

Mond

Der **Mond** (mittelhochdeutsch *mâne*,^[2] lateinisch *luna*) ist der einzige natürliche Satellit der Erde. Sein Name ist etymologisch verwandt mit *Monat*. Weil die Trabanten anderer Planeten des Sonnensystems im übertragenen Sinn meist ebenfalls als Monde bezeichnet werden, spricht man zur Vermeidung von Verwechslungen mitunter vom **Erdmond**. Er ist mit einem Durchmesser von 3476 km der fünfgrößte bekannte Mond des Sonnensystems und gegenüber seinem Zentralkörper Erde außergewöhnlich groß (über ein Viertel des Erddurchmessers).

Weil der Mond die Erde in einem mittleren Abstand von nur rund 384.400 Kilometern umkreist (siehe Bahngestalt: etwa 30 Erddurchmesser), ist er bisher der einzige fremde Himmelskörper, den Menschen betreten haben, und auch der am besten erforschte. Trotzdem gibt es noch viele Unklarheiten, etwa in Bezug auf seine Entstehung und manche Geländeformen. Seine jüngere Entwicklung ist jedoch weitgehend geklärt.

Sein astronomisches Symbol ☾ ist die nach rechts offene (abnehmende) Mondsichel, wie sie als Mondphase von der Nordhalbkugel der Erde aus gesehen im Letzten Viertel erscheint.

Inhaltsverzeichnis

Etymologie

Umlaufbahn

- Scheinbare Bewegung
- Bahngestalt
- Bahnperiode
- Mondphasen
- Mondalter
- Finsternisse
 - Mondfinsternis
 - Sonnenfinsternis
 - Sarosperiode
- Vergrößerung der Umlaufbahn
- Rotation und Libration

Physikalische Eigenschaften

- Gestalt
- Atmosphäre
- Oberflächentemperatur
- Masse
- Magnetfeld des Mondes
 - Allgemeines
 - Lokale Magnetfelder
 - Interaktion mit dem Sonnenwind
 - Magcons

Geologie des Mondes

- Entstehung des Mondes
- Innerer Aufbau
 - Überblick
 - Mondbeben
 - Massenkonzentrationen
- Regolith
- Wasser

Oberflächenstrukturen

- Größe und Gliederungen
- Maria
 - Täler, Berge, Meere*
 - Irregular Mare Patches
- Terrae
- Krater
- Rillen
- Gruben oder Löcher
- Mondrückseite
- Mondvorderseite

Einflüsse auf die Erde

- Wie es dazu kommt
- Einfluss auf Lebewesen
- Astrologie

Atmosphärische Erscheinungen

[Mondhof und Mondhalo](#)
[Mondregenbogen](#)
[Mondtäuschung und Mondsichelneigung](#)
[Brechungseffekte](#)

Geschichte der Mondbeobachtung

[Freiägige Beobachtung, Mondbahn und Finsternisse](#)
[Fernrohrbeobachtung, Mondkarten und Raumfahrt](#)
[Mythologische Anfänge](#)
[Kalenderrechnung](#)

Forschungsgeschichte

[Erdgebundene Erforschung](#)
[Erforschung mit ersten Raumfahrzeugen](#)
[Menschen auf dem Mond](#)
[Mondsonden seit den 1990er Jahren](#)

Geplante Erkundungsmissionen im 21. Jahrhundert

[Neue bemannte Mondprogramme](#)
[Geplante Mondsonden](#)

Eigentumsverhältnisse

Koorbitale Objekte und ein weiterer Erdtrabant

Trivia

[Mondkolonisation](#)
[Suche nach außerirdischer Intelligenz](#)
[Können irdische Mikroben ein längeres Verweilen auf dem Mond überleben?](#)

Literatur

Weblinks

Anmerkungen

Einzelnachweise

Etymologie

Die [gemeingermanische](#) Bezeichnung des Himmelskörpers ist im [Mittelhochdeutschen](#) *mān[e]* und im [Althochdeutschen](#) *māno*. Sie geht zurück auf die [grundsprachliche](#) Form **mēnōt-* „Mond; Mondwechsel, Monat“, von [grundsprachlich](#) **mē(n)s-*, ableitbar vom [Verbalstamm](#) **mē-* (der sich auch in [Deutsch](#) „messen“ und [Lateinisch](#) *mensis* „Monat“, ursprünglich „Mondmonat“, findet).^{[3][4][5]}

Umlaufbahn

Scheinbare Bewegung

Der [Mond](#) umkreist die [Erde](#) bezüglich der [Fixsterne](#) in durchschnittlich 27 Tagen, 7 Stunden und 43,7 Minuten. Er umläuft von [Westen](#) nach [Osten](#) die [Erde](#) im gleichen [Drehsinn](#), mit dem die [Erde](#) um ihre [Achse](#) rotiert. Er umkreist für einen irdischen Beobachter die [Erde](#) wegen ihrer viel schnelleren [Rotation](#) [scheinbar](#) an einem [Tag](#) – wie auch die [Sonne](#), die [Planeten](#) und die [Fixsterne](#) – und geht wie diese im [Osten](#) auf und im [Westen](#) unter. Der [Mond](#) bewegt sich vor dem [Hintergrund](#) der [Fixsterne](#) im [prograden](#) (*rechtläufigen*) [Drehsinn](#) der [Erdrotation](#), so dass sein [scheinbarer](#) [Erdumlauf](#) etwa 50 Minuten länger als 24 Stunden dauert. Dies addiert sich in einem [Monat](#) zu einem ganzen [Tag](#), da der [Mond](#) in dieser Zeit tatsächlich die [Erde](#) einmal umläuft.

Die [scheinbaren](#) [Bahnen](#) von [Mond](#) und [Sonne](#) liegen ähnlich, da die [Mondbahn](#) nur [geringfügig](#) (derzeit 5,2°) gegen die [Ekliptik](#) geneigt ist. Der [Mond](#) steht für einen [Beobachter](#) auf der [Nordhalbkugel](#) über 5,2° nördlich des [Wendekreises](#) (d. h. bei einer [geografischen](#) [Breite](#) über 28,6°) bei seinem [täglichen](#) [Höchststand](#) (*Kulmination*) immer im [Süden](#), für einen [Beobachter](#) auf der [Südhalbkugel](#) südlicher als −28,6° immer im [Norden](#) (für die [Sonne](#) beträgt der analoge [Winkel](#) 23,4° – die [Breite](#) der [Wendekreise](#)). Diese ±28,6° sind der [Maximalwert](#). Dieser Wert schwankt in einem 18-jährigen [Zyklus](#) zwischen dem [Minimum](#) 18,3° und dem [Maximum](#) 28,6°, weil die [Lage](#) der [Mondbahn](#) (bei fast konstanter [Bahnneigung](#) von 5,2°) langsam gegenüber der [Ekliptik](#) rotiert, was von der [Präzession](#) ([Kreiselbewegung](#)) der [Mondbahnebene](#) infolge der [Erdabplattung](#) von 0,3 % verursacht wird.

Die [scheinbare](#) [Größe](#) des [Mondes](#) aus [Erdsicht](#) schwankt [entfernungsabhängig](#) zwischen 29,4' und 33,5' um einen [Mittelwert](#) von knapp 32' ([Winkelminuten](#)), etwa 0,5°. Die [Größe](#) der [Sonnenscheibe](#) schwankt zwischen 31,5' bis 32,5' um einen [ähnlichen](#) [Mittelwert](#), da die im [Durchmesser](#) rund [vierhundertmal](#) größere [Sonne](#) ungefähr [vierhundertmal](#) weiter als der [Mond](#) entfernt ist. Bei geeigneter [Konstellation](#) kann der [Mond](#) daher die [Sonne](#) vollständig verdecken und eine [totale](#) [Sonnenfinsternis](#) auslösen.

Mond ☾	
	
Der Mond, von der Erde aus fotografiert (2006)	
Zentralkörper	Erde
Eigenschaften des Orbits ^[1]	
Große Halbachse	384.400 km
Exzentrizität	0,0549
Periapsis	363.300 km
Apoapsis	405.500 km
Bahnneigung zum Äquator des Zentralkörpers	(zur Ekliptik) 5,145°
Umlaufzeit	27,3217 d
Mittlere Orbitalgeschwindigkeit	1,022 km/s
Physikalische Eigenschaften ^[1]	
Albedo	0,12
Scheinbare Helligkeit	−12,74 (Vollmond) mag
Mittlerer Durchmesser	3474 km
Masse	7,346 · 10 ²² kg
Oberfläche	37.932.330 km ²
Mittlere Dichte	3,344 g/cm ³
Siderische Rotation	27,322 Tage
Achsneigung	6,68°
Fallbeschleunigung an der Oberfläche	1,62 m/s ²
Fluchtgeschwindigkeit	2380 m/s
Oberflächentemperatur	95 K bis 390 K
	
Größenvergleich zwischen Erde (ø = 12.756 km) und Mond (ø = 3476 km) (Fotomontage mit maßstabgerechten Größen; der mittlere Abstand beträgt jedoch 30 Erddurchmesser)	

Bahngestalt

→ Hauptartikel: [Mondbahn](#) und [Mondbahn#Erdbstand](#)

Die Bahn des Mondes um die Erde ist etwa kreisförmig, genauer elliptisch. In einem der beiden Brennpunkte der Ellipse befindet sich nicht der Erdmittelpunkt, sondern der gemeinsame Schwerpunkt, das Baryzentrum. Der mittlere Abstand des Schwerpunktes des Mondes vom Baryzentrum – die große Halbachse der Ellipse – misst 383.399 km, etwa 60 Erdradien. Der Erdmittelpunkt ist weniger als einen Erdradius vom Baryzentrum entfernt; das Baryzentrum liegt im Erdmantel. Der Abstand des Baryzentrums vom Mittelpunkt der Ellipse, ihre Exzentrizität, beträgt im Mittel 21.296 km oder 5,55 % der großen Halbachse. Um so viel ist der erdnächste Punkt der Bahn, das Perigäum, näher bzw. der erdfernste Punkt, das Apogäum, weiter als die große Halbachse vom Baryzentrum entfernt.

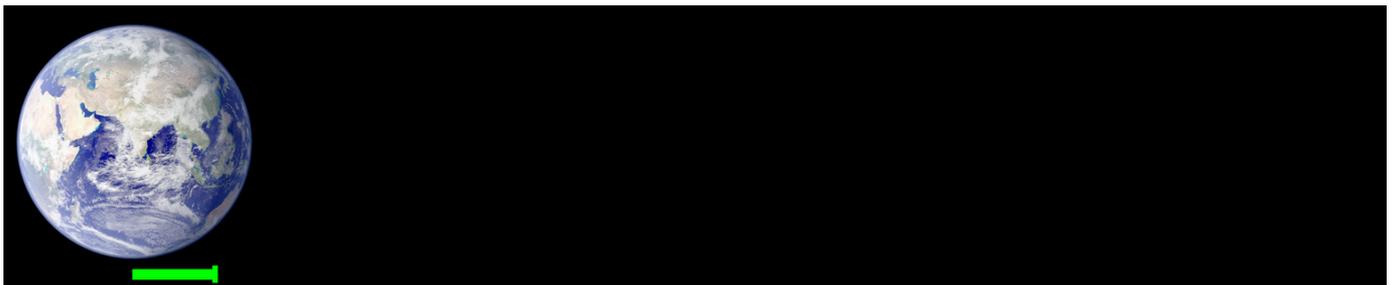
Der Mond umläuft zusammen mit der Erde die Sonne, durch die Bewegung um die Erde pendelt der Mond jedoch um eine gemeinsame Ellipsenbahn. Die Variation der Gravitation während dieser Pendelbewegung führt zusammen mit geringeren Störungen durch die anderen Planeten zu Abweichungen von einer exakten Keplerellipse um die Erde.

Die Durchgänge des Mondes durch die Bahnebene der Erde (die Ekliptik) nennt man Mondknoten (oder Drachenpunkte). Der aufsteigende Knoten ist der Übergang auf die Nordseite der Ekliptik, der absteigende markiert den Übergang auf die südliche Seite. Der erdnächste Punkt der Bahn wird nicht nach genau einem Umlauf (relativ zu den Fixsternen) des Mondes wieder erreicht. Durch diese Apsidendrehung umläuft das Perigäum die Erde in 8,85 Jahren. Auch zwei aufsteigende Knotendurchgänge erfolgen nicht exakt nach einem Umlauf, sondern bereits nach kürzerer Zeit. Die Mondknoten umlaufen die Erde folglich retrograd, das heißt gegen die Umlaufrichtung des Mondes in 18,61 Jahren. Wenn ein Knotendurchgang mit Neumond zusammenfällt, kommt es zu einer Sonnenfinsternis, und falls der Knotendurchgang mit Vollmond zusammenfällt, kommt es zu einer Mondfinsternis.

Dieser Zyklus führt auch zu den Mondwenden: Der Aufgangsort des Mondes am Horizont schwankt während eines Monats zwischen einem südlichsten und einem nördlichsten Punkt hin und her, so wie es auch bei der Sonne im Verlauf eines Jahres der Fall ist (vgl. Nidsigend und obsigend). Im Laufe des Zeitraumes von 18,61 Jahren verändert sich die Spanne zwischen diesen beiden Extrempunkten in ihrem Abstand: Der Zeitpunkt (zuletzt im Jahre 2006), an dem diese Punkte am weitesten auseinanderliegen, heißt große Mondwende, der des geringsten Abstandes kleine Mondwende. In der frühzeitlichen Astronomie spielten diese Mondwenden eine wichtige Rolle.^[6]



Untergang der schmalen Sichel des zunehmenden Mondes in der Abenddämmerung am Cerro Paranal (Chile). Die beiden auffälligen Lichtpunkte, die dem Mond „folgen“, sind die Planeten Merkur und Venus.



Maßstabsgetreue Darstellung von Größen und Abständen im Erde-Mond-System. Die gelbe Linie verdeutlicht die Schwankung des Erde-Mond-Abstandes

Bahnperiode

Die Dauer eines Bahnumlaufs des Mondes, den Monat (von „Mond“), kann man nach verschiedenen Kriterien festlegen, die jeweils unterschiedliche Aspekte abdecken.

- Nach einem synodischen Monat (29,53 d; Periode der Mondphasen) erreicht der Mond wieder die gleiche Stellung zur Sonne (von der Erde aus beobachtet). Dieser Monatsbegriff entspricht dem landläufigen Verständnis von Monat, da er die Zeitspanne von Neumond zu Neumond bezeichnet (für einen Beobachter auf dem Mond von Mittag zu Mittag).
- Nach einem siderischen Monat (27,32 d) nimmt der Mond wieder die gleiche Stellung zu den Fixsternen ein (von der Erde oder vom Mond aus beobachtet).
- Einen drakonitischen Monat (27,21 d) benötigt er, um wieder durch den gleichen Knoten seiner Bahn zu laufen; er ist wichtig für die Sonnen- und Mondfinsternisse.
- Einen anomalistischen Monat (27,56 d) benötigt der Mond von einem Perigäumdurchgang zum nächsten.

Bei diesen Werten handelt es sich um Mittelwerte. Insbesondere die Längen einzelner synodischer Monate schwanken durch die Wanderung der Neumondposition über die Bahnellipse. Die Monatslänge nimmt langsam zu, siehe Abschnitt: Vergrößerung der Umlaufbahn.

Mondphasen

→ Hauptartikel: [Mondphase](#)

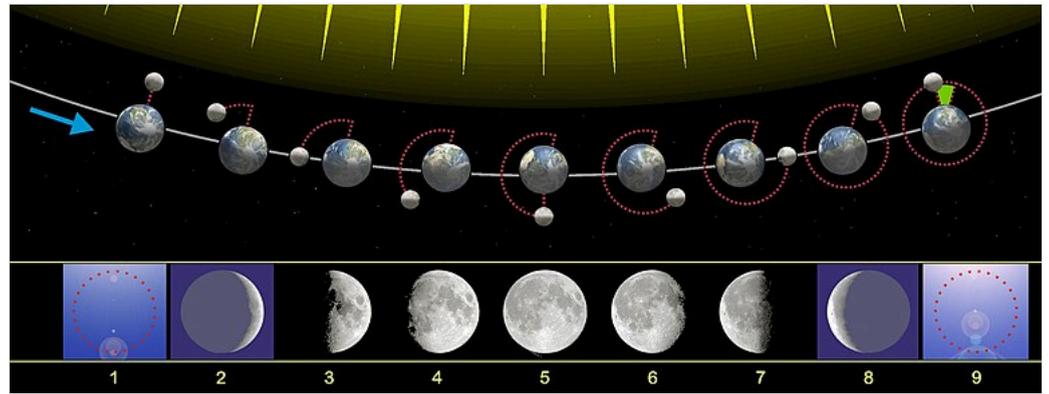
Von der Erde aus gesehen erscheint der Mond unter einem Winkel von rund einem halben Grad (0,5°), sein scheinbarer Durchmesser schwankt abhängig von der Entfernung zur Erde zwischen 29' 10" und 33' 30". Für Beobachter auf der Erde ist die voll beleuchtete Mondscheibe damit ungefähr ebenso groß wie die Sonnenscheibe (31' 28" bis 32' 32"), doch verändert sich der Anblick im Laufe eines Monats.



Animierte Fotoserie von Aufnahmen der Weltraumsonde DSCOVR vom 16. Juli 2015. Die Aufnahmen zeigen die sonnenbeschienene, von der Erde aus nicht sichtbare Mondrückseite bei einem Transit des Mondes zwischen der Erde und der Sonde.

Das Aussehen des Mondes, seine Lichtgestalt, variiert im Laufe seines Bahnlaufs und durchläuft die Mondphasen:

- Neumond (1 und 9): der Mond läuft zwischen Sonne und Erde durch, verdeckt wegen seiner Bahnneigung die Sonne aber meist nicht,
- zunehmender Mond (2 bis 4): Mondsichel (2) westlich am Abendhimmel sichtbar,
- Vollmond (5): die Erde steht zwischen der Sonne und dem Mond (ohne oder mit Mondfinsternis),
- abnehmender Mond (6 bis 8): Mondsichel (8) östlich am Morgenhimmel sichtbar,
- zunehmender (3) und abnehmender (7) Halbmond (Dichotomie).



Schematische Darstellung der Mondphasen von Neumond über Vollmond bis zum nächsten Neumond, beim Anblick von der Nordhalbkugel aus. Man beachte, dass wegen des Umlaufs der Erde um die Sonne die jeweiligen Positionen des Mondes auf seiner Bahn um die Erde zu den beiden Neumondphasen nicht identisch sind: Der grün markierte Winkel entspricht dem Unterschied zwischen einem synodischen Monat und einem siderischen Monat.

Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf vorstehende Abbildung. Der Neumond ist von der nahen Sonne überstrahlt, durch Kamerareflexe angedeutet.

Mondalter

Die Zeitspanne seit dem letzten Neumond wird als *Mondalter* bezeichnet und in Tagen angegeben. Gezählt wird gewöhnlich ab dem Neumond (= 0) zu Beginn einer Lunation. Zu Vollmond beträgt das Mondalter im Mittel rund 14,8 d, was einem halben synodischen Monat entspricht. Vollmond findet somit meistens am 15. Tag nach Neumond statt.^[7] Der aktuelle Vollmondtermin ist damit jedoch nicht genau vorherzusagen, da die Dauer von Lunationen um mehrere Stunden schwankt, denn der Mond bewegt sich unterschiedlich schnell auf seiner Bahn um die Erde und um die Sonne. Bei einer Opposition in Erdnähe (Perigäum) ist das Mondalter zu Vollmond jeweils etwas geringer.

