

## Unser Mond

von Dr. Markus Mugrauer

Nach der erfolgreichen Artemis-2-Mission, bei der seit mehr als einem halben Jahrhundert wieder Menschen zum Mond geflogen sind, soll in diesem Artikel unser Begleiter im All etwas genauer vorgestellt werden. Die für die aktuelle Mondmission wichtige Navigationstechnologie wurde übrigens in Deutschland, genauer in Thüringen in der Stadt Jena, entwickelt. Der ASTRO-APS-Sternsensor leitet die Orionraumkapsel mit den Astronauten an Bord sicher zum Mond und wieder zur Erde zurück. Bereits 2022 bei der ersten, damals noch unbemannten Artemis-1-Mission kam ein solcher Sensor zur Weltraumnavigation erfolgreich zum Einsatz. Das Ziel der Artemis-Mission ist nicht nur, Menschen wieder kurzzeitig auf die Mondoberfläche zu bringen, sondern auch die permanente Besiedelung des Erdtrabanten. Zudem soll der Mond in Zukunft als Startpunkt einer Marsmission dienen.

Unser Mond besitzt nur etwa ein 81-tels der Erdmasse und sein Radius entspricht nur ca. 27 % des Radius unseres Planeten. Im Mittel steht der Mond etwa 384000 km von der Erde entfernt und umrundet diese einmal in ca. 27.3 Tagen, also etwa in einem Monat, die Zeitspanne, die auch nach dem Mond benannt ist. In dieser Zeit rotiert der Erdtrabant auch um seine Rotationsachse und weist so im zeitlichen Mittel unserem Planeten immer die gleiche Seite zu. Durch die leichte Exzentrizität seiner Umlaufbahn ( $e = 0.06$ ) und ihre Neigung zur Ekliptik von etwa  $5^\circ$  schlingert der Mond von der Erde aus betrachtet aber etwas umher, ein Effekt, den man Libration nennt. So kann von der Erde aus über einen längeren Zeitraum hinweg insgesamt 59 % der Mondoberfläche beobachtet werden.

Der Mond beeinflusst zum einen durch die Gezeiten, zum anderen aber auch durch die unterschiedlichen Phasen, in denen er am Himmel erscheint, stark das Leben auf der Erde. Ebbe und Flut wiederholen sich täglich etwa alle 12.5 Stunden und der Wechsel zwischen hellen und dunklen Nächten folgt dem Umlauf des Mondes um die Erde. Durch die gravitative Wechselwirkung zwischen Erde und Mond werden zudem die Ausrichtungen der Rotationsachsen beider Körper stabilisiert. Die Orientierung der Erdrotationsachse zur Sonne beeinflusst signifikant das Erdklima und ist daher für die Entwicklung von Leben auf der Erde und dessen Evolution von entscheidender Bedeutung.

Die mittlere Dichte des Mondes beträgt nur ca.  $3.3 \text{ g/cm}^3$  und ist damit deutlich geringer als die mittlere Dichte unseres Planeten ( $5.5 \text{ g/cm}^3$ ). Diese Diskrepanz deutet darauf hin, dass dem Mond im Gegensatz zur Erde ein massiver Eisenkern in seinem Inneren fehlt. Bodenproben, die von Mondmissionen zur Erde zurückgebracht wurden, zeigen, dass die isotopische Zusammensetzung der Materie der Mondoberfläche nahezu identisch ist mit der des Erdmantels. Zudem entspricht die mittlere Dichte des Mondes auch der des Erdmantels. Der Mond scheint also ein Stück Erdmantel zu sein, das heute unseren Planeten in einem Abstand von etwa 60 Erdradien umkreist. Die faszinierenden Eigenschaften des Mondes lassen sich mit seiner Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte erklären, die im Folgenden genauer beschrieben werden soll.

Entstanden ist der Mond vor etwa 4500 Millionen Jahren durch die Kollision der jungen Erde mit einem etwa marsgroßen Protoplaneten, der als Theia bezeichnet wird. Bei diesem heftigen Einschlag wurden Trümmer von Theia und des Erdmantels ins All geschleudert, die sich auf einer Umlaufbahn in einem Erdabstand von etwa 25000 km zu unserem Mond vereinten. Der

ursprüngliche Mondabstand war also ca. 15-mal näher als heute und lag nur knapp außerhalb der so genannten Roche-Grenze, dem Abstand, bei dem der neu entstandene Erdbegleiter durch die Gezeitenkräfte unseres Planeten wieder zerrissen worden wäre. Durch seine geringe Distanz zur Erde erschien der Mond zu dieser Zeit auch 15-mal größer am Himmel als heute und verursachte durch seine Schwerkraft gewaltige Flutberge auf der jungen Erde, die mehrere hundert Meter hoch waren. Nicht nur die Ozeane, sondern auch die Erdkruste selbst wurde durch die Schwerkraft des Mondes stark verformt. Es gab regelrechte Krustenwellen, die sich mit den Wasserbergen bewegten. Die Erde rotierte anfangs viel schneller als heute und brauchte nur maximal ca. 6 Stunden für eine Rotation um ihre Achse. Dadurch rasten die extremen Flutberge mit hoher Geschwindigkeit über die Planetenoberfläche. Die Gezeitenreibung führte zu einer starken Aufheizung der Erdkruste und verursachte vermutlich einen extremen Vulkanismus auf der noch jungen Erde. Zudem wurde die Rotationsgeschwindigkeit unseres Planeten durch die rotierenden Gezeitenberge stark abgebremst.

