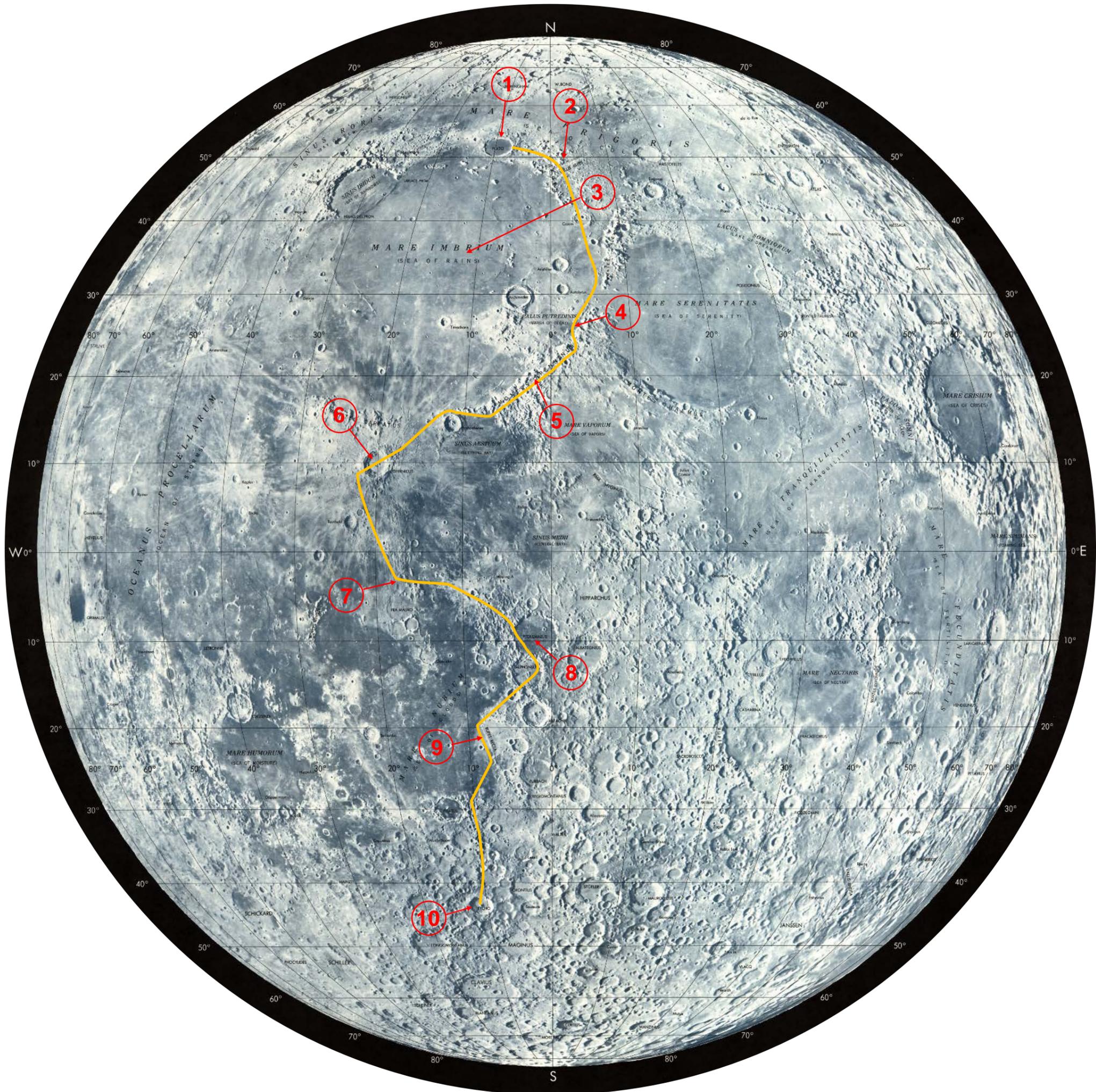


Entdeckungstour auf dem Mond

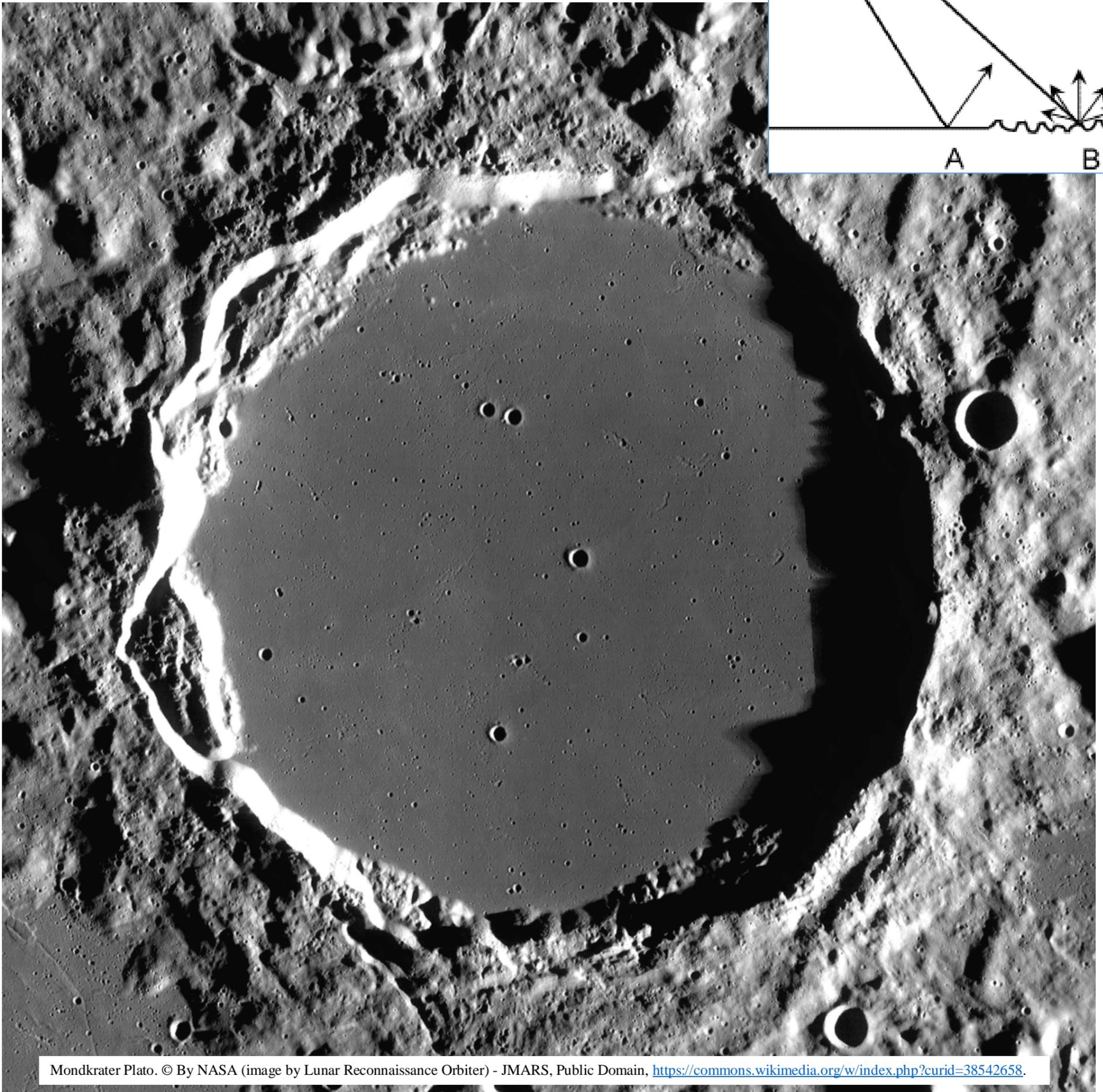
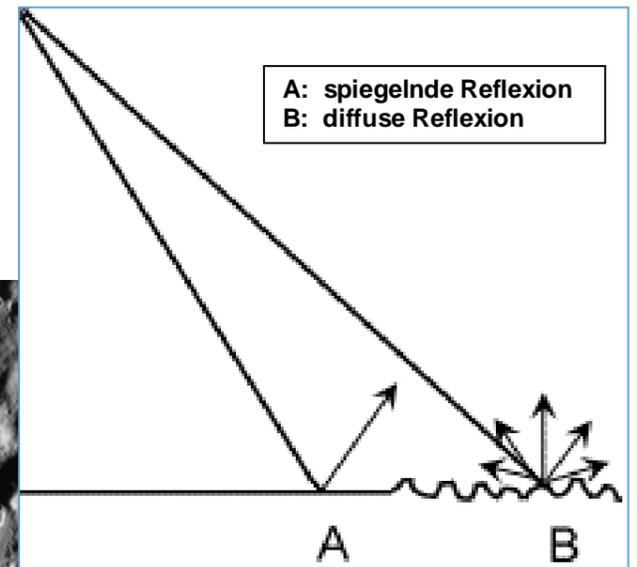


Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgroße |

Aufgaben:

- 1.) Beschreibe den Krater Plato (Größe, Strukturen, Helligkeit, ...)!
- 2.) Was versteht man unter diffuser Reflexion?
- 3.) Warum erscheint Plato so dunkel?



[https://de.wikipedia.org/wiki/Plato_\(Mondkrater\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Plato_(Mondkrater))

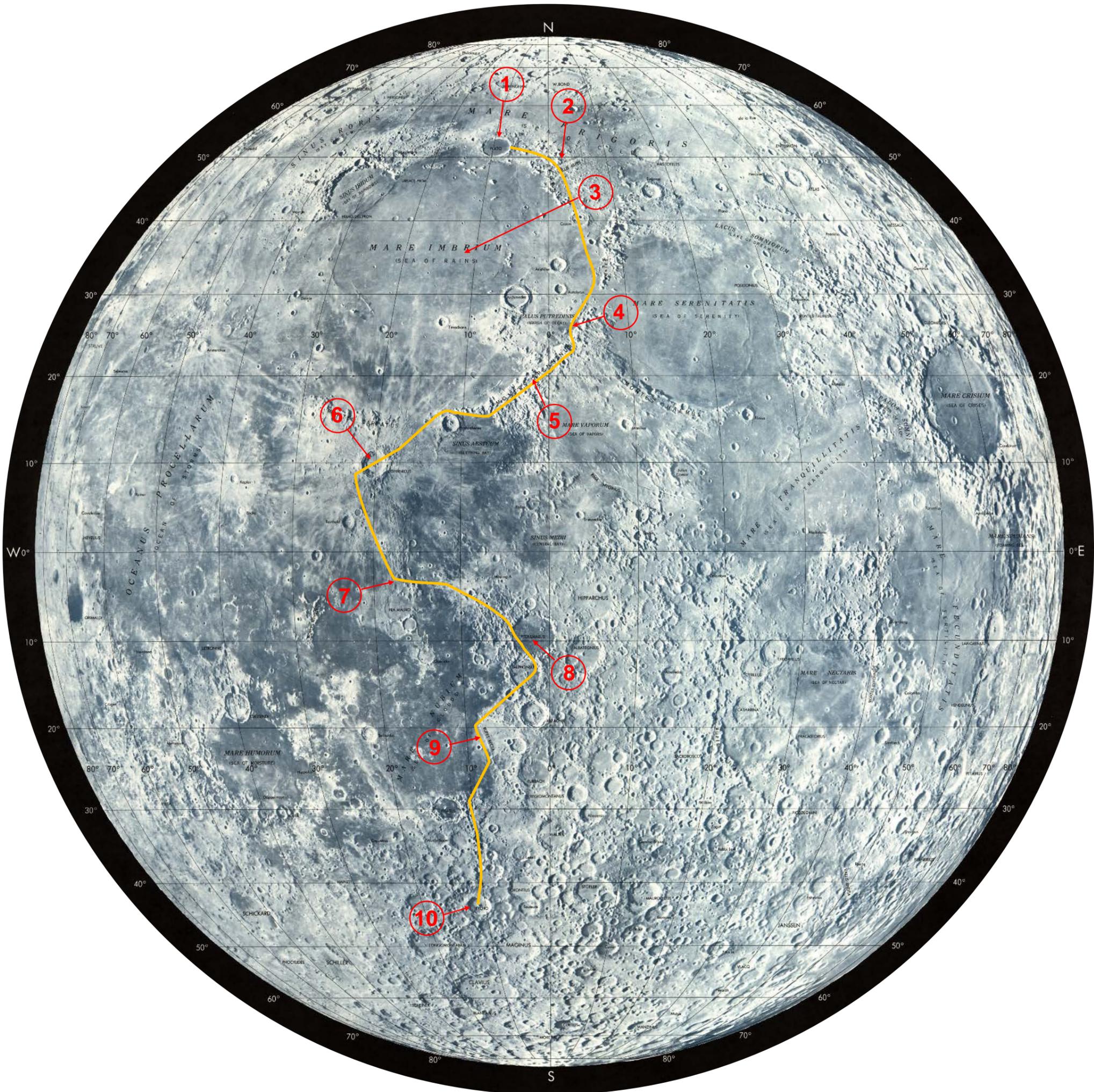
Plato ist ein Einschlagskrater auf dem Mond. Er ist eines der häufig beobachteten Mondmerkmale, das mit jedem Teleskoptyp sichtbar ist. Der Krater ist fast kreisförmig, wirkt aber aufgrund der Verkürzung oval. Er hat einen Durchmesser von rund 100 km und sein Wall ragt etwa 1000 m in die Höhe. Einige Gipfel des Kraterwalls erreichen 2000 m und werfen lange Schatten auf den Grund des Kraters, wodurch Sie sein ganzes Relief sehen können.

Der Boden des Kraters ist flach und von basaltischer Lava bedeckt. Er erscheint viel dunkler als die der angrenzenden Meere und motivierte den Astronomen Johannes Hevelius, ihn 1647 als "Großen Schwarzen See" zu taufen. Im Boden befinden sich mehrere kleine Krater, von denen der größte einen Durchmesser von 3 km hat.

Die Kraterwände zeigen verschiedene Anzeichen eines Einsturzes. Am augenfälligsten ist die Westwand des Kraters, die aus einem dreieckigen Block besteht, der ins Innere gerutscht ist, sodass sich dahinter eine Schlucht befindet.

Platos Entstehung war wahrscheinlich nach der Geburt des Mare Imbrium, da der Krater den Einschlag, der vor 3850 Millionen Jahren das Meeresbecken bildete, nicht überstanden hätte. Die Daten legen nahe, dass Plato vor 3850 bis 3000 Millionen Jahren gebildet und anschließend mit Lava aus dem Mare Imbrium überflutet wurde.