Beim Mondalter 1 oder 2 wird die schmale sichelförmige Lichtgestalt – die Mondsichel – des zunehmenden Mondes am westlichen Abendhimmel tiefstehend kurz vor ihrem Untergang erstmals sichtbar. Dieses Neulicht gilt in einigen religiös geprägten Kalendern als Beginn des Monats.

Die Sichel des zunehmenden, jungen Mondes erscheint dem Betrachter in nördlichen Breiten als nach Süden zu offene, rechts konvex gekrümmte Figur. Als Merkhilfe oder Eselsbrücke können das deutsche z ʒ für *zunehmend* oder die Klammer) zu dienen. Mit Raumvorstellung wird klar, dass die untergegangene Sonne hier den Mond von rechts beleuchtet.

Einem Betrachter in südlichen Breiten erscheint die Mondsichel gleichen Alters ebenfalls tiefstehend im Westen, doch links konvex gekrümmt. Die offene Seite zeigt in Richtung Norden, wo der Mond den höchsten Stand erreicht wie dort ebenso die Sonne zu Mittag. An Beobachtungsorten in Äquaturnähe erscheint die Figur im Westen eher waagrecht „auf dem Rücken“ liegend und nach oben hin offen, da hier der Höhenwinkel einer Kulmination größer ist. Diese Abhängigkeit der scheinbaren Lage der Mondfigur vom Breitengrad spiegelt sich bei der Verwendung einer symbolischen Mondsichel in Form einer Schale („Mondschiffchen“) auf der Staatsflagge einiger äquaturnaher Länder wider (Beispiel: Flagge Mauretaniens).

Die nicht unmittelbar von der Sonne beleuchteten Anteile der erdzugewandten Mondseite sind dabei nie völlig dunkel, denn sie werden durch das von der sonnenbeleuchteten Erde zurückgeworfene Licht – Erdlicht oder Erdschein genannt – erhellt. Dessen Widerschein durch die Reflexion an Stellen der Mondoberfläche wird auch Aschgraues Mondlicht genannt. Es ist am besten in der Dämmerung einige Tage vor oder nach Neumond zu sehen, denn dann stört weder viel Tages- noch Mondlicht, und der Mond hat nahezu „Vollerde“. Seine Ursache wurde schon von Leonardo da Vinci richtig erkannt. Mit einem Fernglas selbst geringer Vergrößerung sind auf den nur durch die Erde beschienenen Mondflächen sogar Einzelheiten erkennbar, denn aufgrund des fast vierfachen Durchmessers und des höheren Rückstrahlungsvermögens (Albedo) der Erde ist die „Vollerde“ rund 50-mal so hell wie der Vollmond, etwa 10 statt 0,2 Lux. Messungen des aschgrauen Mondlichts erlauben Rückschlüsse auf Veränderungen der Erdatmosphäre.

Die ständig erdabgewandte Rückseite des Mondes unterliegt entsprechend versetzt dem Phasenwechsel: Bei Neumond wird sie vom Sonnenlicht vollständig beschienen.

Die beschienene Mondfläche (Überdeckungsgrad) kann angegeben werden mit $\frac{100\%}{2}(1 - \cos e)$, wobei *e* die Elongation (also der Winkel zwischen Mond, Erde und Sonne) ist.

Finsternisse

Okkultationen (Verfinsterungen) treten auf, wenn die Himmelskörper Sonne und Mond mit der Erde auf einer Linie liegen. Dazu kommt es nur bei Vollmond oder Neumond und wenn der Mond sich dann nahe einem der zwei Mondknoten befindet.



Zunehmende Mondsichel mit aschgrauem Mondlicht



Weg von Sonnenlicht über Erdlicht zu aschgrauem Mondlicht

Mondfinsternis

→ Hauptartikel: [Mondfinsternis](#)

Bei einer Mondfinsternis, die nur bei Vollmond auftreten kann, steht die Erde zwischen Sonne und Mond. Eine Mondfinsternis kann auf der gesamten Nachtseite der Erde beobachtet werden und dauert maximal 3 Stunden 40 Minuten. Man unterscheidet



Totale Mondfinsternis am 9. November 2003

- die *totale* Mondfinsternis, bei der der Mond völlig in den Schatten der Erde wandert. Die Totalität dauert maximal etwa 106 Minuten. Bei einer totalen Mondfinsternis sollte wegen der Geometrie der Mond im Kernschatten der Erde liegen. Der Kernschatten sollte theoretisch knapp 1,4 Millionen Kilometer in den Raum reichen, tatsächlich reicht er aber wegen der starken Streuung durch die Erdatmosphäre nur etwa 250.000 km weit. Deshalb wird der Mond auch bei einer totalen Finsternis nicht völlig verdunkelt. Da die Erdatmosphäre die blauen Anteile des Sonnenlichts stärker streut als die roten, erscheint der Mond bei einer totalen Finsternis als dunkle rotbraune Scheibe; daher auch die gelegentliche Bezeichnung „Blutmond“.
- die *partielle* Mondfinsternis, bei der nur ein Teil des Mondes von der Erde abgeschattet wird, das heißt, ein Teil des Mondes bleibt während der gesamten Finsternis sichtbar.
- die *Halbschattenfinsternis*, bei der der Mond nur (ganz oder teilweise) in den Halbschatten der Erde eintaucht. Eine Halbschattenfinsternis ist ziemlich unauffällig; nur die Mondseite wird etwas grauer, die dem Kernschatten der Erde am nächsten ist.

Eine Mondfinsternis ist vom Mond aus gesehen eine Sonnenfinsternis. Dabei verschwindet die Sonne hinter der schwarzen Erde. Bei einer totalen Mondfinsternis herrscht auf der ganzen Mondvorderseite totale Sonnenfinsternis, bei einer partiellen Mondfinsternis ist die Sonnenfinsternis auf dem Mond nur in einigen Gebieten total, und bei einer Halbschatten-Mondfinsternis herrscht auf dem Mond partielle Sonnenfinsternis. Auf dem Mond kann keine ringförmige Sonnenfinsternis beobachtet werden, da der scheinbare Durchmesser der Erde im Vergleich zu dem der Sonne viel größer ist. Lediglich wird der Rand der schwarzen Erdscheibe zu einem kupferrot schimmernden Ring, der durch die beschriebene Lichtstreuung in der Erdatmosphäre entsteht und dem Mond auf der Erde seine Farbe verleiht.

Sonnenfinsternis

Bei einer Sonnenfinsternis, die nur bei Neumond auftreten kann, steht der Mond zwischen Sonne und Erde. Eine Sonnenfinsternis kann nur in den Gegenden beobachtet werden, die den Kern- oder Halbschatten des Mondes durchlaufen; diese Gegenden sind meist lange, aber recht schmale Streifen auf der Erdoberfläche. Man unterscheidet



Totale Sonnenfinsternis mit sichtbarer Korona

- die *totale* Sonnenfinsternis, bei der der Mond die Sonne einige Minuten lang vollständig bedeckt und die Erde den Kernschatten (*Umbra*) des Mondes durchläuft;
- die *partielle* Sonnenfinsternis, bei der der Mond die Sonne nicht vollständig bedeckt; der Beobachter befindet sich dabei im Halbschatten (*Penumbra*) des Mondes;
- die *ringförmige* Sonnenfinsternis, wenn der Mond durch zu große Erdferne die Sonne nicht ganz abdeckt (siehe auch: *Durchgang*).

Eine *Sonnenfinsternis* wird nur vom irdischen Beobachter als solche wahrgenommen. Die Sonne leuchtet natürlich weiter, dagegen liegt die Erde im Schatten des Mondes. Entsprechend zur Mondfinsternis müsste man korrekterweise also von einer *Erdfinsternis* sprechen.

Sarosperiode

Die *Sarosperiode* kannten bereits die Chaldäer (um etwa 1000 v. Chr.), dabei wiederholen sich Finsternisse nach einem Zeitraum von 18 Jahren und 11 Tagen. Nach 223 synodischen beziehungsweise 242 drakonitischen Monaten (von lateinisch *draco*, Drache, altes astrologisches Symbol für die Mondknoten, da man dort einen mond- und sonnenfressenden Drachen vermutete) stehen Sonne, Erde und Mond fast wieder gleich zueinander, so dass sich eine Finsternis nach 18 Jahren und 11,33 Tagen erneut ergibt. Die Sarosperiode wird dadurch verursacht, dass bei einer Finsternis sowohl die Sonne als auch der Mond nahe der Knoten der Mondbahn liegen müssen, die in 18 Jahren einmal um die Erde laufen. Thales nutzte die Sarosperiode, die er bei einer Orientreise kennengelernt hatte, für seine Prognose der Sonnenfinsternis vom 28. Mai 585 v. Chr., wodurch die Schlacht am Halys zwischen Lydern und Medern abgebrochen und ihr Krieg beendet wurde.

Ein Saroszyklus ist eine Folge von Sonnen- oder Mondfinsternissen, die jeweils im Abstand einer Sarosperiode aufeinanderfolgen. Da die Übereinstimmung der 223 bzw. 242 Monate nicht exakt ist, reißt ein Saroszyklus etwa nach 1300 Jahren ab. In diesem Zeitraum beginnen aber gleich viele neue Zyklen, und es existieren immer ungefähr 43 gleichzeitige verschachtelte Saroszyklen.^[8]

Vergrößerung der Umlaufbahn

Der mittlere Erde-Mond-Abstand wächst aufgrund der Gezeitenreibung jährlich etwa um 3,8 cm (siehe Lunar Laser Ranging). Dabei wird Drehimpuls (hauptsächlich) der Erdrotation in Bahndrehimpuls verwandelt (hauptsächlich des Mondes, siehe Tabelle).

Rotation und Libration

→ Hauptartikel: [Libration](#)

Als der Mond noch flüssig und der Erde viel näher war, bremste umgekehrt das Feld der Erde die Rotation des Mondes schnell bis zur gebundenen Rotation. Seither dreht er sich pro Umlauf genau einmal um die eigene Achse und zeigt uns stets die gleiche Seite. Der gleichmäßigen Rotation ist eine sehr geringe Pendelbewegung überlagert, die sogenannte echte Libration. Der größte Teil der Libration ist jedoch ein nur scheinbares Pendeln, bedingt durch die variable Winkelgeschwindigkeit der Bahnbewegung. Wegen der Libration und der Parallaxe, sprich durch Beobachtung von verschiedenen Punkten etwa bei Mondaufgang und Monduntergang, sind von der Erde aus insgesamt fast 59 % der Mondoberfläche einsehbar bzw. ist von Punkten dieser Fläche aus die Erde zumindest zeitweise sichtbar. Mit der Raumsonde Luna 3 konnte 1959 erstmals auch die Rückseite des Mondes beobachtet werden.

Drehimpuls-Anteile des Erde-Mond-Systems

Art des Drehimpulses		Wert in $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	Anteil
Gesamtdrehimpuls		$3,49 \cdot 10^{34}$	100,0 %
Mond	Eigendrehimpuls	$2,33 \cdot 10^{29}$	<0,001 %
	Bahndrehimpuls	$2,87 \cdot 10^{34}$	82,2 %
Erde	Eigendrehimpuls	$5,85 \cdot 10^{33}$	16,8 %
	Bahndrehimpuls	$3,53 \cdot 10^{32}$	1,0 %

Physikalische Eigenschaften

Gestalt

Der mittlere Äquatordurchmesser des Mondes beträgt 3476,2 km und der Poldurchmesser 3472,0 km. Sein mittlerer Durchmesser insgesamt – als volumengleiche Kugel – beträgt 3474,2 km.^[1]

Die Gestalt des Mondes gleicht mehr der eines dreiachsigen Ellipsoids als der einer Kugel. An den Polen ist er etwas abgeplattet, und die in Richtung der Erde weisende Äquatorachse ist etwas größer als die darauf senkrecht stehende Äquatorachse. Der Äquatorwulst ist auf der erdabgewandten Seite dabei noch deutlich größer als auf der erdfernen Seite.

In Richtung Erde ist der Durchmesser durch die Gezeitenkraft am größten. Hierbei ist der erdferne Mondradius an dieser Achse größer als der erdnahe. Dies ist überraschend und bis heute nicht schlüssig erklärt. Pierre-Simon Laplace hatte schon 1799 vermutet, dass der Äquatorwulst zur erdabgewandten Seite hin stärker ausgebildet ist und die Bewegung des Mondes beeinflusst und dass diese Form nicht einfach ein Ergebnis der Drehung des Mondes um die eigene Rotationsachse sein kann. Seitdem rätseln Mathematiker und Astronomen, wie der Mond diese Ausbuchtung gebildet und behalten hat, nachdem sein Magma erstarrt war.

Atmosphäre

Der Mond hat keine Atmosphäre im eigentlichen Sinn – der Mondhimmel ist zum Beispiel nicht blau –, sondern nur eine Exosphäre. Sie besteht zu etwa gleichen Teilen aus Helium, Neon, Wasserstoff und Argon und hat ihren Ursprung in eingefangenen Teilchen des Sonnenwindes. Ein sehr kleiner Teil entsteht auch durch Ausgasungen aus dem Mondinneren, wobei insbesondere ^{40}Ar , das durch Zerfall von ^{40}K im Mondinneren entsteht, von Bedeutung ist. Allerdings wird ein Teil dieses ^{40}Ar durch den Sonnenwind wieder auf die Mondoberfläche zurückgetrieben und dort in die obersten Partikel des Regoliths implantiert. Da ^{40}K früher häufiger war und damit mehr ^{40}Ar ausgasen kann, kann durch Messung des $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ -Verhältnisses von Mondmaterial bestimmt werden, zu welcher Zeit es exponiert war. Es besteht ein Gleichgewicht zwischen der Implantation und thermischem Entweichen.

Oberflächentemperatur

Aufgrund der langsamen Rotation des Mondes und seiner nur äußerst dünnen Gashölle gibt es auf der Mondoberfläche zwischen der Tag- und der Nachtseite sehr große Temperaturunterschiede. Mit der Sonne im Zenit steigt die Temperatur auf etwa 130 °C und fällt in der Nacht auf etwa -160 °C. Die Durchschnittstemperatur über die gesamte Oberfläche beträgt 218 K = -55 °C. In manchen Gebieten gibt es lokale Anomalien, in Form von einer etwas höheren oder auch etwas niedrigeren Temperatur an benachbarten Stellen. Krater, deren Alter als relativ jung angesehen wird, wie zum Beispiel Tycho, sind nach Sonnenuntergang etwas wärmer als ihre Umgebung. Wahrscheinlich können sie durch eine dünnere Staubschicht die während des Tages aufgenommene Sonnenenergie besser speichern. Andere positive Temperaturanomalien gründen eventuell auf örtlich etwas erhöhter Radioaktivität.

Masse

Die Bestimmung der Mondmasse kann über das newtonsche Gravitationsgesetz erfolgen, indem die Bahn eines Körpers im Gravitationsfeld des Mondes untersucht wird. Eine recht gute Näherung für die Mondmasse erhält man bereits, wenn man das Erde-Mond-System als reines Zweikörperproblem betrachtet.

Erde und Mond stellen in erster Näherung ein Zweikörpersystem dar, wobei beide Partner ihren gemeinsamen Schwerpunkt S umkreisen. Beim Zweikörpersystem aus Erde und Sonne fällt dieser Schwerpunkt praktisch mit dem Sonnenmittelpunkt zusammen, da die Sonne sehr viel massereicher als die Erde ist. Bei Erde und Mond ist der Massenunterschied jedoch nicht so groß, daher liegt der Erde-Mond-Schwerpunkt nicht im Zentrum der Erde, sondern deutlich davon entfernt (aber noch innerhalb der Erdkugel). Bezeichnet man nun mit r_1 den Abstand des Erdmittelpunkts und mit r_2 den Abstand des Mondmittelpunkts vom Schwerpunkt S , folgt aus der Definition des Schwerpunkts

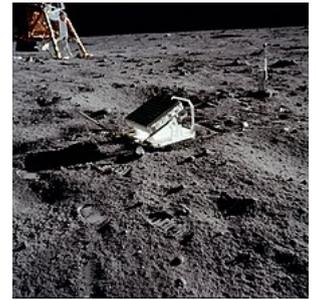
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{m}{M}$$

dass das Massenverhältnis von Erde M zu Mond m gerade dem Verhältnis von r_1 zu r_2 entspricht. Somit geht es nur darum, wie groß r_1 und r_2 sind – also wo sich der Schwerpunkt des Systems befindet.

Ohne den Mond und dessen Schwerkraft durchläufe die Erde eine elliptische Bahn um die Sonne. Tatsächlich bewegt sich der Schwerpunkt des Erde-Mond-Systems auf einer elliptischen Bahn. Die Rotation um den gemeinsamen Schwerpunkt erzeugt eine leichte Welligkeit in der Erdbahn, die eine kleine Verschiebung der von der Erde aus gesehenen Position der Sonne verursacht. Aus der gemessenen Größe dieser Verschiebung wurde r_1 zu etwa 4670 km berechnet, also etwa 1700 km unter der Erdoberfläche (der Radius der Erde beträgt 6378 km). Da der Mond keine genaue Kreisbahn um die Erde beschreibt, berechnet man r_2 über die mittlere große Halbachse abzüglich r_1 . Es gilt also $r_2 = 384.400 \text{ km} - 4670 \text{ km} = 379.730 \text{ km}$. Damit ergibt sich für das Massenverhältnis

$$\frac{r_1}{r_2} \approx \frac{1}{81,3}$$

Die Masse des Mondes beträgt daher etwa $\frac{1}{81}$ der Masse der Erde. Durch Einsetzen der Erdmasse $M \approx 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ergibt sich die Masse des Mondes zu



Zur Entfernungsmessung aufgestellter Retroreflektor; im Hintergrund die Landefähre von Apollo 11



Simulierte Libration des Mondes

Spuren einer Atmosphäre^[1]

Druck	$3 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}$
Helium	25 %
Neon	25 %
Wasserstoff	23 %
Argon	20 %
$\text{CH}_4, \text{NH}_3, \text{CO}_2$	Spuren

$$m \approx \frac{M}{81,3} \approx 7,34 \cdot 10^{22} \text{ kg.}$$

Genauere Messungen vor Ort ergaben einen Wert von $m \approx 7,349 \cdot 10^{22}$ kg (73,5 Trillionen Tonnen).

Magnetfeld des Mondes

Allgemeines

Die Analyse des Mondbrockens *Troctolite 76535*, der mit der Mission Apollo 17 zur Erde gebracht wurde, deutet auf ein früheres dauerhaftes Magnetfeld des Erdmondes und damit auf einen ehemals oder immer noch flüssigen Kern hin.^[9] Jedoch hat der Mond inzwischen kein Magnetfeld mehr.^[10]

Lokale Magnetfelder

Interaktion mit dem Sonnenwind

Der Sonnenwind und das Sonnenlicht lassen auf der sonnenzugewandten Mondseite Magnetfelder entstehen. Dabei werden Ionen und Elektronen aus der Oberfläche freigesetzt. Diese wiederum beeinflussen den Sonnenwind.^[11]

Siehe auch: *Springbrunnen-Theorie*

Magcons

Die seltenen „Mondwirbel“ ohne Relief, sogenannte *Swirls*, fallen außer durch ihre Helligkeit auch durch eine Magnetfeldanomalie auf. Diese werden als Magcon (**M**agnetic **c**oncentration) bezeichnet. Zu ihrer Entstehung gibt es unterschiedliche Hypothesen. Eine davon geht von großen antipodischen Einschlägen aus, von denen *Plasmawolken* rund um den Mond liefen, sich auf der Gegenseite trafen und dort den eisenhaltigen Mondboden auf Dauer magnetisierten. Nach einer anderen Vorstellung könnten manche der Anomalien auch Reste eines ursprünglich globalen Magnetfeldes sein.^{[12][13]}

Geologie des Mondes

Entstehung des Mondes

→ Hauptartikel: *Entstehung des Mondes*

Der Mond hat mit 3476 km etwa ein Viertel des Durchmessers der Erde und weist mit 3,345 g/cm³ eine geringere mittlere Dichte als die Erde auf. Aufgrund seines im Vergleich zu anderen Monden recht geringen Größenunterschieds zu seinem Planeten bezeichnet man Erde und Mond gelegentlich auch als *Doppelplanet*. Seine im Vergleich zur Erde geringe mittlere Dichte blieb auch lange ungeklärt und sorgte für zahlreiche Hypothesen zur Entstehung des Mondes.