Neben dem Verlust an Rotationsenergie und der Umwandlung in Wärme wurde auch Drehimpuls umverteilt. Dies führte dazu, dass sich der Mond langsam von der Erde entfernte und die Erdrotation langsamer wurde, wodurch sich die Gezeiten im Laufe von Jahrtausenden abschwächten. Auch die Mondrotation glich sich der Rotationsperiode des Erd-Mond-Systems an. Da im Mond viel weniger Drehimpuls gespeichert ist als in der Erde, erreichte der Mond bereits nach nur einigen dutzenden Millionen Jahren nach seiner Entstehung eine gebundene Rotation. Dabei rotiert der Mond um seine Achse in der gleichen Zeit, wie er sich um die Erde herum bewegt. Dadurch rotieren die Gezeitenberge nicht mehr relativ zur Mondoberfläche und der Mond weist der Erde im zeitlichen Mittel immer die gleiche Seite zu.

Die Gezeitenwechselwirkung zwischen Mond und Erde findet auch heute noch, wenn auch nur in deutlich abgeschwächter Form, statt. Die Rotationsperiode unseres Planeten verlängert sich dadurch um etwa 2 Millisekunden pro Jahrhundert und der Mond entfernt sich knapp 4 cm pro Jahr von der Erde. Dies hat zur Folge, dass in etwa 800 Millionen Jahren keine totalen Sonnenfinsternisse mehr von der Erde aus beobachtbar sein werden, da der Kernschatten des Mondes zu dieser Zeit dann nicht mehr bis zur Erdoberfläche reicht.

Die gebundene Rotation des Mondes hat einen deutlichen Einfluss auf seine geologische Entwicklung und erklärt insbesondere die ungleiche Verteilung der Mondmaria, die ca. 17 % der Mondoberfläche bedecken. Diese dunklen Basaltebenen machen etwa 30 % der erdzugewandten, aber nur 3 % der von der Erde abgewandten Seite des Mondes aus. Der Begriff „Maria“, lateinisch für „Meere“, wurde zu Beginn der Mondforschung geprägt, als man diese dunklen Flächen auf der Mondoberfläche tatsächlich für Meere hielt. Die Maria sind so groß, dass sie selbst von der Erde aus noch mit bloßem Auge leicht erkannt werden können und so das Mondgesicht formen.

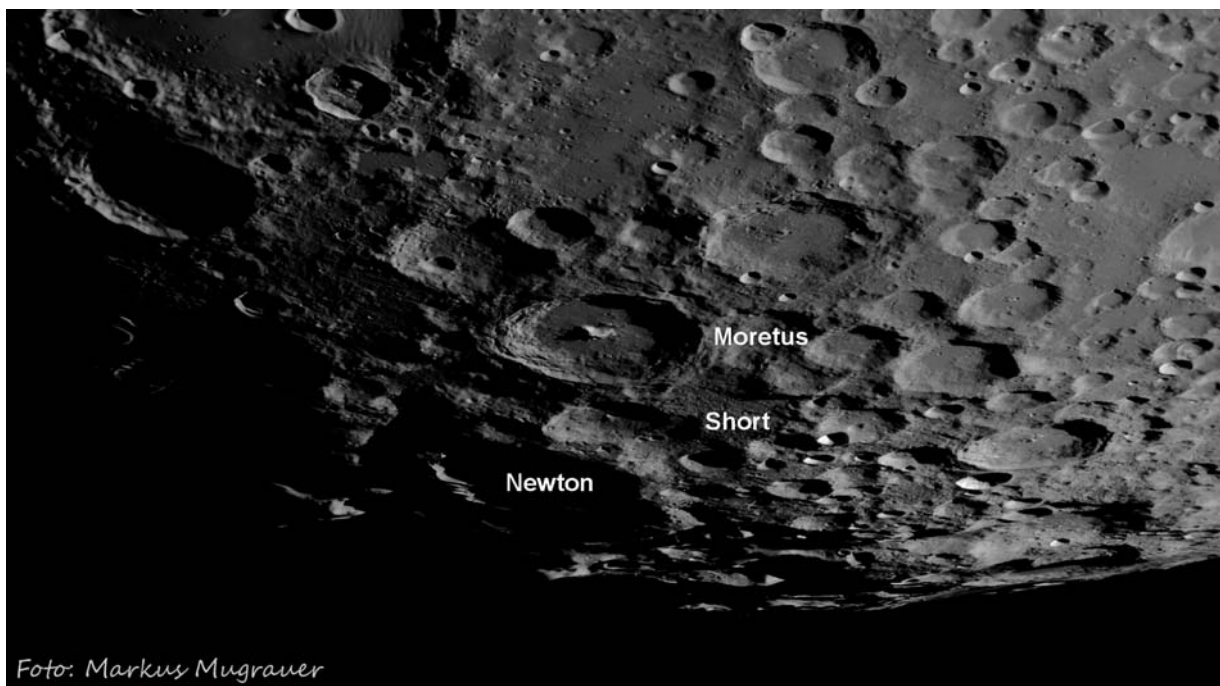


**Abbildung 1:** Der zunehmend zu etwa 78 % beleuchtete Mond. Deutlich sind die dunklen Mondmaria wie auch die Krater Kopernikus und Tycho mit ihren prominenten Strahlensystemen auf der Mondoberfläche zu erkennen.