Entdeckungstour auf dem Mond

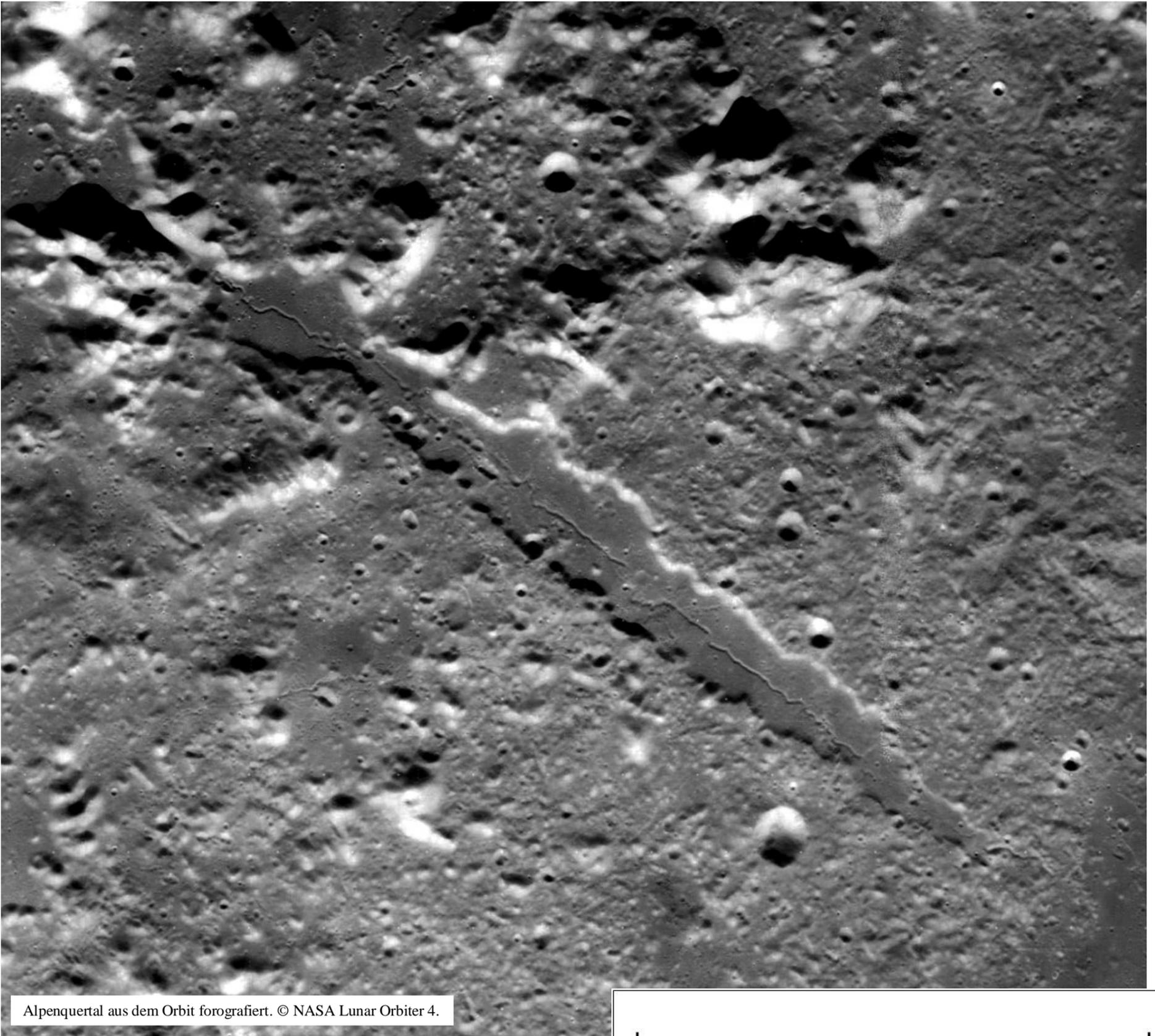


Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgroße |

Aufgaben:

- 1.) Beschreibe die Monalpen und das Alpenquertal (ein Grabenbruch) Plato (Größe, Strukturen, Helligkeit, ...)!
- 2.) Wie ist das Rift Valley entstanden? Beschreibe einen Modellversuch!



Alpenquertal aus dem Orbit fotografiert. © NASA Lunar Orbiter 4.

https://es.wikipedia.org/wiki/Vallis_Alpes

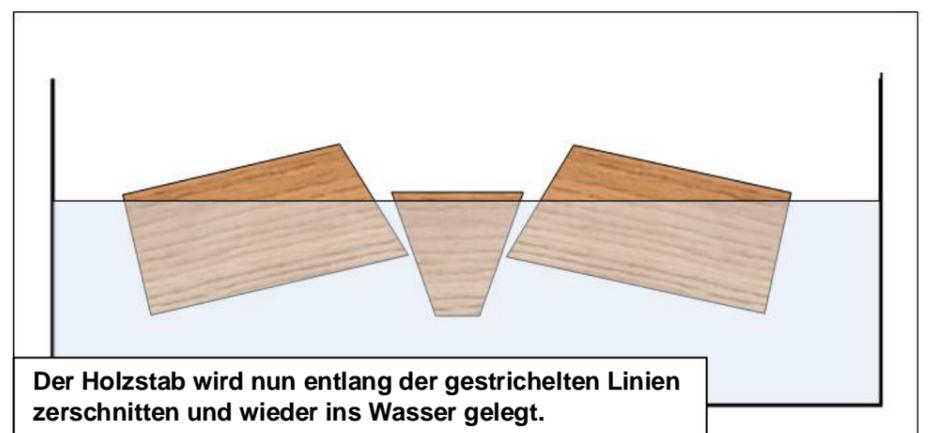
Das Vallis Alpes (lat.: Alpental) ist ein auffallendes Mondtal, das die Mondalpen in zwei Hälften teilt. Es erstreckt sich 166 km vom Mare Imbrium-Becken nach Ost-Nordost bis zum Rand des Mare Frigoris.

Das Tal hat eine maximale Breite von 10 km und wird an beiden Enden schmaler. Es wird von bis zu 1.000 m hohen Wänden begrenzt. Das Zentrum hat die selenographischen Koordinaten 49°N , 3°O .

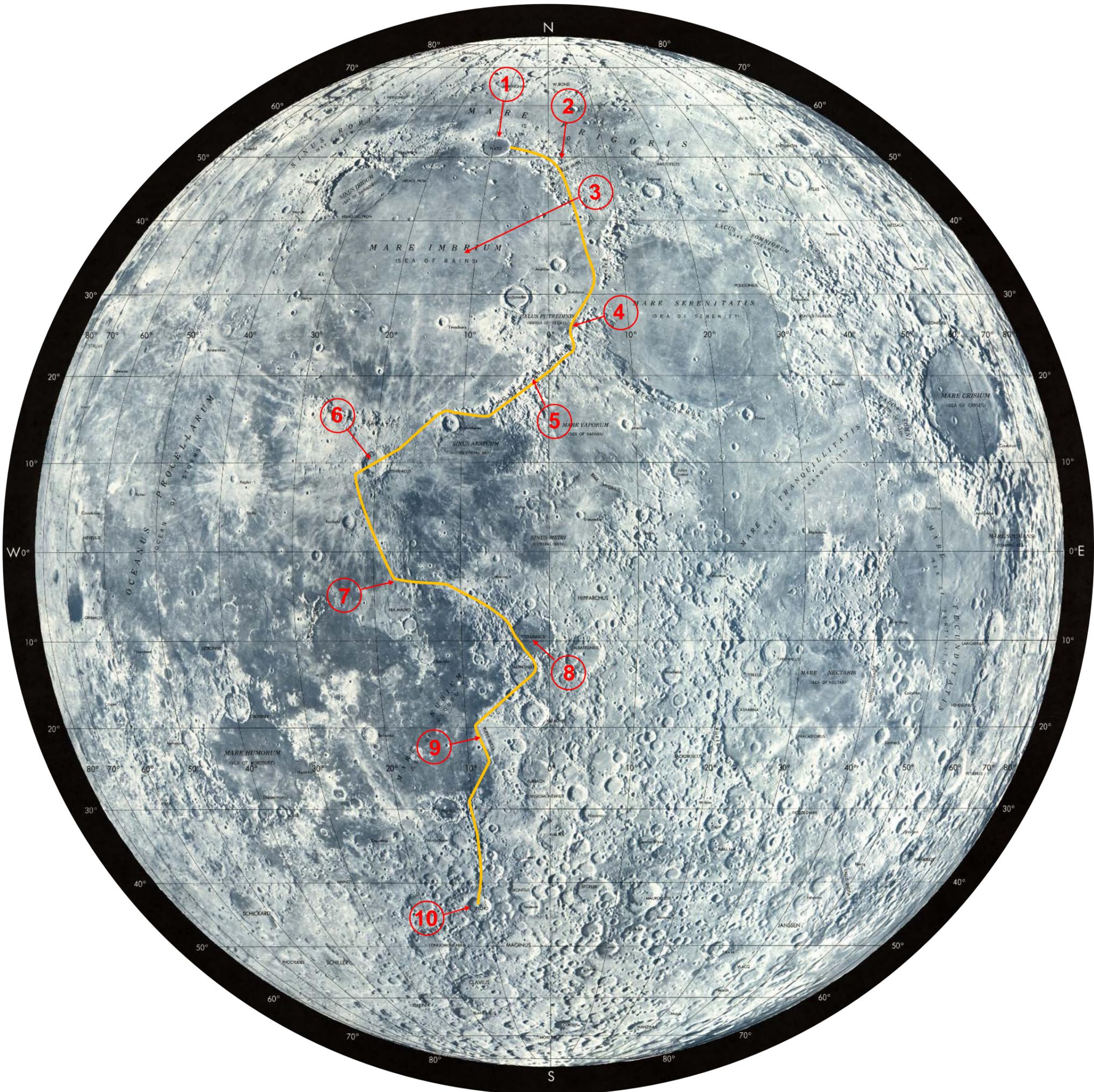
Tektonische Prozesse in einer früheren geologischen Epoche des Mondes (Gabenbruch) führten zur Talentstehung.

Der flache Talboden durch einen 700 m breiten Riss durchzogen, der nur sehr schwer mit einem Teleskop von der Erde aus beobachtbar ist.

Das Alpenquertal wurde 1727 von Francesco Bianchini entdeckt. Es wurde von Johannes Hevelius benannt, der auf die große europäische Bergkette Bezug nimmt.



Entdeckungstour auf dem Mond



Der Weg und die Themen

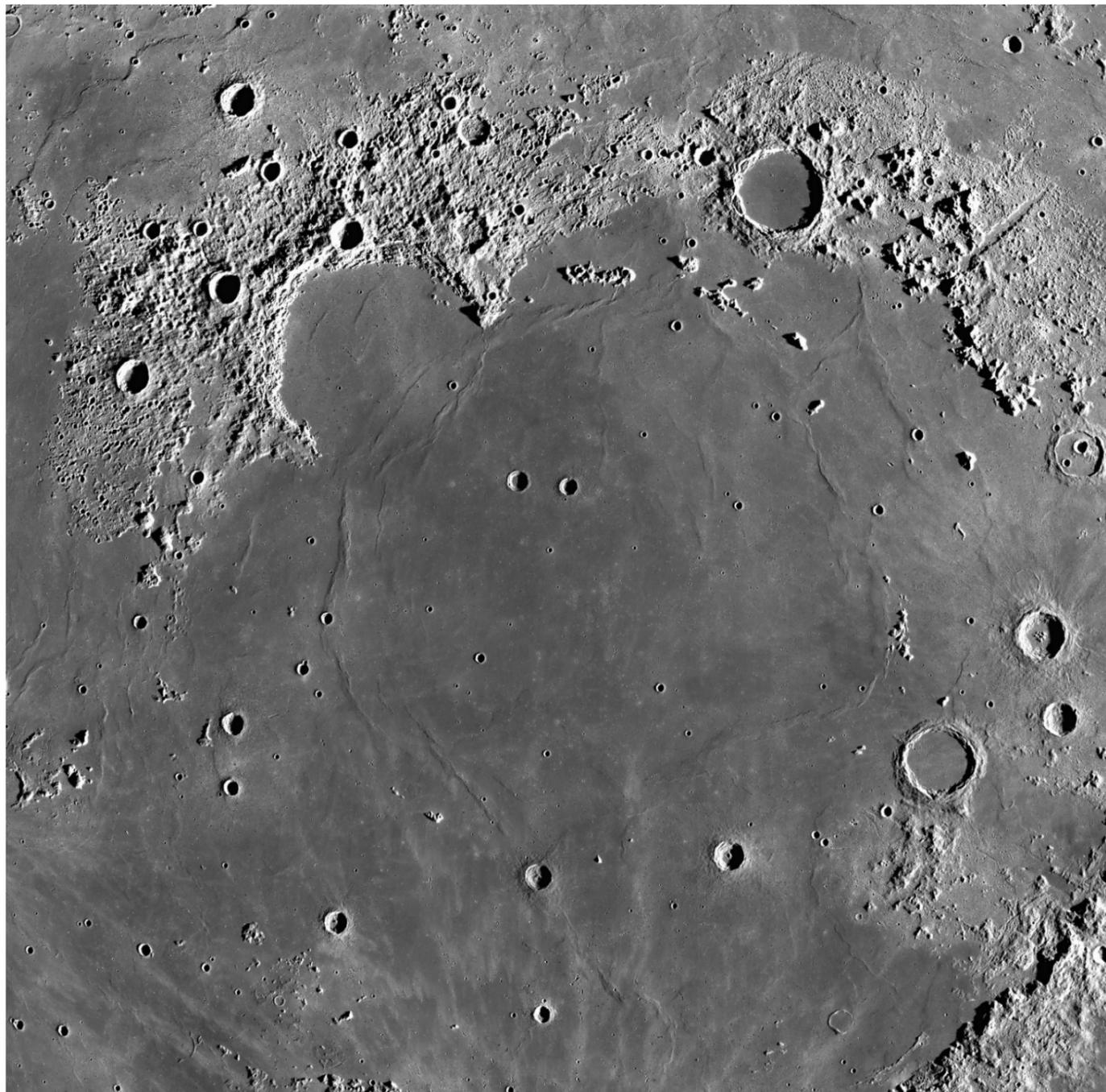
- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kraterolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgroße |

Aufgaben:

- 1.) Beschreibe das Mare Imbrium (Größe, Strukturen, Helligkeit, ...)!
- 2.) Überprüfen Sie die Rechnung und erläutern Sie diese!

Der Einschlag des Asteroiden, der das Mare Imbrium (Regenmeer) vor 3,8 bis 3,9 Milliarden Jahren erzeugte, war der zweitgrößte in der Geschichte des Mondes. Die kinetische Energie des Asteroiden betrug 10^{27} Joule. Wie groß (Radius) war der Asteroid?

Annahmen: Kugelform, mittlere Dichte: 3 g/cm^3 (wie Basalt), Geschwindigkeit: 20 km/s .



Mare Imbrium (Regenmeer). © NASA (image by Lunar Reconnaissance Orbiter), wms.Iroc.asu.edu. The brightness is increased. Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38257479>.

https://es.wikipedia.org/wiki/Mare_Imbrium

Das Mare Imbrium (Meer des Regens) ist die zweitgrößte Tiefebene (historisch bedingt als Meer bezeichnet). Es ist ungefähr kreisförmig und hat wie alle Maria eine dunkel erscheinende Oberfläche (Basalt). Als eines der letzten großen Mondmeere entstand es durch den Einschlag eines großen Objekts. Nur die Mare Orientale ist selenologisch jünger. Mit dem Impakt (Einschlag) endete die Nektarische Periode, und die Imbrische Ära begann.

Laut IAU (Internationale Astronomische Union) hat das Mare Imbrium seinen Mittelpunkt bei $32,8^\circ \text{ N } 15,6^\circ \text{ O}$ und besitzt einen Durchmesser von 1123 Kilometern.

Herkunft: William Hartmann und Gerard Kuiper veröffentlichten 1962 in den Mitteilungen des Mond- und Planetenlabors (ein Forschungszentrum für Planetologie in Tucson, Arizona) eine erste Beschreibung und erklärten seine Herkunft als Ergebnis des Einschlags eines großen Körpers (der zweitgrößte in der Geschichte des Mondes).