Das heute weithin anerkannte Modell zur Entstehung des Mondes besagt, dass vor etwa 4,5 Milliarden Jahren der *Protoplanet Theia*, ein Himmelskörper von der Größe des Mars, nahezu streifend mit der Protoerde kollidierte. Dabei wurde viel Materie, vorwiegend aus der Erdkruste und dem Mantel des einschlagenden Körpers, in eine Erdumlaufbahn geschleudert, ballte sich dort zusammen und formte schließlich den Mond. Der Großteil des Impaktors vereinte sich mit der Protoerde zur Erde. Nach aktuellen Simulationen bildete sich der Mond in einer Entfernung von rund drei bis fünf Erdradien, also in einer Höhe zwischen 20.000 und 30.000 km. Durch den Zusammenstoß und die frei werdende Gravitationsenergie bei der Bildung des Mondes wurde dieser aufgeschmolzen und vollständig von einem Ozean aus *Magma* bedeckt. Im Laufe der Abkühlung bildete sich eine Kruste aus den leichteren Mineralen aus, die noch heute in den Hochländern vorzufinden sind.

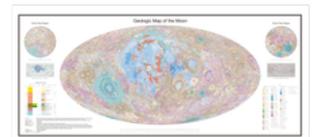
Die frühe Mondkruste wurde bei größeren *Einschlägen* immer wieder durchschlagen, so dass aus dem Mantel neue Lava in die entstehenden Krater nachfließen konnte. Es bildeten sich *Mare*, die erst einige hundert Millionen Jahre später vollständig erkalten. Das sogenannte *letzte große Bombardement* endete erst vor 3,8 bis 3,2 Milliarden Jahren, nachdem die Anzahl der *Einschläge* von *Asteroiden* vor etwa 3,9 Milliarden Jahren deutlich zurückgegangen war. Danach ist keine starke *vulkanische* Aktivität nachweisbar, doch konnten einige Astronomen – vor allem 1958/59 der russische Mondforscher *Nikolai Kosyrew* – vereinzelte Leuchterscheinungen beobachten, sogenannte *Lunar Transient Phenomena*.

Im November 2005 konnte eine internationale Forschergruppe der *ETH Zürich* sowie der Universitäten Münster, Köln und Oxford erstmals die Entstehung des Mondes präzise datieren. Dafür nutzten die Wissenschaftler eine Analyse des *Isotops Wolfram-182* und berechneten das Alter des Mondes auf 4527 ± 10 Millionen Jahre. Somit ist er 30 bis 50 Millionen Jahre nach der Herausbildung des Sonnensystems entstanden.^[14] Neuere Untersuchungen von deutschen Wissenschaftlern, die das Kristallisationsverhalten des Magmazoens berücksichtigen, kommen auf ein Alter von 4425 ± 25 Millionen Jahren.^[15]

Innerer Aufbau

Überblick

Das Wissen über den inneren Aufbau des Mondes beruht im Wesentlichen auf den Daten der vier von den Apollo-Missionen zurückgelassenen *Seismographen*, die diverse Mondbeben sowie Erschütterungen durch Einschläge von *Meteoroiden* und durch extra zu diesem Zweck ausgelöste Explosionen aufzeichneten. Diese Aufzeichnungen lassen Rückschlüsse über die Ausbreitung der *seismischen Wellen* im Mondkörper und damit über den Aufbau des Mondinneren zu,



Geologische Karte des Mondes



Im Bereich der *Tag-Nacht-Grenze* sind vor allem die Krater sehr gut zu erkennen.

wobei die geringe Anzahl der Messstationen nur sehr begrenzte Einblicke ins Mondinnere liefert. Über die Oberflächengeologie, die bereits durch Beobachtungen von der Erde aus grob bekannt war,^[16] wurden durch die von den Apollo- und Luna-Missionen zur Erde gebrachten Mondgesteinsproben sowie durch detaillierte Kartierungen der Geomorphologie, der mineralischen Zusammensetzung der Mondoberfläche und des Gravitationsfeldes im Rahmen der Clementine- und der Lunar-Prospector-Mission neue Erkenntnisse gewonnen.

Seismisch lässt sich die Mondkruste aus Anorthosit (mittlere Gesteinsdichte 2,9 g/cm³) auf der Mondvorderseite in einer durchschnittlichen Tiefe von 60 km gegen den Mantel abgrenzen. Auf der Rückseite reicht sie vermutlich bis in 150 km Tiefe. Die größere Mächtigkeit der Kruste und damit der erhöhte Anteil relativ leichten feldspatreichen Krustengesteins auf der erdabgewandten Seite könnte zumindest teilweise dafür verantwortlich sein, dass das Massezentrum des Mondes etwa 2 km näher an der Erde liegt als sein geometrischer Mittelpunkt. Unterhalb der Kruste schließt sich ein fast vollständig fester Mantel aus mafischem und ultramafischem Gestein (Olivin- und Pyroxenreiche Kumulate) an. Zwischen Mantel und Kruste wird eine dünne Schicht basaltischer Zusammensetzung vermutet, die bei der Auskristallisierung der anderen beiden Gesteinshüllen mit inkompatiblen Elementen angereichert wurde und daher einen hohen Anteil an Kalium, Rare Earth Elements (dt. Seltene Erden) und Phosphor aufweist. Diese spezielle chemische Signatur, die sich auch durch hohe Konzentrationen von Uran und Thorium auszeichnet, wird KREEP genannt. Nach traditionellen Hypothesen tritt diese sogenannte Ur-KREEP-Schicht gleichmäßig verteilt unterhalb der Mondkruste auf. Neueren, aus Daten der Lunar-Prospector-Sonde gewonnenen Erkenntnissen zufolge scheint sich KREEP aber schon während der Ausdifferenzierung von Kruste und Mantel vorwiegend in der Kruste der heutigen Oceanus-Procellarum-Mare-Imbrium-Region angereichert zu haben. Die Wärmeproduktion durch die radioaktiven Elemente wird für den vermuteten „jungen“ Vulkanismus in dieser Mondregion (bis 1,2 Milliarden Jahre vor heute)^[17] verantwortlich gemacht.^[18]

Die seismische Erkundung des Mondes erbrachte Hinweise auf Unstetigkeitsflächen (Diskontinuitäten) in 270 und 500 km Tiefe, die als Grenzflächen verschieden zusammengesetzter Gesteinshüllen gedeutet werden und deshalb als die Grenzen zwischen oberem und mittlerem (270 km) bzw. mittlerem und unterem (500 km) Mondmantel gelten. Der obere Mantel wird in diesem Modell als quarzführender Pyroxenit interpretiert, der mittlere als mit FeO-angereicherter Olivinführender Pyroxenit und der untere Mantel als Olivin-Orthopyroxen-Klinopyroxen-Granat-Vergesellschaftung.^[19] Aber auch andere Interpretationen sind möglich.^[20]

Über den Mondkern ist kaum etwas bekannt und über dessen genaue Größe und Eigenschaften existieren unterschiedliche Ansichten. Durch aufwendige Aufbereitung seismischer Daten wurde nunmehr ermittelt, dass der Mondkern mit einem Radius von etwa 350 km^[21] ungefähr 20 % der Größe des Mondes besitzt (vgl. Erdkern relativ zur Größe der Erde: ≈ 50 %) und sich die Mantel-Kern-Grenze damit in einer Tiefe von etwa 1400 km befindet. Es wird angenommen, dass er, wie der Erdkern, vor allem aus Eisen besteht. Hierbei liefern die seismischen Daten (unter anderem die Dämpfung von Scherwellen) Hinweise darauf, dass ein fester innerer Kern von einem flüssigen äußeren Kern umgeben ist, an den sich wiederum nach außen eine teilaufgeschmolzene Zone des untersten Mantels (PMB, *partially molten boundary layer*) anschließt.^[21] Aus diesem Modell lassen sich die ungefähren Temperaturen ableiten, die im Kern des Mondes entsprechend herrschen müssen, die deutlich unter denen des Erdkerns, um die 1400 °C (± 400 °C) liegen.^[21] Unterster Mantel und Kern mit ihrem teilaufgeschmolzenen bzw. flüssigen Material werden zusammen auch als Mondasthenosphäre bezeichnet. Die sich offenbar vollständig rigide verhaltenden Bereiche darüber (mittlerer und oberer Mantel sowie Kruste), in denen keine Dämpfung von Scherwellen stattfindet, bilden entsprechend die Mondlithosphäre.^[22]

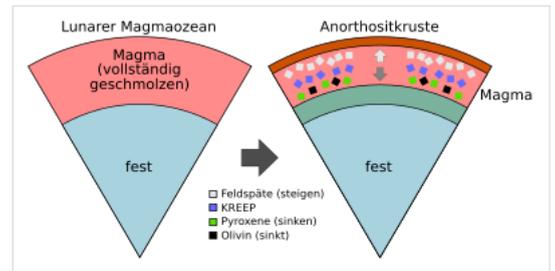
Mondbeben

Die zurückgelassenen Seismographen der Apollo-Missionen registrierten bis zum Ende der Messungen im Jahr 1977 etwa 12.000 Mondbeben.^[23] Die stärksten dieser Beben erreichten eine Magnitude von knapp 5 und blieben damit viel schwächer als die stärksten Erdbeben. Die meisten Mondbeben hatten Magnituden um 2. Die seismischen Wellen der Beben konnten ein bis vier Stunden lang verfolgt werden. Sie wurden im Mondinneren also nur sehr schwach gedämpft.

Bei mehr als der Hälfte der Beben befand sich das Hypozentrum in einer Tiefe von 800 bis 1000 km, oberhalb der Mondasthenosphäre. Diese Beben traten bevorzugt bei Apogäum- und Perigäumdurchgang auf, das heißt alle 14 Tage. Daneben sind auch Beben mit oberflächennahem Hypozentrum bekannt. Ursache der Beben sind mit der Erdentfernung schwankende Gezeitenkräfte. Abweichungen vom mittleren Gezeitenpotential sind am erdnächsten und erdfernten Punkt der Mondbahn groß. Die Hypozentren der Beben verteilten sich jedoch nicht gleichmäßig über eine gesamte Mantelschale. Die meisten Beben entstanden in nur etwa 100 Zonen, die jeweils nur wenige Kilometer groß waren. Der Grund für diese Konzentration ist noch nicht bekannt.

Massenkonzentrationen

Durch ungewöhnliche Einflüsse auf die Bahnen der Lunar-Orbiter-Missionen erhielt man Ende der 1960er Jahre erste Hinweise auf Schwereanomalien, die man Mascons (*Mass concentrations*, Massenkonzentrationen) nannte. Durch Lunar Prospector wurden diese Anomalien näher untersucht, sie befinden sich meist im Zentrum der Krater und sind vermutlich durch die Einschläge entstanden. Möglicherweise handelt es sich um die eisenreichen Kerne der Impaktoren, die aufgrund der fortschreitenden Abkühlung des Mondes nicht mehr bis zum Kern absinken konnten. Nach einer anderen Theorie könnte es sich um Lavablasen handeln, die als Folge eines Einschlags aus dem Mantel aufgestiegen sind.

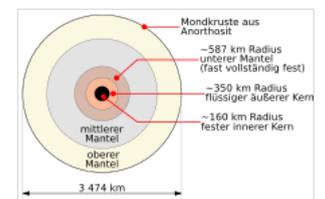


Differenzierung der äußeren Schichten des Mondes:
KREEP: Kalium, Rare Earth Elements (dt. Seltene Erden),
Phosphor

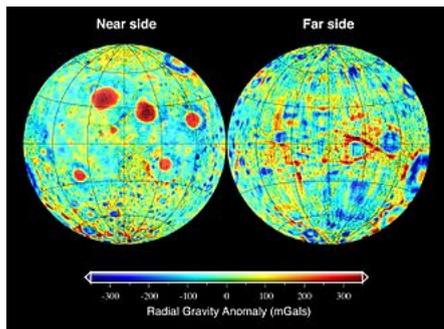


Modell des Schalenaufbaus des Mondes:

- gelb: Kern
- orange: innerer/unterer Mantel
- blau: äußerer/oberer Mantel (im Text: äußerer + mittlerer Mantel)
- grau: Kruste



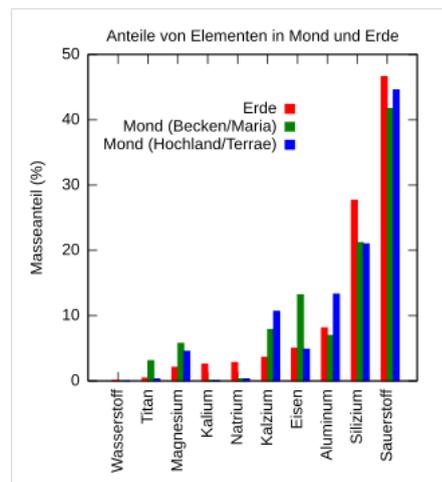
Schematischer Aufbau des Mondes



Die Mascons der erdnahen (links) und der erdfernen Mondseite

Regolith

Der Mond besitzt nur eine sehr geringe Atmosphäre. Deshalb schlagen bis heute ständig Meteoroiden unterschiedlicher Größe ohne Abbremsung auf der Oberfläche ein, die das an der Mondoberfläche anstehende Krustengestein zertrümmern, ja regelrecht pulverisieren. Durch diesen Prozess entsteht Mondregolith (im Englischen z. T. auch bezeichnet als *lunar soil*, „Monderde“). Er bedeckt weite Areale der Mondoberfläche mit einer mehrere Meter dicken Schicht, welche Details der ursprünglichen Geologie des Mondes verbirgt und so die Rekonstruktion seiner Entstehungsgeschichte erschwert.

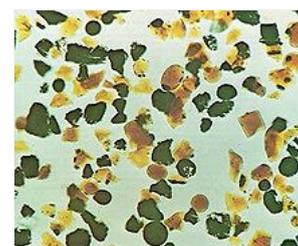


Relative Anteile verschiedener Elemente auf Erde und Mond (Maria bzw. Terrae)

Obwohl er gemeinhin als Mondstaub bezeichnet wird, entspricht der Regolith eher einer Sandschicht. Die Korngröße reicht von Staubkorngröße direkt an der Oberfläche über Sandkörner wenig tiefer bis hin zu Steinen und Felsen, die erst später hinzukamen und noch nicht vollständig zermahlen sind.

Der Regolith entsteht hauptsächlich aus dem normalen Material der Oberfläche. Er enthält aber auch

Beimengungen, die durch Einschläge an den Fundort transportiert wurden. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind glasige Erstarrungsprodukte von Einschlägen. Das sind zum einen kleine Glaskugeln, die an Chondren erinnern, und zum anderen Agglutinite, also durch Glas verbackene Regolithkörner. Diese machen an manchen Stellen fast die Hälfte des Oberflächengesteins des Mondes aus und entstehen, wenn die durch den Einschlag erzeugten Spritzer geschmolzenen Gesteins erst nach dem Auftreffen auf die Regolithschicht erstarren. Wegen der fehlenden Erosion sind die Körner sehr scharfkantig und erzeugen hohen Verschleiß an Textilien, aber auch an metallischen Oberflächen.



Orange Soil: auffällig orange vulkanische Glaspartikel, geborgen von Apollo 17

Durchschnittliche chemische Zusammensetzung des Regoliths^[24]

Element	entspr. Oxid	Anteil (gew. %)	
		Maria	Terrae
Silizium	SiO ₂	45,4 %	45,5 %
Aluminium	Al ₂ O ₃	14,9 %	24,0 %
Calcium	CaO	11,8 %	15,9 %
Eisen	FeO	14,1 %	5,9 %
Magnesium	MgO	9,2 %	7,5 %
Titan	TiO ₂	3,9 %	0,6 %
Natrium	Na ₂ O	0,6 %	0,6 %
Kalium	K ₂ O	< 0,1 %	< 0,1 %
Total		100 %	100 %

Im Mondmeteoriten Dhofar 280, der 2001 im Oman gefunden wurde, wurden neue Eisen-Silizium-Mineralphasen identifiziert. Eine davon (Fe₂Si), damit erstmals eindeutig in der Natur nachgewiesen, wurde nach Bruce Hapke als Hapkeit benannt. Dieser hatte in den 1970er Jahren die Entstehung derartiger Eisenverbindungen durch Weltraumverwitterung vorhergesagt. Weltraum-Erosion verändert auch die Reflexionseigenschaften des Materials und beeinflusst so die Albedo der Mondoberfläche.

Der Mond hat kein nennenswertes Magnetfeld, d. h. die Teilchen des Sonnenwindes – vor allem Wasserstoff, Helium, Neon, Kohlenstoff und Stickstoff – treffen nahezu ungehindert auf die Mondoberfläche und werden im Regolith implantiert, ähnlich der Ionenimplantation bei der Herstellung integrierter Schaltungen. Auf diese Weise bildet der Mondregolith ein Archiv des Sonnenwindes, vergleichbar dem Eis in Grönland für das irdische Klima.

Dazu kommt, dass kosmische Strahlung bis zu einem Meter tief in die Mondoberfläche eindringt und dort durch Kernreaktionen (hauptsächlich Spallationsreaktionen) instabile Nuklide bildet. Diese verwandeln sich unter anderem durch Alphazerfall mit verschiedenen Halbwertszeiten in stabile Nuklide. Da beim Alphazerfall jeweils ein Helium-Atomkern entsteht, enthalten Gesteine des Mondregoliths bedeutend mehr Helium als irdische Oberflächengesteine.

Da der Mondregolith durch Einschläge umgewälzt wird, haben die einzelnen Bestandteile meist eine komplexe Bestrahlungsgeschichte hinter sich. Man kann jedoch durch radiometrische Datierungsmethoden für Mondproben herausfinden, wann sie nahe der Oberfläche waren. Damit lassen sich Erkenntnisse über die kosmische Strahlung und den Sonnenwind zu diesen Zeitpunkten gewinnen.

Wasser

Der Mond ist ein extrem trockener Körper. Jedoch konnten Wissenschaftler mit Hilfe eines neuen Verfahrens im Sommer 2008 winzige Spuren von Wasser (bis zu 0,0046 %) in kleinen Glaskügelchen vulkanischen Ursprungs in Apollo-Proben nachweisen. Diese Entdeckung deutet darauf hin, dass nach der gewaltigen Kollision, durch die der Mond entstand, nicht das ganze Wasser verdampft ist.^[25]

Erstmals hat 1998 die Lunar-Prospector-Sonde Hinweise auf Wassereis in den Kratern der Polarregionen des Mondes gefunden; dies wird aus dem Energiespektrum des Neutronenflusses evident.^[26] Dieses Wasser könnte aus Kometenabstürzen stammen. Da die tieferen Bereiche der polaren Krater aufgrund der geringen Neigung der Mondachse gegen die Ekliptik niemals direkt von der Sonne bestrahlt werden und somit das Wasser dort nicht verdampfen kann, könnte es sein, dass dort noch im Regolith gebundenes Wassereis vorhanden ist. Der Versuch, durch den gezielten Absturz des Prospectors in einen dieser Polarkrater einen eindeutigen Nachweis zu erhalten, schlug allerdings fehl.

