhand eines Beispiels

Der Krater Theophilus.



Zu Beginn wird die Länge des Schattens in Pixel bestimmt. Um dies zu erreichen haben wir das Bild in den Photoshop geladen und die Schattenlänge über den Satz des Pythagoras berechnet. Nun muss noch die Länge eines Pixels in Meter berechnet werden. Dazu haben wir den wirklichen Monddurchmesser durch die den gemessenen Monddurchmesser auf dem Bild (4097px) dividiert. Dadurch wissen wir dass ein Pixel auf dem Bild 811 Meter in der Wirklichkeit sind.

Jetzt haben wir in die Formel $S = S_B / \sin \varepsilon$ eingesetzt

Die wahre Schattenlänge S ist gleich der Beobachteten Schattenlänge S_B durch den Sinus des Phasenwinkels ε .

Oder:

$$S = S_B / e * \sin E$$

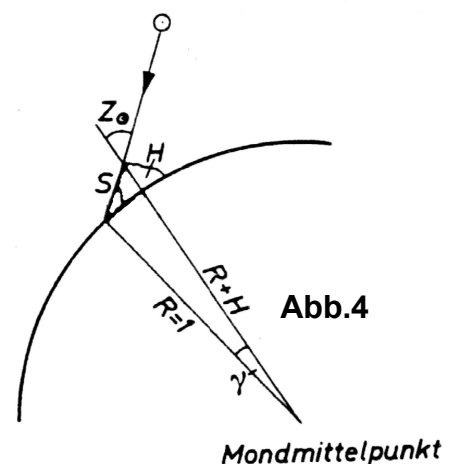
Die wahre Schattenlänge S ist gleich der Beobachteten Schattenlänge durch den Scheinbaren Mondradius e (1737 km) mal den Sinus von der Elongation E .

Die Beobachtete Schattenlänge beträgt 28,4 km.

Daraus Folgt:

$$S = 284 / 1737 * \sin 118,1 = 32 \text{ km}$$

Nun haben wir die wahre Schattenlänge. Jetzt wird die Zenitdistanz zur Sonne berechnet. Um diesen Winkel Z_O zu Berechnen benötigten wir zwei sehr schwierig zu findende Größen: den Abstand der Formation zum Beleuchtungsäquator und zum Terminator. Wir kennen aber die selenographische Länge l_F und Breite b_F , und deshalb sind diese Daten nicht erforderlich. l_F (25) und b_F (11) sind aus dem Mondatlas von A.Rükl, erschienen im Dausien Verlag, entnommen worden. Nun brauchen wir noch die Colognitude C_O (146,55) und ihre Delklination b_O (1,21).



Dann wird in die Formel eingesetzt:

$$\cos(Z_O) = \sin(b_F) \cdot \sin(b_O) + \cos(b_F) \cdot \cos(b_O) \cdot \sin(C_O + l_F)$$

$$Z_0 = \cos^{-1}(\sin(11) * \sin(1,21) + \cos(11) * \cos(1,21) * \sin(146,55 + 25))$$

$$Z_0 = 81,5^\circ$$

Wir haben jetzt den Winkel Z_0 . Jetzt fehlt uns nur noch der Winkel γ (Abb.4). Diesen Winkel können wir aber über den Sinussatz berechnen.

$$\sin \gamma : S = \sin Z_0 : 1 \text{ (Mondradius)}$$

Also

$$\sin \gamma = S * \sin Z_0$$

Wobei S in Mondradien angegeben sein muss:

$$\gamma = \sin^{-1}(0,019 * \sin 81,5)$$

$$\gamma \approx 1^\circ$$

Jetzt können wir in die Formel für die Höhe H einsetzen, welche aus der Formel γ für hergeleitet ist.

$$H = \left(\frac{\sin(Z_0 + \gamma)}{\sin(Z_0)} - 1 \right) \cdot r_{Mond}$$

$$H = ((\sin(81,5 + 1)/\sin 81,5)-1) * 1738$$

$$H = 4,43 \text{ km}$$

Nun haben wir die Höhe H der Formation. Diese Werte können stark von den Werten aus dem Mondatlas variieren, weil es sehr schwierig ist, die genaue Schattenlänge in Pixel zu messen, da man nicht genau erkennen kann, wo der Schatten wirklich beginnt und wo er endet. In unserem Fall aber stimmten die errechneten Werte sehr exakt mit denen aus dem Mondatlas überein.