Die Maria sind auch der Grund für die geringe Albedo des Mondes, die nur etwa 12 % beträgt. Damit reflektiert der Mond das Sonnenlicht so gut wie dunkler Asphalt. Er ist also im Vergleich zur Erde ein extrem leuchtschwacher Himmelskörper. Die der Erde zugewandte Mondseite konnte durch ihre Nähe zur damals noch glühend heißen Erde deutlich langsamer abkühlen als die erdabgewandte Mondseite. Daher blieb die Kruste auf der erdabgewandten Seite dünner als auf der erdzugewandten Seite. Nach großen Meteoriteneinschlägen konnte so auf der erdzugewandten Seite des Mondes dunkles basaltisches Magma aus dem Mondinneren die Einschlagsbecken fluten, wodurch die Mondmaria entstanden. Auf der von der Erde abgewandten Seite des Mondes dagegen war die Kruste bereits so massiv, dass selbst ein so gewaltiger

Einschlag, wie der, der das Aitken-Becken am Mondspol formte, kaum zu vulkanischer Aktivität führte, die große Maria hätte bilden können.

Die Mondmaria entstanden während der Phase des späten schweren Bombardements im Sonnensystem in der nektarischen (3920–3850 Millionen Jahre vor unserer Zeit) und frühimbrischen Lunarepoche (3850–3800 Millionen Jahre vor unserer Zeit). Zu dieser Zeit traf eine sehr hohe Anzahl von Asteroiden und Kometen die jungen Planeten, einschließlich des Mondes. In der nektarischen Epoche ereignete sich auf dem Mond der Einschlag, der das Becken des Mare Nectaris erzeugte. Auswurfmaterial aus dem Nectaris-Becken bildete den oberen Teil des dicht mit Kratern übersäten südlichen Hochlandes des Mondes. In der späteren frühimbrischen Lunarepoche folgten dann die Einschläge, die das gewaltige Becken des Mare Imbrium wie auch der meisten anderen Mondmaria formten.



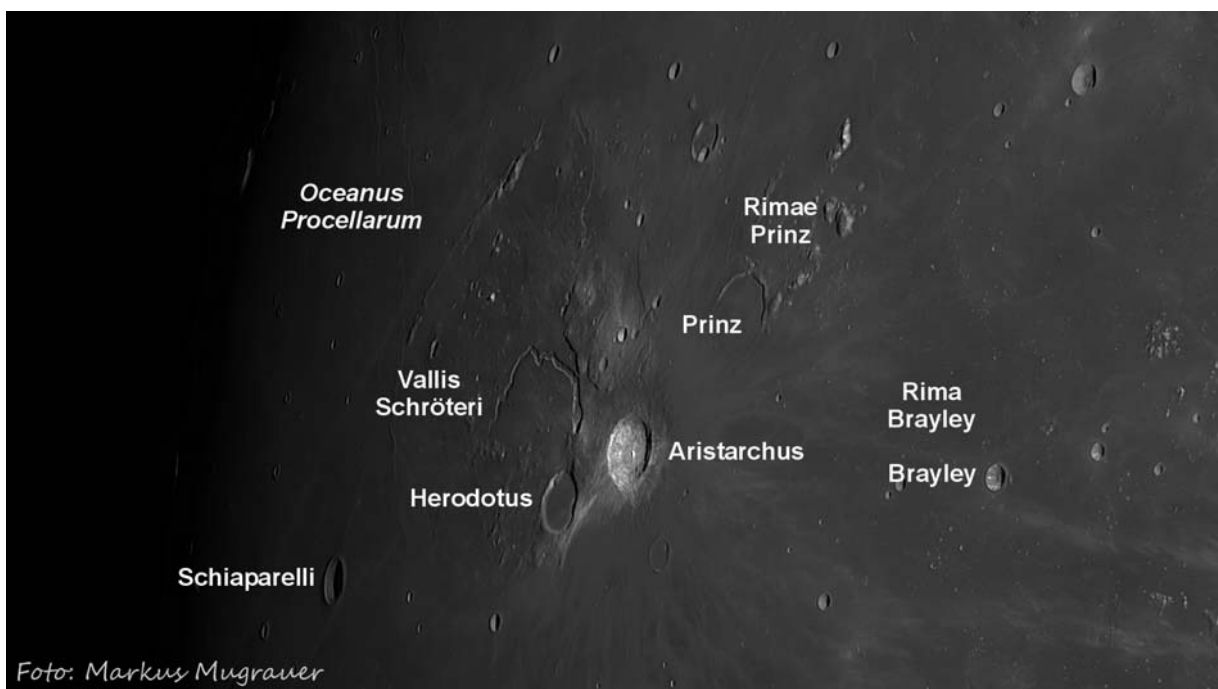
*Foto: Markus Mugrauer*

**Abbildung 2:** Das südliche Hochland des Mondes mit dem großen Krater Moretus, der einen Durchmesser von 120 km besitzt. In der Aufnahme ist auch der beleuchtete Rand des Kraters Newton zu erkennen, der mit über 6 km der tiefste Krater auf der erdzuwendten Seite des Mondes ist. Teile des Bodens dieses Kraters liegen in ewiger Dunkelheit. Dasselbe gilt für weitere Krater in der südlichen Polarregion des Mondes, die in dieser Aufnahme ganz unten zu erkennen sind. Nur die Ränder, also die höchsten Erhebungen dieser Krater, liegen im Sonnenlicht, während in tieferliegenden Regionen dieser Krater die Sonne nie aufgeht. Diese Orte sind Kältefallen, in denen sich Wassereis aus Kometen und Asteroideneinschlägen über Jahrmilliarden ablagern konnte. Dieses Eis wird in Zukunft eine wichtige Rolle für die Mondraumfahrt spielen, da man daraus Trinkwasser, Sauerstoff zum Atmen und Wasserstoff als Raketentreibstoff gewinnen kann.