Die kinetische Energie des Einschlagkörpers (ca. 10^{27} Joule) war so groß, dass schon eine hundertmal größere Energie ausgereicht hätte, um den Mond vollständig zu zerstören. Der Aufprall erzeugte neben der Bildung von drei Gebirgsringen auch einen Komplex aus radialen und konzentrischen Verwerfungen im Krater. Auch einige tiefe Rillen sind zu erkennen, die angeblich während des Aufpralls von Material „gepflügt“ wurden, das in einem flachen Winkel ausgestoßen wurde.

Vor 3,7 bis 3,2 Milliarden Jahren wurde der Einschlagskrater mit basaltische Lava aus dem Mondinneren (dort nennt man sie Magma) gefüllt, die durch Brüche im Boden austrat. Entsprechend beträgt der maximale Höhenunterschied der Oberfläche dort nur 100 Meter. Der größte Teil der Basaltoberfläche entstand vor etwa 3,3 Milliarden Jahren.

Auf der gegenüberliegenden Seite des Mondes erstreckt sich ein chaotisch geformtes Terrain in dem Bereich, in dem die seismischen Wellen zusammenliefen. Computersimulationen bestätigen, dass dieser Bereich aufgrund der Auswirkungen des Einschlags gewaltsam um etwa zehn Meter angehoben wurde.

Rechnung

Kinetische Energie:

$$E_{\text{cin}} = \frac{m}{2} \cdot v^2,$$

Masse des Asteroiden:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

Kinetische Energie nach Einsetzung:

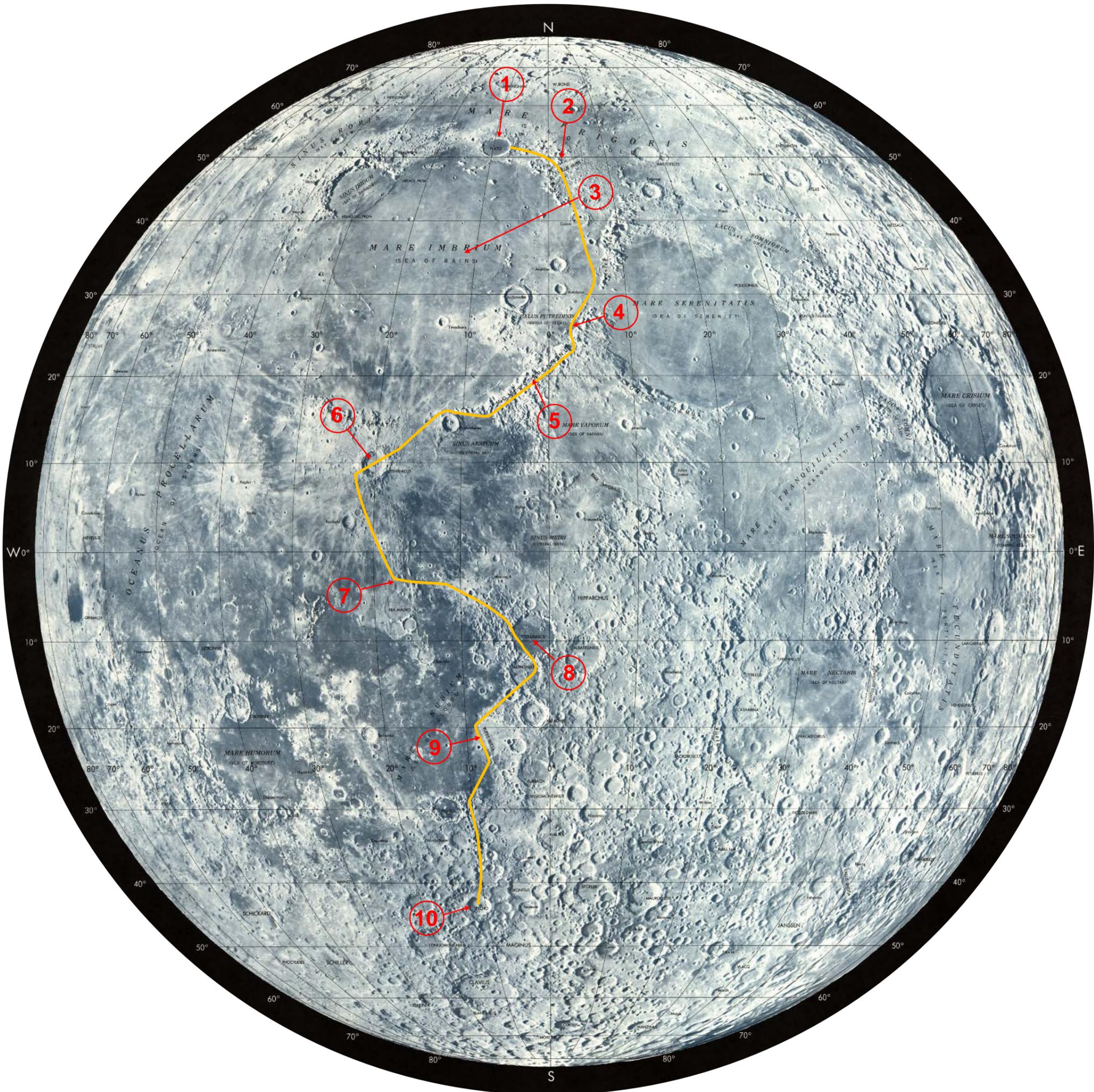
$$E_{\text{cin}} = \rho \cdot \frac{2}{3} \pi \cdot r^3 \cdot v^2$$

Radius des Asteroiden:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt[3]{\frac{E_{\text{kin}}}{\rho \cdot \frac{2}{3} \pi \cdot v^2}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{10^{27} \text{ J}}{3 \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{2}{3} \pi \cdot \left(20 \frac{\text{km}}{\text{s}}\right)^2}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{10^{27} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{3 \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} \cdot \frac{2}{3} \pi \cdot \left(20000 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{10^{16} \text{ m}^3}{8\pi}} \approx 73551 \text{ m.} \end{aligned}$$



Entdeckungstour auf dem Mond

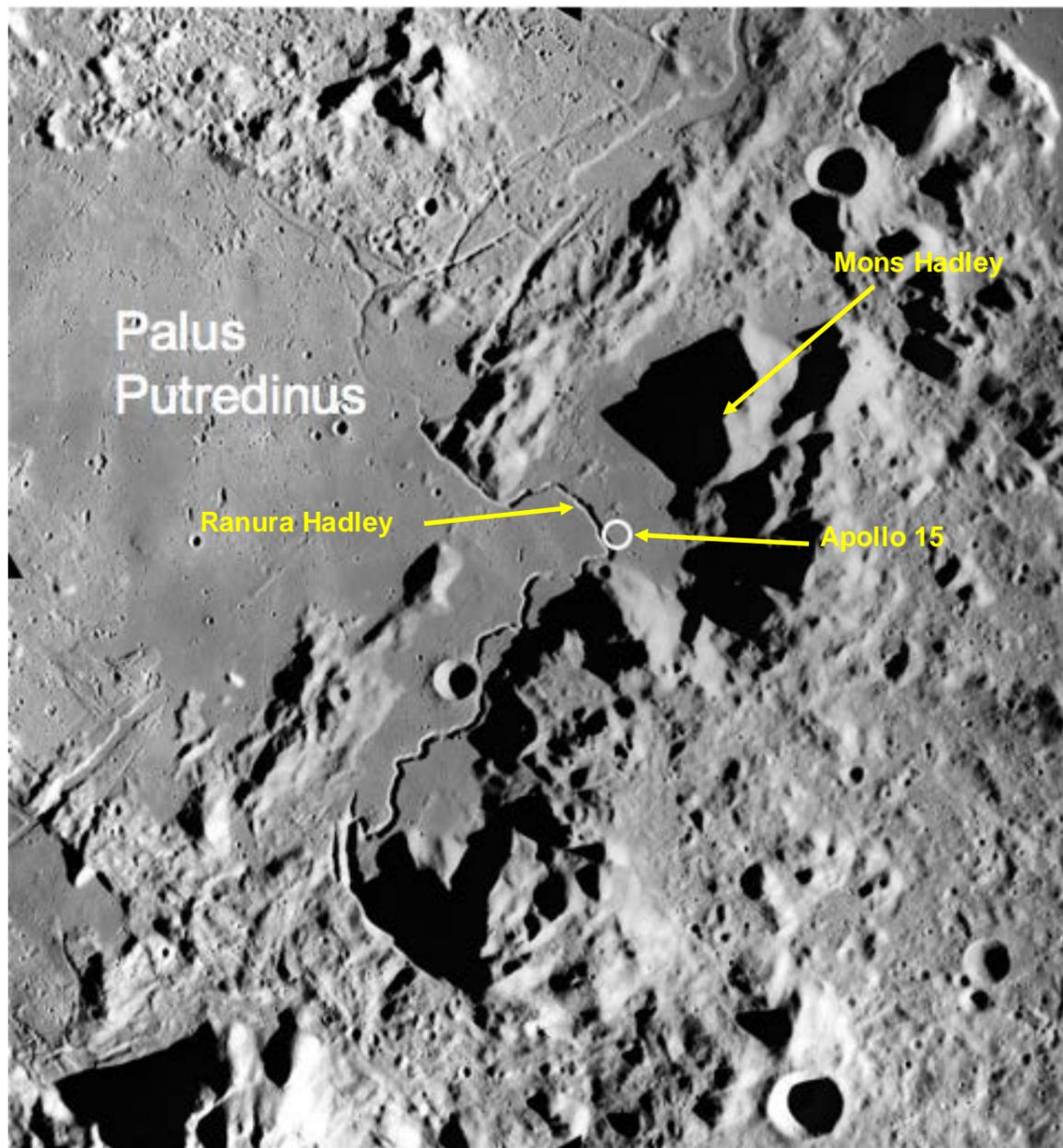


Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgroße |

Aufgaben:

- 1.) Identifiziere den Landeplatz von Apollo 15 auf dem Mond auf der Karte des Mondes und bestimme seine Koordinaten!
- 2.) Zeige in den Mondbildern unten die Ansichten der im Überflugbild (oben) gezeigten Blickrichtungen zum Mondberg Mons Hadley und entlang der Hadley-Rille und beschreibe diese!



Landegebiet von Apollo 15 aus der Umlaufbahn fotografiert.
© NASA, <http://apollo.sese.asu.edu/LIW/20071114.html>,
gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12273603>.

https://es.wikipedia.org/wiki/Apolo_15

Apollo 15 war die neunte bemannte Mission des Apollo-Programms (offiziell AS-510 genannt), bei der die Astronauten David R. Scott, Alfred M. Worden und James B. Irwin am 26. Juli 1971 mit einer Rakete des Typs Saturn 5 in Richtung Mond starteten.

Es war die erste Mission des Typs J, d.h. mit Änderungen am Raumfahrzeug, die eine Flugdauer von bis zu 14 Tagen ermöglichten.

Kurz nach dem 12. Mondumlauf landete das Abstiegsmodul am 30. Juli bei 26,08° N und 3,66° O (nur einhundert Meter vom Zielort entfernt in der Region Hadley-Apennines am Rande des Mare Imbrium).

Nach der Landung untersuchte Scott das Gelände 33 Minuten lang durch die obere Luke der Mondlandefähre „Falcon“. Nach dem Ausstieg verwendeten Scott und Irwin zum ersten Mal ein LRV (Lunar Rover Vehicle) und legten damit eine Gesamtstrecke von 27,9 km zurück.

Der Aufenthalt auf der Mondoberfläche dauerte 77 Stunden und 55 Minuten. In dieser Zeit führten die Mondlandeastronauten drei Mondspaziergänge (EVAs) durch, die insgesamt 18 Stunden und 35 Minuten in Anspruch nahmen.

Der erste Ausflug (EVA-1) mit einer Dauer von 6 Stunden und 32 Minuten diente dazu, mit dem Mondrover den Rand der Hadley-Rille zu erkunden und den Gerätekomplex ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Package) zu installieren, um u.a. den Wärmefluss aus dem Mondinneren und die Wärmeleitfähigkeit des Oberflächenmaterials zu bestimmen. Bei der zweiten Fahrt (EVA-2) wurden die Vorderseite der Mond-Apenninen 7 Stunden und 13 Minuten lang untersucht und 46 Kilogramm verschiedener Gesteine gesammelt.

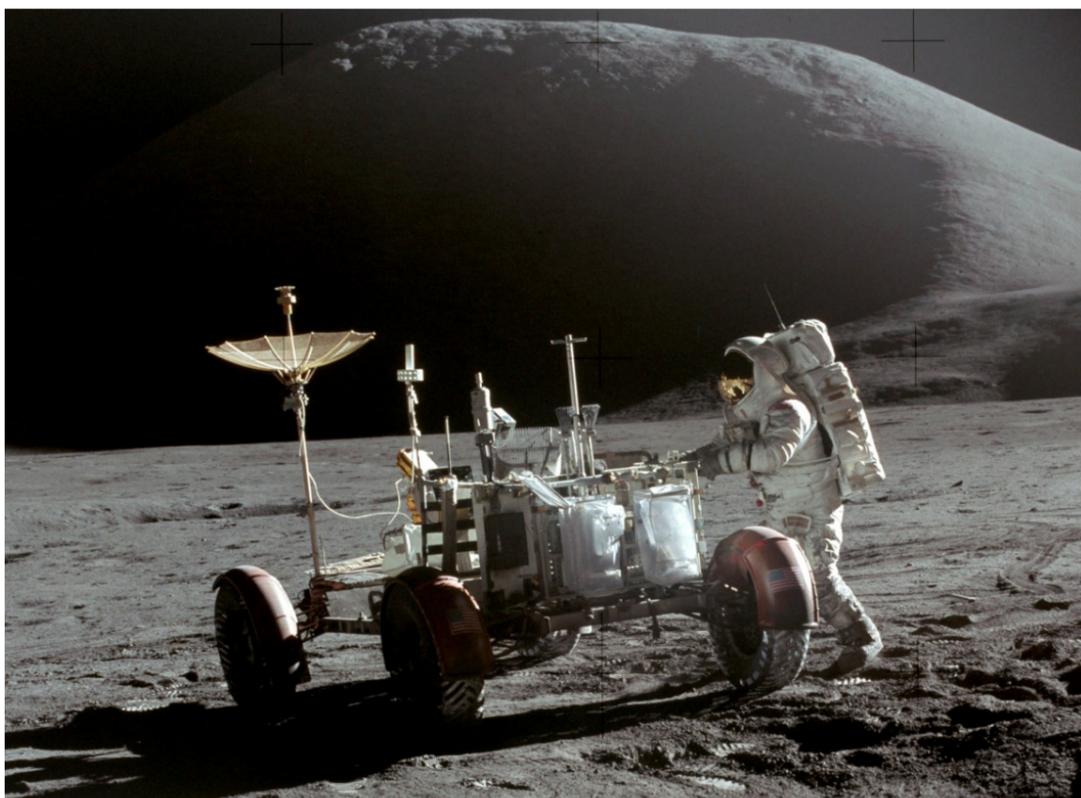
Die dritte Ausfahrt (EVA-3, 4 h 50 min) diente zur Durchführung von Experimenten mit dem ALSEP und zur Erkundung der Hadley-Rille.

Bevor sie die Mondoberfläche verließen, sammelten sie weitere Gesteinsproben bis zu einer Gesamtmasse von 88 kg. Außerdem installierten sie Instrumente zur geophysikalischen Untersuchung des Mondes. Apollo 15 hinterließ insgesamt 549 kg Material auf dem Mond. Darunter war auch eine 8,4 cm große Skulptur aus Aluminium und eine Plakette mit den Namen der 14 sowjetischen und amerikanischen Raumfahrer, die bis dahin verunglückten. Der Rückstart wurde zum ersten Mal mit einer Kamera im Mondrover (LRV) übertragen.