Nichts desto Trotz sind die Ergebnisse erstaunlich genau, wenn man bedenkt, dass das der Mond knapp 380000 km von der Erde entfernt ist und die Formation im Vergleich dazu winzig klein ist.

VII : Ergebnisse

Theophilus

Der Theophilus ist nach dem Heiligen Theophilus benannt, welcher 385 Bischof in Alexandrien war.

Höhe vom Kraterboden: 4,483 km
Längengrad: 25 E
Breitengrad: 11 S
Beobachtete Schattenlänge: 28,413 km

Zentralgebirge des Theophilus

Höhe: 1,95 km
Längengrad: 26,4 E
Breitengrad: 11,4 S
Beobachtete Schattenlänge: 14,4 km

Plinius

Nach Gaius Plinius Secundus, Verfasser der Enzyklopädie „Naturalis Historia“

Höhe vom Kraterboden: 2,7 km
Längengrad: 23,7 E
Breitengrad: 15,4 S
Beobachtete Schattenlänge: 14,9 km

Kant

Benannt nach Immanuel Kant, Deutscher Philosoph, Autor der Nebularhypothese von der Entstehung des Sonnensystems.

Höhe vom Kraterboden: 2,03 km
Längengrad: 20,5 E
Breitengrad: 10,5 S
Beobachtete Schattenlänge: 8,1 km

Catharina

HI. Catharina von Alexandrien, Schutzpatronin der Christlichen Philosophen.

Höhe vom Kraterboden: 3 km
Längengrad: 23 E
Breitengrad: 17 S
Beobachtete Schattenlänge: 14,9 km

Eudoxus

Benannt nach Eudoxus 400-347 v.Chr, Schüler Platons. Er war ein berühmter griechischer Astronom. Erdachte das Spärensistem.

Höhe vom Kraterboden: 2,6 km
Längengrad: 15 E
Breitengrad: 45 S
Beobachtete Schattenlänge: 14,9 km

Aristoteles

Aristoteles, griechischer Philosoph und Polyhistor. Seine Lehre beeinflusste Europa auf Jahrhunderte hinaus.

Höhe vom Kraterboden: 3,2 km
Längengrad: 15 E
Breitengrad: 51 S
Beobachtete Schattenlänge: 13,4 km

Fracastorius

Girolamo Fracastoro war im 13 Jh. Italienischer Arzt, Astronom und Dichter.

Höhe vom Kraterboden: 1,7 km
Längengrad: 31 E
Breitengrad: 21 S
Beobachtete Schattenlänge: 46,4 km

VIII: Automatisierung

Um nicht bei jedem Krater die Rechenoperationen in den Taschenrechner eintippen zu müssen haben wir uns entschieden, eine Excel-Tabelle zu erstellen, in die wir schnell und oft neue Zahlen eintragen können, um verschiedene Formationen berechnen zu können. Dies beanspruchte aber äußerst viel Zeit, weil in Excel lange Formeln schnell unübersichtlich werden können und es dann sehr schwierig ist, eventuelle Fehler zu finden und auszubessern. Erschwerend kam noch hinzu, dass Excel den Sinus eines Winkels nicht direkt berechnen kann sondern der Winkel zuerst in den Radiant umgewandelt werden musste. Später sind wir dann dahinter gekommen, dass es in Excel eine Funktion zum Umwandeln von Winkel in Bogenmaß gibt, und zwar $\text{BOGENMASS}(\alpha)$.