Ausgelöst wurde dieses starke Bombardement aus Kleinkörpern durch die Migration der Eisriesen Uranus und Neptun im Sonnensystem nach außen, was zur Zerstreung des Kuiper-Gürtels führte, der heute nur noch ca. 1 % seiner ursprünglichen Masse besitzt. Dieser Gürtel aus Zwergplaneten und unzähligen Kleinkörpern wurde erst viel später entdeckt als der Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter. Bereits 1800 wurde mit Ceres der erste Körper und einzige Zwergplanet im Asteroidengürtel aufgespürt. Erst 130 Jahre später wurde dann mit dem Zwergplaneten Pluto das erste Objekt im Kuipergürtel gefunden. 2005 wurde dann schließlich

mit Eris ein weiterer vergleichbar großer Körper wie Pluto im Kuipergürtel identifiziert. Heute schätzt man die Masse des Kuipergürtels auf etwa 1 bis 2 % der Erdmasse, was ca. dem 30-fachen der Masse des Asteroidengürtels zwischen Mars und Jupiter entspricht. Der Kuipergürtel ist also der wahre Asteroidengürtel des Sonnensystems, der unseren Stern jenseits der Neptunbahn umgibt.

Nach Ende des schweren Bombardements in der spätimbrischen Lunarepoche (3800–3150 Millionen Jahre vor unserer Zeit) flutete dann über hunderte von Millionen Jahren hinweg der Mondvulkanismus die Einschlagbecken und tieferen Einschlagkrater auf der Mondoberfläche mit basaltischer Magma. Der Großteil der für die geologische Untersuchung zur Erde zurückgebrachten Mondproben stammt übrigens aus dieser Epoche.



**Abbildung 3:** Diese Aufnahme zeigt einen Teil des größten aller Mondmare, dem Oceanus Procellarum. Etwas unterhalb der Bildmitte ist der Krater Aristarchus (Durchmesser etwa 40 km, Tiefe ca. 3 km) zusammen mit dem Vallis Schröteri zu erkennen. Dieses etwa 185 km lange und ca. 10 km breite Mondtal ist bei Vulkanausbrüchen entstanden. Daneben ist noch der vulkanisch überflutete, aus der frühimbrischen Epoche stammende Krater Prinz zu erkennen, der einen Durchmesser von ca. 46 km, aber nur eine Tiefe von etwa 1 km besitzt.

Auf die spätimbrische folgte dann die eratosthenische Lunarepoche (3150–1000 Millionen Jahre vor unserer Zeit), die nach dem Krater Eratosthenes benannt ist. In dieser langen Zeitspanne kam der Mondvulkanismus dann weitestgehend zum Erliegen. Krater aus dieser Epoche besitzen Oberflächen, die kaum noch durch später erfolgte Einschläge verändert wurden. Zudem besitzen diese Krater keine Strahlensysteme, wie diese bei jüngeren Kratern aus der kopernikanischen Lunarepoche (1000 Millionen Jahre bis heute) zu beobachten sind.