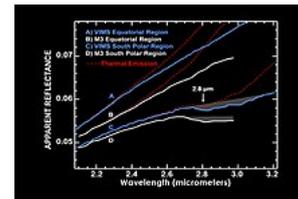
Im September 2009 lieferten Reflexionsminima im 3-µm-Bereich von Infrarotspektren der Mondoberfläche, die das NASA-Instrument Moon Mineralogy Mapper (kurz M³) an Bord der indischen Sonde Chandrayaan-1 aufgenommen hatte, Hinweise auf oberflächennahes „Wasser und Hydroxyl“ an permanent beschatteten Stellen der beiden Mondpole. Dieses Phänomen wurde bereits bei der Instrumentenkalibrierung der Raumsonde Cassini bei ihrem Vorbeiflug am Mond im Jahr 1999 festgestellt.^[27]

Nachfolgend wurde im Zuge der Auswertung weiterer M³-Daten zumindest ein Teil dieses Materials „definitiv“ als Wassereis identifiziert.^[28]

Am 13. November 2009 bestätigte die NASA, dass die Daten der LCROSS-Mission auf größere Wasservorkommen auf dem Mond schließen lassen.^[29]

Im März 2010 gab der [United States Geological Survey](#) bekannt, dass bei erneuten Untersuchungen der Apollo-Proben mit der neuen Methode der [Sekundärionen-Massenspektrometrie](#) bis zu 0,6 % Wasser gefunden wurden. Das Wasser weist ein [Wasserstoffisotopenverhältnis](#) auf, welches deutlich von den Werten irdischen Wassers abweicht.^[30]

Im Oktober 2010 ergab eine weitere Auswertung der LCROSS- und LRO-Daten, dass viel mehr Wasser auf dem Mond vorhanden ist als früher angenommen. Die Sonde [Chandrayaan-1](#) fand allein am Nordpol des Mondes Hinweise auf mindestens 600 Millionen Tonnen^[31] Wassereis. Auch wurden Hydroxylionen, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Ammoniak, freies Natrium und Spuren von Silber detektiert.^{[32][33]}

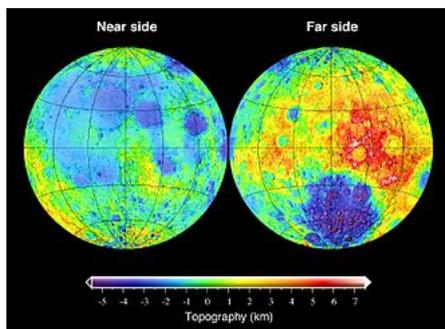


Wasser(eis) überdauert oberflächennah am längsten an den [Polen des Mondes](#), da diese am wenigsten vom Sonnenlicht beschienen und erwärmt werden, und besonders in der Tiefe von Kratern. Durch Untersuchung mit Neutronenspektrometern im Orbit fanden Matthew Siegler et al. die höchsten Konzentrationen von Wasserstoff (wahrscheinlich in Form von Wassereis) etwas abseits der aktuellen Pole an zwei Stellen, die sich diametral gegenüberliegen. Sie leiten daraus die Hypothese ab, dass – etwa durch vulkanische Massenverschiebung – sich die Polachse um etwa 6° [verschoben hat](#).^[34]

Im Jahr 2020 meldeten Astronomen die Entdeckung von Wasser außerhalb des Südpols auf der sonnenbeschienenen Seite des Mondes. Dies deutet darauf hin, dass Wasser für potenzielle zukünftige Mondmissionen – etwa um Sauerstoff zum Atmen oder Wasserstoff für Triebwerke herzustellen – zugänglicher sein könnte als bisher angenommen. Tagestemperaturen auf dem Mond liegen über dem Siedepunkt von Wasser. Die Entdeckung wurde mittels dreier Raumsonden und dem [luftgestützten Teleskop SOFIA](#) gemacht.^{[35][36][37][38]}

Oberflächenstrukturen

Größe und Gliederungen



Topografie der erdzu- (links) und erdabgewandten Mondseite relativ zum lunaren [Geoid](#)

Die Mondoberfläche beträgt 38 Mio. km² und ist damit etwa 15 % größer als die Fläche von [Afrika](#) mit der [arabischen Halbinsel](#). Sie ist nahezu vollständig von einer grauen [Regolith](#)-Schicht bedeckt. Des Mondes redensartlicher „Silberglanz“ wird einem irdischen Beobachter nur durch den Kontrast zum Nachthimmel vorgetäuscht. Tatsächlich hat der Mond eine relativ geringe [Albedo](#) (Rückstrahlfähigkeit).

Die Mondoberfläche gliedert sich in *Terrae* („Länder“) und *Maria* („Meere“). Die Terrae sind ausgedehnte Hochländer und die Maria (Singular: *Mare*) sind große Beckenstrukturen, die von Gebirgszügen gerahmt sind und in denen sich weite Ebenen aus erstarrter Lava befinden. Sowohl die Maria als auch die Terrae sind übersät von [Kratern](#). Zudem gibt es zahlreiche Gräben und [Rillen](#) sowie flache Dome, jedoch keine aktive [Plattentektonik](#) wie auf der Erde. Auf dem Mond ragt der höchste Gipfel 16 km über den Boden der tiefsten Senke, was rund 4 km weniger sind als auf der Erde (Ozeanbecken inbegriffen).



Der am Nachthimmel relativ hell erscheinende Mond ist tatsächlich dunkelgrau (geringe Albedo), wie auf diesem Foto der sonnenbeschienenen Rückseite des Mondes vor der Tagseite der Erde gut zu sehen ist ([DISCOVER](#), Aug. 2015)

Maria

Täler, Berge, Meere

Die erdzuwandte Mondseite wird von den meisten und größten Maria geprägt. Die Maria sind dunkle Tiefebene, die insgesamt 16,9 % der Mondoberfläche bedecken. Sie bedecken 31,2 % der Vorderseite, aber nur 2,6 % der Rückseite. Die meisten Maria gruppieren sich auffällig in der Nordhälfte der Vorderseite und bilden das sogenannte „[Mondgesicht](#)“. Die dunklen Maria hielt man in der Frühzeit der Mondforschung tatsächlich für Meere; deshalb werden sie nach [Giovanni Riccioli](#) mit dem lateinischen Wort für Meer (*mare*) bezeichnet.

Die Maria bestehen aus erstarrten, [basaltischen Lavadecken](#) im Inneren ausgedehnter kreisförmiger Becken und unregelmäßiger Einsenkungen. Die Vertiefungen sind vermutlich durch große Einschläge in der Mondfrühphase entstanden. Da in der Frühphase der Mondmantel noch sehr heiß und daher magmatisch aktiv war, wurden diese Einschlagsbecken anschließend von aufsteigendem Magma bzw. Lava gefüllt. Dies wurde vermutlich durch die geringere Krustendicke der erdnahen Mondseite, im Vergleich zur erdfernen Mondseite, stark begünstigt. Allerdings ist der ausgedehnte Vulkanismus der Mondvorderseite wahrscheinlich noch von weiteren Faktoren begünstigt worden (siehe [KREEP](#)). Die Maria haben nur wenige große Krater, und außerhalb der Krater variieren ihre Höhen nur um maximal 100 m. Zu diesen kleinen Erhebungen gehören die *Dorsa*. Die Dorsa wölben sich als Rücken flach auf und erstrecken sich über mehrere dutzend Kilometer. Die Maria sind von einer 2 bis 8 m dicken Regolithschicht bedeckt, die aus Mineralen besteht, die relativ reich an [Eisen](#) und [Magnesium](#) sind.



[Mare Imbrium](#) mit dem großen Krater [Copernikus](#) am oberen Bildrand (Apollo 17, Dez. 1972)

Die Maria wurden anhand von Proben ihrer dunklen Basalte [radiometrisch](#) auf 3,1 bis 3,8 Milliarden Jahre datiert. Das jüngste vulkanische Mondgestein ist ein in Afrika gefundener Meteorit mit [KREEP](#)-Signatur, der ca. 2,8 Milliarden Jahre alt ist.^[39] Dazu passt jedoch die Kraterdichte in den Maria nicht, die auf ein teilweise deutlich geringeres geologisches Alter der Maria von lediglich 1,2 Milliarden Jahren hinweist.^[17]

Siehe auch: [Liste der Ebenen des Erdmondes](#)

Irregular Mare Patches

Nach Auswertung von Aufnahmen und Oberflächendaten der Sonde Lunar Reconnaissance Orbiter stellten Wissenschaftler der Arizona State University und der Universität Münster im Oktober 2014 die These auf, dass es noch vor deutlich weniger als 100 Millionen Jahren weit verbreitet vulkanische Aktivität auf dem Mond gegeben haben könnte. Innerhalb der großen Maria existieren demnach zahlreiche kleinere Strukturen mit Abmessungen zwischen 100 m und 5 km, die als *Irregular Mare Patches* bezeichnet und als lokale Lavadecken gedeutet werden. Die geringe Größe und Dichte der Einschlagskrater in diesen „Patches“ (dt. „Flecken“ oder „Flicken“) deuten darauf hin, dass sie für Mondverhältnisse sehr jung sind, bisweilen kaum mehr als 10 Millionen Jahre. Eine dieser Strukturen namens „Ina“ war bereits seit der Apollo-15-Mission bekannt, wurde jedoch bislang als Sonderfall mit geringer Aussagekraft für die geologische Geschichte des Mondes betrachtet. Die nun festgestellte Häufigkeit der *Irregular Mare Patches* lässt den Schluss zu, dass die vulkanische Aktivität auf dem Mond nicht wie bisher angenommen vor etwa einer Milliarde Jahren „abrupt“ endete, sondern langsam über einen langen Zeitraum schwächer wurde, was unter anderem die bisherigen Modelle zu den Temperaturen im Mondinneren in Frage stellt.^{[40][41][42]}

Terrae

Die Hochländer wurden früher als Kontinente angesehen und werden deshalb als *Terrae* bezeichnet. Sie weisen deutlich mehr und auch größere Krater als die Maria auf und sind von einer bis zu 15 m dicken Regolithschicht bedeckt, die überwiegend aus hellem, relativ aluminiumreichem Anorthosit besteht. Die ältesten Hochland-Anorthositproben wurden radiometrisch mit Hilfe der Samarium-Neodym-Methode auf ein Kristallisationsalter von $4,456 \pm 0,04$ Milliarden Jahren datiert, was als Bildungsalter der ersten Kruste und als Beginn der Kristallisation des ursprünglichen Magmaozeans interpretiert wird. Die jüngsten Anorthosite sind etwa 3,8 Milliarden Jahre alt.

Die Hochländer sind von sogenannten Tälern (Vallis) durchzogen. Dabei handelt es sich um bis zu einige hundert Kilometer lange, schmale Einsenkungen innerhalb der Hochländer. Ihre Breite beträgt oft wenige Kilometer, ihre Tiefe einige hundert Meter. Die Mondtäler wurden in den meisten Fällen nach in der Nähe gelegenen Kratern benannt (*Siehe auch: Liste der Täler des Erdmondes*).

In den Hochländern gibt es mehrere Gebirge, die Höhen von etwa 10 km erreichen. Sie sind möglicherweise dadurch entstanden, dass der Mond infolge der Abkühlung geschrumpft ist und sich dadurch Faltengebirge aufwölbten. Nach einer anderen Erklärung könnte es sich um die Überreste von Kraterwällen handeln. Sie sind nach irdischen Gebirgen benannt worden, zum Beispiel Alpen, Apenninen, Kaukasus und Karpaten.

Siehe auch: Liste der Berge und Gebirge des Erdmondes

Krater

Die Mondkrater entstanden durch Einschläge kosmischer Objekte und sind deshalb Einschlagkrater. Die größten von ihnen entstanden vor etwa 3 bis 4,5 Milliarden Jahren in der Frühzeit des Mondes durch Einschläge großer Asteroiden. Sie werden, der Nomenklatur von Riccioli folgend, vorzugsweise nach Astronomen, Philosophen und anderen Gelehrten benannt. Einige der großen Einschlagkrater sind von sternförmigen Strahlensystemen umgeben. Diese Strahlen stammen unmittelbar vom Einschlag und bestehen aus Auswurfmaterial (sogenannte *Ejecta*), das zu zahlreichen Glaskügelchen erstarrt ist. Die Glaskügelchen streuen das Licht bevorzugt in die Einfallsrichtung zurück, wodurch sich die Strahlen bei Vollmond hell vom dunkleren Regolith abheben. Die Strahlen sind besonders lang und auffällig beim Krater Tycho.

Der größte Einschlagkrater auf dem Mond ist das Südpol-Aitken-Becken, das 2240 km durchmisst. Die kleinsten sind Mikrokrater, die erst unter dem Mikroskop sichtbar werden. Auf der Mondvorderseite sind mit irdischen Teleskopen allein mehr als 40.000 Krater, die mehr als 100 m Durchmesser, sichtbar. Die Kraterdichte ist auf der Rückseite, da ihre Oberfläche durchschnittlich geologisch älter ist, deutlich höher.

Vulkanische Krater sind bislang noch nicht zweifelsfrei identifiziert worden. Da die Mondkruste einen geringeren SiO₂-Anteil hat als die kontinentale Erdkruste, haben sich dort keine Schichtvulkane gebildet, wie sie zum Beispiel für den pazifischen Feuerring auf der Erde typisch sind. Aber auch Schildvulkane mit zentraler Caldera, wie sie in den Ozeanbecken der Erde oder auf dem Mars vorkommen, scheinen auf dem Mond nicht zu existieren. Stattdessen fand lunarer Vulkanismus offenbar überwiegend in Form von Spalteneruptionen statt.

Siehe auch: Liste der Krater des Erdmondes

Rillen

Auf der Mondoberfläche gibt es auch Rillenstrukturen (Rimae), über deren Ursprung vor dem Apollo-Programm lange spekuliert worden war. Man unterscheidet

- gerade Rillen und
- mäandrierende Rillen.

Seit den Untersuchungen der Hadley-Rille durch Apollo 15 geht man davon aus, dass es sich bei den mäandrierenden Rillen um Lavaröhren handelt, deren Decke eingestürzt ist. Hochauflösende Satellitenfotos sowie doppelte Radarechos von der Mondoberfläche in den Marius Hills (Oceanus-Procellarum-Becken), wo zudem eine negative Schwereanomalie registriert wurde, lassen es als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass es auch heute noch ausgedehnte intakte Lavaröhrensysteme gibt.^{[43][44]}

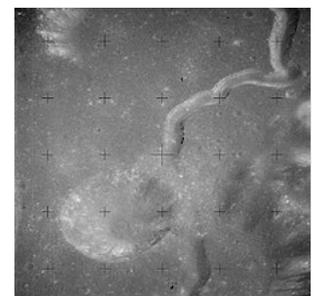
Die Entstehung der geraden Rillen ist deutlich unklarer – es könnte sich um Schrumpfungsrisse handeln, die sich in erkaltender Lava gebildet haben.



Diese nachbearbeitete Farbaufnahme mit verstärkter Farbsättigung zeigt anhand der Färbungen abweichende chemische Zusammensetzungen des Materials an der Oberfläche in Regionen, die mit dem bloßen Auge gleichfarbig wirken. Bräunliche Farbtöne entstehen durch einen erhöhten Eisenoxid- und bläuliche Farbtöne durch einen erhöhten Titanoxidanteil. Eisen- und Titanoxidminerale kommen typischerweise im Basalt der Maria vor, nicht aber im feldspatreichen Gestein der Terraes.



Krater Theophilus (Apollo 16, NASA)



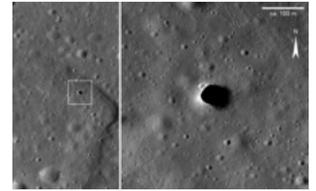
Rima Hadley (Apollo 15, NASA)

Neben den als Rimae bezeichneten Strukturen bestehen noch schmale, vertiefte Strukturen, die eine Länge bis über 400 km erreichen. Sie ähneln den langgestreckten Rillen und werden als Furchen oder Risse (Rupes) bezeichnet. Diese Furchen gelten als Beweis für das Wirken von Spannkraften innerhalb der Mondkruste.

Siehe auch: [Liste der Rillenstrukturen des Erdmondes](#)

Gruben oder Löcher

In Aufnahmen der Mondsonde [Kaguya](#) entdeckte der Astronom Junichi Haruyama mit seiner Arbeitsgruppe im Jahr 2009 erstmals ein „schwarzes Loch“ mit ca. 65 m Durchmesser in der Mondoberfläche im Bereich der Marius-Hügel im [Oceanus Procellarum](#) auf der erdzugewandten Mondseite.^[45] Es liegt annähernd mittig in einer flachen Rille des mäandrierenden Typs. Neun verschiedene Aufnahmen, die unter verschiedenen Blickwinkeln und bei unterschiedlichen Sonnenständen gemacht wurden, erlaubten eine Schätzung der Tiefe des Lochs auf 80 bis 88 Meter.^[45] Dieses führt wiederum in eine größere Kaverne, die ca. 50 km lang und 100 m breit ist, die größte entdeckte Mondhöhle.^[46]



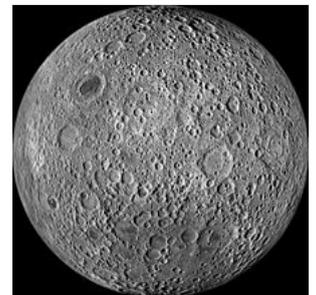
Loch in der Mondoberfläche der Marius-Hills-Region

Weil um das Loch herum kein offensichtlich dort ausgeflossenes Material erkennbar ist, wird eine Entstehung als vulkanischer [Pitkrater](#) ausgeschlossen. Am wahrscheinlichsten handelt es sich um ein sogenanntes [Skylight](#) einer [Lavaröhre](#), das dadurch entstanden sein muss, dass die Decke der Lavaröhre an dieser Stelle eingestürzt ist. Die flache Rille repräsentiert demnach eine Lavaröhre, deren Decke noch weitgehend intakt ist, aber topographisch etwas unterhalb des Niveaus des Umlandes liegt. Ursächlich für die Bildung des Skylights können Mondbeben, Einschläge von Meteoriten oder die Auflast eines noch flüssigen Lavastroms gewesen sein. Auch ein Einfluss der irdischen Schwerkraft ([Gezeitenkräfte](#)) ist denkbar.^[45]

Bis 2011 wurden zwei weitere mögliche Skylights entdeckt.^[47] Anfang 2018 betrug die Anzahl der Skylight-Kandidaten rund 200.^[48]

Mondrückseite

Über die [Mondrückseite](#) war vor den ersten Raumfahrtmissionen nichts bekannt, da sie von der Erde nicht sichtbar ist; erst [Luna 3](#) lieferte die ersten Bilder. Die Rückseite unterscheidet sich in mehreren Aspekten von der Vorderseite. Ihre Oberfläche prägen fast nur kraterreiche Hochländer. Zu den Kratern zählt auch das große [Südpol-Aitken-Becken](#), das 13 km tief ist, 2240 km durchmisst und von vielen anderen Kratern überzeichnet ist. Hier hat, wie Untersuchungen der [Clementine-Mission](#) und des [Lunar Prospectors](#) vermuten lassen, ein sehr großer Einschlagkörper die Mondkruste durchstoßen und möglicherweise Mantelgesteine freigelegt. Die Rückseitenkruste ist mit 150 km gegenüber 70 km der Vorderseitenkruste etwa doppelt so dick. Auf der Rückseite entdeckte die Raumsonde [LRO](#) auch Grabenstrukturen.^[49] Dort liegt auf dem Mond auch der höchste bekannte Punkt (10.750 m), der mit dem Laser-Altimeter der Raumsonde [Kaguya](#) gemessen wurde und am Rande des [Engelhardt-Kraters](#) liegt.^{[50][51]} Am 3. Januar 2019 landete erstmals eine Raumsonde, die [Chang'e 4](#), auf der Mondrückseite.^[52]



Rückseite des Mondes (links oben [Mare Moscoviense](#))

Rück- und Vorderseite haben sich auch unterschiedlich entwickelt, weil das geometrische [Mondzentrum](#) (Mittelpunkt der volumensgleichen Kugel) und sein [Schwerpunkt](#) um 1,8 km (1 Promille des Mondradius) voneinander abstehen. Diese [Asymmetrie](#) von innerem Aufbau und Mondkruste könnte von einer Kollision mit einem [zweiten Erdtrabanten](#) herrühren, die einige Forscher in der Frühzeit des Mondes annehmen.

