

Astro-Kurznachrichten

April 2020



Debatte – Wie entstand der Mond?

In dieser Ausgabe

- 1 Debatte – Wie entstand der Mond?
- 2 Plutos beerdigter Ozean

Der Mond ... viele Geschichten ranken sich um seine Entstehung.

Der Mond ist unser nächster Nachbar. Wie ist er entstanden? Für die Wissenschaftler war schnell klar, bei unserem Mond handelt es sich in Relation zu anderen *Trabanten* des *Sonnensystems* um keinen „normalen“ Satelliten. Der Ursprung des Erdtrabanten wird seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert.

Die Forscher sind sich weitgehend einig, daß er Mond im Rahmen der großen *Impakt-Hypothese* vor rund 4,5 Milliarden Jahren nach der Kollision mit einem großen Objekt namens *Theia* entstand. Was danach geschah, ist unklar.

Einige Wissenschaftler favorisieren das klassische Modell, in dem die Kollision Unmengen Material aus der Erde ausschlug, das anschließend zusammenklumpt und den Erdtrabanten bildete, währenddem die Erde nahezu unbeschadet überlebte.

Andere Forscher sind von einem radikaleren Modell überzeugt, in dem sowohl die Erde als auch *Theia* verdampften und einen doughnutartigen Ring heißen Materials bildeten, aus dem später unser Planet und der Mond hervorgingen (*Synthesemodell*).

Neue Studie

Eine neue Studie könnte die wissenschaftlichen Differenzen beseitigen. Bei der Untersuchung von Mondgestein, das die *Apollo-Missionen* zurück zur Erde brachten, fanden sie heraus, daß sich der Mond mit zunehmender Tiefe unter der Oberfläche immer stärker von der Erde unterscheidet.

Dieses Ergebnis weist darauf hin, daß sich die Erde und der Mond bezüglich ihrer Zusammensetzung mehr voneinander unterscheiden als bisher angenommen. Falls dies richtig ist, könnte man das radikale Modell der Entstehung des Mondes ausschließen.

Üblicherweise vergleicht man die Zusammensetzung der beiden Himmelskörper mithilfe von *Sauerstoffisotopen*, Atomen verschiedener *Atommasse*. Man nimmt an, daß sich Objekte, die innerhalb des *Planetensystems* in verschiedenen Bereichen entstanden, unterschiedliche Mengen dieser Isotope enthalten.

Frühere Untersuchungen zeigten, daß im Mittel Gesteine von der Erde und dem Mond sehr ähnlich in Bezug auf ihre Sauerstoffisotopmengen sind. Daraus folgerten die Forscher, daß beide Objekte entweder am gleichen Ort entstanden oder ihre Bestandteile bei der Kollision stark vermischt wurden. Falls *Theia* in einem anderen Bereich des Sonnensystems entstand als die Erde, sollte die Menge ihrer Sauerstoffisotope unterschiedlich sein.

Die neue Studie befaßte sich mit hoher Genauigkeit damit, woher die Mondproben stammen und erfaßte die Unterschiede bezüglich der Zusammensetzung. Demzufolge ähneln die Proben aus der oberen Mondoberfläche denen der Erde, jedoch fand man Unterschiede in Proben, die aus größeren Tiefen stammen.

Die identischen Mengen der Sauerstoffisotope sprechen für die Hypothese eines großen Impakts, denn diese Modelle sagen voraus, daß der Mond primär aus Material des einschlagenden Körpers (*Impaktor*) bestehen sollte.

Weiterhin deuten die Ergebnisse an, daß Überbleibsel von Thea nach der Kollision tief unter der Mondoberfläche verblieben. Demgegenüber bildete sich nach dem Impakt an der Oberfläche eine Atmosphäre aus verdampftem *Silikatgestein* und kontaminierte diese mit Material, das ursprünglich von der Erde stammte, sozusagen ein warmer Regen auf dem geschmolzenen Mond. Jedoch durchmischte sich dieser Regen nicht mit dem lunaren *Magmaozean*.

