

Woher stammt das Wasser auf dem Mond? [18. Jun.]

Die letzten Jahrzehnte der Erforschung des Sonnensystems [1] haben uns zahlreiche Überraschungen gebracht. Beispielsweise haben die Forscher herausgefunden, dass zahlreiche chemische Elemente für die Entstehung des Lebens notwendig sind; dabei handelt es sich um organische Moleküle [1], flüchtige Elemente und/oder Wasser.

Wasser auf dem Mond

Bereits vor rund 50 Jahren spekulierten die Wissenschaftler über die Existenz von Wassereis [1] auf dem Mond. Vor etwa 40 Jahren konnte diese Vermutung aufgrund von Untersuchungen von Mondgestein [1] bestätigt werden.

Seither entdeckten die Wissenschaftler noch mehr Wasser auf dem Mond. Die Funde führen zur Debatte über den Ursprung des Wassers auf dem Mond. Entstand das Wasser direkt auf dem Mond oder wurde es von Wasser transportierenden Himmelsobjekten wie Kometen [1], Asteroiden [1] und Meteoriten [1] auf den Mond gebracht?

Ursprung des Wassers auf dem Mond

Eine neue Studie [2] US-amerikanischer, englischer und französischer Wissenschaftler kommt zu dem Schluss, dass der Hauptteil des Wassers auf dem Mond von Meteoriten vor Milliarden Jahren auf die Erde und den Mond gebracht wurde.

Die Forscher untersuchten Mondgestein, das von den Apollo-Missionen [1] zurück zur Erde gebracht wurde. Als das Gestein ursprünglich zur Erde zurückgebracht wurde, nahm man an, dass das Wasser in dem Gestein durch die Kontamination [1] der Erdatmosphäre entstand; die Container, in denen das Mondgestein untergebracht war, waren nicht luftdicht verschlossen worden. Damals nahm man an, der Mond sei "trocken".

Eine Studie aus dem Jahr 2008 zeigte jedoch, dass das vulkanische Glas [1] (Abb. 1) des Mondgesteins Wassermoleküle [1] enthält (Anteil 1/46-Millionstel) sowie verschiedene flüchtige Elemente wie Chlorgas [1] sowie flüchtige Fluor- [1] und Schwefelverbindungen [1] und dieser Befund nicht durch eine Kontaminierung erklärt werden kann.

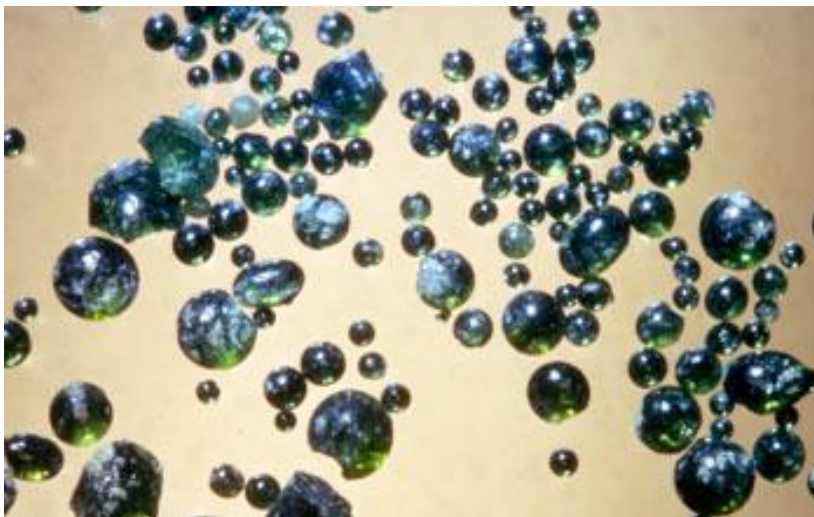


Abb. 1 Vulkanisches wasserhaltiges Glas des Mondes.

Die Abbildung zeigt grünliche vulkanische wasserhaltige Glasperlen, die die Mondmission Apollo 15 [1] vom Mond auf die Erde zurückbrachte.

© NASA

Im Jahr 2009 entdeckten die Mondmissionen LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) [1] und LCROSS (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite) [1] weitere Wasservorkommen in der südlichen Polarregion des Mondes (Abb. 2).