Diese Erkenntnis erleichterte uns die Erstellung der Tabelle erheblich.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Höhenberechnung am Mond			
Elongation:	118,1 °	Schattenlänge:	16,8909945 km
Beobachtete Schattenlänge:(in km)	14,9 km		
Breitengrad der Formation am Mond:	15,4 °		
Längengrad der Formation am Mond:	23,7 °	Zenitwinkel:	80,2795958 °
Colongitude:	146,55		
b0	1,21		
		Gamma:	0,5488511 °
		Höhe:in km	2,772 km

The formula bar at the top shows the formula for cell F10: $=\text{ARCCOS}(\text{SIN}(\text{BOGENMASS}(C9)) * \text{SIN}(\text{BOGENMASS}(C12)) + \text{COS}(\text{BOGENMASS}(C9)) * \text{COS}(\text{BOGENMASS}(C12)) * \text{SIN}(\text{BOGENMASS}(C11) + \text{BOGENMASS}(C10))) * 180 / \text{PI}()$

IX: Modellierung

Modellieren eines Mondkraters

Nachdem wir nun richtige Werte für die Höhe der Kraterwände erhielten, wollten wir uns ein Maßstabsgetreues, dreidimensionales Abbild der Formation erzeugen.

Mithilfe einer handelsüblichen Modelliermasse formten wir zuerst einen kreisförmigen Block, und ritzten mit einem Holzstäbchen die Umriss des „Theophilus“ in den Block.

Der wirkliche Krater hat einen Durchmesser von ca. 100km, das Modell 15cm. So müsste die Höhe von ~4km, im Modell ~0,6 cm.

Nun entfernten wir aus der Mitte die überflüssige Masse und bildeten die Kraterwände.

Zuletzt musste noch das Zentralgebirge geformt und platziert werden. Um eine originalgetreue Färbung zu erhalten bemalten wir den Krater mit Wasserfarbe.



Der fertige Krater von einer punktförmigen Lichtquelle bestrahlt um die reale Situation am Mond zu simulieren.

IX.1 : Schatten am Modell

Um eine möglichst reales Modell zu erhalten haben wir das Modell mit einer punktförmigen Lichtquelle bestrahlt um verschiedene Sonnenstellungen zu simulieren. Als Lichtquelle verwendeten wir eine Kohleelektroden Lampe, die einen ziemlich genauen punktförmigen Lichtbogen erzeugt und dieser den Schatten so scharf wie möglich machte.

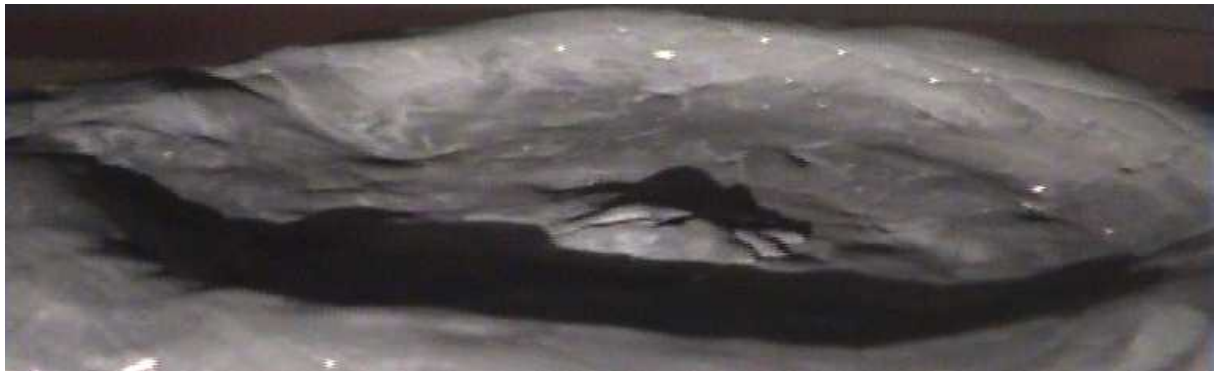


Dieses Modell ermöglicht uns auch andere Schattenphasen am Mond zu simulieren. Um dies zu erreichen haben wir das Modell auf ein höhenverstellbares Stativ gestellt, um den Krater stufenlos in andere Positionen bringen zu können.