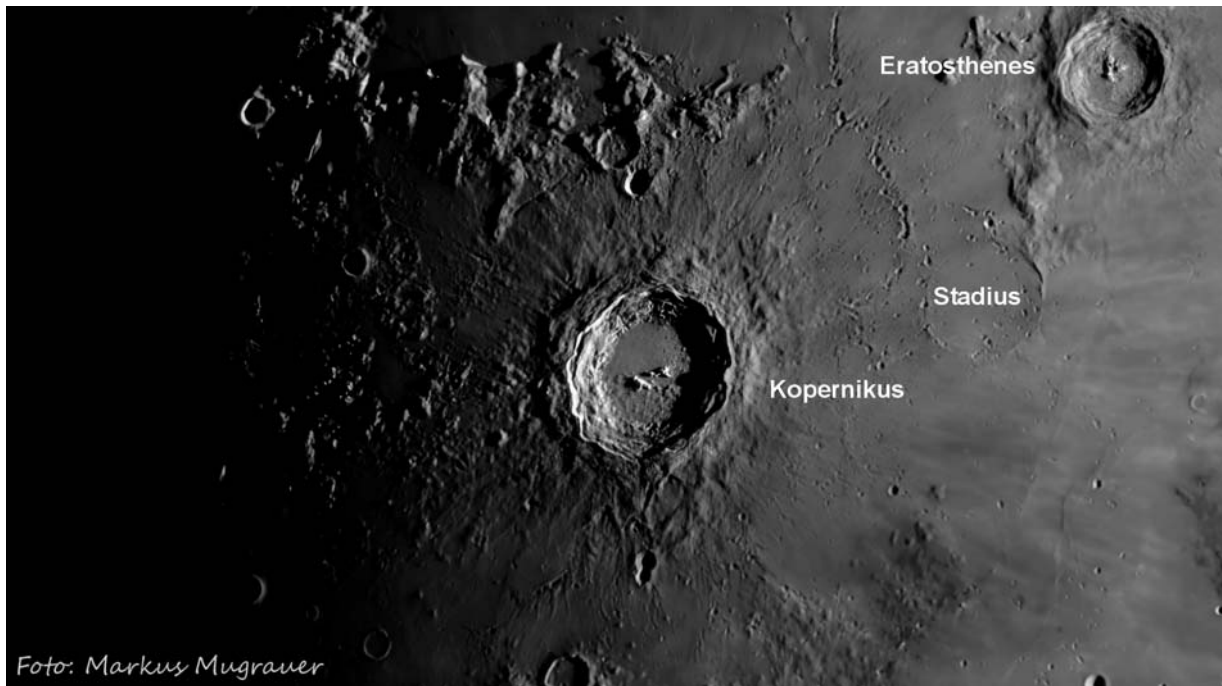


Abbildung 4: Der Strahlenkrater Kopernikus und der Krater Eratosthenes mit ihren Zentralbergen. Zwischen den beiden Kratern liegt noch der während der spätimbrischen Lunarepoche fast vollständig mit Magma überflutete Krater Stadius, von dem nur noch der wenige hundert Meter hohe lückenhafte Rand zu erkennen ist. Nördlich von diesem Geisterkrater sind in der Aufnahme einige kettenförmig aufgereichte Sekundärkrater von Kopernikus zu erkennen.

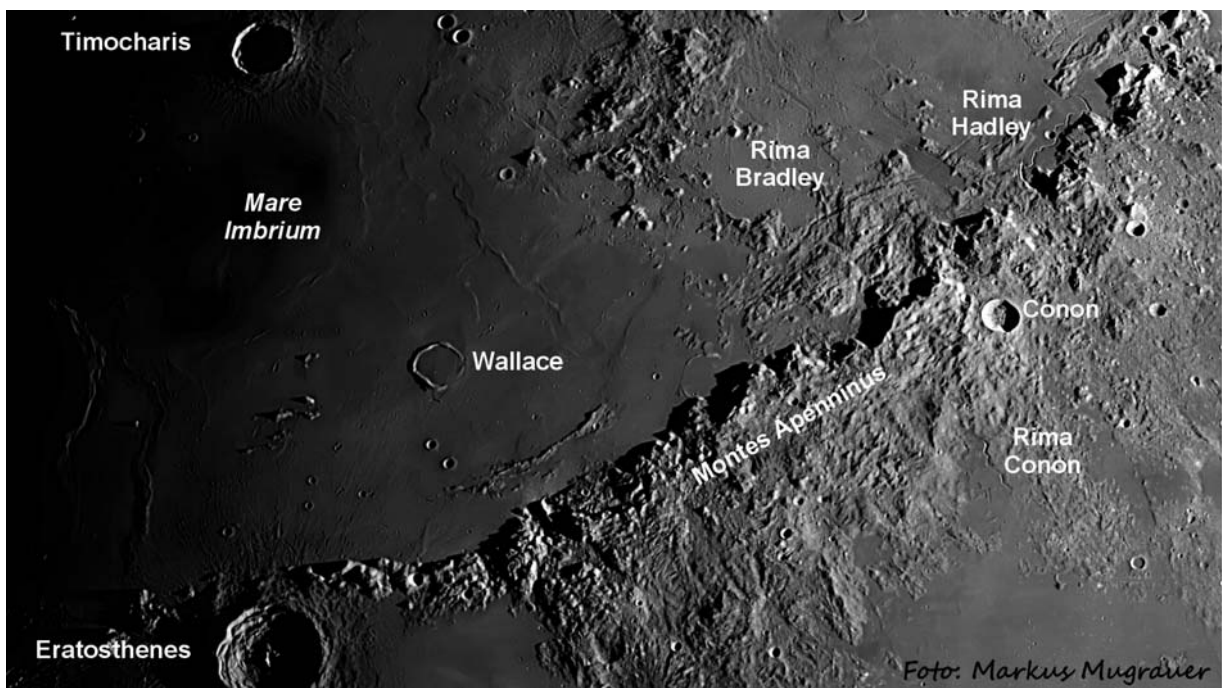
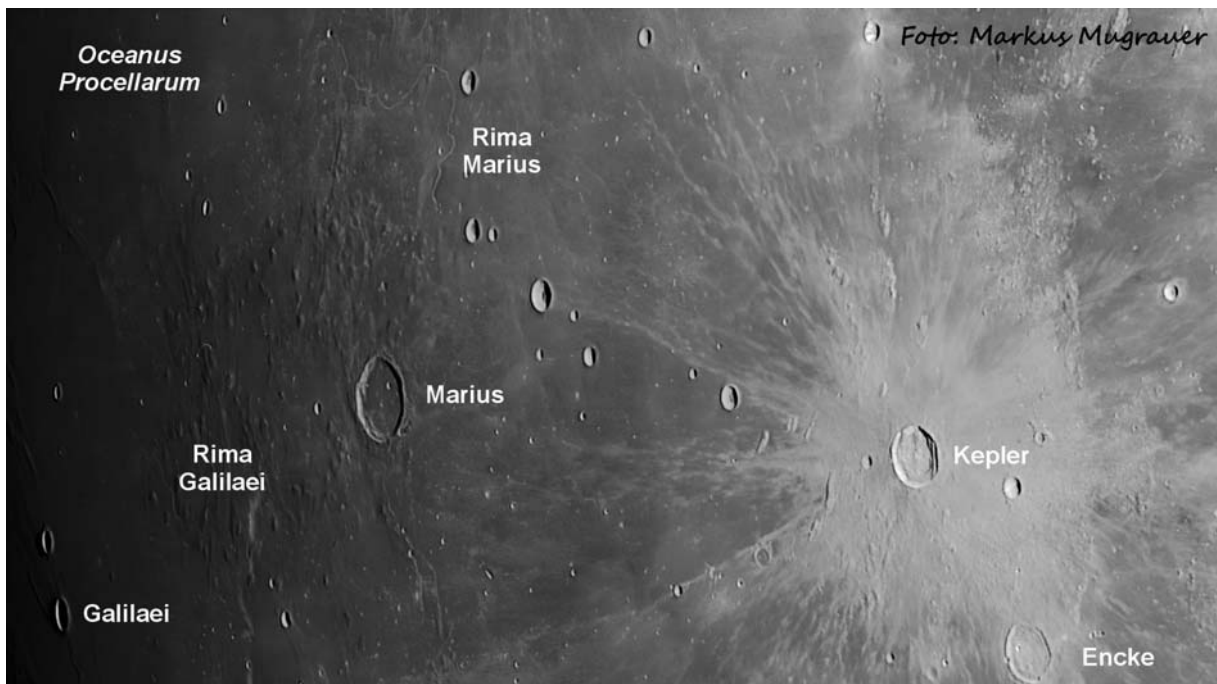