Für die Mondrückseite ist die „dunkle Seite des Mondes“ (englisch *dark side of the Moon*) eine erhalten gebliebene [Redensart](#), die aber nur symbolisch im Sinne einer unbekannteren Seite zu verstehen ist; im eigentlichen Wortsinn ist die Redensart falsch, da – wie schon zu den Mondphasen angemerkt – Rück- und Vorderseite im Laufe der [Mondrotation](#) abwechselnd von der Sonne beschienen werden. Die Rückseite ist durch den viel geringeren Flächenanteil der dunklen Mareebenen insgesamt sogar deutlich heller als die Vorderseite.

Mondvorderseite

→ [Hauptartikel: Mondvorderseite](#)

Einflüsse auf die Erde

Wie es dazu kommt

Die Gravitation des Mondes treibt auf der Erde die [Gezeiten](#) an. Dazu gehören nicht nur [Ebbe](#) und [Flut](#) in den Meeren, sondern auch Hebungen und Senkungen des Erdmantels. Die durch die Gezeiten frei werdende Energie wird der [Drehbewegung](#) der Erde entnommen und der darin enthaltene Drehimpuls dem [Bahndrehimpuls](#) des Mondes zugeführt. Dadurch verlängert sich gegenwärtig die [Tageslänge](#) um etwa 20 Mikrosekunden pro Jahr. In ferner Zukunft wird die [Erdrotation an den Mondumlauf gebunden](#) sein, und die Erde wird dem Mond immer dieselbe Seite zuwenden.

Die Erde ist nicht perfekt kugelförmig, sondern durch die Rotation abgeflacht. Die [Gezeitenkraft](#) von Sonne und Mond erzeugt ein aufrichtendes [Drehmoment](#), das zweimal jährlich bzw. monatlich maximal wird. Die Erde folgt diesem als [Kreisell](#) nicht direkt, sondern [präzediert](#) mit in erster Näherung konstanter Neigung der Erdachse. Wäre die Sonne die einzige Ursache für Präzession, würde sich die Neigung der Erdachse innerhalb von Millionen Jahren in weiten Bereichen ändern. Dies würde ungünstige Umweltbedingungen für das Leben auf der Erde bedeuten, weil die Polarnacht abwechselnd die gesamte Nord- bzw. Südhalbkugel erfassen würde. Die durch den Mond bewirkte schnelle Präzession stabilisiert die Neigung der Erdachse. So trägt der Mond zu dem das Leben begünstigenden Klima der Erde bei.



Earthrise: Erde und Mond aus der Sicht von [Apollo 8](#)

Einfluss auf Lebewesen

Abseits von künstlichem Licht wie Straßenbeleuchtung und dem Lichtschein von beleuchteten Orten, reflektiert von einer hohen Wolkendecke, kann in der Nacht ohne Dämmerungslicht der Sonne direktes Mondlicht alleine eine relevante Beleuchtung der Landschaft bieten, die es Menschen ermöglicht sich im Freien, insbesondere auf Wegen zu orientieren und sicher zu bewegen. Notwendig dafür ist ein wolkenfreier Himmel, ein zumindest etwa 3/4-voller Mond und ein hoher Stand des Mondes, etwa $>45^\circ$ über dem Horizont. Steht der Vollmond hoch am klaren Himmel, wird auch graduelles Farbsehen möglich, erkennbar daran, dass Wiesen grünlich wahrgenommen werden.

Nach dem Skeptic's Dictionary habe keine ausgewertete wissenschaftliche Studie eine signifikante positive Korrelation zwischen Mondphasen und dem Auftreten von Schlafstörungen, Verkehrsunfällen, Operationskomplikationen, der Häufigkeit von Suizidhandlungen oder der Häufigkeit von Geburten ergeben.^{[53][54]} Manche Menschen, zum Beispiel in der Land- und Forstwirtschaft, achten seit alters her darauf, dass bestimmte Arbeiten in der Natur in der „richtigen“ Mondphase erledigt werden (*siehe auch: Mondholz, Mondkalender*).

Die tägliche Bewegung des Mondes und die darin enthaltene Information über die Himmelsrichtungen wird von Zugvögeln und einigen Arten nachtaktiver Insekten zur Navigation genutzt; sogar bei bedecktem Himmel aufgrund des von der Atmosphäre charakteristisch polarisierten Lichts (*siehe unter Polarisationsmuster*).^[55]

Bei manchen Arten der Ringelwürmer (wie bei dem Samoa-Palolo), Krabben und Fische (*Leuresthes*) ist das Fortpflanzungsverhalten sehr eng an den monatlichen Phasenwechsel des Mondes gekoppelt.

Die schon im 18. Jahrhundert erforschte^[56] Korrelation von Mondposition und Wetter ist so gering, dass ein dadurch verursachter Einfluss auf Lebewesen vollständig vernachlässigt werden kann.^{[57][58]}

Das Schlafwandeln von Menschen wird irreführend als *Mondsüchtig-Sein* interpretiert.

Astrologie

→ *Hauptartikel: Mond (Astrologie)*

In der Astrologie gilt der Mond als einer der klassischen sieben Planeten. Seit dem Altertum wird ihm ein erheblicher Einfluss auf den Menschen zugeschrieben. In der hellenistischen Astrologie wurde er in das System der Zuordnungen von Planeten und Tierkreiszeichen, Elementen etc. integriert, das bis heute die Grundlage der westlichen Astrologie bildet. In der indischen Astrologie haben die sogenannten Mondhäuser oder Nakshatras, die Abschnitte der Ekliptik entsprechend einer Aufteilung nach den Tagen einer Lunation, eine große Bedeutung.^[59]

Atmosphärische Erscheinungen

Mondhof und Mondhalo

Als Mondhof werden farbige Ringe um den Mond bezeichnet, die durch die Beugung des Lichts an den Wassertropfchen der Wolken verursacht werden. Dabei ist der äußerste Ring von rötlicher Farbe und hat eine Ausdehnung von etwa zwei Grad, in seltenen Fällen auch bis zu zehn Grad.

Umgangssprachlich wird der Begriff des Mondhofs auch für einen Halo um den Mond gebraucht. Dafür sind Eiskristalle in Luftschichten verantwortlich, die aus dünnem Höhennebel oder Dunst entstanden sind und das auf die Erde fallende Licht in einem sehr schwachen Winkel ablenken und dadurch eine Art leuchtenden Ringeffekt für den Betrachter hervorrufen.

Eine spezielle Haloerscheinung des Mondes ist der Nebenmond. Analog zu den Nebensonnen treten Nebenmonde mit einem Abstand von rund 22 Grad neben dem Mond auf. Wegen der geringeren Lichtstärke des Mondes sieht man sie jedoch seltener und meistens bei Vollmond.

Mondregenbogen

Bei Nacht kann durch Zusammentreffen von Mondlicht und Regentropfen ein Mondregenbogen entstehen, der analog zum physikalischen Prinzip des Regenbogens der Sonne funktioniert.

Mondtäuschung und Mondsichelneigung

Als Mondtäuschung bezeichnet man den Effekt, dass der Mond in Horizontnähe größer aussieht als im Zenit. Dies ist keine Folge der Lichtbrechung an den Luftschichten, sondern eine optische Täuschung, die von der Wahrnehmungspsychologie untersucht und erklärt wird.

Auch das Phänomen, dass die beleuchtete Seite des Mondes oft nicht genau zur Sonne zu zeigen scheint, ist eine optische Täuschung und wird dort unter der Überschrift Relativität des Blickwinkels erläutert. Man kann sich davon überzeugen, dass die beleuchtete Mondsichel tatsächlich – wie zu erwarten – jederzeit senkrecht auf der Verbindungslinie zwischen Sonne und Mond steht, indem man diese Verbindungslinie durch eine mit ausgestreckten Armen – visiert – zwischen Sonne und Mond gespannte Schnur sichtbar macht.^[60]



Mond und Erde von einem Space Shuttle aus gesehen



Video: Der Einfluss des Mondes auf die Erde (mit Gezeiten und dem Baryzentrum/Erde-Mond-Schwerpunkt)



Mondhof



22°-Mondhalo am 23. Oktober 2010, gesehen von Graz (Österreich) aus



Abendlicher Mondaufgang – die subjektiv empfundene Größe des Mondes hängt u. a. von den Vergleichsgrößen ab. Im Vergleich zu den Bäumen am Horizont wirkt er groß. Im Vergleich zu den Ästen der hohen Weide vorne rechts erscheint er klein.

Brechungseffekte

Am Terminator können unter günstigen Bedingungen grüne und manchmal auch blaue Farbsäume beobachtet werden, wenn der Mond sehr nahe am Horizont steht. In diesem Fall leuchten die von der unter dem Horizont befindlichen Sonne noch beleuchteten Ränder der Mondkrater hell vor den oberhalb befindlichen Schattenbereichen. Durch die astronomische Refraktion des weißlichen Mondlichts auf dem mehrere hundert Kilometer langen Weg durch die Atmosphäre werden rote Anteile stärker gebrochen, so dass von den hellen Seiten der Schattengrenzen vor allem grüne Anteile zum Beobachter auf der Erdoberfläche gelangen. Wegen der geringen Farbtemperatur des Mondlichts von ungefähr 4100 Kelvin gibt es nur vergleichsweise geringe blaue Anteile im Mondlicht, die manchmal aber ebenfalls beobachtet werden können. Dieser Effekt kann auch bei der Sonne als Grüner Blitz wahrgenommen werden.



Untergehender Halbmond mit grünen Kraterändern am Terminator (im November bei einhergehender starker Neigung der Ekliptik gegenüber dem Horizont)

Geschichte der Mondbeobachtung

Freiäugige Beobachtung, Mondbahn und Finsternisse

Der Mond ist nach der Sonne das mit Abstand hellste Objekt des Himmels; zugleich kann man seinen einzigartigen Helligkeits- und Phasenwechsel zwischen Vollmond und Neumond auch mit bloßem Auge sehr gut beobachten.

Das letzte Auftauchen der abnehmenden Mondsichel am Morgenhimmel (Altlicht des Morgenletzt) oder das erste Auftauchen der zunehmenden Mondsichel am Abendhimmel (Neulicht des Abenderstes) markiert oder markierte in einigen Kulturkreisen den Beginn eines Monats.^[61]

Die Mondphasen und die Sonnen- bzw. Mondfinsternisse sind mit Sicherheit schon früh von Menschen beobachtet worden. Die genaue Länge des siderischen und des synodischen Monats war schon im 5. Jahrtausend v. Chr. bekannt, ebenso die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik (5,2°). Mindestens 1000 v. Chr. kannten die babylonischen Astronomen die Bedingungen, unter denen Sonnenfinsternisse auftreten, und die Vorhersage der Sonnenfinsternis vom 28. Mai 585 v. Chr. durch Thales entschied den Krieg zwischen den Lydern und Medern. Von Anaxagoras ist die Aussage überliefert, der Mond erhalte sein Licht von der Sonne, und es gebe auf ihm Täler und Schluchten; diese und andere Lehren trugen ihm eine Verurteilung wegen Gotteslästerung ein.^[62]

In der Antike wurde die Mondbahn entlang der Ekliptik in Mondhäuser oder Mondstationen eingeteilt, in denen sich der Mond jeweils innerhalb eines Tages aufhält. Beispiele hierfür sind die indischen Nakshatra und die arabischen Manazil al-Qamar, die die Ekliptik entsprechend der siderischen Umlaufzeit des Mondes abgerundet in 27 beziehungsweise aufgerundet in 28 Mondhäuser mit Eigennamen einteilen. Auch durch den Propheten Habakuk ist in einem seiner Psalmen belegt, dass die Einteilung in Mondhäuser bereits im siebenten vorchristlichen Jahrhundert üblich war.^[63]

Hab 3,11a: *Der Mond bleibt in der Behausung*

Auch Bedeckungen von Planeten oder ekliptiknahen Sternen durch den Mond sind in der Antike bezeugt. Aristoteles erwähnt in seiner Schrift Über den Himmel zum Beispiel die Bedeckung des Planeten Mars durch den zunehmenden Halbmond im Sternbild Löwe am 5. April 357 v. Chr. in den frühen Abendstunden.^[64] Er erwähnte in diesem Zusammenhang auch, dass die Babylonier und die Ägypter solche Phänomene über lange Zeit beobachtet und dokumentiert hatten.^[65]

Die am Mond freiäugig erkennbaren Details (siehe Mondgesicht, Gesicht am Südpol des Mondes) werden in anderen Kulturkreisen auch als Hase etc. bezeichnet. Die dunklen, scharf begrenzten Flächen wurden schon früh als Meere interpretiert (diese glatten Ebenen werden daher bis heute Mare genannt), während die Natur der bei Vollmond sichtbar werdenden Strahlensysteme erst im 20. Jahrhundert geklärt werden konnte.

Fernrohrbeobachtung, Mondkarten und Raumfahrt

Als erdnächster Himmelskörper zeigt der Mond bereits durch einfache Fernrohre topographische Details, insbesondere in der Nähe des Terminators, da dort die Schatten lang sind, wie zum Beispiel der Goldene Henkel oder das Lunar X. So begann bald nach Erfindung des Fernrohrs 1608 die Erforschung des Mondes, zu nennen sind Galileo Galilei, David Fabricius, Thomas Harriot und Simon Marius. Höhepunkte der Selenographie waren die Selenographia sive Lunae



Über dem östlichen Horizont beim Morgenletzt gerade noch sichtbares Altlicht des abnehmenden Mondes 33 Stunden vor Neumond

Descriptio von Johannes Hevelius (1647) und die Arbeiten von Johann Hieronymus Schroeter, der 1791 seine Selenotopographischen Fragmente publizierte, mit genauer Kartierung der Mondkrater und Gebirge sowie deren Benennung.^[66]

Im März 1840 gelangen John William Draper in New York City mit einem entgegen der Erdrotation mitgeführten Teleskop der New York University die ersten fotografischen Aufnahmen des Mondes.^[67]

Es folgte die Ära der hochpräzisen Mondkarten durch Beer, Mädler und andere, ab etwa 1880 die langbrennweitige Astrofotografie (siehe auch Pariser Mondatlas) und erste geologische Deutungen der Mondstrukturen. Anschauliche zeitgenössische Darstellungen der Mondoberfläche von 1930 durch Lucien Rudaux finden sich im Kosmos Handweiser für Naturfreunde, Heft 1/1930.^[68] Das durch die Raumfahrt (erste Mondumkreisung 1959) gesteigerte Interesse am Mond führte zur erstmaligen Beobachtung leuchtender Gasastritte durch Kosyrew, doch die Vulkanismus-Theorie der Mondkrater musste der Deutung als Einschlagkrater weichen. Vorläufiger Höhepunkt waren die bemannten Mondlandungen 1969–1972, die dadurch ermöglichten zentimetergenauen Laser-Entfernungsmessungen und in den letzten Jahren die multispektrale Fernerkundung der Mondoberfläche sowie die genaue Vermessung ihres Schwerefeldes durch verschiedene Mondorbitler.

Mythologische Anfänge

Die älteste bekannte Darstellung des Mondes ist eine 5000 Jahre alte Mondkarte aus dem irischen Knowth. Als weitere historisch bedeutende Abbildung in Europa ist die Himmelscheibe von Nebra zu nennen.

Das Steinmonument Stonehenge diente wahrscheinlich als Observatorium und war so gebaut, dass damit auch spezielle Positionen des Mondes vorhersagbar oder bestimmbar gewesen sind.

In vielen archäologisch untersuchten Kulturen gibt es Hinweise auf die große kultische Bedeutung des Mondes für die damaligen Menschen. Der Mond stellte meist eine zentrale Gottheit dar, als weibliche Göttin, zum Beispiel bei den Thrakern Bendis, bei den alten Ägyptern Isis, bei den Griechen Selene, Artemis und Hekate sowie bei den Römern Luna und Diana, oder als männlicher Gott wie beispielsweise bei den Sumerern Nanna, in Ägypten Thot, in Japan Tsukiyomi, bei den Azteken Tecciztecatl und bei den Germanen Mani. Fast immer wurden Sonne und Mond dabei als entgegengesetzt geschlechtlich gedacht, auch wenn die Zuordnung variierte. In China dagegen galt der Mond als Symbol für Westen, Herbst und Weiblichkeit (Yin).

Ein häufig vorkommendes Motiv ist das Bild von den drei Gesichtern der Mondgöttin: bei zunehmendem Mond die verführerische Jungfrau voller Sexualität, bei Vollmond die fruchtbare Mutter und bei abnehmendem Mond das alte Weib oder die Hexe mit der Kraft zu heilen, zum Beispiel bei den Griechen mit Artemis, Selene und Hekate sowie bei den Kelten Blodeuwedd, Morrígan und Ceridwen.

Der Mond als Himmelskörper ist Gegenstand von Romanen und Fiktionen, von Jules Vernes Doppelroman *Von der Erde zum Mond* und *Reise um den Mond* über Paul Linckes Operette *Frau Luna* oder Hergés zweibändigem Tim-und-Struppi-Comic-Abenteurer *Reiseziel Mond* und *Schritte auf dem Mond* bis hin zu der futuristischen Vorstellung einer Besiedelung des Mondes oder dem Reiseführer *Reisen zum Mond* von Werner Tiki Küstenmacher.

Kalenderrechnung

Neben der mythologischen Verehrung nutzten Menschen schon sehr früh den regelmäßigen und leicht überschaubaren Rhythmus des Mondes für die Beschreibung von Zeitspannen und als Basis eines Kalenders, noch heute basiert der islamische Kalender auf dem Mondjahr mit 354 Tagen (12 synodische Monate). Mit dem Übergang zum Ackerbau wurde die Bedeutung des Jahresverlaufs für Aussaat und Ernte wichtiger. Um dies zu berücksichtigen, wurden zunächst nach Bedarf, später nach feststehenden Formeln wie zum Beispiel dem metonischen Zyklus Schaltmonate eingefügt, die das Mondjahr mit dem Sonnenjahr synchronisierten. Auf diesem lunisolaren Schema basieren zum Beispiel der altgriechische und der jüdische Kalender.