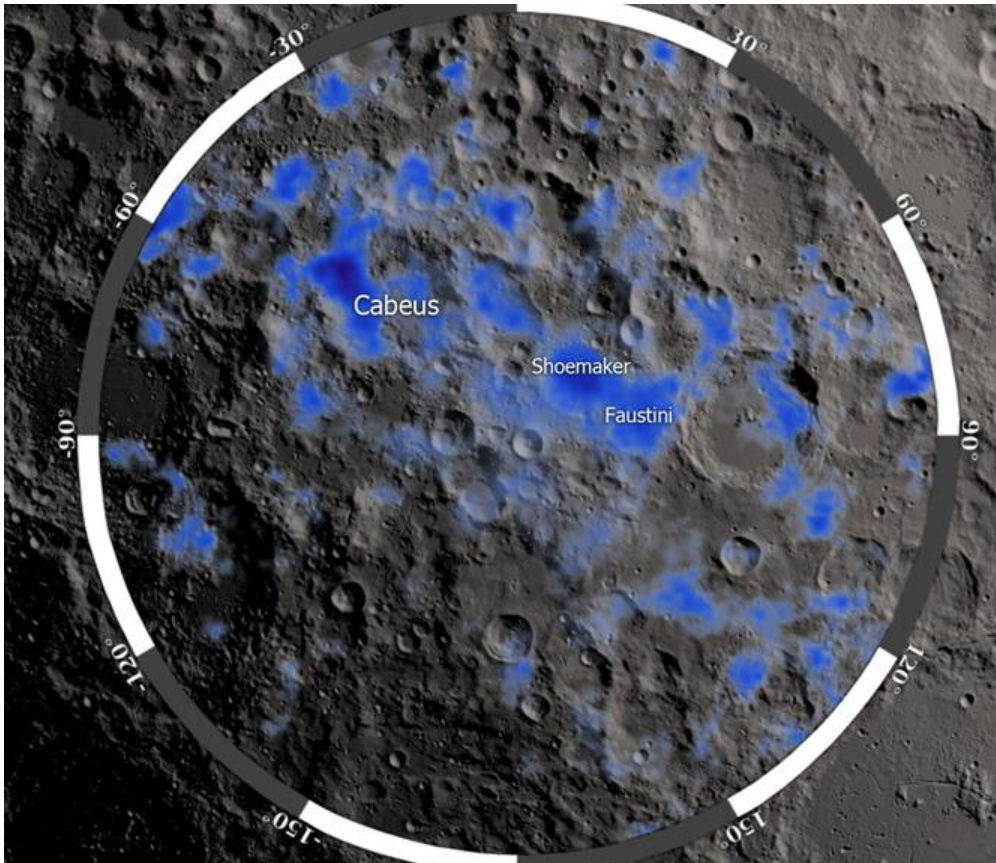


Abb. 2 Schematische Darstellung von Wasser unterhalb der Mondoberfläche.

In der südlichen Polarregion des Mondes, insbesondere in der Nähe der Krater Cabeus [1], Shoemaker [1] und Faustini [1] soll sich laut den Messungen des LRO ein Grossteil des Wassers (blaue Regionen) des Erdtrabanten befinden.

© NASA/GFSC (2012)

Wasser unter der Oberfläche

Jedoch vermuten die Forscher auch Unmengen von Wasser unterhalb der Mondoberfläche: einen ersten Hinweis lieferte der indische Mondorbiter Chandrayaan-1 [1], der den NASA-Detektor M³ (Moon Mineralogy Mapper) [1] zur Mondoberfläche transportierte (Abb. 3a, b).