Während des Oberflächenaufenthalts von Scott und Irwin führte der im Mutterschiff (namens „Endeavour“) verbliebene Astronaut Worden weitere Experimente durch und machte Fotografien mit Kameras für den Röntgen- und Gammabereich.

Während des Rückflugs verließ Worden das Mutterschiff (315.423 km von der Erde entfernt) für eine 38-minütige EVA, um den belichteten Film aus einer außen angebrachten Kamera zu bergen.

Die Mission endete mit der Landung im Pazifischen Ozean. Die Astronauten wurden am 7. August 1971 vom Hubschrauberträger „Okinawa“ abgeholt, nachdem sie den Mond 74-mal umrundet und eine Reise von 295 Stunden, 11 Minuten und 53 Sekunden hinter sich hatten.

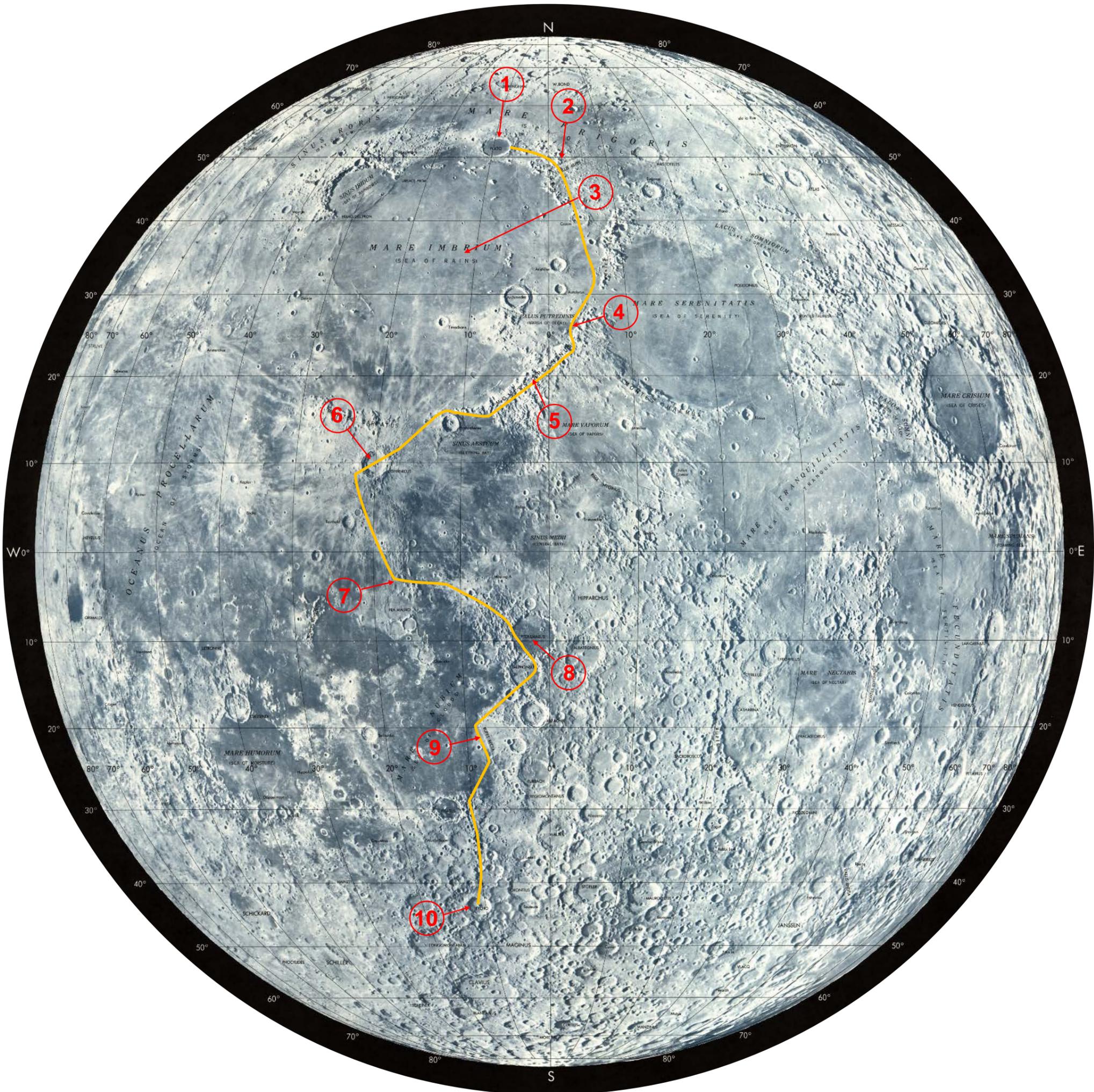


Apollo 15-Astronaut James Irwin neben dem Mondrover. Im Hintergrund ist der Mondberg Mt. Hadley zu sehen. © NASA/David Scott, <http://www.hq.nasa.gov/alsj/a15/images15.html> (direct link), dominio publico, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=447708>.



Apollo 15-Astronaut Dave Scott vor der nach Nordwesten verlaufenden Hadleyrille. © dominio publico, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=188241>.

Entdeckungstour auf dem Mond



Der Weg und die Themen

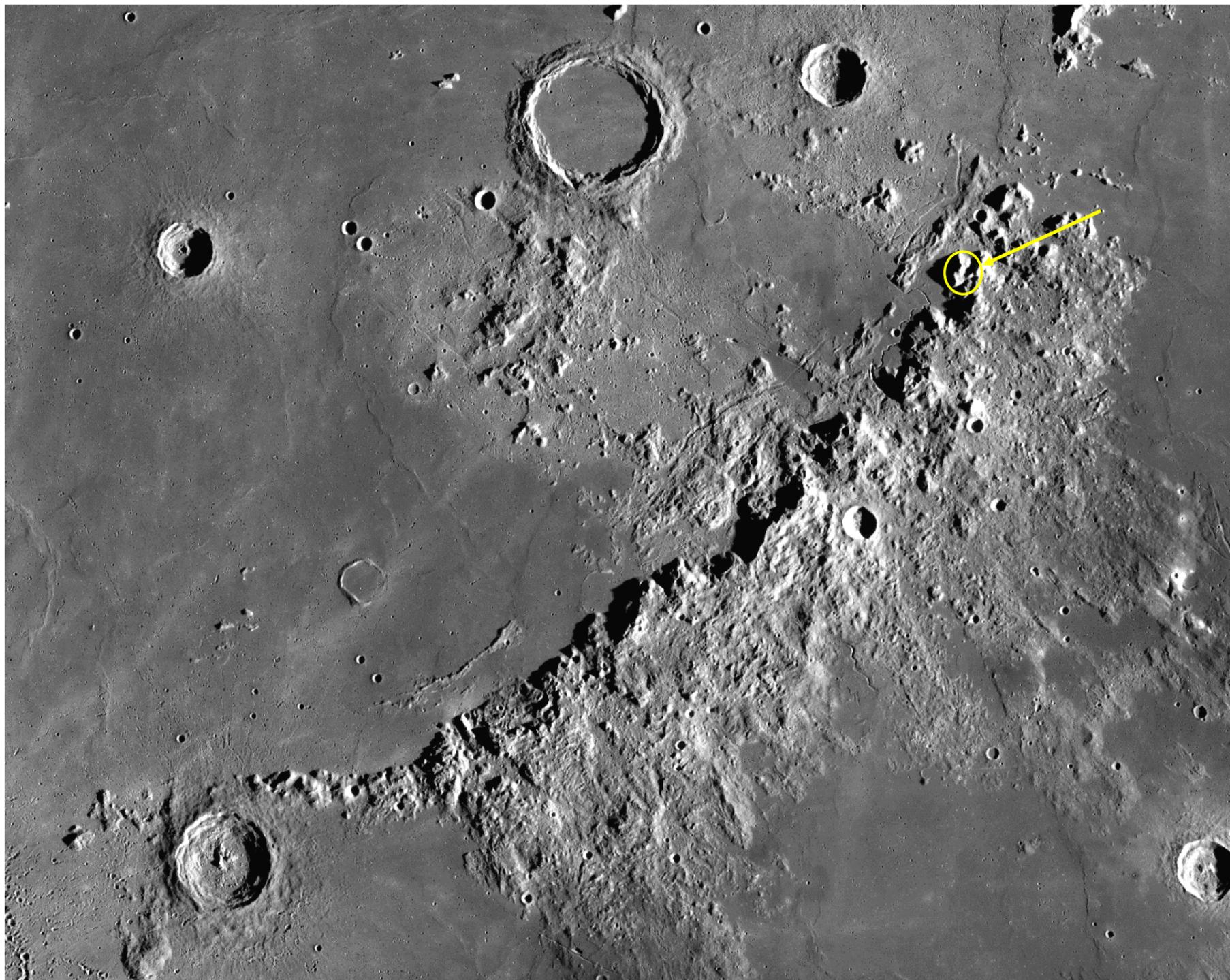
- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgröße |

Aufgaben:

1.) Der höchste Berg auf dem Mond ist der Mons Huygens.

Suche ihn auf der selenografischen Mondkarte auf und bestimme seine Koordinaten!

2.) Die Apenninen sind das größte Gebirge auf dem Mond. Betrachte die Lage der Apenninen und anderer Mondgebirge relativ zu anderen Mondformationen. Was schließt du daraus über die Entstehung der Mondberge?



Der gezeigte Bereich von 750×600 km der Mondoberfläche umfasst die Apenninen (Fotografie aus dem Orbit). Der gelbe Pfeil zeigt auf Mons Huygens.
© NASA (image by Lunar Reconnaissance Orbiter) - JMARS, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39322679>.

https://es.wikipedia.org/wiki/Montes_Apenninus

Die Apenninen sind eine Bergkette im nördlichen Teil des sichtbaren Mondes, die in Anlehnung an die Apenninen in Italien getauft wurde. Die Bergkette, die größte auf dem Mond, liegt südlich der Alpen und hat eine Länge von fast 600 km. Der höchste Gipfel ist Mons Huygens mit 5500 m Höhe.

Das Apenninengebirge bildet die südöstliche Grenze des Mare Imbrium und die nordwestliche der Terra Nivium-Hochebene. Es liegt unmittelbar östlich des Eratosthenes-Kraters. Im Westen der Apenninen befindet sich eine enge Öffnung, die das Mare Imbrium mit dem Mare Insularum im Süden verbindet. Weiter westlich liegen die Karpaten.

Vom Eratosthenes-Krater aus erscheinen die Mond-Apenninen in Form einer Kette, die sich allmählich von Osten nach Nordosten biegt und am Kap mit dem Namen Promontorium Fresnel bei $29,5^\circ$ N endet. An der dortigen Öffnung treffen das Mare Imbrium und das östlich gelegene Mare Serenitatis zusammen. Im nördlichen Teil dieser Lücke befindet sich das Kaukasusgebirge.

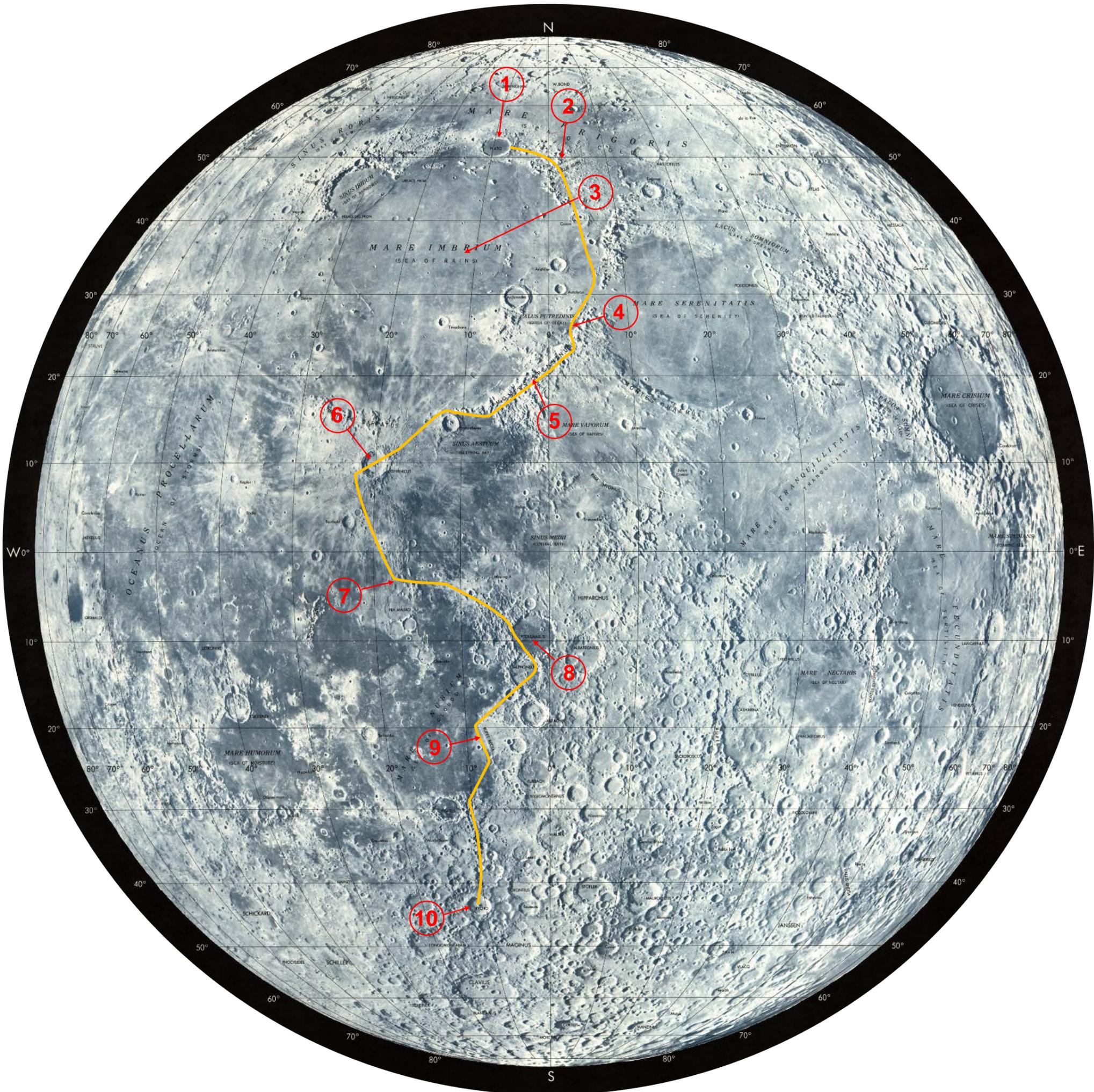
Die Apenninen sind zusammen mit den Karpaten und dem Kaukasus einige der erhaltenen Fragmente des äußeren Rings, der ursprünglich aus drei Teilen bestand und durch den Einschlag entstanden ist, der vor etwa 3,85 Milliarden Jahren zur Bildung des Mare-Imbrium-Beckens geführt hat.

Der Name Apenninen wurde vom polnischen Astronomen Johannes Hevelius (1611-1687) vergeben und 1961 von der Internationalen Astronomischen Union anerkannt.