Die noch heute gebräuchliche Länge einer Woche von sieben Tagen basiert wahrscheinlich auf der zeitlichen Folge der vier hauptsächlichen Mondphasen (siehe oben). Bei der Osterrechnung spielt das Mondalter am letzten Tag des Vorjahres eine Rolle und heißt Epakte.

Von den alten Hochkulturen hatten einzig die alten Ägypter ein reines Sonnenjahr mit zwölf Monaten à 30 Tage sowie fünf Schalttage, das heißt ohne strengen Bezug zum synodischen Monat von 29,5 Tagen, vermutlich, weil für die ägyptische Kultur die genaue Vorhersage der Nilüberschwemmungen und damit der Verlauf des Sonnenjahres überlebensnotwendig war.

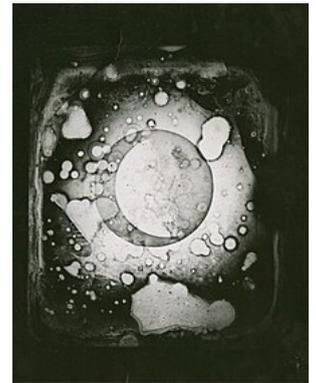
Forschungsgeschichte

Wissenschaftliche Teildisziplinen, die sich mit der Untersuchung des Mondes befassen, tragen nach dem griechischen Wort für Mond, Σελήνη (Selene) gebildete Namen. Es sind:

- Selenologie, auch Geologie des Mondes, beschäftigt sich mit seiner Entstehung, seinem Aufbau und seiner Entwicklung sowie mit der Entstehung der beobachteten Strukturen und den dafür verantwortlichen Prozessen.
- Selenographie ist die Erfassung und Bezeichnung von Oberflächenstrukturen des Mondes, insbesondere das Erstellen von Mondkarten.
- Selenodäsie, befasst sich mit der Vermessung des Mondes und seines Schwerfeldes.

Erdgebundene Erforschung

Die früheste grobe Mondkarte mit Konturen der Albedomerkmale und dem ersten Versuch einer Nomenklatur skizzierte William Gilbert im Jahr 1600 nach dem bloßen Auge.^{[69][70]} Die erste, wenn auch ebenfalls nur skizzenhafte Darstellung der mit einem Fernrohr sichtbaren Mondstrukturen stammt von Galileo Galilei (1609), die ersten brauchbaren stammen von Johannes Hevelius, der mit seinem Werk Selenographia sive Lunae Descriptio (1647) als Begründer der



Daguerreotypie des abnehmenden Halbmondes von 1840



Himmelscheibe von Nebra

Selenographie gilt. In der Nomenklatur der Mondstrukturen setzte sich das System von Giovanni Riccioli durch, der in seinen Karten von 1651 die dunkleren Regionen als Meere (*Mare*, Plural: *Maria*) und die Krater nach Philosophen und Astronomen bezeichnete. Allgemein anerkannt ist dieses System jedoch erst seit dem 19. Jahrhundert.

Tausende Detailzeichnungen von Mondbergen, Kratern und Wallebenen wurden von Johann Hieronymus Schroeter (1778–1813) angefertigt, der auch viele Mondtäler und Rillen entdeckte. Den ersten Mondatlas gaben Wilhelm Beer und Johann Heinrich Mädler 1837 heraus, ihm folgte bald eine lange Reihe fotografischer Atlanten.

Ende des 19. Jahrhunderts konnten bereits Aussagen über die Erscheinung des Mondes getroffen werden, die auch heute noch weitestgehend Gültigkeit besitzen. Der österreichische Geologe Melchior Neumayr traf diesbezüglich folgende Aussage:

„Drei Erscheinungen sind es namentlich, welche dem Monde eine überaus seltsame, fremdartige Physiognomie verleihen: das Fehlen einer Atmosphäre, das Nichtvorhandensein von Wasser an der Oberfläche und das Vorherrschende kraterförmiger Ringgebirge in der Oberflächengestaltung.“
 – MELCHIOR NEUMAYR: *Erdgeschichte*, 1895

Allerdings war die tatsächliche Entstehung dieser Krater bis zu diesem Zeitpunkt noch ungewiss. Neumayr nahm infolgedessen den Vulkanismus als die wahrscheinlichste Ursache dafür an:

„Weitaus am verbreitetsten sind ringförmige Berge, welche in ihrer ganzen Bildung in der auffallendsten Weise an unsere irdischen Vulkane erinnern, und man nimmt in der Regel an, daß diese Gebilde in der That auf eruptive Thätigkeit zurückzuführen seien.“
 – MELCHIOR NEUMAYR: *Erdgeschichte*, 1895

Neumayr gibt an, dass sich einzelne Gebirge mehr als 8000 m über ihre Umgebung erheben. Die Höhenbestimmung von Kratern, Gebirgen und Ebenen war mit teleskopischen Beobachtungen jedoch sehr problematisch und erfolgte meist durch Analyse von Schattenlängen, wofür Josef Hopmann im 20. Jahrhundert Spezialmethoden entwickelte. Erst durch die Sondenkartierungen kennt man verlässliche Werte: Die Krater, mit Durchmessern bis zu 300 km, wirken zwar steil, sind aber nur wenige Grad geneigt, die höchsten Erhebungen hingegen erreichen eine Höhe von bis zu 10 km über dem mittleren Niveau.

Erforschung mit ersten Raumfahrzeugen

→ Hauptartikel: *Chronologie der Mondmissionen*

Den zweiten großen Sprung der Fortschritte in der Mondforschung eröffnete dreieinhalb Jahrhunderte nach der Erfindung des Fernrohrs der Einsatz der ersten Mondsonden. Die sowjetische Sonde Luna 1 kam dem Mond rund 6000 km nahe, Luna 2 traf ihn schließlich und Luna 3 lieferte die ersten Bilder von seiner Rückseite. Die Qualität der Karten wurde in den 1960er Jahren deutlich verbessert, als zur Vorbereitung des Apollo-Programms eine Kartierung durch die Lunar-Orbiter-Sonden aus einer Mondumlaufbahn heraus stattfand. Die heute genauesten Karten stammen aus den 1990ern durch die Clementine- und Lunar-Prospector-Missionen.

Das US-amerikanische Apollo- und das sowjetische Luna-Programm brachten mit neun Missionen zwischen 1969 und 1976 insgesamt 382 Kilogramm Mondgestein von der Mondvorderseite zur Erde; die folgende Tabelle gibt einen Überblick darüber.

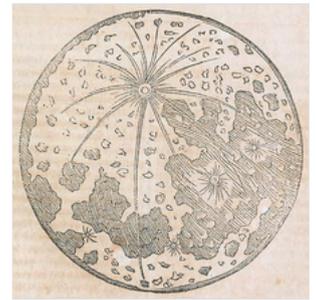
Landedatum	Mission	Menge	Landestelle
20. Juli 1969	<u>Apollo 11</u>	21,6 kg	Mare Tranquillitatis
19. November 1969	<u>Apollo 12</u>	34,3 kg	Oceanus Procellarum
20. September 1970	<u>Luna 16</u>	100 g	Mare Fecunditatis
5. Februar 1971	<u>Apollo 14</u>	42,6 kg	Fra-Mauro-Hochland
30. Juli 1971	<u>Apollo 15</u>	77,3 kg	Hadley-Apenninen (Mare und Hochland)
21. Februar 1972	<u>Luna 20</u>	30 g	Apollonius-Hochland
20. April 1972	<u>Apollo 16</u>	95,7 kg	Descartes
11. Dezember 1972	<u>Apollo 17</u>	110,5 kg	Taurus-Littrow (Mare und Hochland)
18. August 1976	<u>Luna 24</u>	170 g	Mare Crisium

1979 wurde der erste Mondmeteorit in der Antarktis entdeckt, dessen Herkunft vom Mond allerdings erst einige Jahre später durch Vergleiche mit den Mondproben erkannt wurde. Mittlerweile kennt man noch mehr als zwei Dutzend weitere. Diese bilden eine komplementäre Informationsquelle zu den Gesteinen, die durch die Mondmissionen zur Erde gebracht wurden: Während man bei den Apollo- und Lunaprobe die genaue Herkunft kennt, dürften die Meteorite, trotz der Unkenntnis ihres genauen Herkunftsortes auf dem Mond, repräsentativer für die Mondoberfläche sein, da einige aus statistischen Gründen auch von der Rückseite des Mondes stammen sollten.

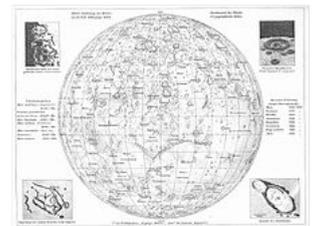
Menschen auf dem Mond

Der Mond ist nach der Erde bisher der einzige von Menschen betretene Himmelskörper. Im Rahmen des Kalten Kriegs unternahmen die USA und die UdSSR einen Wettlauf zum Mond (auch bekannt als „Wettlauf ins All“) und in den 1960er Jahren als Höhepunkt einen Anlauf zu bemannten Mondlandungen, die jedoch nur mit dem Apollo-Programm der Vereinigten Staaten verwirklicht wurden. Das bemannte Mondprogramm der Sowjetunion wurde daraufhin abgebrochen.

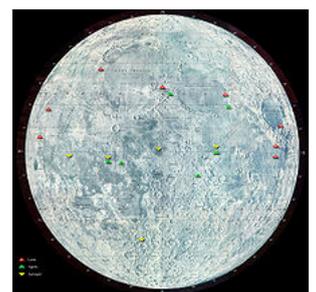
Am 21. Juli 1969 UTC setzte mit Neil Armstrong der erste von zwölf Astronauten im Rahmen des Apollo-Programms seinen Fuß auf den Mond. Nach sechs erfolgreichen Missionen wurde das Programm 1972 wegen der hohen Kosten eingestellt; als bisher letzter Mensch verließ am 14. Dezember 1972 Eugene Cernan den Mond.^[74]



Eine gedruckte Darstellung des Vollmonds auf Seite 9 im vierten Kapitel des ersten Buches der „Ars magna lucis et umbrae“ des Jesuiten Athanasius Kircher (* 1602; † 1680) in der in Amsterdam veröffentlichten ersten Ausgabe aus dem Jahr 1646



Gezeichnete Mondkarte von 1881 (Andreev Handatlas)



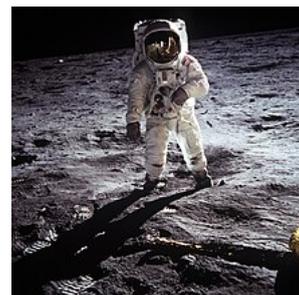
Karte der Landstellen der bemannten und unbemannten Missionen bis 1976

Die folgende Tabelle führt die zwölf Männer auf, die den Mond betreten haben. Alle waren Bürger der USA.

#	Mission und Datum	Astronauten
1.	Apollo 11 21. Juli 1969	Neil Armstrong (1930–2012)
2.		Buzz Aldrin (* 1930)
3.	Apollo 12 19. November 1969	Pete Conrad (1930–1999)
4.		Alan Bean (1932–2018)
5.	Apollo 14 5. Februar 1971	Alan Shepard (1923–1998)
6.		Edgar Mitchell (1930–2016)
7.	Apollo 15 31. Juli 1971	David Scott (* 1932)
8.		James Irwin (1930–1991)
9.	Apollo 16 21. April 1972	John Young (1930–2018)
10.		Charles Duke (* 1935)
11.	Apollo 17 11. Dezember 1972	Eugene Cernan (1934–2017)
12.		Harrison Schmitt (* 1935)

Siehe auch: *Liste der Menschen, die auf dem Mond waren*

Daneben haben noch weitere zwölf US-Raumfahrer des Apollo-Programms den Mond besucht, jedoch ohne auf ihm zu landen. Dazu zählen die sechs Piloten Michael Collins, Richard Gordon, Stuart Roosa, Alfred Worden, Ken Mattingly und Ronald Ellwin Evans der jeweils im Mondorbit wartenden Kommandokapseln, sowie die Erstbesucher Frank Borman, Jim Lovell und William Anders mit Apollo 8 am 24. Dezember 1968, mit Apollo 10 Tom Stafford mit John Young und Eugene Cernan bei ihrem ersten Mondflug, und mit Apollo 13 noch mal Jim Lovell sowie Jack Swigert und Fred Haise, die wegen einer Panne auf dem Hinflug nur ein Swing-by-Manöver am Mond unternahmen.



Buzz Aldrin am 21. Juli 1969 (UTC/Apollo 11)



Eugene Cernan am 11. Dezember 1972 mit Mondrover

Mondsonden seit den 1990er Jahren

Siehe auch: *Mondsonde#Verlauf der Missionen seit 1990*

Nach einer Pause in der gesamten Mondraumfahrt von gut 13 Jahren startete am 24. Januar 1990 die japanische Experimentalsonde Hiten ohne wissenschaftliche Nutzlast. Sie setzte am 19. März desselben Jahres in einer Mondumlaufbahn die Tochtersonde Hageromo aus, schwenkte am 15. Februar 1992 selbst in einen Mondorbit ein und schlug am 10. April 1993 auf den Mond auf.

Am 25. Januar 1994 startete die US-amerikanische Raumsonde Clementine zum Mond, um dort neue Geräte und Instrumente zu testen. Am 19. Februar 1994 erreichte sie eine polare Mondumlaufbahn und kartierte von dort aus etwa 95 % der Mondoberfläche. Neben den zahlreichen Fotografien lieferte sie Hinweise auf Vorkommen von Wassereis am lunaren Südpol. Im Mai desselben Jahres vereitelte eine fehlerhafte Triebwerkszündung den geplanten Weiterflug zum Asteroiden Geographos. Die Sonde ist seit Juni 1994 außer Betrieb.

Am 24. Oktober 2007 hatte die Volksrepublik China ihre erste Mondsonde Chang'e 1 gestartet. Chang'e 1 erreichte den Mond am 5. November, und umkreiste ihn über die Pole für etwa ein Jahr. Sie analysierte die Mondgesteine spektroskopisch und kartografierte die Mondoberfläche dreidimensional, wobei auch erstmals eine umfassende Mikrowellenkarte des Mondes entstand, die auch Bodenschätze anzeigt.^[72] Chang'e-1 schlug am 1. März 2009 gezielt auf dem Mond auf (siehe auch: Mondprogramm der Volksrepublik China). Die ursprüngliche Ersatzsonde von Chang'e 1 wurde zur Nachfolgesonde Chang'e 2. Sie umkreiste den Mond vom 6. Oktober 2010 bis zum 9. Juni 2011 und bereitete die weiche Landung für Chang'e 3 vor.

Der Start der indischen Mondsonde Chandrayaan-1, und damit der ersten Raumsonde Indiens, erfolgte am 22. Oktober 2008. Sie hat zu Beginn ihrer Mission am 14. November aus ihrer polaren Umlaufbahn einen Lander in der Nähe des lunaren Südpols hart aufschlagen lassen. Weiters sollte unter anderem eine mineralogische, eine topografische und eine Höhenkarte des Mondes erstellt werden. Die Mission sollte zwei Jahre dauern, der Kontakt brach jedoch am 29. August 2009 vorzeitig ab.

Am 23. Juni 2009 um 9:47 UTC schwenkte der Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) der NASA auf eine polare Umlaufbahn ein, um den Mond in einer Höhe von 50 km mindestens ein Jahr lang zu umkreisen und dabei Daten für die Vorbereitung zukünftiger Landemissionen zu gewinnen. Die Geräte der US-amerikanischen Sonde liefern die Basis für hochaufgelöste Karten der gesamten Mondoberfläche (Topografie, Orthofotos mit 50 cm Auflösung, Indikatoren für Vorkommen von Wassereis) und Daten zur kosmischen Strahlenbelastung. Es wurden 5185 Krater mit einem Durchmesser von mindestens 20 km erfasst. Aus deren Verteilung und Alter wurde geschlossen, dass bis vor 3,8 Milliarden Jahren hauptsächlich größere Brocken den Mond trafen, danach vorwiegend kleinere.^[73] Die Raumsonde LRO entdeckte auch Grabenstrukturen auf der Mond-Rückseite.^[49] Wann die Mission enden soll, ist noch nicht bekannt.



Darstellung des LRO

Am 14. Dezember 2013 führte die Nationale Raumfahrtbehörde Chinas mit Chang'e 3 ihre erste weiche Mondlandung durch. Die rund 3,7 Tonnen schwere Sonde diente u. a. dem Transport des 140 kg schweren Mondrovers Jadehase, der mit einem Radionuklid-Heizelement ausgestattet war, um während der 14-tägigen Mondnacht nicht einzufrieren.^[74] Nachdem mit der Sonde Chang'e 4 am 3. Januar 2019 erstmals in der Geschichte der Raumfahrt eine Landung auf der erdabgewandten Seite des Mondes gelungen war, brachte Chang'e 5 im Dezember 2020 in der Nähe des Mons Rümker auf der Mondvorderseite entnommene Bodenproben im Gesamtgewicht von 1731 g zur Erde zurück.

Russland versuchte mit der am 10. August 2023 gestarteten Landesonde Luna 25 das 1976 beendete sowjetische Mondforschungsprogramm fortzuführen. Die Mission scheiterte jedoch mit dem Absturz der Sonde auf dem Mond am 19. August 2023.^[75] Wenige Tage später gelang Indien mit der Sonde Chandrayaan-3 eine erste unbemannte Mondlandung. Der erste US-amerikanische Versuch, 50 Jahre nach dem Apollo-Programm zunächst unbemannt zur Mondoberfläche zurückzukehren, scheiterte hingegen im Januar 2024 an einem Treibstoffleck. Im selben Monat gelang Japan mit dem Smart Lander for Investigating Moon (SLIM) als fünftem Land eine weiche Mondlandung. Am 22. Februar 2024 landete die NASA-Sonde Odysseus des Raumfahrtunternehmens Intuitive Machines erfolgreich auf dem Mond.^{[76][77]}

Geplante Erkundungsmissionen im 21. Jahrhundert

Neue bemannte Mondprogramme

Konkrete Pläne für eine Rückkehr zum Mond zeichneten sich erst wieder durch Ankündigungen des damaligen US-Präsidenten George W. Bush und der NASA im Jahr 2004 ab. Das daraus entstandene Constellation-Programm wurde 2010 wegen Terminüberschreitungen und ausufernder Kosten eingestellt und kurz darauf durch das SLS/Exploration-Mission-Programm ersetzt, das von denselben Problemen geplagt ist. Nachdem sich der Plantermin für die nächste Mondlandung auf 2028 verschoben hatte, ergriff 2019 die Regierung unter Donald Trump die Initiative und forderte eine Rückkehr zum Mond bis 2024.^[78] Dieses als Artemis-Programm bezeichnete Projekt soll „nachhaltig“ sein und mit einer Landung in der Südpolregion beginnen.^{[79][80]}

Neben der NASA möchten auch China und Russland in den 2030er Jahren mit eigenen Raumschiffen und Raumfahrern die Mondoberfläche erreichen,^{[81][82]} Indien in den 2040ern.^{[83][84]}

Geplante Mondsonden

Im Jahr 2024 soll der 4. Schritt des Mondprogramms der Volksrepublik China beginnen, die Erkundung der Polregion.^[veraltet] Mit den drei Sonden Chang'e 6, Chang'e 7 und Chang'e 8 soll hierbei der Aufbau einer zunächst zeitweise, später permanent besetzten Mondbasis am südlichen Rand des Südpol-Aitken-Beckens auf der erdabgewandten Seite des Mondes vorbereitet werden.