Ausblick

Die neue Auswertung könnte ernsthafte Folgen für das Modell der Mondentstehung haben und das Synthesemodell aus dem Rennen werfen.

Dennoch bleiben weitere Fragen zur Entstehung des Mondes, beispielsweise, weshalb die irdischen Sauerstoffisotope denen von Theia ähneln. Diese Durchmischung ist bisher ungeklärt.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, daß wir mehr über die Zusammensetzung unseres Erdtrabanten lernen müssen, bevor wir uns auf eine Theorie festlegen können, die die Entstehung des Mondes final erklären kann. Der Schlüssel hierfür könnte sich tief unter der Mondoberfläche befinden.

Literaturhinweise

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe (*kursive Schreibweise*)
www.wikipedia.de

[2] Cano, E.J., et al., *Nature Geoscience* (March 9, 2020)



Plutos beerdigter Ozean

Wer kennt sie nicht, die vermeintlich herzförmige Region *Tombaugh Regio* auf dem *Zwergplaneten Pluto*.

Dabei handelt es sich um eine kolossale, hochgradig *reflektive* geologische Struktur, die die *Plutosonde New Horizons* während ihrer Passage im Jahr 2015 entdeckte. An ihrer Westseite befindet sich die über 1.000 Kilometer lange Struktur *Sputnik Planitia*. Sie erscheint als eine Region, die durch eine frühere monumentale Kollision aus dem Himmelskörper herausgelöst wurde. Aktuell ist sie mit jungen *Fließstrukturen* aus *Stickstoffeis* gefüllt.

Leider konnte die Sonde die gegenüberliegende Seite Plutos nicht so genau ansehen. Dabei handelt es sich um eine Region, die aus Spalten, Hügeln und Gruben zu bestehen scheint. Wie dieser Bereich entstanden ist, bleibt unklar.

Eine alte Kollision?

Neue Untersuchungen könnten beweisen, daß ein Impakt, der *Sputnik Planitia* hervorgebracht hat, für die Strukturen auf der ihr gegenüberliegenden Seite (*Antipode*) des *Zwergplaneten* verantwortlich ist. Computersimulation zeigen, daß bei dieser vermeintlichen Kollision *seismische Wellen* um und durch den *Zwergplaneten* wanderten und die gegenüberliegende Seite Plutos erreichten; dort wurde die Oberfläche so stark beeinflusst, daß sie die heute beobachteten Strukturen erzeugten. Die Veränderung der Plutooberfläche wäre jedoch nur möglich, falls sich unter ihr ein mehr als 100 Kilometer dicker Ozean aus flüssigem Wasser befindet. Jedoch ist diese Idee nicht neu.

Mögliche subplanetare Ozeane könnten auch auf anderen Himmelskörpern existieren, beispielsweise auf den Monden der *Riesenplaneten Jupiter* und *Saturn*.

Erste Hinweise auf die Existenz eines subplanetaren Ozeans ergaben sich bereits im Jahr 2016. Nach der Passage der *Plutosonde* bemerkten die Forscher, daß das *Impaktbasin* sich in einer merkwürdigen Umgebung befindet, direkt am Äquator und in einer konstanten Ausrichtung zu Plutos größtem Mond *Charon*.

Modelle zur Entstehung des Basins lassen vermuten, daß sich Plutos Äquator in der Vergangenheit in einer anderen Ausrichtung befand und ein subplanetarer Wasserozean an der weiteren Entwicklung beteiligt war, während sich immer mehr Eis auf der Oberfläche anhäufte. Zum Ausgleich der plötzlichen Anwesenheit des immer schwerer werdenden eisgefüllten Kraters kippte Pluto in seine heutige Stellung. Es entstand ein neuer Äquator. (Abb. 1)

Bisher handelt es sich lediglich um eine Hypothese, die Existenz eines subplanetaren Ozeans ist bisher unbewiesen. Auf der Erde könnten wir derartige unterirdische Bewegungen mithilfe von seismischen Wellen nachweisen; bis zum Pluto ist es leider zu weit und zu kalt. Jedoch könnten zukünftige Missionen Abhilfe schaffen.