Das Apenninen-Gebirge hat mehrere Berge, die nach wie folgt (von Ost nach West) benannt sind:

Name	Koordinaten	Höhe
Mons Ampère	19.32, -3.71	3 000 m
Mons Bradley	21.73, 0.38	4 200 m
Mons Hadley	26.69, 4.12	4 800 m
Mons Hadley Delta	25.72, 3.71	3 500 m
Mons Huygens	19.92, -2.86	5 500 m
Mons Wolff	16.88, -6.80	3 500 m

Entdeckungstour auf dem Mond



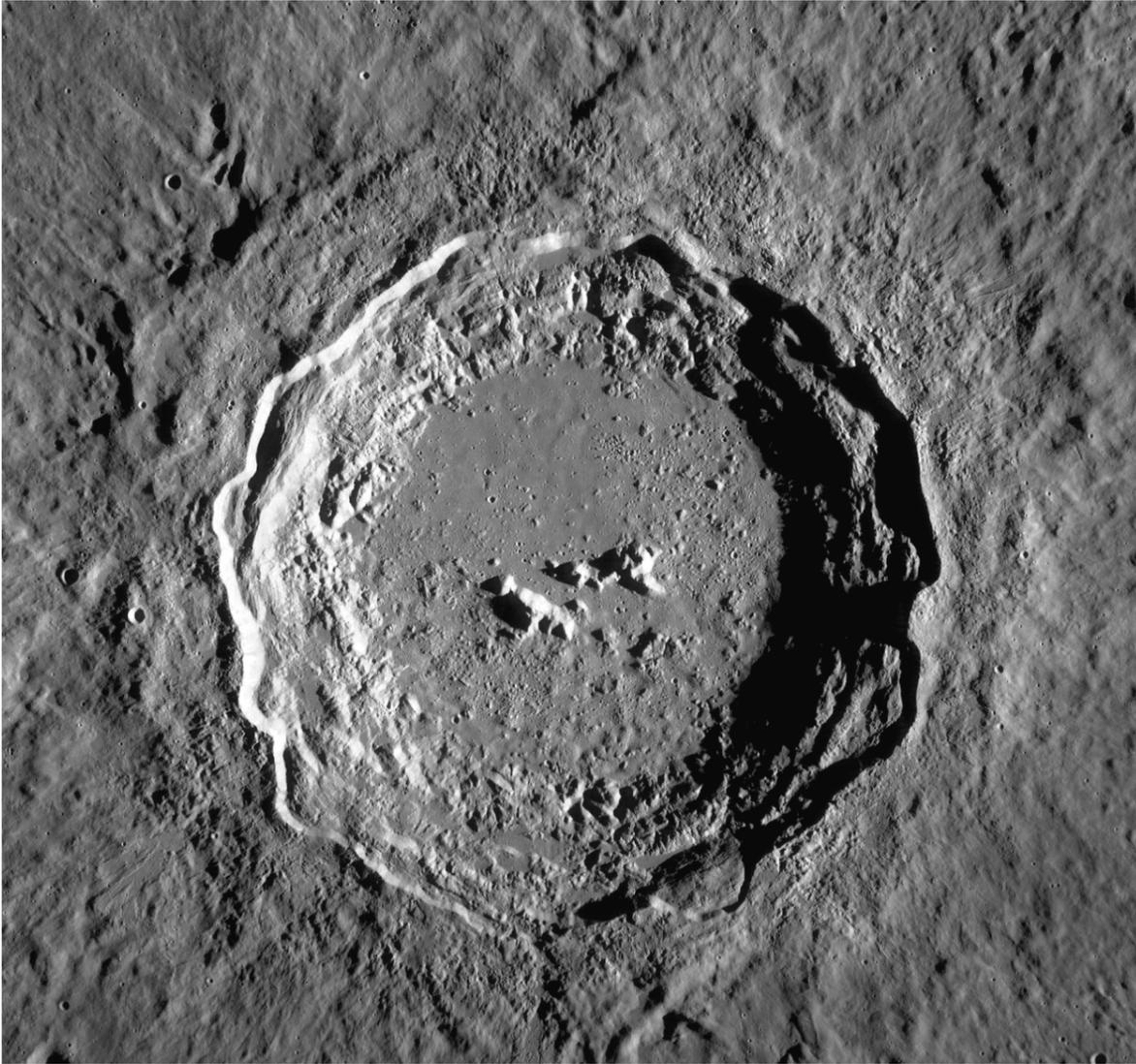
Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgröße |

Aufgaben:

1.) Beschreibe kurz den Kopernikus-Krater!

2.) Beschreiben Sie ein Freihandexperiment zur Kraterbildung! Erzähle etwas über den Vater der Impakttheorie!



Kopernikus-Krater auf dem Mond (Fotomosaik des Lunar Reconnaissance Orbiters). Die dargestellte Fläche beträgt 150×150 km. © NASA (image by Lunar Reconnaissance Orbiter) - JMARS, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38171301>.



Alfred Wegener (1880-1930), der Vater der Kontinentalverschiebungstheorie, gilt auch als Pionier der experimentellen Kraterforschung. Im Winter 1918 - 1919 führte er am Physikalischen Institut Marburg systematische Versuche zur Kraterbildung durch. Er verwendete Zementpulver, das in kompakter Form auf eine mit Zementpulver bedeckte Unterlage geschleudert wurde.

Wegener kam danach zu der wenig akzeptierten Meinung, dass die Mondkrater durch den Einschlag von Körpern verursacht wurden. Seine Theorie basierte auf Formähnlichkeiten zwischen beobachteten und den experimentell erzeugten Kratern (siehe Mott T. Greene: Alfred Wegener, John Hopkins University Press, 2015 und Alfred Wegener: 1921, Monographie: "Der Ursprung des Mondkraters").

[https://es.wikipedia.org/wiki/Copernicus_\(cr%C3%A1ter\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Copernicus_(cr%C3%A1ter))

[https://de.wikipedia.org/wiki/Copernicus_\(Mondkrater\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Copernicus_(Mondkrater))

Kopernikus ist ein Krater, der nach dem Astronomen Nikolaus Kopernikus benannt wurde und sich im Osten des Oceanus Procellarum befindet. Es gehört zu der Art von Kratern, die während der Kopernikanischen Zeit mit einem markanten System von radialen Strahlen gebildet wurden.



Krater-Charakteristik

Kopernikus kann schon mit einem Fernglas gesehen werden. Er liegt etwas nordwestlich des von der Erde aus sichtbaren Mittelpunkts der Mondscheibe. Im Süden des Kraters befindet sich das Mare Insularum und im Südwesten der Reinhold-Krater. Nördlich von Kopernikus liegen die Karpaten, die sich am südlichen Ende des Mare Imbrium befinden, westlich von ihm liegt eine Gruppe von verstreuten Mondhügeln. Aufgrund seiner relativen Jugend ist der Krater Kopernikus noch relativ intakt geblieben.

Kopernikus ist ein großer Mondkrater vom Typus Ringgebirge. Der Kraterwall ist deutlich terrassenförmig gegliedert und wenig erodiert. Während der Kraterboden etwa 3800 m tiefer als die Wallkämme liegt, überragen diese die umgebende Ebene nur etwa 900 Meter.

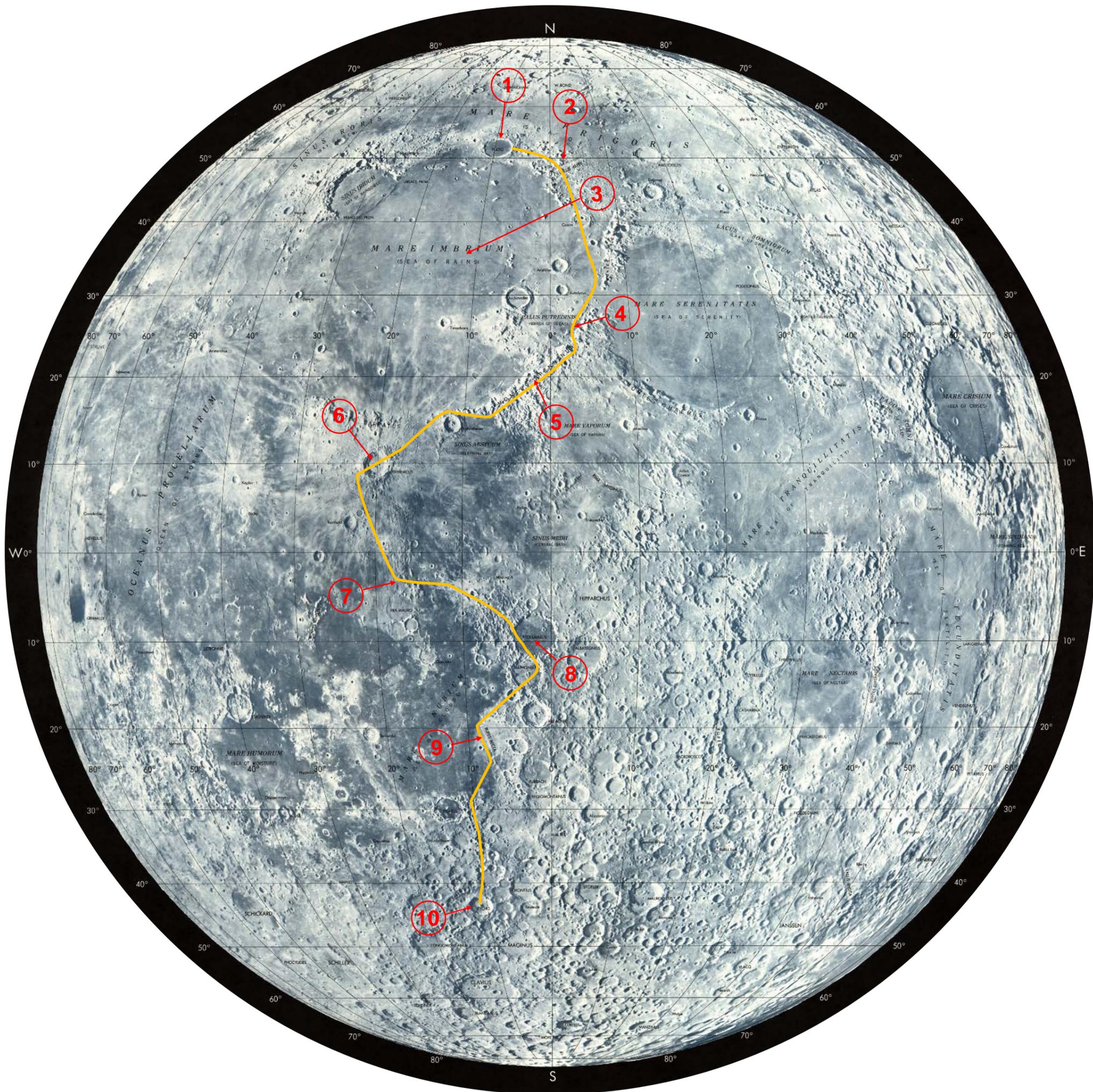
Höchstwahrscheinlich wurde der Kraterboden aufgrund seiner späten Bildung nicht von Lavaströmen überflutet. Die Oberfläche des Kraterbodens ist in der südlichen Hälfte hügelig, während der Norden relativ glatt ist. Die Zentralberge bestehen aus drei isolierten Bergen, die sich bis zu 1,2 km über dem Boden erheben. Infrarotbeobachtungen dieser Peaks während der 1980er Jahre ergaben, dass sie hauptsächlich aus Silikaten in Form von Olivin bestanden.

Das radiale Strahlensystem des Kraters erstreckt sich bis zu 800 Kilometer durch die umgebenden Maria und dringt sogar in die Krater Aristarchus und Kepler ein. Die Strahlen sind jedoch weniger ausgeprägt als die langen, linearen Strahlen, die vom Tycho-Krater ausgehen. An mehreren Stellen haben die Strahlen Richtungen, die deutlich vom Radialmuster abweichen. Man kann auch kleinere Sekundärkrater um Kopernikus beobachten, die sich zum Teil kettenförmig anordnen.

1966 wurde der Krater vom Lunar Orbiter 2 unter einem schrägen Winkel fotografiert. Es entstand ein Bild, welches vom NASA-Wissenschaftler Martin Swetnick und später vom Time Magazine als „eines der großen Fotografien des Jahrhunderts“ bezeichnet wurde.

Die Apollo 12-Mission landete südlich von Kopernikus auf dem Basaltgrund des Oceanus Procellarum in einem Gebiet, von dem angenommen wurde, dass es sich auf dem Weg eines der Kraterstrahlen befindet. Die Wissenschaftler hofften, dass die Veränderung des Bodens durch die kosmische Strahlung zur Bestimmung des Alters des Kraters beitragen würde. Das geschätzte Alter für die Kraterbildung lag bei etwa 800 Millionen Jahren, die Ergebnisse waren aber nicht schlüssig. Kopernikus war als möglicher Landeplatz für die später abgesagte Apollo 20-Mission vorgesehen.

Entdeckungstour auf dem Mond

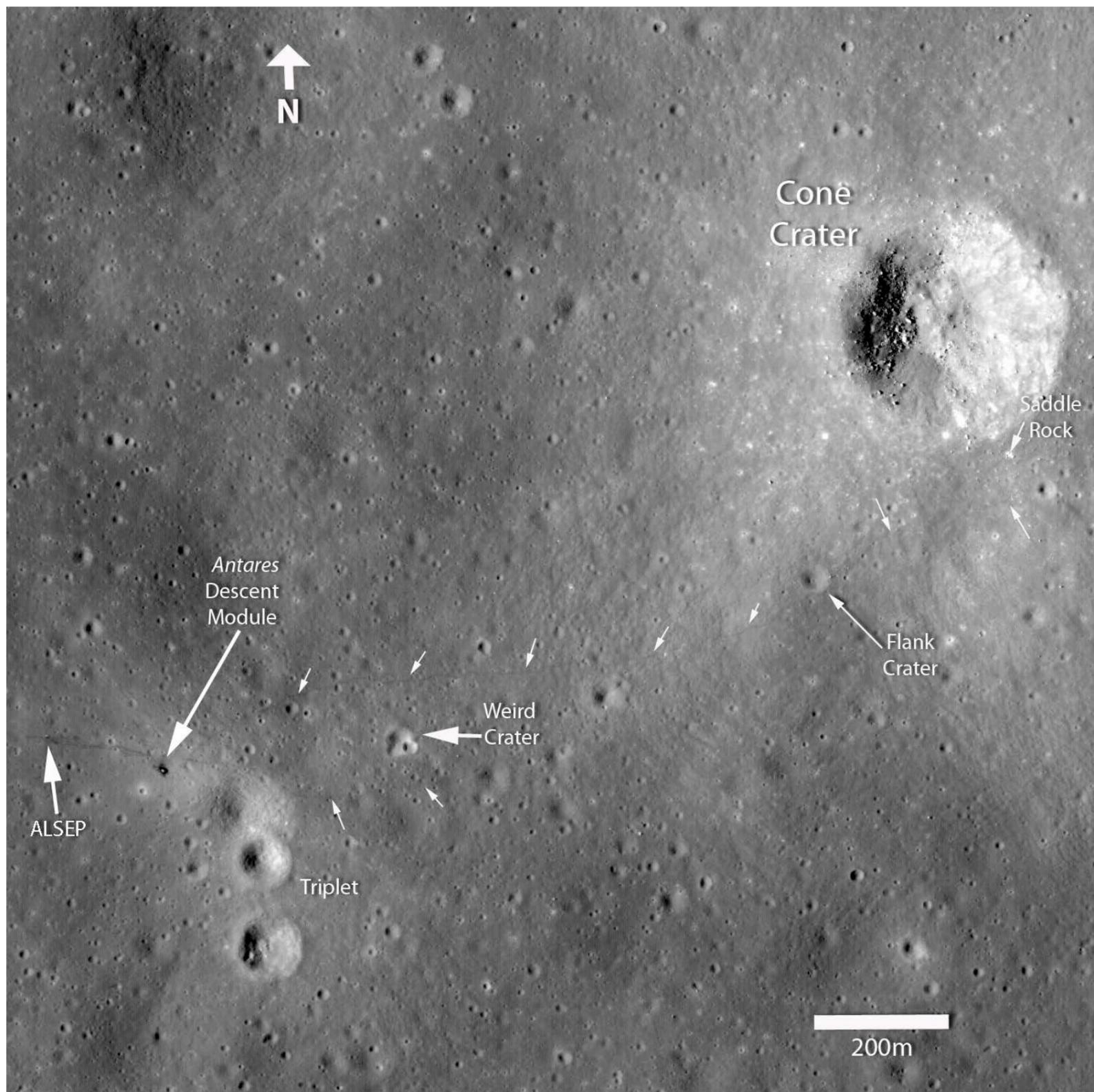


Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgöße |

Aufgaben:

- 1.) Das folgende Foto zeigt die 1,5 × 1,5 km große Region der Apollo-14-Landestelle. Welche Merkmale des Landeplatzes können heutzutage durch ein besser aufgelöstes Foto identifiziert werden?
- 2.) Welche Koordinaten hat der Landeort von Apollo 14 auf dem Fra Mauro-Plateau? Was können Sie im Bild unten sehen?