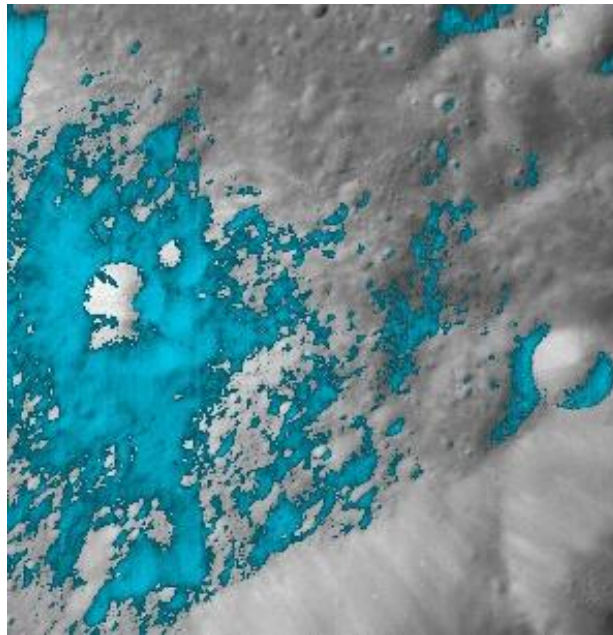


Abb. 3a Messungen von Wasser unterhalb der Mondoberfläche.
Mithilfe von Infrarotmessungen des indischen Mondorbiters Chandrayaan-1 ergaben sich starke Hinweise auf Wasservorkommen (blau) unterhalb der Mondoberfläche.
© [2]

Die Analyse dieser Daten ergab, dass das Mondinnere bis zu einer Million mal mehr Wasser enthält als der Wasservorrat auf der Oberfläche unseres Trabanten. Die Forscher vermuten: wenn man in den entsprechenden Gebieten eine Tonne Material der Mondoberfläche entfernen würde, fände man wahrscheinlich bereits rund einen Liter Wasser.

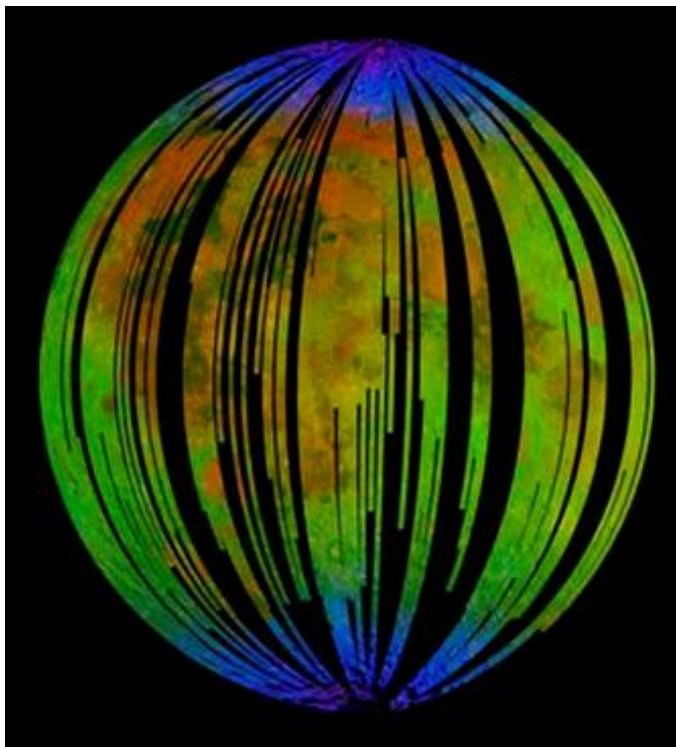


Abb. 3b Messungen des NASA-Detektors M³.

Mithilfe von Infrarotmessungen bzw. der Absorption von IR-Strahlung konnten grosse Gebiete auf dem Mond mit Wasservorkommen identifiziert werden (blaue Regionen).

Der Hauptteil des Wassers befindet sich in den kühlen Regionen bei hohen geographischen Breiten des Mondes, nahe den Polen. Ein Beispiel hierfür ist der Goldschmidt-Krater [1], der eine besonders starke Wassersignatur zeigt.

© ISRO/NASA/JPL/CalTech/Brown Univ.

Die Anwesenheit von derart grossen Wassermengen auf dem Erdtrabanten benötigt eine Erklärung über die Herkunft bzw. den Ursprung.

Das Wasser auf der Mondoberfläche im Mondgestein Regolith [1] stammt wahrscheinlich aus der Wechselwirkung mit dem Sonnenwind [1], dagegen ist der Ursprung des Wassers unter der Mondoberfläche unklar.

