

Sind alle bewohnbaren Exoplaneten Wasserwelten? [26. Apr.]

Bisher ist es gelungen Tausende *Exoplaneten* [1] zu entdecken, wovon mehrere Dutzend bewohnbar sein könnten. Ausgehend von unserer Erde herrscht oftmals die Meinung, diese fernen Welten könnten eine Ähnlichkeit mit der Erde oder dem Planeten *Mars* [1] aufweisen.

Eine neue Studie [2] zeigt mithilfe eines statistischen Modells, daß – entgegen der obigen Vorstellung – die meisten bewohnbaren Exoplaneten **von Ozeanen dominiert** sein könnten, die über 90 Prozent der Planetenoberfläche bedecken.

Wasserplaneten

Die *Methanseen* [1] des *Saturnmondes Titan* [1] stellen bisher die einzigen Beweise für die Existenz flüssigkeitsbedeckter Himmelskörper außerhalb der Erde dar. Sie unterscheiden sich deutlich von den Meeren auf unserem Planeten, nicht nur in Bezug auf die chemische Zusammensetzung, sondern auch bezüglich ihrer Ausdehnung. Titans Oberfläche wird von trockenem Land dominiert.

Bisherige Überlegungen gehen davon aus, daß – auf den Beobachtungen des Saturnmonds basierend – andere Monde und Exoplaneten ebenfalls von großen trockenen Oberflächenbereichen dominiert sind und sich flüssige Regionen auf kleine, voneinander unabhängige Bereiche konzentrieren. Die flüssigen *Kohlenwasserstoffe* [1] Titans bedecken offensichtlich nicht mehr als ein Prozent der gesamten Mondoberfläche.

Wie sieht das bei Exoplaneten aus?

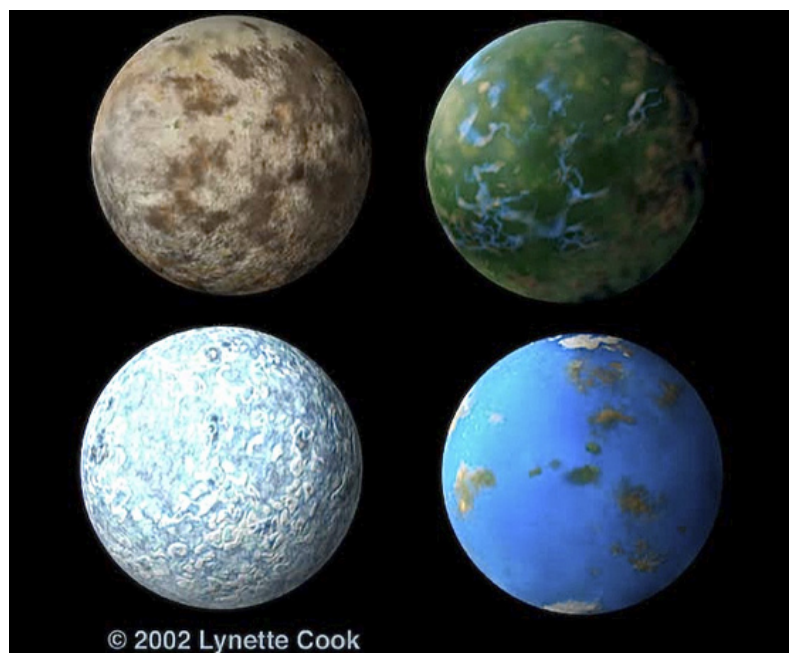
Statistisch gesehen würde man erwarten, daß die **Verteilung von flüssigen und festen Oberflächen** von Exoplaneten hochgradig asymmetrisch ist, jedenfalls von außen gesehen. Beispiele für die Dominanz von Flüssigkeiten auf der Oberfläche sind die Monde *Enceladus* [1] und *Europa* [1]: unterhalb ihrer Eiskrusten bedeckt ein einzelner Ozean den gesamten festen Kern (Abb. 3).

Dominiert eine feste Oberfläche, verteilt sie sich auf kleine, voneinander unabhängige Regionen, wie im Beispiel der Titanoberfläche. Setzt sich dieser Trend asymmetrischer Oberflächenbereiche bei Exoplaneten fort? Falls ja, weshalb beobachten wir auf der Erde eine ausgeglichene Verteilung von Wasser und Landflächen im Verhältnis von 1:2? (Abb. 1)

Abb. 1
Schematische Darstellung der Verteilung von flüssigem Wasser auf Exoplaneten.