Hochauflösendes Bild der Landregion von Apollo 14, aufgenommen 2011 vom Lunar Reconnaissance Orbiter. © NASA / GSFC / Arizona State University.

https://es.wikipedia.org/wiki/Apollo_14

Apollo 14 war die achte bemannte Mission des Apollo-Programms (offiziell AS-509 genannt), die am 31. Januar 1971 mit einer Rakete des Typs Saturn V in Richtung Mond gestartet wurde.

Die Besatzungsmitglieder Alan B. Shepard und Edgar D. Mitchell landeten mit der Landefähre „Antares“ in der Gegend von Fra Mauro bei 3,7 ° S und 17,5 ° W. Stuart A. Roosa mit dem Servicemodul „Kitty Hawk“ im Mondorbit.

Während ihrer zwei Exkursionen auf der Mondoberfläche (Dauer: 5 und 4,4 Stunden, insgesamt 33,5 Stunden Aufenthaltsdauer auf dem Mond) installierten Shepard und Mitchell eine wissenschaftliche Station namens ALSEP und sammelten 43 kg Gesteinsmaterial unter Verwendung eines antriebslosen Handwagens.

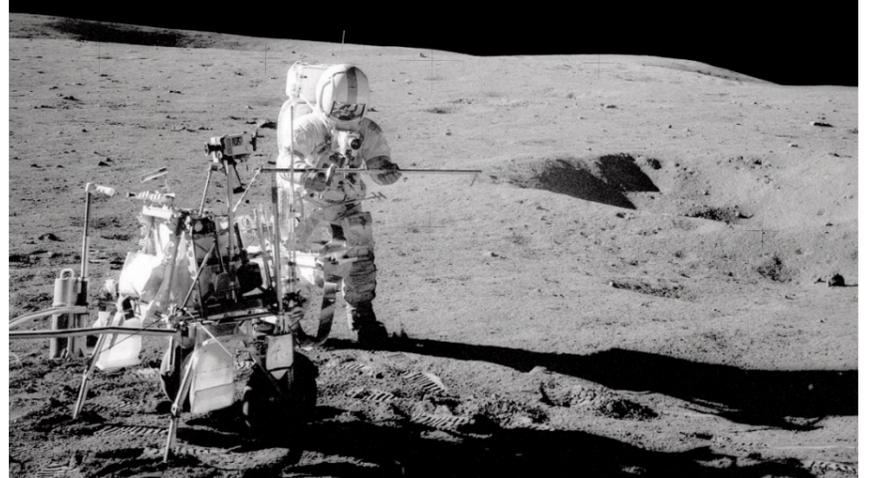
Um die Eigenschaften des Inneren des Mondes zu untersuchen, wurde die 14 t schwere dritte Stufe der Saturn-Rakete auf den Mond gelenkt, so dass die Erschütterungen durch den Aufprall von den Seismometern, die von den verschiedenen Apollo-Missionen dort zurückgelassen wurden, aufgezeichnet werden konnten.

Während des Rückflugs führten die Astronauten mehrere Versuche mit Gemischen im Vakuum durch, wobei neue, zuvor nicht existierende Verbindungen erhalten wurden.

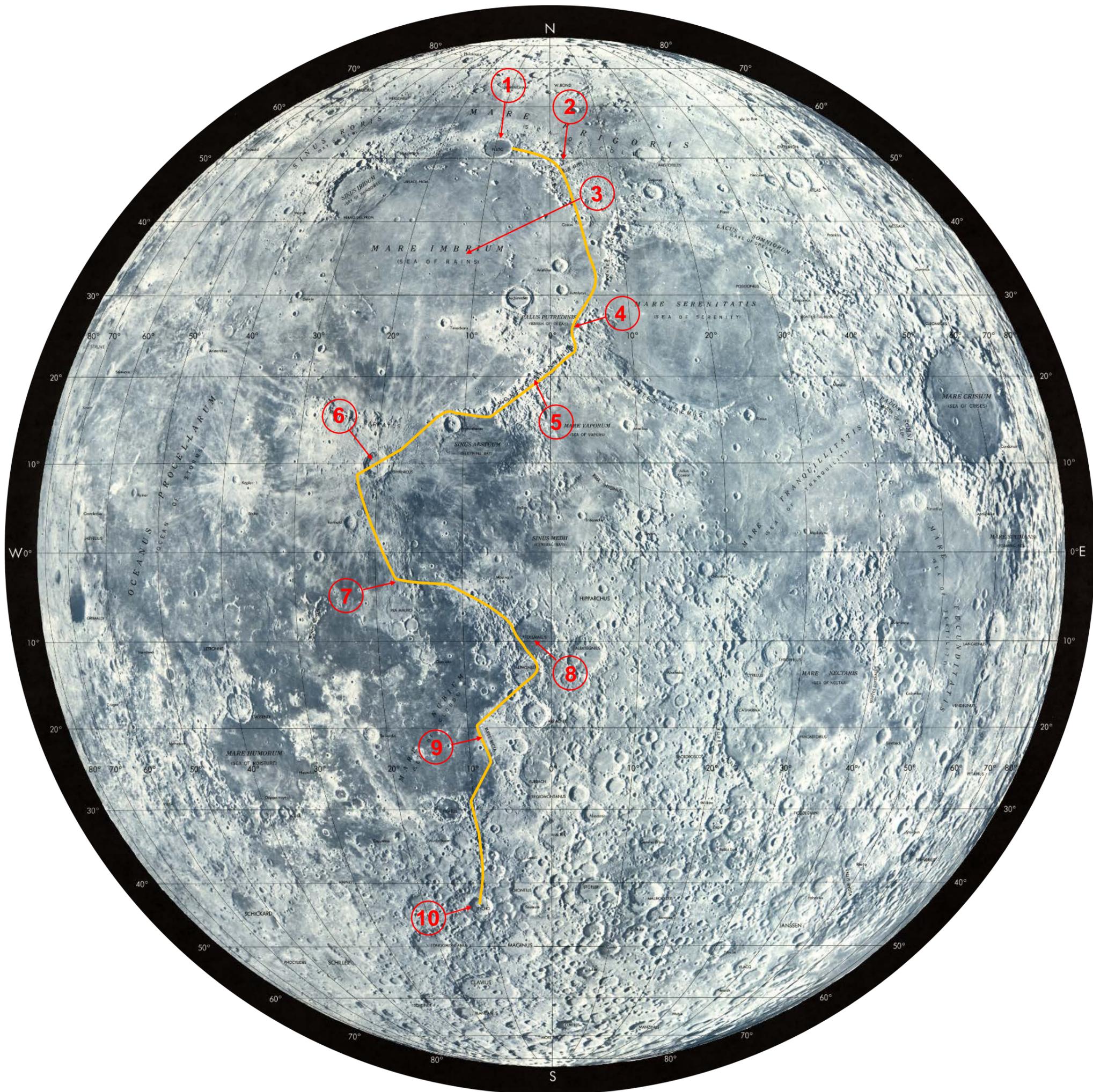
Die Mission endete am 9. Februar nach insgesamt 34 Mondumlaufbahnen und 216 Stunden, 1 Minute und 56 Sekunden Flugzeit.

Vor Beginn der Mission hatten die Astronauten im August 1970 im Nördlinger Ries ein Feldtraining absolviert, da die vielen Steinbrüche in diesem Gebiet und das dort vorkommende Suevit-Gestein der Oberfläche des Mondes sehr ähnlich sind.

Apollo 14-Astronaut Alan Shepard neben dem Modular Equipment Transporter (MET). Damit wurden Kameras, Werkzeuge sowie weitere Hilfsmittel und Materialproben von der Mondoberfläche transportiert.
© NASA Edgar Mitchell - Great Images in NASA Description, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6449845>.



Entdeckungstour auf dem Mond

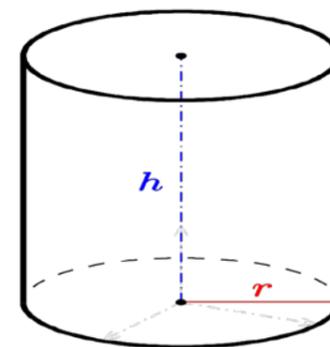


Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgroße |

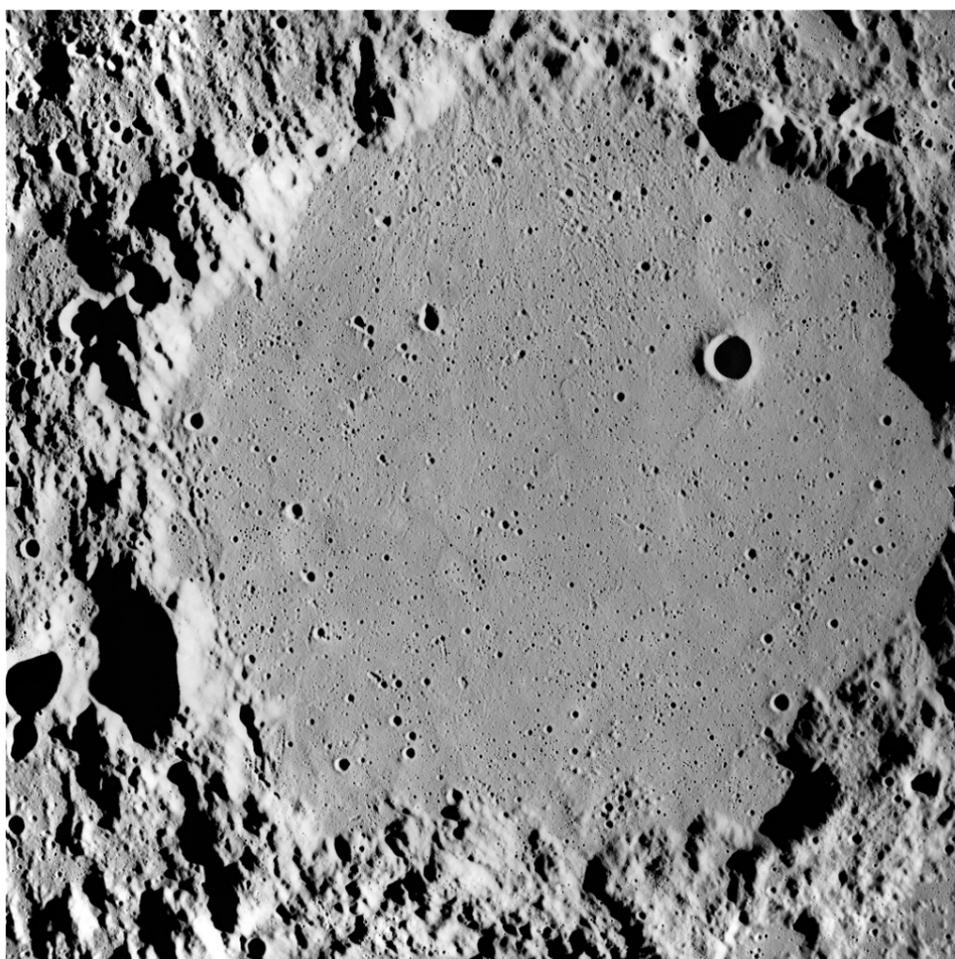
Aufgaben:

- 1.) **Vergleiche die beiden Mondkrater Ptolemaeus und Alphonsus!**
Welche Details lassen in diesen Kratern ausmachen?
- 2.) **Berechne das Volumen des Kraters aus dem Durchmesser und der Tiefe und vergleiche es mit dem Volumen des Titicacasees (ca. 900 km³)!**
Der Krater wird dazu als Kreiszyylinder betrachtet, dessen Höhe der Höhe Kraterwände über dem Kraterboden entspricht. Verwende die Mondhöhenkarte!



© Ag2gach - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44944786>

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$



Mondkrater Ptolemäus, aufgenommen von Apollo 16. © Lunar & Planetary Institute, <http://www.lpi.usra.edu/resources/apollo/frame/?AS16-M-0990>
Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=552100>.

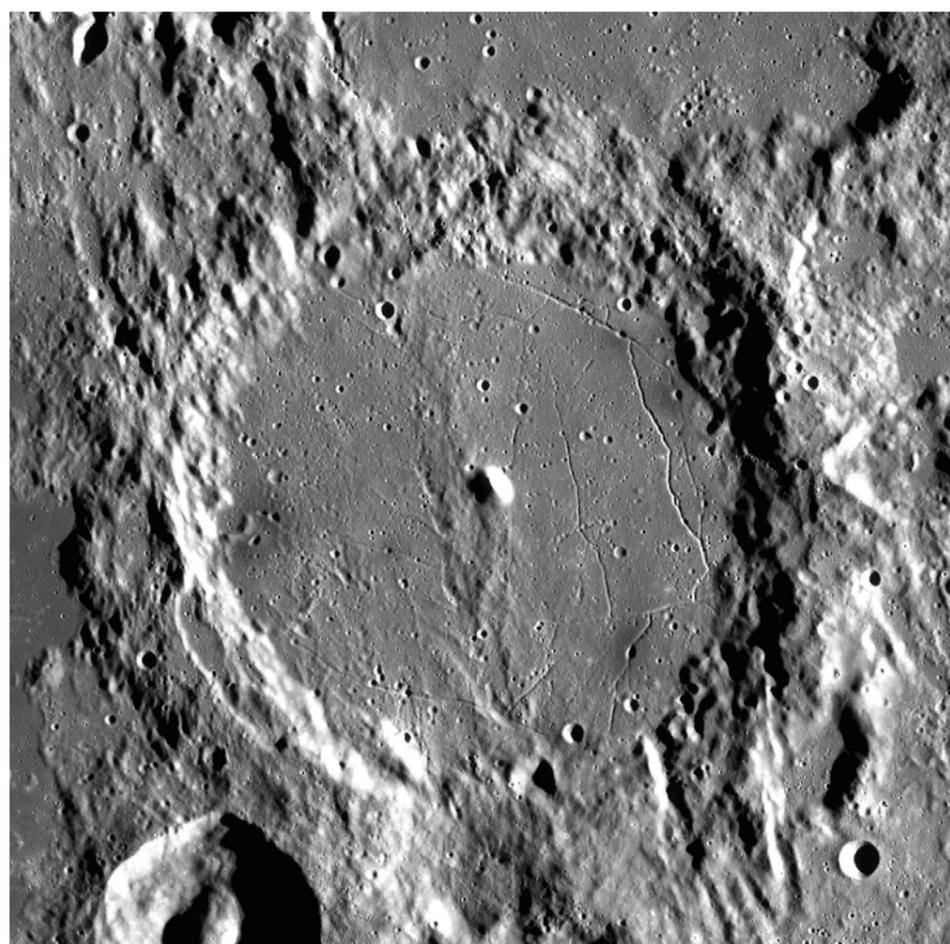


Bild des Mondkraters Alfonso als Mosaik von Bildern des Lunar Reconnaissance Orbiters. Die abgebildete Region hat eine Größe von 170 × 170 km.
© NASA (image by Lunar Reconnaissance Orbiter) - JMARS, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45822635>.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ptolemaeus_\(cr%C3%A1ter\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ptolemaeus_(cr%C3%A1ter))

Ptolemaeus ist ein alter Einschlagskrater in der Nähe der Mitte der sichtbaren Mondhalbkugel, benannt nach Claudius Ptolemäus (ca. 100 – 160), einem griechisch-römischen Philosophen, Mathematiker, Astronomen und Geographen.