Eine bisherige Studie schlug vor, das Wasser stamme von der Erde und basiert auf der Idee, dass die Entstehung des Mondes auf die Kollision eines etwa marsgrossen Himmelskörpers mit der Erde vor rund 4,5 Milliarden Jahren zurückgeht. Dabei soll sich der Mond gebildet haben. (Abb. 4, links) Die Ähnlichkeit der Wasserisotope [1] auf beiden Himmelskörpern scheint diese Theorie zu stützen.

Neue Untersuchungen

Die neuen Untersuchungen beschränken diese Erklärung jedoch auf nur etwa ein Viertel des Wassers, das sich unterhalb der Mondoberfläche befindet. Die Forscher erklären die Einschränkung damit, dass der Grossteil des beteiligten Wassers die Prozesse während der Bildung unseres Erdtrabanten nicht überlebt hätte.

Die neue Studie zieht die Möglichkeit in Betracht, dass der Grossteil des lunaren Wassers durch Meteorite sowohl auf die Erde als auch auf den Mond gebracht wurde, nachdem sich der Mond gebildet hatte (Abb. 4, rechts).

Dabei spielt das Verhältnis von Wasserstoff [1] zu Deuterium (schweres Wasser) [1] in den Apollo-Funden und bekannten Kometen eine wichtige Rolle. Aus dieser Untersuchung folgern die Wissenschaftler, dass eine Kombination von primitiven Meteoriten (kohlenstoffhaltige Chondrite [1]) für den Hauptteil des Wassers verantwortlich ist, das man gegenwärtig im Mondinneren bzw. unterhalb der Mondoberfläche beobachtet.

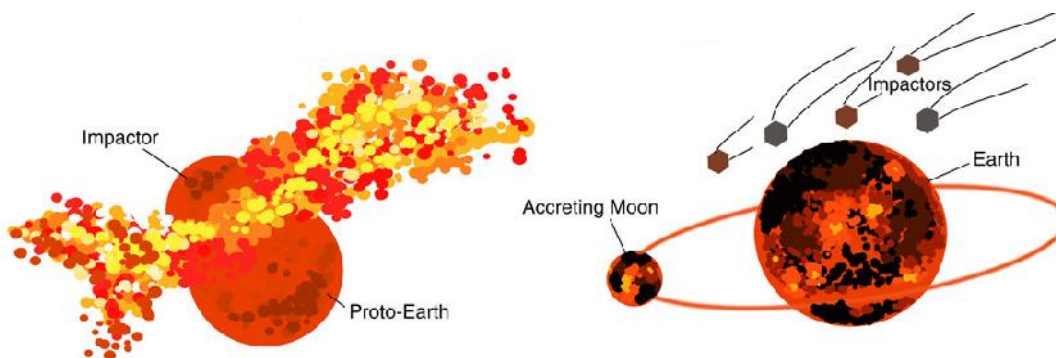


Abb. 4 Schematische Darstellung der Wasserliefer-Prozesse des Mondes.

Links: Ein Teil des Wassers stammt aus Prozessen, an denen bereits die Proto-Erde beteiligt war. Das beteiligte Wasser wurde akkretiert, überstand die Bildung des

Mondes (aufgrund der Kollision (Impactor) mit einem marsgrossen Himmelskörpers) und entwich nicht in die Scheibe aus Restmaterial um den entstehenden Mond.

Rechts: Kurz nach ihrer Entstehung (während rund 10-200 Millionen Jahren, innerhalb der der Magmaozean des Mondes kristallisierte) erhielten die Erde und der Mond Wasser von Kometen und Asteroiden (Impactors), die auf die Oberfläche der beiden Himmelskörper gelangten.

© [2]

Weiter folgern die Forscher, dass dieser Prozess eine wichtige Rolle spielt, wenn es um den Ursprung von Wasser im inneren Sonnensystem geht.

Die Theorie, der Ursprung des Wasser auf der Erde gehe teilweise auf Kometen, trans-neptunische Objekte [1] oder wasserreiche Meteoriten [1] zurück basiert ebenfalls auf der Ähnlichkeit des Verhältnisses von Wasserstoffisotopen (Deuterium und Protium [1]) in Asteroiden - wie beispielsweise dem Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko ("Chury") [1, 3] - und ähnlichen Verunreinigungen in kohlenstoffreichen Chondriten (wie in den Ozeanen der Erde).