Nach ersten Fehlschlägen planen verschiedene Unternehmen aus den USA, Japan und Israel den Start weiterer privat finanzierter Mondsonden in den Jahren ab 2024.^[veraltet]

Siehe auch: Liste der geplanten Mondmissionen

Eigentumsverhältnisse

Der Weltraumvertrag (*Outer Space Treaty*) von 1967 verbietet Staaten, einen Eigentumsanspruch auf Weltraumkörper wie den Mond zu erheben. Dieses Abkommen wurde bis heute von 109 Staaten der Vereinten Nationen ratifiziert und ist damit in Kraft. Da im Weltraumvertrag nur von Staaten die Rede ist, wird von manchen interpretiert, dass dieses Abkommen nicht für Firmen oder Privatpersonen gelte. 1979 wurde deshalb der Mondvertrag (*Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*) entworfen, um diese vom Weltraumvertrag hinterlassene angebliche Gesetzeslücke zu schließen. Der „Moon-Treaty“-Entwurf hatte explizit die Besitzansprüche von Firmen und Privatpersonen adressiert und ausgeschlossen (Artikel 11, Absatz 2 und 3). Aus diesem Grund wird das „Moon Treaty“ oft als Hindernis für Grundstücksverkäufe zitiert; nur wurde dieses Abkommen tatsächlich nie unterschrieben oder in den Vereinten Nationen korrekt ratifiziert. Nur fünf Staaten, die alle nicht weltraumgängig sind, haben versucht, es zu ratifizieren. 187 andere Staaten sowie die USA, Russland und China haben es nicht unterschrieben und auch nicht ratifiziert. Das „Moon Treaty“ ist deshalb heute in den meisten Ländern der Erde nicht in Kraft. Die wählenden Staaten hatten damals zu viele Bedenken, dass es die profitable Nutzung des Mondes gefährden könnte, und somit wurde das Abkommen auch nicht ratifiziert (und deshalb nicht Gesetz). Daraus schlussfolgern einige, dass eine Rechtsgrundlage für Mond-Grundstücksverkäufe existiere. Es sollte ebenfalls darauf hingewiesen werden, dass die Internationale Astronomische Union sich nicht mit dem Verkauf von Himmelskörpern befasst.

Der Amerikaner Dennis M. Hope meldete 1980 beim Grundstücksamt von San Francisco seine Besitzansprüche auf den Mond an. Da niemand in der nach amerikanischem Recht ausgesetzten Frist von acht Jahren Einspruch erhob und da der Weltraumvertrag solche Verkäufe durch Privatpersonen in den USA explizit nicht verbietet, vertreibt Hope die Grundstücke über seine dafür gegründete Lunar Embassy. Da allerdings das Grundstücksamt in San Francisco für Himmelskörper nicht zuständig ist und von Hope sowohl das Gesetz, das solche Besitzansprüche regelt, als auch der Text aus dem Weltraumvertrag sehr abenteuerlich interpretiert wurden, sind die „Grundstückszertifikate“, die er verkauft, praktisch wertlos.

Der amerikanische Politiker Newt Gingrich betrieb im Jahr 1981 erfolglos eine Gesetzesinitiative für eine „Northwest Ordinance for Space“,^[Anm. 1] welche die Aufnahme des Mondes als Bundesstaat der USA ermöglichen sollte, sobald die Zahl von 13.000 Einwohnern erreicht war. Als er sich im Jahr 2012 (vergeblich) um die Nominierung als Kandidat der Republikaner für die Präsidentchaftswahl 2012 bewarb, stellte er für den Fall seiner Präsidentschaft die Einrichtung einer Weltraumkolonie auf dem Mond in Aussicht, wobei er sich auf das damalige Gesetzesvorhaben bezog.^{[85][86]}

Koorbitale Objekte und ein weiterer Erdtrabant

In den Lagrange-Punkten L4 und L5 des Erde-Mond-Systems gibt es je eine Staubwolke, die Kordylewskischen Wolken.

→ Hauptartikel: Zweiter Erdmond

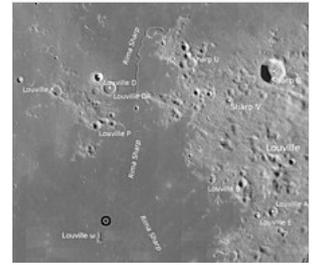
Weitere Erdtrabanten sind Gegenstand von unbestätigten Beobachtungsbehauptungen oder von Hypothesen für vergangene Zeitabschnitte wie die Zeit der Entstehung des Mondes.

Trivia

Mondkolonisation

→ Hauptartikel: Mondkolonisation

Die Errichtung von dauerhaften Außenposten und Kolonien auf dem Mond wurde bereits vor der Erfindung der Raumfahrt diskutiert und spielt nach wie vor in der Science-Fiction-Literatur eine Rolle. Eine NASA-Studie zum Bergbau auf dem Mond^[87] listete 1979 die dafür notwendige Technologieentwicklung auf.



Landestelle von Chang'e 5 nahe dem Massiv Louville ω (gesprochen: Louville Omega) westlich der Mondrille Rima Sharp

Suche nach außerirdischer Intelligenz

→ Hauptartikel: *Search for Extraterrestrial Intelligence*

Der Mond könnte auch Hinweise für die Suche nach außerirdischen Zivilisationen liefern.^[88] Wissenschaftler wie Paul Davies halten eine Suche nach Artefakten und Überresten extraterrestrischer Technologie auf der lunaren Oberfläche für förderlich.^{[89][90]}

Können irdische Mikroben ein längeres Verweilen auf dem Mond überleben?

Möglicherweise befanden sich in dem durch die Apollo-12-Mission geborgenen Kameragehäuse der Sonde Surveyor 3 Mikroben 31 Monate lang auf dem Erdrabanten und waren danach zur Vermehrung fähig. Für Details und Zweifel siehe Vorwärts-Kontamination.



NASA-Illustration zu einer Studie, wie Rohstoffe aus Mondmaterial gewonnen und auf Fluchtgeschwindigkeit gebracht werden könnten (1977)

Literatur

- Bernd Brunner: *Mond. Die Geschichte einer Faszination*. Kunstmann, München 2011, ISBN 978-3-88897-732-9.
- Alan Chu, Wolfgang Paech, Mario Weigand: *Fotografischer Mondatlas. 69 Mondregionen in hochauflösenden Fotos*. Oculum, Erlangen 2010, ISBN 978-3-938469-41-5.
- Thorsten Dambeck: *Der Mond bebt*. In: *Bild der Wissenschaft*. Nr. 7, 2002, ISSN 0006-2375, S. 48–53.
- Ulrike Feist: *Sonne, Mond und Venus: Visualisierungen astronomischen Wissens im frühneuzeitlichen Rom (= Actus et Imago. Band 10)*. Akademie-Verlag, Berlin 2013, ISBN 978-3-05-006365-2 (Dissertation Universität Augsburg 2011).
- David M. Harland: *Exploring the moon. The Apollo expeditions*. 2. Auflage. Springer u. a., Berlin u. a. 2008, ISBN 978-0-387-74638-8.
- Ralf Jaumann, Ulrich Köhler: *Der Mond. Entstehung, Erforschung, Raumfahrt*. Fackelträger, Köln 2009, ISBN 978-3-7716-4387-4 (mit einem Gespräch von Buzz Aldrin und Thomas Reiter).
- Ben Moore: *Mond. Eine Biografie*. 2. Auflage. Kein & Aber, Zürich 2019, ISBN 978-3-0369-5799-9.
- Josef Sadil: *Blickpunkt Mond*. Illustriert von Gerhard Pippig. Urania, Leipzig / Jena / Berlin 1962 (Originaltitel: *Cíl měsíc*, übersetzt von Max A. Schönwälder), DNB 454251394, OCLC 65043150 (<https://worldcat.org/oclc/65043150>).
- Elmar Schenkel, Kati Voigt (Hrsg.): *Sonne, Mond und Ferne: der Weltraum in Philosophie, Politik und Literatur*. PL Academic Research, Frankfurt am Main 2013, ISBN 978-3-631-64081-4.
- Werner Wolf: *Der Mond im deutschen Volksglauben*. Konkordia, Bühl 1929.

Weblinks

- Aktuelle Mondphase (<https://www.der-mond.de/mond-aktuell/mondkalender/>)
- The Lunar Sourcebook: A User's Guide to the Moon (https://www.lpi.usra.edu/publications/books/lunar_sourcebook/) amerikan. und sowjet. Missionen in einer enzyklopädischen Referenz, 736 S. (englisch)
- Mondatlas (<https://www.mondatlas.de/>)
- Mondatlassoftware (http://www.astrosurf.com/avl/UK_index.html)
- 2004 veröffentlichte Detailaufnahmen der Mondoberfläche aus den Apollo-Missionen 15–17 (<https://www.lpi.usra.edu/research/apollo/catalog/metric/>)
- Unser Mond (<https://www.br.de/themen/wissen/mond-erdmond-aufbau-mondlandung-100.html>) br.de
- lunar photo of the day (<http://lpod.wikispaces.com/>), abgerufen am 29. Dezember 2011.
- Complete Sun and Moon Data for One Day (http://aa.usno.navy.mil/data/docs/RS_OneDay.php) United States Naval Observatory, usno.navy.mil, abgerufen am 29. Dezember 2011
- Eugen Reichel bzw. Alexander Soucek: *Wem gehört der Mond*, in Astra's Spacelog auf Kosmologs, 8. Februar 2011 (<http://www.kosmologs.de/e/kosmo/blog/astras-spacelog/gastbeitrag/2011-02-08/wem-geh-rt-der-mond>)
- www.der-mond.de (<https://www.der-mond.de/>) von Stefan van Ree (www.astronomie.de (<https://www.astronomie.de/das-team/>))
- Terra X-Doku über den Mond (<https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/der-mond-unser-magischer-trabant-102.html>) vom 11. November 2018 mit Alexander Gerst

Medien

Commons: Mond (<https://commons.wikimedia.org/wiki/Moon?uselang=de>) – Album mit Bildern, Videos und Audiodateien

Wiktionary: Mond – Bedeutungserklärungen, Wortherkunft, Synonyme, Übersetzungen

Wikibooks: Mond – Lern- und Lehrmaterialien

Wikiquote: Mond – Zitate

Wikisource: Mond – Quellen und Volltexte

Wikivoyage: Mond – Reiseführer

- Literatur zum Mond (<https://portal.dnb.de/opac.htm?method=simpleSearch&query=1085673251>) im Katalog der Deutschen Nationalbibliothek
- Evolution of the Moon (<https://www.youtube.com/watch?v=UIKmsQqp8wY>) – NASA video
- *Wie entstand der Mond?* (<https://www.ardmediathek.de/video/alpha-centauri/wie-entstand-der-mond/ard-alpha/Y3JpZDovL2JyLmRIL2Jyb2FkY2FzdC9GMjAxNldPMDA5Nzc1QTA>) aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 31. Jan. 1999.
- *Warum fällt der Mond nicht auf die Erde?* (<https://www.ardmediathek.de/video/alpha-centauri/warum-faellt-der-mond-nicht-auf-die-erde/ard-alpha/Y3JpZDovL2JyLmRIL2Jyb2FkY2FzdC9GMjAxNldPMDExMjc1QTA>) aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 20. Juni 1999.
- *War die Mondlandung echt?* (<https://www.ardmediathek.de/video/alpha-centauri/war-die-mondlandung-echt/ard-alpha/Y3JpZDovL2JyLmRIL2Jyb2FkY2FzdC9GMjAxNldPMDA5Mjc1QTA>) aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 29. Sep. 2002.
- DLR-Animation: Flug über die Mondoberfläche (https://www.dlr.de/content/de/video/2012/animation-flug-ueber-die-mondoberflaeche_5559.html) 17. April 2012

Anmerkungen

1. Mit der historischen *Northwest Ordinance* oder Nordwestverordnung wurde im Jahr 1787 das Nordwestterritorium südlich der Großen Seen der Hoheit des Bundes übergeben; sie sah auch vor, dass bei Erreichen bestimmter Bevölkerungszahlen in diesem Gebiet weitere Bundesstaaten gebildet werden sollten.

Einzelnachweise

1. David R. Williams: *Moon Fact Sheet*. (<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>) In: *NASA.gov*. 13. Januar 2020, abgerufen am 16. Mai 2020 (englisch).
2. Grimm: *Deutsches Wörterbuch*, als DWB (<https://woerterbuchnetz.de/?sigle=DWB#1>) digital verfügbar, *Eintrag unter MOND* (<https://woerterbuchnetz.de/?sigle=DWB&sigle=DWB&lemid=GM06838&hitlist=&patternlist=&mode=Gliederung#0>).
3. Friedrich Kluge, Alfred Götze: *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*. 20. Auflage. Hrsg. von Walther Mitzka. De Gruyter, Berlin / New York 1967; Neudruck („21. unveränderte Auflage“) ebenda 1975, ISBN 3-11-005709-3, S. 486.
4. Alois Walde: *Lateinisches etymologisches Wörterbuch*. 3. Auflage, besorgt von Johann Baptist Hofmann, 3 Bände. Heidelberg 1938–1965, Band 1, S. 71.
5. *Das Herkunftswörterbuch (= Der Duden in zwölf Bänden. Band 7)*. 2. Auflage. Dudenverlag, Mannheim 1989, S. 466. *Siehe auch DWDS* („Mond“ (<https://www.dwds.de/wb/Mond#et-1>)) und Friedrich Kluge: *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*. 7. Auflage. Trübner, Straßburg 1910 (S. 318 (<https://daten.digital-sammlungen.de/0007/bsb00070228/images/index.html?id=00070228&groesser=&fip=fsdryztsxssdasxdsydenwwaaya&no=3&seite=340>)).
6. planetenkunde.de: *Prähistorische Astronomie* (<https://www.planetenkunde.de/p012/p01211/p0121103001.htm>).
7. F. Link: *Der Mond. Band 101 von Verständliche Wissenschaft*. Springer-Verlag, 1969, S. 38 (<https://books.google.de/books?id=F4OiBgAAQBAJ&pg=PA38>); Anthony Charles Cook: *The Hatfield Lunar Atlas*. 2012, S. 3 (<https://books.google.de/books?id=G4AEuj7ac1lC&pg=PA3>).
8. J. P. McEvoy: *Sonnenfinsternis. Die Geschichte eines Aufsehen erregenden Phänomens*. Berlin Verlag, Berlin 2001, ISBN 3-8270-0372-5. S. 88.
9. Ian Garrick-Bethell (MIT) et al.: *Remnant magnetism in minerals in an unshocked Apollo sample implies that the Moon had a molten core 4.2 billion years ago*. *Science*, Bd. 323, S. 356–359.
10. ESA – *Space for Kids – Unser Universum – Die Geburt des Mondes* (https://www.esa.int/kids/de/lernen/Unser_Universum/Planeten_und_Monde/Die_Geburt_des_Mondes) In: www.esa.int.
11. *Hindernis im Sonnenwind*. (<https://www.wissenschaft.de/astronomie-physik/hindernis-im-sonnenwind/>) Auf: [wissenschaft.de](http://www.wissenschaft.de) vom 31. Mai 2012, abgerufen am 8. September 2019.
12. Georgiana Kramer: *Derivation of the Moon's Mineralogy, Chemistry, & Maturity from Reflected Light and the Anomaly of the Lunar Swirls* (<http://earthweb.ess.washington.edu/space/ESS495/LunarSwirls.pdf>) (PDF; 10 MB).
13. *Das Geheimnis der Mondwirbel*. (<https://www.wissenschaft.de/astronomie-physik/das-geheimnis-der-mondwirbel/>) Auf: [wissenschaft.de](http://www.wissenschaft.de) vom 20. Dezember 2011, abgerufen am 8. September 2019.
14. Anke Poiger: *Geburtsdatum von Erde und Mond gefunden*. (<https://idw-online.de/de/news138356>) Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Pressemitteilung vom 25. November 2005 beim Informationsdienst Wissenschaft (idw-online.de), abgerufen am 23. Dezember 2014.
15. | *Der etwas jüngere Mond*, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) (<https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/03/20200710-der-etwas-juengere-mond.html>)
16. Josiah Edward Spurr: *Geology Applied To Selenology*. Bände I & II, Science Press Printing Co., Lancaster, PA, 1945, S. 20 (HathiTrust (<http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.b3969169&view=1up&seq=7>)).
17. H. Hiesinger, J. W. Head III, U. Wolf, R. Jaumann, G. Neukum: *Ages and stratigraphy of mare basalts in Oceanus Procellarum, Mare Nubium, Mare Cognitum, and Mare Insularum*. In: *Journal of Geophysical Research: Planets*. 108. Jahrgang, E7, 5065, 2003, ISSN 0148-0227 (<https://zdb-katalog.de/list.xhtml?t=iss%3D%220148-0227%22&key=cql>), doi:10.1029/2002JE001985 (<https://doi.org/10.1029/2002JE001985>) (englisch).
18. Bradley Jolliff, Jeffrey Gillis, Larry Haskin, Randy Korotev, Mark Wieczorek: *Major lunar crustal terranes: Surface expressions and crust-mantle origins*. In: *Journal of Geophysical Research*. 105. Jahrgang, E2, 2000, S. 4197–4216, doi:10.1029/1999JE001103 (<https://doi.org/10.1029/1999JE001103>) (englisch).
19. O. L. Kuskov: *Constitution of the Terrestrial Planets and the Moon*. In: Arnold S. Marfunin (Hrsg.): *Mineral Matter in Space, Mantle, Ocean Floor, Biosphere, Environmental Management, and Jewelry (= Advanced Mineralogy)*. Band 3. Springer, Berlin/Heidelberg 1998, ISBN 978-3-642-62108-6, S. 39–46.
20. P. Lognonné, C. Johnson: *Planetary Seismology*. In: Tilman Spohn (Hrsg.): *Planets and Moons (= Treatise on Geophysics)*. Band 10. Elsevier, Amsterdam 2007, ISBN 978-0-444-53465-1, S. 69–122.
21. Renee C. Weber, Pei-Ying Lin, Edward J. Garnero, Quentin Williams, Philippe Lognonné: *Seismic Detection of the Lunar Core*. In: *Science*. Band 331, 2011, S. 309–312, doi:10.1126/science.1199375 (Volltext (PDF) (<https://web.archive.org/web/20151015035756/http://www.earth.northwestern.edu/people/seth/351/lunarcore.2011.pdf>) (Memento vom 15. Oktober 2015 im *Internet Archive*))).
22. Gunter Faure, Theresa M. Mensing: *Introduction to Planetary Science: The Geological Perspective*. Springer, Dordrecht 2007, ISBN 978-1-4020-5233-0, S. 151.
23. *Quakes on the Moon*. (<https://seismo.berkeley.edu/blog/2009/07/20/quakes-on-the-moon.html>) Seismo Blog, University of Berkeley Seismological Laboratory, abgerufen am 16. Februar 2016.
24. Stuart Ross Taylor: *Lunar science: A post-Apollo view*. Pergamon Press, New York 1975, S. 64 (online (<https://articles.adsabs.harvard.edu//full/1975lspa.book.....T/0000064.000.html>)).
25. Stefan Deiters: *Proben vom Mond enthalten Wasser* (<https://www.astronews.com/news/artikel/2008/07/0807-015.shtml>). Astronews.com, 10. Juli 2008.
26. W. C. Feldman: *Fluxes of Fast and Epithermal Neutrons from Lunar Prospector: Evidence for Water Ice at the Lunar Poles*. In: *Science*. 281, S. 1496, doi:10.1126/science.281.5382.1496.
27. C. M. Pieters, J. N. Goswami, R. N. Clark und 24 weitere Autoren: *Character and Spatial Distribution of OH/H₂O on the Surface of the Moon Seen by M³ on Chandrayaan-1*. In: *Science*. Band 326, 2009, S. 568–572, doi:10.1126/science.1178658
28. Shuai Li, Paul G. Lucey, Ralph E. Milliken, Paul O. Hayne, Elizabeth Fisher, Jean-Pierre Williams, Dana M. Hurley, Richard C. Elphic: *Direct evidence of surface exposed water ice in the lunar polar regions*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018; 201802345 doi:10.1073/pnas.1802345115
29. *NASA Mission Update – LCROSS Impact Data Indicates Water on Moon*. (https://www.nasa.gov/mission_pages/LCROSS/main/prelim_water_results.htm) NASA, 13. November 2009.