Im Hinblick auf die Verteilung von Wasser auf der Oberfläche von Exoplaneten sind sowohl trockene (oben links) als auch vollständig mit Wasser bedeckte Exoplaneten (rechts unten) denkbar. Dazwischen können Exoplaneten existieren, die von einer kompletten Eisschicht bedeckt sind oder nur teilweise Wasser in kleinen Regionen aufweisen.

© L. Cook



Wie gelangt das Wasser auf bewohnbare Exoplaneten? Möglicherweise gelingt dies durch eisige *Planetesimale* [1], Bausteine der Planetenentstehung, die sich in den äußeren Bereichen eines Planetensystems aufhalten (wo das Wasser in gefrorener Form vorliegt). Die chaotische Natur der Bildung von Exoplaneten mithilfe der Planetesimale besitzt im Ergebnis ein breites Spektrum der Zusammensetzung und Wassermengen auf Exoplaneten: die fertigen Planeten besitzen entweder feste oder flüssige Oberflächen.

Jedoch verbleibt nach der Entstehung nicht das gesamte Wasserreservoir eines Exoplaneten auf dessen Oberfläche: ein Teil des Wassers ist im Mantel gebunden, während ein anderer Teil an die obere Atmosphäre verlorengehen kann. Ebenso wird die **Tiefe eines Exoplaneten-Ozeans** durch mehrere Faktoren bestimmt, sie hängt auch von den Störungen in der Kruste ab.

Die Wissenschaftler erwarten daher zahlreiche bewohnbare Exoplaneten mit einer Teilung von Land- und Wassermassen wie auf der Erde. Auch die **Bedingungen an der Exoplanetenoberfläche** sind von entscheidender Bedeutung. Möglicherweise hatte die Erde einfach nur Glück. Oder bevorzugt die Natur eher ein ausgeglichenes Verhältnis von fester Oberfläche und wasserbedeckten Regionen?

Die neue Studie geht davon aus, daß für die Existenz von ausgedehnten Regionen einer festen und einer Wasseroberfläche eine empfindliche **Balance** zwischen dem Wasservolumen, das den Exoplaneten über einen bestimmten Zeitraum erreicht, und den zur Verfügung stehenden **Meeresbecken** des Exoplaneten besteht. Diese Eigenschaften variieren sicherlich in starkem Maße unter den möglichen Wasserwelten. Die ausgezeichnete Balance beider Typen auf der Erde ist bisher unverstanden.

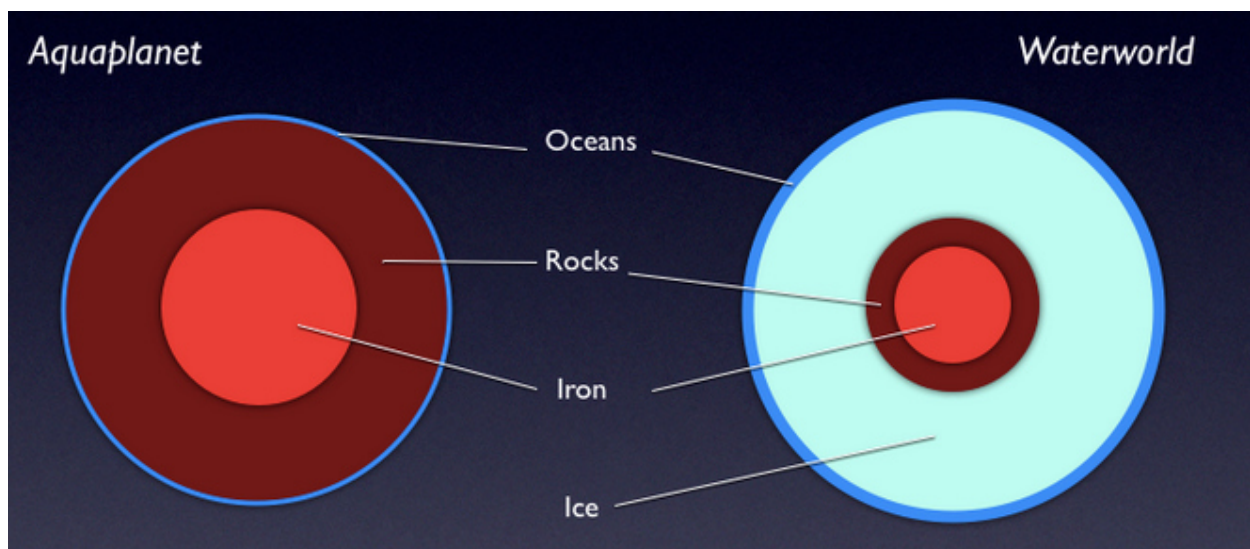


Abb. 3 Vergleich zwischen Aquaplanet und Wasserwelt.