Der Krater Ptolemaeus bildet zusammen mit den Mondkratern Alphonsus und Arzachel eine auffällige Struktur in der Mitte der Mondscheibe.

Ptolemaeus ist gut sichtbar, wenn die Sonne ihn im ersten und letzten Drittel des Mondes unter niedrigen Winkeln beleuchtet. Bei Vollmond (Sonne fast senkrecht) sind die Konturen des Kraters schwer zu erkennen.

Der Krater hat einen niedrigen und unregelmäßig geformten Wall, der durch mehrere kleinere Krater unterbrochen wird. Der Rand hat eine grob polygonale Form. Der größte der Gipfel des Kraterwalls, Ptolemaeus Gamma (γ), hat eine Höhe von 2,9 Kilometern und liegt am nordwestlichen Teil. Der Krater hat keinen Zentralberg, sein Boden ist von Lava überflutet. Diese Krater werden aufgrund ihrer Ähnlichkeit mit den Maria auch als Wallebenen klassifiziert.

Am Boden von Ptolemaeus fallen mehrere Geisterkrater auf - von Lava überdeckte bereits vorhandene Krater. An der Stelle, an der sich der Rand befand, bleibt nur eine geringfügige Erhebung zurück. Es gibt auch mehrere kleinere Krater im Inneren, wie Ammonius im Nordostquadranten.

Auf beiden Seiten dieses Kraters erscheinen lineare und unregelmäßige Vertiefungen auf der Mondoberfläche, die einem Tal ähneln. Diese Merkmale sind ungefähr parallel zueinander und zeigen aus Richtung des Mare Imbrium nach Nord-Nordwesten.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Alphonsus>

Der Mondkrater Alphonsus befindet sich bei den Koordinaten 13,4° S und 2,8° W und hat einen Durchmesser von 119 Kilometern und eine Tiefe von 2,7 Kilometern. Sein Namensgeber verweist auf das Interesse des Königs von Kastilien Alfons X. des Weisen an der Astronomie.

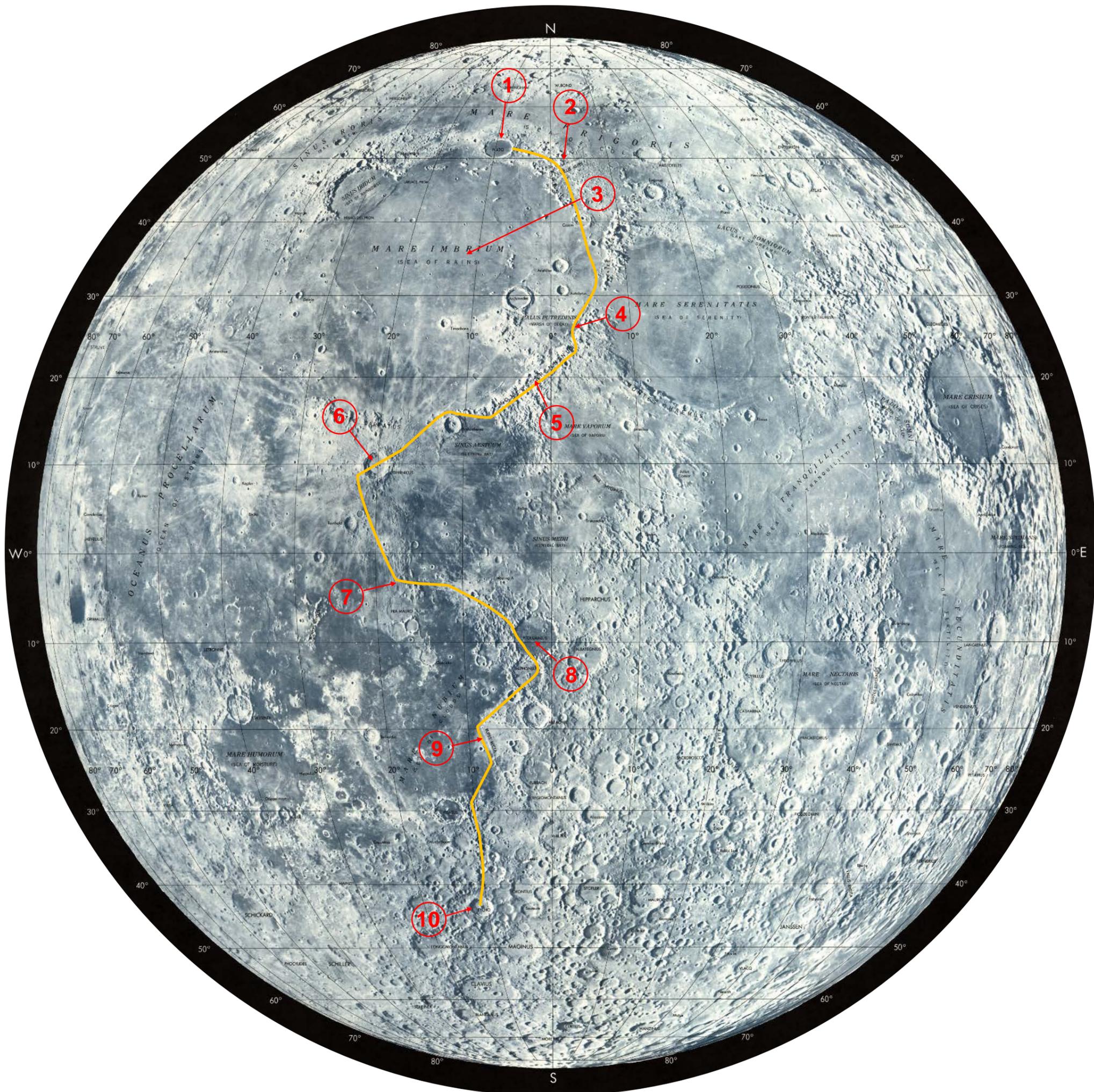
Geologische Aspekte: Der Boden von Alphonsus ist bemerkenswert flach und mit kleinen Kratern bedeckt. Er hat einen Zentralberg und ist durchzogen von einem langen Riss, der fast parallel zur Ostwand verläuft. Das geologisch wichtigste Merkmal von Alphonsus sind jedoch mehrere dunkle Flecken, die durch pyroklastische Ablagerungen gebildet werden.

Beschreibung: Der Kraterwand von Alphonsus ist leicht deformiert und hat eine leicht sechseckige Form.

Eine durch Auswurfablagerungen gebildete Hügelstrecke teilt den Kraterboden in zwei Teile und schließt den ausgeprägten zentralen Peak mit ein, der Alphonsus Alpha (α) genannt wird. Dieser erhebt sich 1,5 km über dem Kraterboden. Er ist nicht vulkanischen Ursprungs, sondern wird wie das Mondhochland durch Anortosit gebildet.

Der Boden wird durch ein System von Rissen durchzogen und enthält drei kleinere Krater, die von einem dunkler erscheinenden Material umgeben sind („Halokrater“). Einige Forscher glauben, dass sie vulkanischen Ursprungs sind, andere glauben jedoch, dass sie durch Einschläge verursacht wurden, bei denen das dunkelste Material aus dem Meer unter dem helleren Mond-Regolith ausgeworfen wurde.

Entdeckungstour auf dem Mond



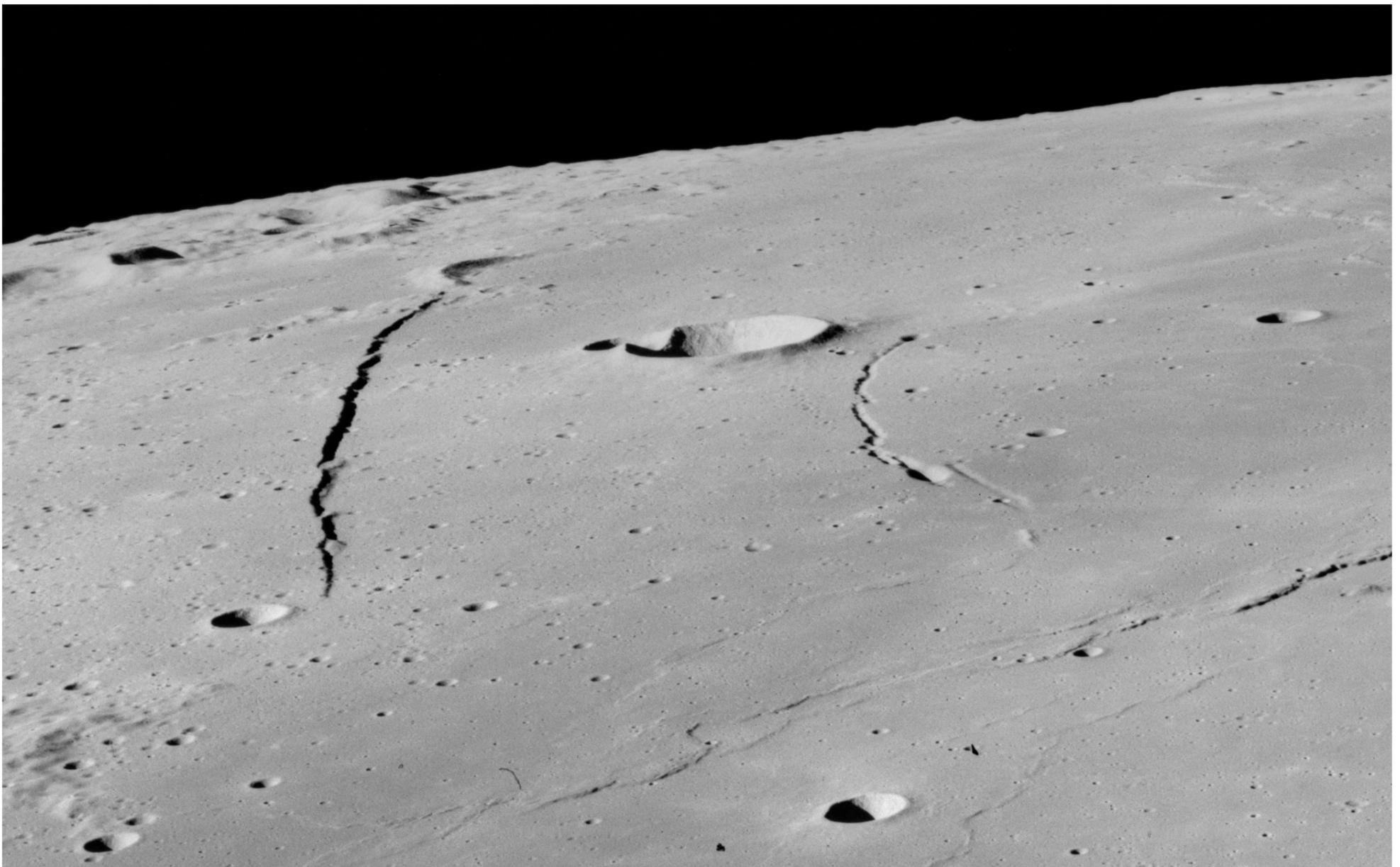
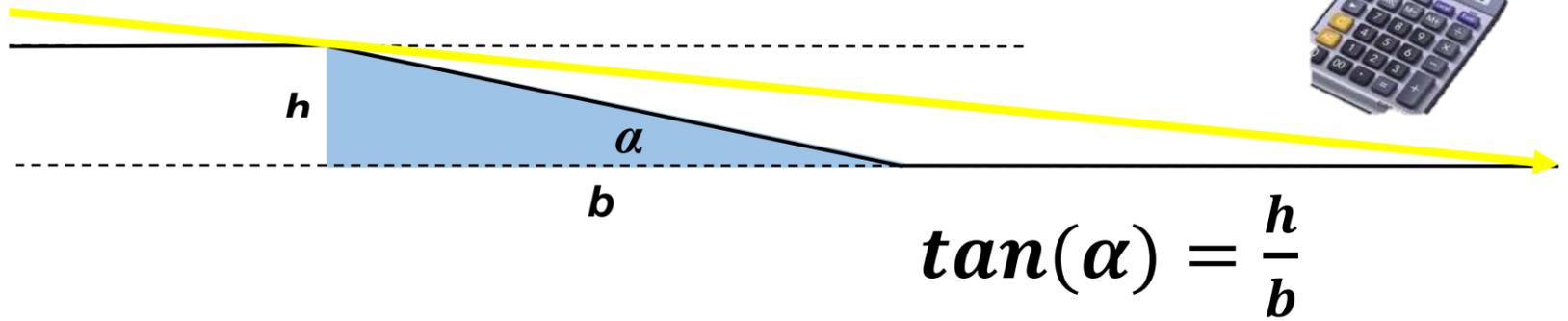
Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgroße |

Aufgaben:

- 1.) Die Höhendaten zeigen, dass es sich bei den Rupes recta um einen Geländeabhang handelt, der von 300 m auf 240 m abfällt und 2-3 km breit ist. Wie steil ist dieser Abhang?
- 2.) Wie viel Prozent beträgt die Steigung? Könntest du den Hügel mit dem Fahrrad erklimmen?
- 3.) Zeichne ein Profilbild! In erster Näherung wird angenommen, dass die Höhe gleichmäßig (linear) abfällt.

Sonnenlicht



By James Stuby based on NASA image - Arizona State University, Apollo Browse GalleryAS16: Mapping (Metric) CameraAS16-M-2486, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=49207803>.