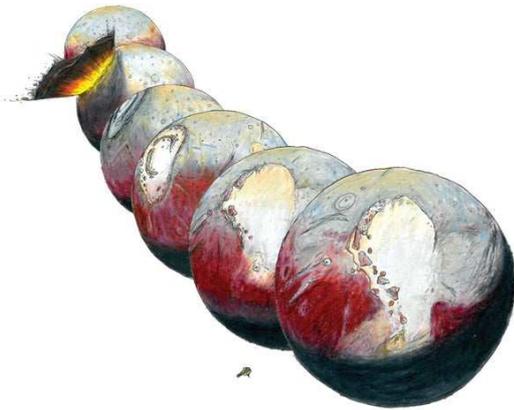


Abb. 1 Verlagerung des Plutoäquators nach einer Kollision

Sputnik Planitia an der Westseite der herzförmigen Struktur der Plutooberfläche umfaßt ein riesiges Basin, daß wahrscheinlich durch eine enorme Kollision entstanden ist. Vermutlich änderte sich durch den Impakt die Lage des Plutoäquators, nachdem das Basin sich mit flüchtigen Eissorten gefüllt hatte.
© J. T. Keane

Simulationen

Die Simulation, die die Dimensionen von Sputnik Planitia am besten zu reproduzieren scheint, beinhaltet ein rund 450 Kilometer großes Projektil, das mit einer Geschwindigkeit von rund 8.000 Kilometern pro Stunde mit Pluto kollidierte. Dabei wurde Sputnik Planitia ausgehöhlt und eine massive Schockwelle ausgesendet, die für eine Deformation des Zwergplaneten sorgte. Abhängig von der Zusammensetzung Plutos durchlief diese Schockwelle den gesteinsreichen Kern relativ schnell, jedoch viel langsamer durch die eisige Oberfläche und noch langsamer den Wasserozean, der sich zwischen beiden befindet.

Die geologische Zusammensetzung des Kerns beschleunigte die Fortpflanzung der seismischen Wellen. Die Simulation geht davon aus, daß der Kern aus *Serpentin* besteht, einem Gestein, das Wellen langsamer als andere Gesteinssorten passieren läßt. Zwar kann die Simulation nicht die kleinskaligen geologischen Strukturen reproduzieren, jedoch die chaotische Struktur des Antipodenareals erklären.

Fazit

Leider ist die Auflösung der von New Horizons gemachten Aufnahmen im Antipodenbereich im Vergleich zu Sputnik Planitia relativ schlecht, wenn es um derartige Simulationen geht. Daher sind andere Szenarien zur Erklärung der Strukturen ebenfalls denkbar.

Eine andere Möglichkeit wären flüchtige Eissorten, die Plutos Oberfläche bedecken, beispielsweise *Methan*, *Kohlendioxid* und *Stickstoff*. Diese flüchtigen Stoffe fluktuieren zwischen einem Gas- und einem festen Zustand. Sie könnten für die ungewöhnliche Struktur der Oberfläche verantwortlich sein, auch im Hinblick auf das Antipodenareal. Interessanterweise werden ähnliche Annahmen derzeit zur Erklärung der chaotischen Antipodenstruktur des Planeten *Mercur* im Bereich des *Caloris Basins* gemacht.

Falls das neue Modell richtig ist, fördert es die Annahme, daß nicht nur Pluto, sondern auch seine eisigen Pendanten nicht unerheblich große sublunare Ozeane besitzen. Dann könnte es sich sogar bei einigen Objekten aus dem *Kuipergürtel* nicht mehr lediglich um gefrorene Schneebälle handeln, sondern um Himmelskörper mit einer reichhaltigen Vergangenheit.

Literaturhinweise

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe (*kursive Schreibweise*)
www.wikipedia.de

[2] Denton, C.A., et al., *51st Lunar and Planetary Science Conference* (2020)

[3] <http://pluto.jhuapl.edu/Mission/The-Path-to-Pluto-and-Beyond.php#Mission-Timeline>