30. Manfred Holl: *Wasser in Apollo-Mondgesteinsproben nachgewiesen*, *Sterne und Weltraum* 5/2010, S. 22f; Francis M. McCubbin et al.: *Nominally hydrous magmatism on the Moon*. (<https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1006677107>) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Mai 2010, abgerufen am 17. Juni 2010.
31. *NASA Radar Finds Ice Deposits at Moon's North Pole*. (https://web.archive.org/web/20210108181335/https://www.nasa.gov/mission_pages/Mini-RF/multimedia/feature_ice_like_deposits.html) (Memento vom 8. Januar 2021 im Internet Archive) NASA, 2. März 2010.
32. *Wasser und Silber unter der Oberfläche des Mondes* (<https://www.spektrum.de/news/wasser-und-silber-unter-der-oberflaeche-des-mondes/1052454>) *wissenschaft-online.de*, 22. Oktober 2010, abgerufen am 23. Oktober 2010.
33. Richard A. Kerr: *How Wet the Moon? Just Damp Enough to Be Interesting*. *Science*, Vol. 330, no. 6003, S. 434, 22. Oktober 2010, doi:10.1126/science.330.6003.434; A FLASH OF STEAM (<http://lpod.wikispaces.com/October+23,+2010>) LPOD 23. Oktober 2010, abgerufen am 23. Oktober 2010.
34. M. A. Siegler, R. S. Miller u. a.: *Lunar true polar wander inferred from polar hydrogen*. In: *Nature*. 531, 2016, S. 480, doi:10.1038/nature17166.
35. Ben Guarino, Joel Achenbach: *Pair of studies confirm there is water on the moon – New research confirms what scientists had theorized for years – the moon is wet*. (<https://www.washingtonpost.com/science/2020/10/26/water-on-the-moon/>) In: *The Washington Post*, 26. Oktober 2020 (englisch).
36. Kenneth Chang: *There's Water and Ice on the Moon, and in More Places Than NASA Once Thought – Future astronauts seeking water on the moon may not need to go into the most treacherous craters in its polar regions to find it*. (<https://www.nytimes.com/2020/10/26/science/moon-ice-water.html>) In: *The New York Times*, 26. Oktober 2020 (englisch).
37. Honniball, C.I. et al.: *Molecular water detected on the sunlit Moon by SOFIA*. In: *Nature Astronomy*. 26. Oktober 2020, doi:10.1038/s41550-020-01222-x (<https://doi.org/10.1038/s41550-020-01222-x>), bibcode:2020NatAs.tmp..222H (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020NatAs.tmp..222H>) (englisch, nature.com (<https://www.nature.com/articles/s41550-020-01222-x>)).
38. Hayne, P.O. et al.: *Micro cold traps on the Moon*. In: *Nature Astronomy*. 26. Oktober 2020, doi:10.1038/s41550-020-1198-9 (<https://doi.org/10.1038/s41550-020-1198-9>), arxiv:2005.05369 (<https://arxiv.org/abs/2005.05369>), bibcode:2020NatAs.tmp..221H (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020NatAs.tmp..221H>) (englisch, nature.com (<https://www.nature.com/articles/s41550-020-1198-9>)) [abgerufen am 26. Oktober 2020].
39. Lars E. Borg, Charles K. Shearer, Yemane Asmerom, James J. Papike: *Prolonged KREEP magmatism on the Moon indicated by the youngest dated lunar igneous rock*. In: *Nature*. Bd. 432, 2004, S. 209–211, doi:10.1038/nature03070 (alternativer Volltextzugriff auf Researchgate (https://www.researchgate.net/publication/51369533_Prolonged_KREEP_magmatism_on_the_Moon_indicated_by_the_youngest_dated_lunar_igneous_rock)).
40. *NASA Mission Finds Widespread Evidence of Young Lunar Volcanism*. (https://www.nasa.gov/press/2014/october/nasa-mission-finds-widespread-evidence-of-young-lunar-volcanism/#.VD3riPI_tzN) NASA, 12. Oktober 2014, abgerufen am 15. Oktober 2014 (englisch).
41. Eric Hand: *Recent volcanic eruptions on the moon*. (<https://www.science.org/content/article/recent-volcanic-eruptions-moon>) *Science Latest News*, 12. Oktober 2014, abgerufen am 15. Oktober 2014 (englisch).
42. S. E. Braden, J. D. Stopar, M. S. Robinson, S. J. Lawrence, C. H. van der Bogert, H. Hiesinger: *Evidence for basaltic volcanism on the Moon within the past 100 million years*. In: *Nature Geoscience*. Band 7, 2014, S. 787–791, doi:10.1038/ngeo2252 (<https://doi.org/10.1038/ngeo2252>).
43. Junichi Haruyama, Kazuyuki Hioki, Motomaro Shirao, Tomokatsu Morota, Harald Hiesinger, Carolyn H. van der Bogert, Hideaki Miyamoto, Akira Iwasaki, Yasuhiro Yokota, Makiko Ohtake, Tsuneo Matsunaga, Seiichi Hara, Shunsuke Nakanotani, Carle M. Pieters: *Possible lunar lava tube skylight observed by SELENE cameras*. In: *Geophysical Research Letters*. Band 36, 2009, S. L21206, doi:10.1029/2009GL040635 (<https://doi.org/10.1029/2009GL040635>) (englisch).
44. T. Kaku, J. Haruyama, W. Miyake, A. Kumamoto, K. Ishiyama, T. Nishibori, K. Yamamoto, Sarah T. Crites, T. Michikami, Y. Yokota, R. Sood, H. J. Melosh, L. Chappaz, K. C. Howell. *Detection of intact lava tubes at Marius Hills on the Moon by SELENE (Kaguya) Lunar Radar Sounder*. *Geophysical Research Letters*. 2017, doi:10.1002/2017GL074998 (Vorab-Onlinepublikation); siehe dazu auch „Schutzhöhle“ auf dem Mond entdeckt. (<https://science.orf.at/v2/stories/2873195/>) orf.at, 19. Oktober 2017, abgerufen am 21. Oktober 2017.
45. Junichi Haruyama, Kazuyuki Hioki, Motomaro Shirao und 10 weitere Autoren: *Possible lunar lava tube skylight observed by SELENE cameras*. *Geophysical Research Letters*. Bd. 36, Nr. 21, 2009, Art.-Nr. L21206, doi:10.1029/2009GL040635.
46. *Largest lunar cave*. (<https://www.guinnessworldrecords.de/world-records/506581-largest-lunar-cave>) Abgerufen am 15. Juli 2021.
47. J. W. Ashley, M. S. Robinson, B. Ray Hawke, A. K. Boyd, R. V. Wagner, E. J. Speyerer, H. Hiesinger, C. H. van der Bogert: *Lunar caves in mare deposits imaged by the LROC narrow angle cameras*. First International Planetary Cave Research Workshop: Implications for Astrobiology, Climate, Detection, and Exploration. October 25–28, 2011, Carlsbad (NM), Abstract-Nr. 8008, S. 2–3 (PDF (<https://www.lpi.usra.edu/meetings/caves2011/pdf/8008.pdf>) 600 kB)
48. Pascal Lee: *Possible lava tube skylights near the north pole of the Moon*. 49th Lunar and Planetary Science Conference, March 19–23, 2018, The Woodlands (TX), Abstract-Nr. 2982 (PDF (<https://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2018/pdf/2982.pdf>) 400 kB)
49. Stefan Deiters: *LUNAR RECONNAISSANCE ORBITER, Spuren geologischer Aktivität auf dem Mond*. (<https://www.astronews.com/news/artikel/2012/02/1202-029.shtml>) In: *Astronews.com*, Datum: 21. Februar 2012, abgerufen: 25. Februar 2012.
50. Engel'gardt (Engelhardt) ([https://the-moon.us/wiki/Engel%27gardt_\(Engelhardt\)](https://the-moon.us/wiki/Engel%27gardt_(Engelhardt))) im The Moon-Wiki, abgerufen am 15. September 2024 (englisch).
51. Motomaro Shirao, Charles A. Wood: *The Kaguya lunar atlas – the moon in high resolution*. Springer, New York 2011, ISBN 978-1-4419-7284-2, S. 146.
52. *spiegel.de* vom 3. Januar 2018: *China gelingt erste Landung auf der Rückseite des Mondes* (<https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/china-sonde-chang-e-4-landet-auf-der-rueckseite-des-monds-a-1246197.html>)
53. Klaudia Einhorn und Günther Wuchterl: *Studien widerlegen behauptete Mondeinflüsse*. (<https://dermond.at/mondphasen.html>) Verein Kuffner-Sternwarte, Januar 2003, aktualisiert: Mai 2024, zuletzt abgerufen am 23. Juli 2024.
54. Lisa Kleine: *Mythos oder Fakt. Schlaf, Operationen, Geburten – Wie viel Einfluss hat der Mond auf unser Leben?* (https://www.focus.de/wissen/mensch/schlaf-operationen-geburten-wie-stark-beeinflusst-uns-der-mond_id_4136450.html) In *focus.de*, 6. November 2014.
55. z. B. *Polarisiertes Mondlicht führt Ameisen zurück zum Nest*. (<https://www.spektrum.de/news/polarisation-des-mondlichts-fuehrt-ameisen-zurueck-zum-nest/2224723>) In *spektrum.de*, 22. Juli 2024, abgerufen am 23. Juli 2024.
56. siehe zum Beispiel *Allgemeine deutsche Bibliothek*. 32/2, Berlin und Stettin 1777, S. 601 (<https://books.google.de/books?id=71dKAAAACAAJ&pg=PA601>).
57. Eckart Kuphal: *Den Mond neu entdecken*. Springer, 2013, S. 57 (https://books.google.de/books?id=O_kfBAAQBAJ&pg=PA57)
58. *Der Mond*. Band 21 von *Was ist was*, Tessloff, 2001, S. 18 (<https://books.google.de/books?id=xwLf7XWFxvgC&pg=PA18>).
59. James R. Lewis: *The Astrology Book: The Encyclopedia of Heavenly Influences*. Visible Ink Press, 2003, ISBN 1-57859-144-9, S. 459–464.
60. M. Minnaert: *The nature of Light & Colour in the open air*. Dover Publications Inc. 1954, ISBN 978-0-486-20196-2, S. 152.
61. Joachim Friedrich Quack: *Zwischen Sonne und Mond – Zeitrechnung im Alten Ägypten* (<https://core.ac.uk/download/pdf/35120251.pdf>), Seite 38, in: Harry Falk (Herausgeber), *Vom Herrscher zur Dynastie. Zum Wesen kontinuierlicher Zeitrechnung in Antike und Gegenwart*, Bremen 2002, abgerufen am 20. Januar 2021

62. Jaap Mansfeld: *Die Vorsokratiker II* (= *Reclams Universal-Bibliothek*. Nr. 7966). Bibliographisch ergänzte Ausgabe. Philipp Reclam jun., Stuttgart 1999, ISBN 978-3-15-007966-9, S. 211; S. 155f.; S. 176f.
63. Habakuk 3,10-11 (<https://www.bibleserver.com/EU/Habakuk3%2C10-11>), Einheitsübersetzung, 2016
64. Aristoteles: *On the Heavens* (<http://classics.mit.edu/Aristotle/heavens.2.ii.html>), Teil 12, Buch II, um 350 vor Christi Geburt, ins Englische übersetzt von John Leofric Stocks (* 1882; † 1937), abgerufen am 1. März 2021
65. *Die Himmelstafel von Tal-Qadi – Wikibooks, Sammlung freier Lehr-, Sach- und Fachbücher*. (https://de.wikibooks.org/wiki/Die_Himmelstafel_von_Tal-Qadi#Drakonitischer_Monat) Abgerufen am 1. März 2021.
66. Heinz Mielke: *Der Weg zum Mond*. Verlag Neues Leben, Berlin, 2., erweiterte Auflage 1971, S. 90 und 93.
67. Jason Major: This is the Oldest Surviving Photo of the Moon (<https://lightsinthedark.com/2016/03/23/this-is-the-oldest-surviving-photo-of-the-moon/>), *Lights in the Dark* vom 23. März 2016, abgerufen am 22. Juli 2020.
68. Lucien Rudaux: *Die Landschaften des Mondes*. In: *Kosmos, Handweiser für Naturfreunde*. 27. Jahrgang, Heft 1, Januar. Stuttgart Januar 1930 (airbase.ru (https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/inostr-yazyki/nemets/kosmos/1930/1/Rudaux_Die_Landschaften_des_Mondes_Kosmos_27_no_01_%281930%29-1.pdf) [PDF; 6,2 MB]).
69. Manfred Holl: Teleskopische Beobachtungen – Das 17. Jahrhundert (<https://web.archive.org/web/20050222043104/http://www.manfredholl.de/kart2.htm>) (Memento vom 22. Februar 2005 im *Internet Archive*)
70. AstroLink.de: *Historie der Mondkarten* (<http://www.astrolink.de/p012/p01207/p0120702001.htm>).
71. Apollo 17 Lunar Surface Journal: EVA-3 Close-out (<https://web.archive.org/web/20221118085522/https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/alsj/a17/a17.clsout3.html>) (Memento vom 18. November 2022 im *Internet Archive*), 1996, revised 12. Oktober 2016, abgerufen am 21. Oktober 2016, Zeitstempel 170:41:00 (h:min:sec seit Missionsstart)
72. *Mikrowellenkarte: Atlas zeigt Temperaturen auf dem Mond*. (<https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/mikrowellenkarte-atlas-zeigt-temperaturen-auf-dem-mond-a-718606.html>) In: *Spiegel Online*. 21. September 2010, abgerufen am 23. Dezember 2014.
73. *Mondgesicht unter der Lupe*. (<https://www.wissenschaft.de/astronomie-physik/mondgesicht-unter-der-lupe/>) In: *wissenschaft.de*. 17. September 2010, abgerufen am 24. März 2022.
74. *China als dritte Nation auf dem Mond gelandet*. (<https://www.welt.de/wissenschaft/article122933493/China-als-dritte-Nation-auf-dem-Mond-gelandet.html>) Die Welt, 14. Dezember 2013, abgerufen am 14. Dezember 2013.
75. n-tv NACHRICHTEN: *Russische Sonde „Luna-25“ auf dem Mond abgestürzt*. (<https://www.n-tv.de/wissen/Russische-Sonde-Luna-25-auf-dem-Mond-abgestuert-article24338118.html>) Abgerufen am 20. August 2023.
76. *Your order was delivered... to the Moon!* (<https://twitter.com/NASA/status/1760811461943722132>) In: <https://twitter.com/NASA/>. 22. Februar 2024, abgerufen am 22. Februar 2024 (englisch).
77. *LIVE NOW: NASA science is landing on the Moon aboard*. (<https://twitter.com/NASA/status/1760786736324518152>) In: <https://twitter.com/NASA/>. 22. Februar 2024, abgerufen am 22. Februar 2024 (englisch).
78. Stephen Clark: *NASA begins outlining roadmap for 2024 moon landing*. (<https://spaceflightnow.com/2019/05/01/nasa-begins-outlining-roadmap-and-costs-for-2024-moon-landing/>) In: *Spaceflight Now*. 1. Mai 2019, abgerufen am 2. Mai 2019.
79. Jeff Foust: *NASA outlines plan for 2024 lunar landing*. (<https://spacenews.com/nasa-outlines-plan-for-2024-lunar-landing/>) In: *Spacenews*. 1. Mai 2019, abgerufen am 1. Mai 2019.
80. Eric Berger: *How much will the Moon plan cost? We should know in two weeks*. (<https://arstechnica.com/science/2019/04/how-much-will-the-moon-plan-cost-we-should-know-in-two-weeks/>) In: *Ars Technica*. 16. April 2019, abgerufen am 16. April 2019.
81. Steven Lee Myers: *China’s Moon Landing: Lunar Rover Begins Its Exploration*. (<https://www.nytimes.com/2019/01/03/world/asia/china-change-4-moon.html>) In: *The New York Times*. 3. Januar 2019, abgerufen am 24. April 2022.
82. Trevor Moss, Tonia Cowan: *What’s Next for the Global Space Race*. (<https://www.wsj.com/articles/whats-next-for-the-global-space-race-11554994844>) In: *The Wall Street Journal*. 11. April 2019, abgerufen am 1. Mai 2019.
83. Andrew Jones: *India sets 2040 target for crewed moon landing* (<https://spacenews.com/india-sets-2040-target-for-crewed-moon-landing/>). Spacenews, 17. Oktober 2023.
84. *Prime Minister reviews readiness of Gaganyaan Mission* (<https://pib.gov.in/PressReleaseDetail.aspx?PRID=1968368>). Pressemitteilung des indischen Premierministers vom 17. Oktober 2023.
85. Washingtonpost.com: *Gingrich pledges moon colony during presidency* (https://www.washingtonpost.com/blogs/election-2012/post/gingrich-pledges-moon-colony-during-presidency/2012/01/25/gIQAQAmQxiRQ_blog.html?tid=a_inl_manual)
86. upi.com: *Gingrich: Make the moon the 51st state* (https://www.upi.com/Science_News/Technology/2012/01/26/Gingrich-Make-the-moon-the-51st-state/46191327620611/)
87. NASA: *Lunar resources utilization for space construction. Volume 2: Study results* (https://archive.org/details/nasa_techdoc_19830077471). 30. April 1979.
88. *We should scour the moon for ancient traces of aliens, say scientists*. (<https://www.theguardian.com/science/2011/dec/25/scour-moon-ancient-traces-aliens>) guardian.co.uk, abgerufen am 27. Dezember 2011.
89. *Could Mars and Moon Harbor Alien Artifacts? Leading Astrophysicists Says „Yes“*. (https://web.archive.org/web/20120107185946/http://www.dailygalaxy.com/my_weblog/2011/12/from-the-x-file-dept-could-the-moon-harbor-alien-artifacts-leading-astrophysicist-says-yes.html) (Memento vom 7. Januar 2012 im *Internet Archive*) dailygalaxy.com
90. Paul Davies & Robert Wagner: *Searching for alien artifacts on the moon* (= *Acta Astronautica*. Band 89). Elsevier, November 2011, S. 261–265, doi:10.1016/j.actaastro.2011.10.022 (<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2011.10.022>) (Online (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576511003249>)).

Normdaten (Geografikum): [GND: 1085673251](#) | [LCCN: sh85087107](#) | [NDL: 00573509](#) | [VIAF: 311490648](#)

Abgerufen von „<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mond&oldid=253412586>“

Diese Seite wurde zuletzt am 17. Februar 2025 um 11:11 Uhr bearbeitet.

Der Text ist unter der Lizenz „Creative-Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.