Besonders beeindruckend ist der Moment in dem fast der ganze Krater im Schatten liegt und nur die Spitze des Zentralgebirges im Licht ist.



Außerdem haben wir das Modell aus einer Position fotografiert, aus der man den Krater sehen würde, wenn man in einer Raumsonde in geringer Höhe über dem Mondboden fliegen würde.



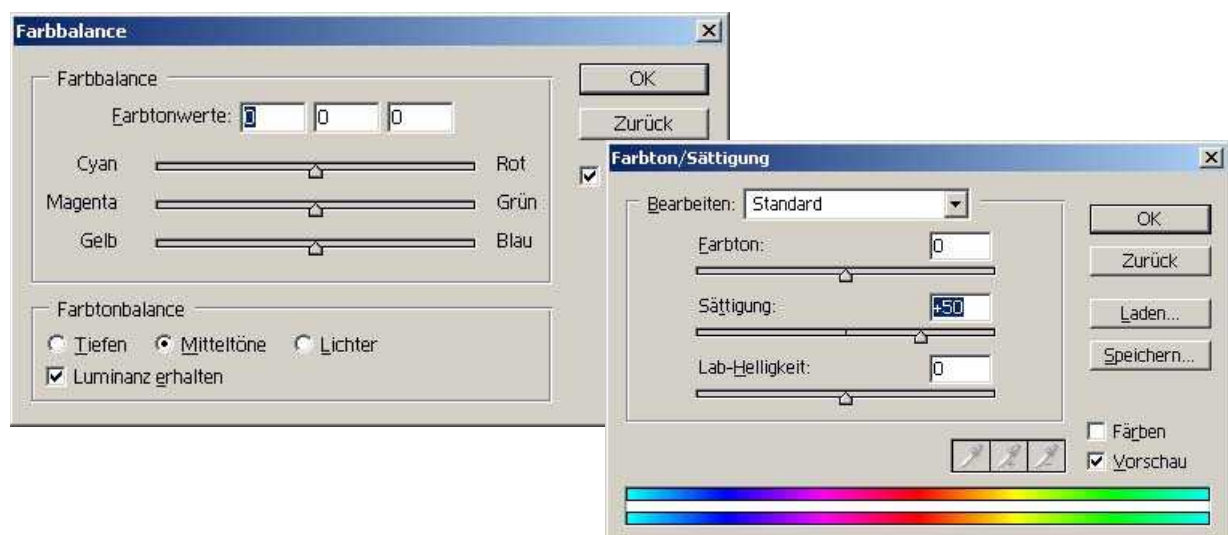
X: Ein farbenfroher Mond

Wenn man ein Bild von der Oberfläche des Mondes anfertigt, so haben verschiedene Gebiete auf dem Trabanten nicht ausschließlich Schwarz weiß Werte, sondern auch Farben. Von Blau über Grün und Gelb bis hin zu Rot kann man beinahe alle Farben vorfinden. Das Problem ist allerdings, dass unser Auge nicht empfindlich genug ist, diese Farbinformation wiederzugeben.

Doch kann man diese „unsichtbaren“ Informationen ausnutzen, und verschiedene Gesteinsarten unterschiedlich darzustellen, da diese jeweils andere Farbwerte besitzen.

Mithilfe das Adobe Photoshop gelang es uns, dem sonst eher tristen Mond Farbe zu verleihen, und ihm so ein Erscheinungsbild zu geben, das sich deutlich von den gewöhnlichen Abbildungen des Erdtrabanten abheben.