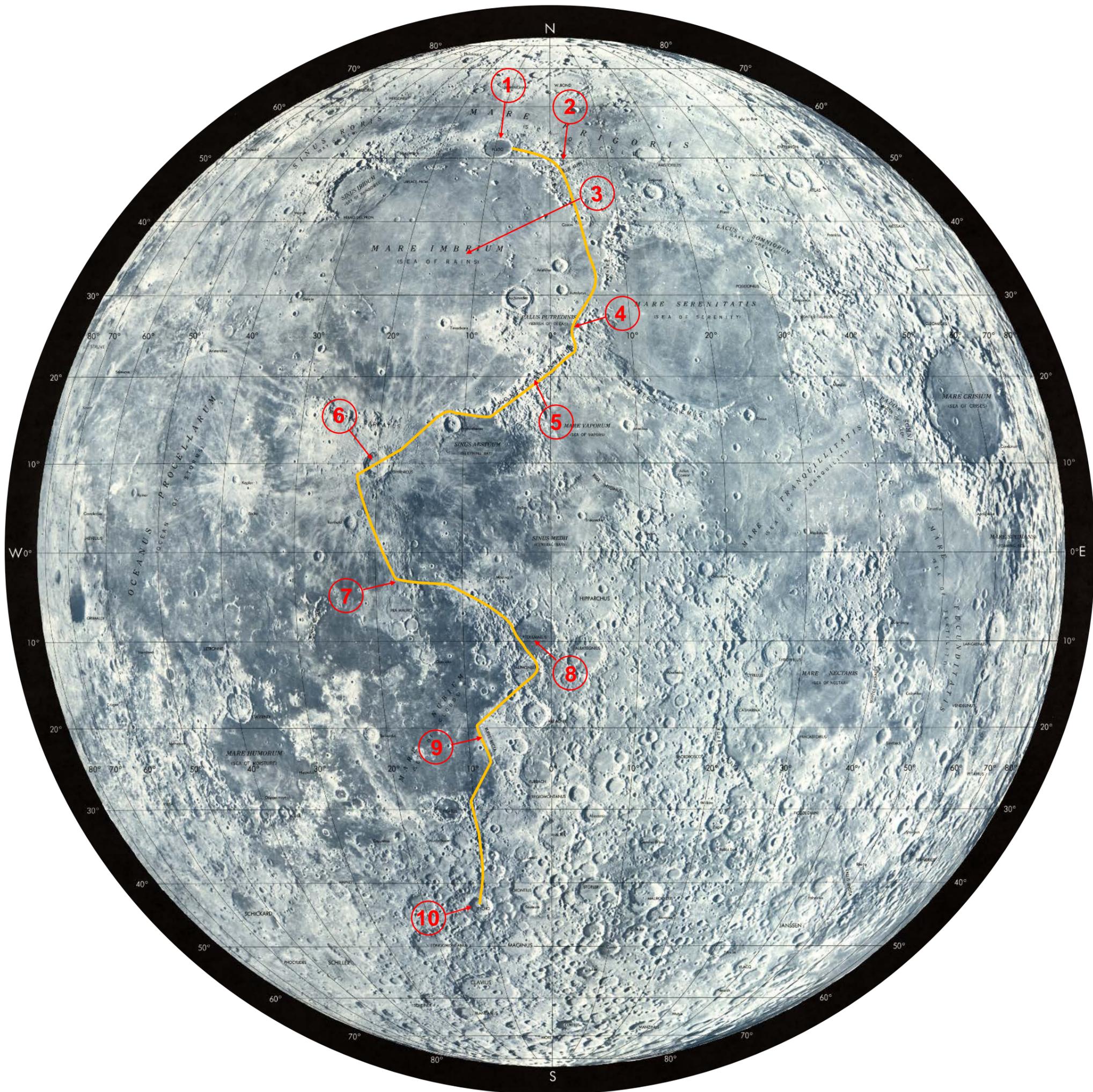
https://es.wikipedia.org/wiki/Rupes_Recta

Rupes recta ist eine Verwerfung auf der Mondoberfläche. Sie befindet sich auf der südlichen Hemisphäre im südöstlichen Teil des Mare Nubium bei 22,1° S und 7,8° O. Rupes recta stellt eine der auffälligsten Höhenstufen des Mondes dar und wird durch Mondbeobachter häufig angeschaut.

Eine Idee, mit der die Mondgeologen aber nicht einverstanden sind, ist, dass es sich um den Rand eines großen Kraters handelt, der durch die Lava aus dem Mare Nubium gefüllt wurde.

Wenn die Sonne die Rupes recta unter einem schrägen Winkel beleuchtet, wirft sie einen breiten Schatten, der ihr das Aussehen eines Abgrunds verleiht. Die Verwerfung hat eine Länge von 110 km, eine durchschnittliche Breite von 2-3 km und eine Höhe von 240-300 m. Auch wenn es anders aussieht, die Neigung ist relativ gering. Westlich der Verwerfung (im Bild oben: links) befindet sich der Birt-Krater mit einem Durchmesser von ca. 16,9 km. Auch im Westen ist die Rima Birt Schuld. Am südlichen Ende (im obigen Bild: oben) befindet sich eine Gruppe von Bergen, die oft als „Hirschhornberge“ bezeichnet werden, obwohl dieser Name von der IAU nicht offiziell anerkannt wird. Im Nordosten befindet sich der Alpetragius-Krater und im Osten der Krater Thebit.

Entdeckungstour auf dem Mond

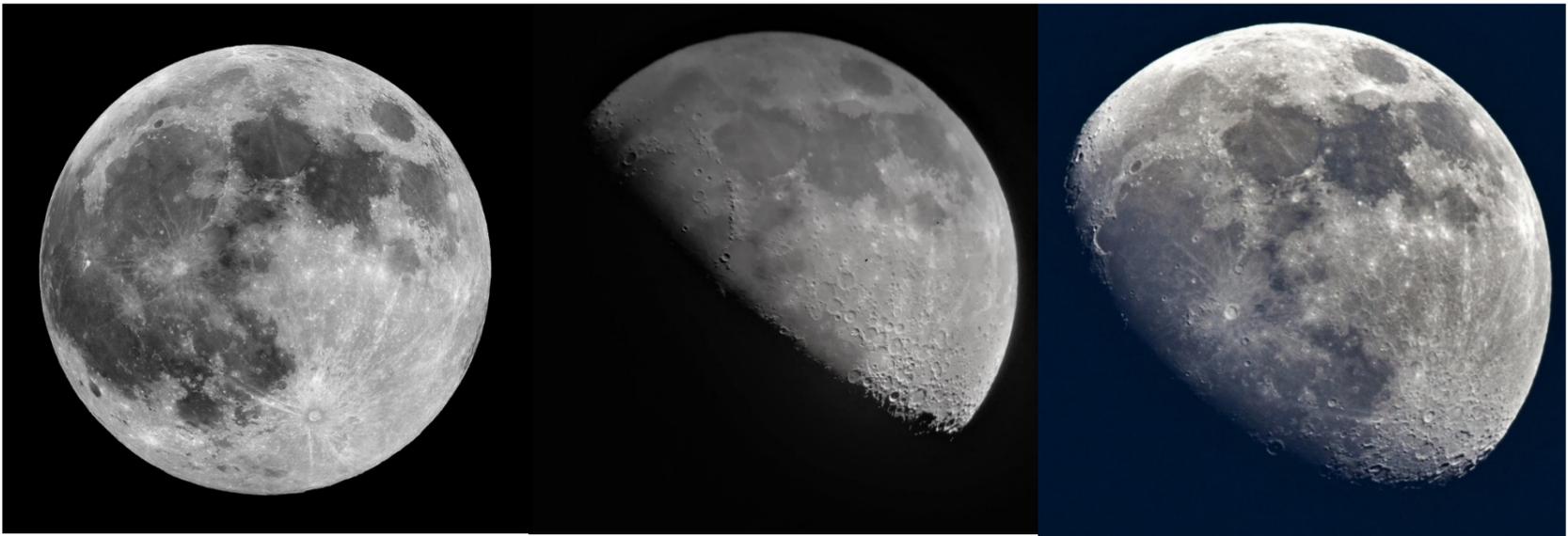


Der Weg und die Themen

- | | |
|--|--|
| Station 1: Krater Plato | → unterschiedlich starke diffuse Reflexion |
| Station 2: Mondalpen | → Grabenbruch |
| Station 3: Mare Imbrium | → Einschlag eines Asteroiden |
| Station 4: Landeort von Apollo 15 | → Landestelle |
| Station 5: Apenninen und Mons Huygens | → Berge auf dem Mond |
| Station 6: Strahlenkrater Kopernikus | → Kraterentstehung nach Alfred Wegener |
| Station 7: Landeort von Apollo 14 | → Landestelle |
| Station 8: Krater Ptolemäus und Alphonsus | → Kratervolumen |
| Station 9: Rupes recta (gerade Furche) | → Geländeanstieg |
| Station 10: Strahlenkrater Tycho | → Kraterprofil, Impaktorgröße |

Aufgaben:

- 1.) Der Tycho-Krater ist tief und zeigt ein sehr auffälliges (helles) und ausgedehntes Strahlensystem. Finde den Tycho-Krater auf den Fotos unten! Wann kann man das Strahlensystem gut sehen?

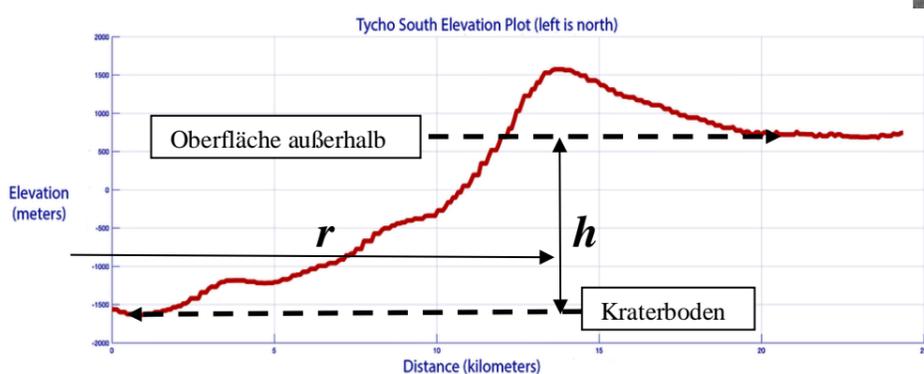
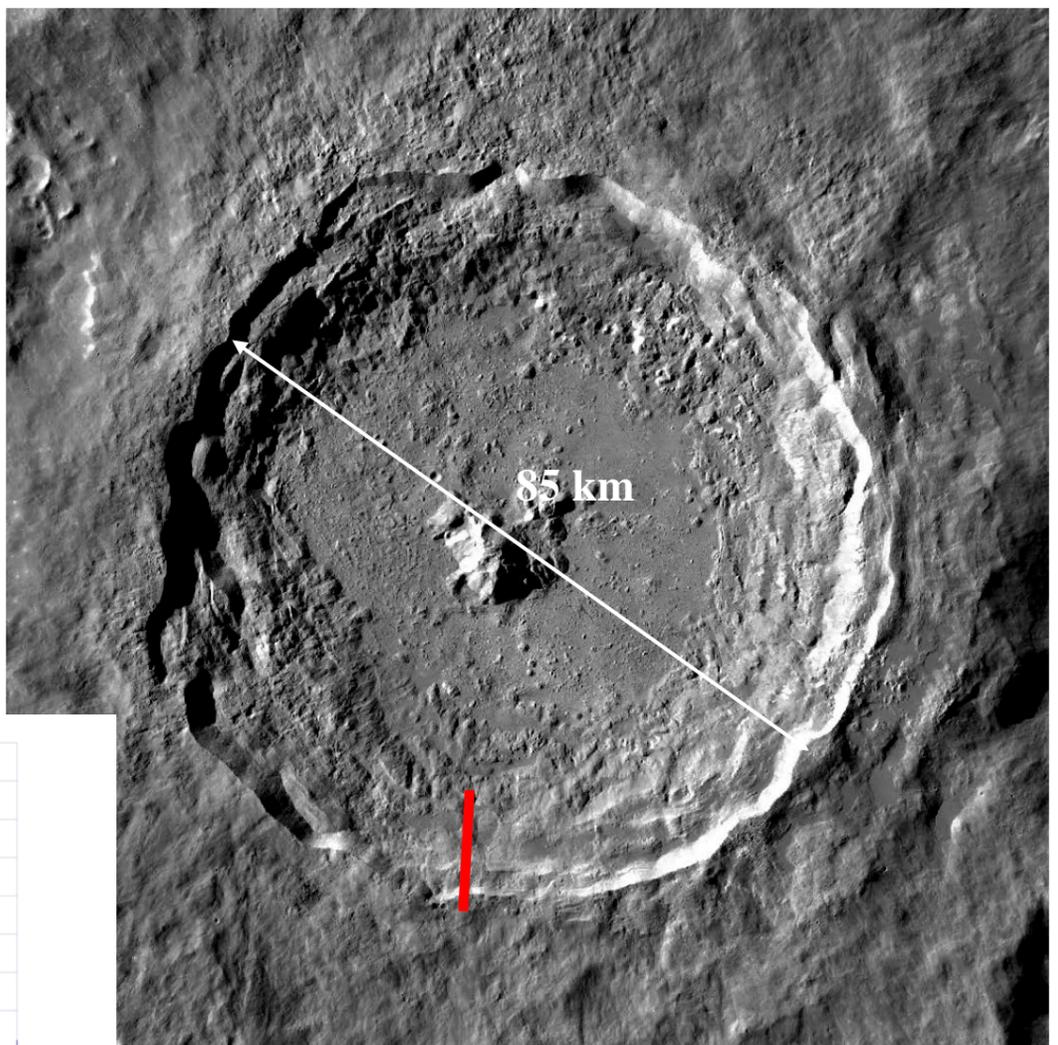


Vollmond. © Torsten Edelmann (wonderplanets.de) - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1700162>.
Zunehmender Mond, ca. 50 %. © Photo by Mario Azzi on Unsplash.
Zunehmender Mond, ca. 60 %. © DanielZanetti - Eigenes Werk, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14965392>

- 2.) Die Abbildung unten zeigt das Höhenprofil entlang der im Bild rot markierten Linie. Ermittle die Höhen des Kraterbodens und der umgebenden Mondoberfläche!

Bestimme nun die Masse des beim Aufprall ausgestoßenen Mondmaterials (angenommene Dichte: 3 g / cm^3)! Betrachte das Volumen des Kraters als Kreiszyylinder mit der Höhe h und dem Radius r .

$$M = V \cdot \rho = A \cdot h \cdot \rho = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho$$



[https://es.wikipedia.org/wiki/Tycho_\(crater\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Tycho_(crater))

Tycho ist ein prominenter Einschlagskrater, der sich im südlichen Teil der erhöhten Mondgebiete befindet und nach Tycho Brahe (1546-1601) benannt ist. Im Süden von Tycho befindet sich der Krater Straße, im Osten ist Pictet und nach Nordnordosten ist Sasserides.

Die Mondoberfläche rund um Tycho ist voll von Kratern unterschiedlicher Größe, von denen viele sogar ältere überlappen. Einige der kleineren sind Sekundärkrater, die aus Materialien bestehen, die durch den Auswurf des Tycho-Kraters entstanden sind.

Tycho ist der jüngste Krater unter den großen Einschlagskratern auf der sichtbaren Seite des Mondes. Das geschätzte Alter beträgt 108 Millionen Jahre nach der Datierung von Proben, die von der Apollo-16-Mission mitgebracht wurden. Mit 70 % Wahrscheinlichkeit entstand Tycho durch den Einschlag eines Trümmerobjekts, welches nach dem Zusammenstoß des Asteroiden Baptistina (damals ca. 170 km, heute 21 km groß) mit einem anderen Asteroiden vor ca. 160 Mio Jahren entstand.

Der Krater hat einen gut erkennbaren terrasierten Kraterwall. Der Kraterboden zeichnet sich durch eine hohe Albedo aus. Der Krater ist von einem markanten System radialer Strahlen umgeben, von denen einige bis zu 1.500 km lang sind. Tycho gilt aufgrund seiner auffälligen Strahlen als Teil der kopernikanischen Zeit.

Das Gebiet rund um den Krater mit einer Breite von mehr als 100 km hat eine geringere Albedo als der Innenraum. Zudem sind dort keine Strahlen zu sehen. Dieser dunkle Ring wurde möglicherweise aus Mineralien, die beim Aufpralls ausgeworfen wurden, gebildet.