Abbildung 5: Das Mare Imbrium mit dem Krater Eratosthenes und dem Montes Apenninus. Dieses Gebirge ist ein Überbleibsel des einstigen Kraterwalles um das Becken des Mare Imbrium. Es ist etwa 600 km lang und erhebt sich über 5 km über das Mare Imbrium. In der Aufnahme sind noch die Rima Bradley und die Rima Hadley zu erkennen. Diese Mondrille ist über 100 km lang, aber nur maximal 2 km breit und 300 m tief.

Der Beginn dieser jüngsten Lunarepoche wird durch Einschlagskrater definiert, die helle, weit ausgedehnte Strahlensysteme aufweisen. Frisches, bei Einschlägen freigelegtes Material auf der Mondoberfläche weist nämlich zunächst eine höhere Albedo auf und wird erst im Laufe der Zeit durch Weltraumverwitterung langsam dunkler. Daher sind die Strahlenkrater die jüngsten großen Impakte auf der Mondoberfläche. Der Krater Kopernikus ist ein prominentes Beispiel für einen Strahlenkrater, entstand aber nicht gleich zu Beginn der nach ihm benannten Epoche. Kopernikus liegt im Oceanus Procellarum, dem größten aller Mondmeere, besitzt einen Durchmesser von ca. 93 km und eine Tiefe von etwa 3.8 km. Das Strahlensystem des Kraters erstreckt sich über eine Weite von bis zu 800 Kilometern über das umliegende Mare und überlagert die Strahlen anderer Krater, wie z. B. die von Kepler.