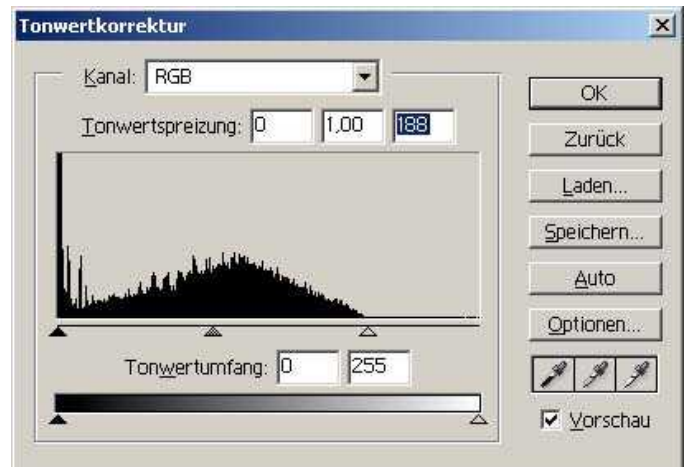
Um nun aber tatsächlich mehr Farbe in das Bild des Mondes zu bekommen, muss man die Farbsättigung erhöhen, sowie leichte Korrekturen an der Farbbalance vornehmen.



Da das Bild aber durch solche Schritte an Schärfe verliert ist es notwendig das Original noch einmal darüber zu legen. So vereinigt man die Kontrastwerte des Originalbilds mit den Farbwerten des bearbeiteten Bildes und erhält einen außergewöhnlich farbenfrohen Mond, der zudem einen guten Überblick der verschiedenen Bodengesteine des Mondes und seinen Formationen.

Im Detail gingen wir wie folgt vor:

Zuerst spreizten wir das Tonwert-Histogramm manuell, um den überflüssigen Bereich, der keinerlei Farbinformationen hergibt "auszublenden".



Anschließend erhöhten wir die Farbsättigung des Mondes zwei Mal um je +50%.

Nun war schon deutlich eine Färbung der Oberfläche zu sehen, da aber ein sehr starker Gelbton die anderen Farben etwas verschluckte veränderten wir die Farbbalance um +25% in Richtung Blau.

Nun wurde abermals die Farbsättigung um +50% erhöht. Danach waren die Farben stark genug, und es musste nur mehr an der Balance gefeilt werden um ein möglichst perfektes Farbbild zu erhalten.

Dazu veränderten wir im Menü Farbbalance den Gelb – Blau -Balken um +50 Richtung Blau, danach +70 Richtung Blau und zuletzt noch +30 zu Gunsten der Rottöne.

Zur Erklärung der Farbwerte sei gesagt, dass blaue Gebiete sehr Titanhaltig sind, wohingegen orange und violette Farben auf Gesteine deuten, die relativ arm Titan und Eisen sind.

XI: Zeitplan

15.12.2005 – 10.01.2006

Einlesen in das Thema
Bildbearbeitung
erste Berechnungen

10.01.2006 – 15.02.2006

Überarbeiten der Berechnungen
Fertigstellung des Gesamtbildes
Erstellung des Farbigen Mondes
Schriftliche Arbeit

15.02.2006 – 26.02.2006:

Vorübergehender Stopp der Arbeit wegen Krankheit

26.02.2006 – 20.03.2006:

Fertigstellung der schriftlichen Arbeit
Modellierung und Schattenexperimente am Modell

XII: Quellen

Daten des Mondes: Programm GUIDE 8.0

Anleitung für die Berechnungen: Sterne und Weltraum 1968/10 J. W. Ekrutt

Ein farbenfroher Mond: www.panther-observatory.com

Farberklärung: <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ao060216.html>

<http://de.wikipedia.org>

Mondatlas A. Rühl