Die Frage, welcher Anteil des irdischen Wassers von aussen auf unseren Planeten gelangte, wieviel vor Ort erzeugt wurde und ob der Mond zusammen mit dem gegenwärtig dort befindlichen Wasser zusammen entstand, blieb lange strittig.

Meteorite als Transporter

Aufgrund der neuen Studie haben die Wissenschaftler eine bessere Vorstellung wie und wann Meteorite Wasser auf die Erde und den Mond gebracht haben könnten (Abb. 5) und woher das Wasser des inneren Sonnensystems stammt.

Dabei enthalten einige Meteorite, die von Asteroiden stammen, bis zu 20 Prozent Wasser. Asteroiden befanden sich bereits in der Vergangenheit in einer erdnahen Region im Sonnensystem und sind daher gute Kandidaten für die Belieferung des Erde-Mond-Systems mit Wasser.

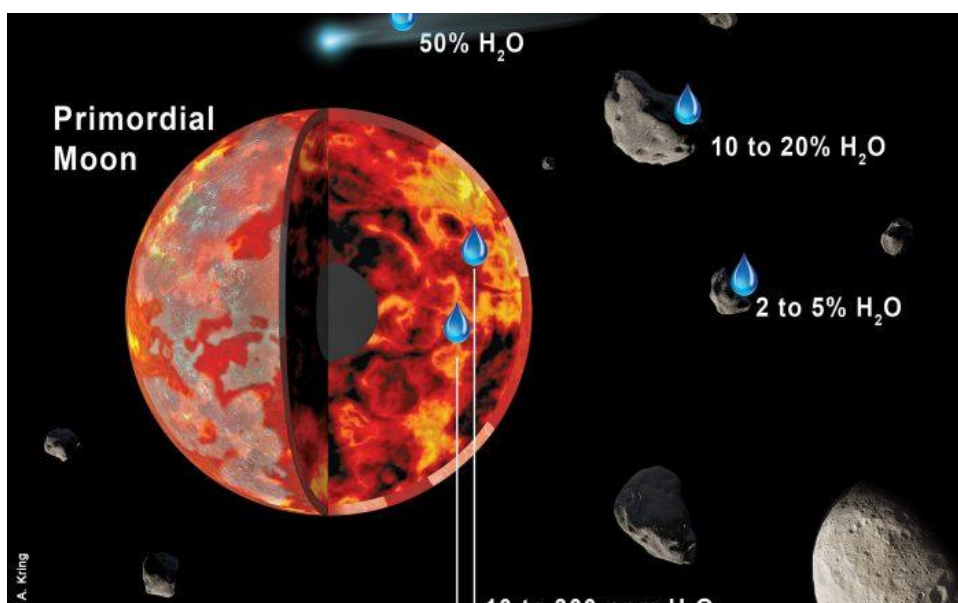


Abb. 5 Schematische Darstellung der Wasserlieferanten des Mondes.
Wahrscheinlich stammt ein Grossteil des Wassers auf dem Mond (links), vor allem unterhalb der Mondoberfläche, von Meteoriten, die für bis zu etwa 20 Prozent des Wassers verantwortlich sein sollen.

© LPI/D. A. Kring

Die neue Studie scheint diese Vermutung zu bestätigen. Das Wasser wurde vor rund 4,3-4,5 Milliarden Jahren zu uns gebracht.

Die Existenz von Wasser auf dem Mond war schon immer interessant, insbesondere im Hinblick auf den Bau einer Mondstation in den nächsten Jahren [4].

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] Barnes, J. J., et al., Nature Communications 7, 11684 (May 2016)

[3] Mehr Information über den Kometen Chury
http://ig-hutzi-spechtler.eu/aktuelles__rosetta__hauptseite.html

[4] Mehr Information über den geplanten Bau einer Mondstation
<http://theskyatnight.de/sites/default/files/neue%20mondbasis%20-%20maerz%202016%20-%20tsan.pdf>