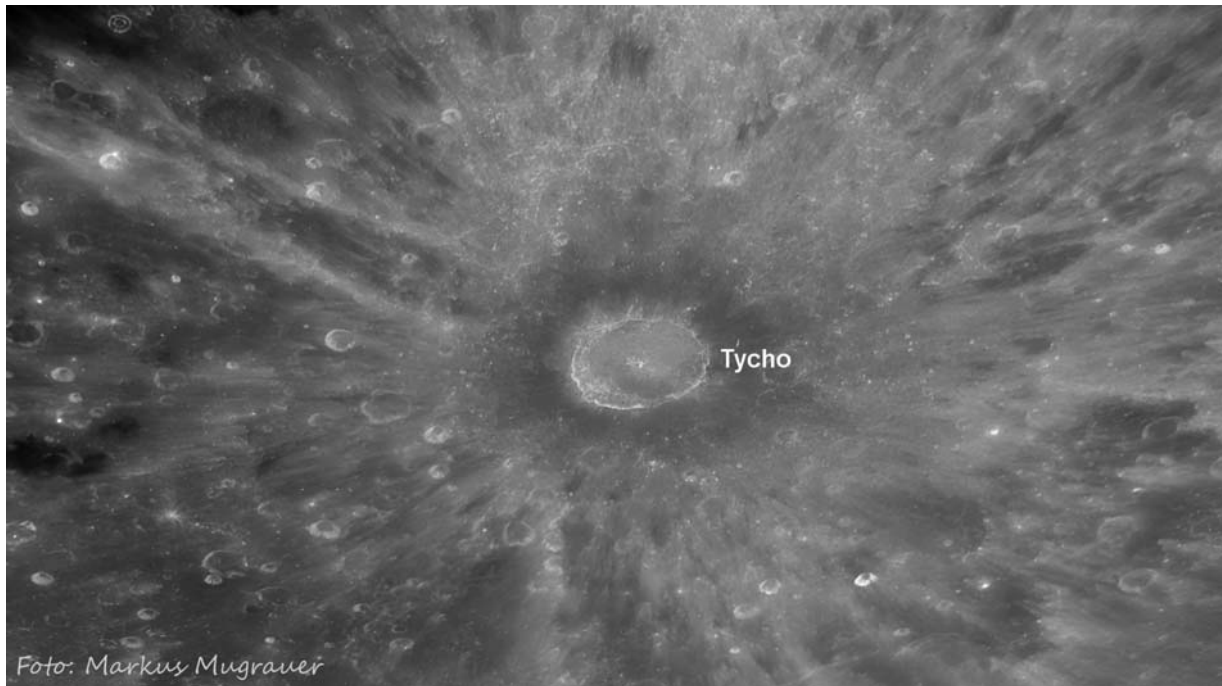


**Abbildung 6: Der Krater Kepler mit seinem ausgeprägten Strahlensystem zusammen mit der über 280 km langen Rima Marius im Oceanus Procellarum.**

Der Strahlenkrater Kepler liegt nahe des Mondäquators und besitzt einen Durchmesser von ca. 32 km und eine Tiefe von etwa 2.6 km. Das Strahlensystem des Kraters dehnt sich über mehr als 300 km über die umliegenden Maria aus. Der Krater Tycho im südlichen Hochland des Mondes weist das ausgedehnteste und spektakulärste Strahlensystem aller Strahlenkrater auf der erdzugewandten Seite des Mondes auf, das sich über mehr als 2600 km erstreckt. Tycho besitzt einen Durchmesser von ca. 85 km und ist etwa 4.7 km tief.

Die lang andauernde Impakthistorie des Mondes, beginnend mit seiner Entstehung, ist bis heute nicht abgeschlossen. Noch immer stürzen Meteoriten auf die Mondoberfläche und erzeugen neue Einschlagskrater. Da der Mond keine Atmosphäre besitzt, treffen die kosmischen Geschosse dabei ungehindert auf seine Oberfläche und ihre kinetische Energie wird freigesetzt. Diese Einschläge können durch die Beobachtung von Lichtblitzen auf der unbeleuchteten Mondoberfläche von der Erde aus nachgewiesen werden. Beim Aufprall wird die kinetische Energie des Impaktors in thermische Energie umgewandelt. Es kommt zu einer gewaltigen Explosion, die Material kegelförmig von der Mondoberfläche wegschleudert. Es bildet sich ein

meist kreisförmiger Einschlagkrater, unabhängig vom Einschlagwinkel des Projektils, da die Explosion im Wesentlichen den Krater formt.



**Abbildung 7: Der Krater Tycho im südlichen Hochland des Mondes mit seinem ausgeprägten Strahlensystem, aufgenommen bei Vollmond.**

Beim Einschlag zum Beispiel eines Gesteinsasteroiden mit einem Durchmesser von 1,5 km, der mit 17 km/s (Durchschnittsgeschwindigkeit für Einschläge auf dem Mond) auf die Mondoberfläche trifft, wird eine kinetische Energie frei, die der Explosion von etwa 12 Millionen Hiroshimabomben entspricht. Dadurch wird ein Krater mit einem Durchmesser von ca. 16 km und einer Tiefe von etwa 3 km in die Mondoberfläche gerissen. Beim Einschlag rutschen die steilen Wände des Primärkraters nach unten und das Zentrum federt elastisch nach oben, wodurch ein Zentralberg entsteht, wie man dies bei den meisten Mondkratern beobachten kann. Zudem wird beim Einschlag Material über einige hundert km weit geschleudert und bildet eine dicke Schicht um den Krater herum. Größere Brocken, die nach dem Einschlag auf die Mondoberfläche zurückfallen, schlagen eigene, kleinere Krater in der Umgebung, die als so genannte Sekundärkrater bezeichnet werden. Ein Teil des beim Einschlag erzeugten feinen Staubs wird so stark beschleunigt, dass er helle Strahlen über tausende Kilometer über die Mondoberfläche zieht, wie dies bei den Strahlenkratern auf der Mondoberfläche beobachtet werden kann.

Auf der Erde würde ein solcher Einschlag übrigens, bedingt durch die höhere Schwerebeschleunigung unseres Planeten, viel dramatischer ausfallen und einen Krater mit einem Durchmesser von ca. 25 km erzeugen. Beim Einschlag entsteht ein glühender Feuerball mit einem Durchmesser von bis zu 45 km, der alles im unmittelbaren Umkreis des Einschlagsorts verdampft. Die beim Einschlag erzeugte Druckwelle ist noch in Hunderten von Kilometern Abstand stark genug, um Gebäude wegzureißen. Auch löst der Einschlag ein Erdbeben bis zur Stärke 9 auf der Richterskala aus, das noch in über 1000 km Entfernung zum Einschlagsort für schwere Zerstörungen sorgen würde. Schließlich werden beim Einschlag Milliarden Tonnen

zertrümmertes Gestein und Staub weit hinauf in die Stratosphäre geschleudert, wo es das Sonnenlicht reflektiert. Dies löst auf der Erde weltweit einen signifikanten Temperaturabfall aus (Impakt-Winter), der Monate oder sogar Jahre andauern kann. Folglich hätte ein solcher Asteroideneinschlag auf der Erde katastrophale globale Auswirkungen.



**Abbildung 8:** Der nordwestliche Rand der sichtbaren Mondscheibe mit dem großen Krater Pythagoras. Der Krater besitzt einen Durchmesser von etwa 130 km und ist ca. 5 km tief. Während sich in der Aufnahme der nördliche Kraterstrand wie auch der Gipfel des etwa 1.5 km hohen Zentralberges bereits im Sonnenlicht befinden, liegt der Kraterboden von Pythagoras noch im Schatten.

Wer sich im Übrigen einmal in einen solchen Einschlagskrater begeben möchte, muss von München aus gar nicht weit reisen, nur etwa 150 km weit, in die Stadt Nördlingen, die im Nördlinger Ries liegt. Das Ries ist ein Becken, das durch den Einschlag eines solchen Asteroiden vor etwa 15 Millionen Jahren entstanden ist, was man geologisch und radiometrisch aus dem dortigen Fund von Hochdruckmineralen schließen kann.

Neben natürlichen Körpern stürzen heute auch Raumschiffe (un)kontrolliert auf der Mondoberfläche ab und erzeugen kleinere Krater. Leider macht die vom Menschen gemachte Umweltverschmutzung auch vor dem Mond nicht Halt. Mehr und mehr Missionen landen auf der Mondoberfläche und hinterlassen dort Gerätschaften, die so groß sind, dass sie sogar von Sonden im Mondorbit beobachtet werden können. So lassen sich die Mondlandefähren der Apollo-Missionen heute noch auf der Mondoberfläche beobachten. Während des Apollo-Programms wurden auch Reflektoren auf der Mondoberfläche installiert, die von der Erde aus angeleuchtet werden können. Dadurch lässt sich der aktuelle Erd-Mond-Abstand sehr genau vermessen. Neben diesen sinnvollen Hinterlassenschaften ist der Rest nutzloser Müll, den die Menschen auf dem Erdtrabanten einfach zurückgelassen haben, anstatt ihn wieder zur Erde mitzunehmen, wo er

eigentlich hingehört. Damit setzt die Menschheit die massive Umweltverschmutzung, die sie auf der Erdoberfläche mit Hingabe betreibt, auch über den Erdborbit hinaus in die Tiefen des Weltraums fort. Dieser Müll wird schließlich wohl das Einzige sein, was einst in vielen Millionen Jahren noch an unserer Spezies erinnern wird, lange nachdem sie, bedingt durch massive Umweltverschmutzung und deren Folgen, auf der Erde ausgestorben sein wird.

Es ist der Blick zurück zur Erde, den die Mondreisenden als besonders eindrücklich beschrieben. Der Aufgang unseres blauen Planeten über der Mondoberfläche oder der Blick auf den bei der Rückkehr zur Erde immer größer erscheinenden blauen Planeten.



**Abbildung 9: Der Erdaufgang über der Mondoberfläche, aufgenommen an Weihnachten 1968 von William Anders während der Apollo-8-Mission.**

Wie eine blau-weiße Perle schwebt er da vor der absoluten schwarzen Leere des Weltraums. Die Atmosphäre erscheint als das, was sie ist, eine winzige, dünne Schicht am Rande dieser blauweißen Kugel, auf der sich all das Leben befindet, das wir im Universum bis heute kennen. Eine Welt ohne Staatsgrenzen, Mauern oder Grenzzäunen wo jeder Ort mit dem anderen verbunden ist. Die Mondreisenden beschreiben, dass dieser Anblick ihnen klar machte, dass die Erde nicht unendlich groß ist und ein wahres, aber sehr verletzliches Paradies ist. In Religionen streben Menschen durch gute Taten im Leben zum Paradies, ohne zu begreifen, dass sie jeden Tag ihres Lebens in einem Paradies verbringen. Sie tragen sogar durch ihr Verhalten und ihre Taten täglich maßgeblich zur Zerstörung dieses Paradieses bei. Die Mondfahrer regten daher an, auch Entscheidungsträger mit zum Mond zu nehmen. Nicht um sie auf die Rückseite zu schießen, sondern ihnen diesen Blick auf unsere Welt zu ermöglichen und ihnen so eindeutig klar zu machen, dass sie endlich handeln müssen, um die Biosphäre unseres Planeten zu schützen. Die Erde ist unser Raumschiff, mit dem wir durch die tödliche Leere des Weltraums fliegen. Er bietet uns alles, was wir zum Leben brauchen, die Luft zum Atmen, das Wasser zum Trinken und den Boden, um Nahrungsmittel anzubauen. Die Reise zum Mond hat den Astronauten auch

klargemacht, wie aufwendig und schwierig es ist, das eigene Überleben außerhalb der Erde zu gewährleisten. Die Mitglieder der Apollo-13-Mission mussten das am eigenen Leib erfahren. Die Mondreisenden berichteten, dass sie froh waren, schließlich wieder zurück auf der Erde zu sein, diesem blau-weißen Paradies im Kosmos, dem einzigen Ort im ganzen Universum, wo wir Menschen leben können.



**Abbildung 10: Die Erde, aufgenommen von Harrison Schmitt am 7. Dezember 1972 aus einem Abstand von ca. 29000 km während des Flugs der Apollo-17-Mission zum Mond. Es zeigt unseren Planeten vom Mittelmeer (oben) über Afrika bis zur Antarktis (unten) zusammen mit dem atlantischen (links), indischen (rechts) und südlichen (unten) Ozean.**