Im Unterschied zu einem *Aquaplaneten* [1] (links), der lediglich an seiner Oberfläche eine relativ dünne Schicht Wasser bzw. einen flachen Ozean besitzt und darunter einem *Gesteinsplaneten* [1] mit einem großen Eisenkern (*Iron*) gleicht, besitzt eine Wasserwelt (rechts) neben einem ausgedehnten Ozean eine darunterliegende dicke Eisschicht (*Ice*) sowie im Zentrum einen relativ kleinen festen Kern aus Gestein und Eisen.

Ist die Erde eine Ausnahme?

Die Computersimulationen sagen eher voraus, daß die Mehrheit der bewohnbaren Planeten **von Ozeanen dominiert** ist, die mindestens 90 Prozent ihrer Oberfläche bedecken. –
Erinnern Sie sich an die Landung auf dem Wasserplaneten im Kinofilm *INTERSTELLAR* [1]?
– Die Erde grenzt an diese Klassifikation als Wasserwelt. Ein Szenario, in dem die Erde weniger Wasser besäße [4] als die Mehrheit der anderen bewohnbaren Planeten wäre sogar mit den Simulationen in Übereinstimmung und könnte helfen zu erklären, weshalb einige Exoplaneten etwas weniger dicht sind als erwartet (Abb. 4).



Abb. 4 Schematischer Vergleich der Wassermenge auf Exoplaneten.

Hinsichtlich der Verteilung von Wasser auf den Oberflächen von Exoplaneten sind viele Möglichkeiten denkbar, von großflächigen Ozeanen (rechts) bis zu einer dominierenden trockenen Oberfläche mit eher kleinen Wasserregionen (links). Allerdings besagen die Ergebnisse einer neuen Studie [2] eher, daß die Mehrheit der Exoplaneten zu über 90 Prozent von Wasser bedeckt ist.

© IB Times UK

Um den großen Bogen zu spannen behauptet die Studie, das **ausbalancierte Verhältnis** der irdischen Ozeane sei möglicherweise eine Folge des **anthropischen Prinzips** * [1]; es erklärt wie unsere Beobachtung des Universums durch die Anforderung der Entstehung von Leben beeinflusst wird. Basierend auf den Daten der Erde, auf der die Ozeane rund 71 Prozent der Oberfläche des Planeten bedecken, findet die Studie die vermeintliche Zustimmung der anthropischen Hypothese.

Am Ende dieser Diskussion steht die Frage, weshalb sich das Leben – wir – auf diesem Planeten entwickelte und nicht auf einem der Milliarden anderen bewohnbaren Welten. Die Studie beantwortet diese Frage damit, daß es möglicherweise eine Verbindung zu einem **Auswahleffekt** gebe, der sich auf die Balance zwischen der festen Oberfläche und den von Wasser bedeckten Regionen auf bewohnbaren Planeten stützt [4].

Wie kann man die Erde erklären?

Falls die Ergebnisse der Studie [2] zutreffen, würde es sich bei unserem Planeten, der Erde, tatsächlich um einen **ungewöhnlich trockenen bewohnbaren Planeten** han-

deln. ABER: **weshalb ist die Erde so relativ trocken?** Sind bestimmte Eigenschaften bzw. Strukturen des Sonnensystems für das trockene Erscheinungsbild der Erde verantwortlich? Beispielsweise könnten die niedrigen *Bahnexzentrizitäten* [1] und *-neigungen* [1] der Planeten unseres Sonnensystems für den Transport von Wasser auf die Planeten nicht effizient genug sein (Abb. 5).

Abb. 5
Künstlerische Darstellung eines wasserreichen Exoplaneten.

Könnten die niedrigen Bahnexzentrizitäten und -neigungen innerhalb des Sonnensystems für die trockenen Planeten – wie den Mars und die Erde – verantwortlich sein? Im Allgemeinen sollten Planeten wie unsere Erde jedoch noch mehr Wasser an ihrer Oberfläche beherbergen.

© The Conversation



Eine andere Möglichkeit zur Erklärung des trockenen Planeten Erde wäre der Einfluß des sog. **Grand Tack-Modells** [1], in dem der Planet *Jupiter* [1] einer Umkehr seiner *Migration* [1] aus dem inneren Planetensystem unterlag [3] (Abb. 6). Damit könnte man das terrestrische (niedrige) Wasserniveau erklären.

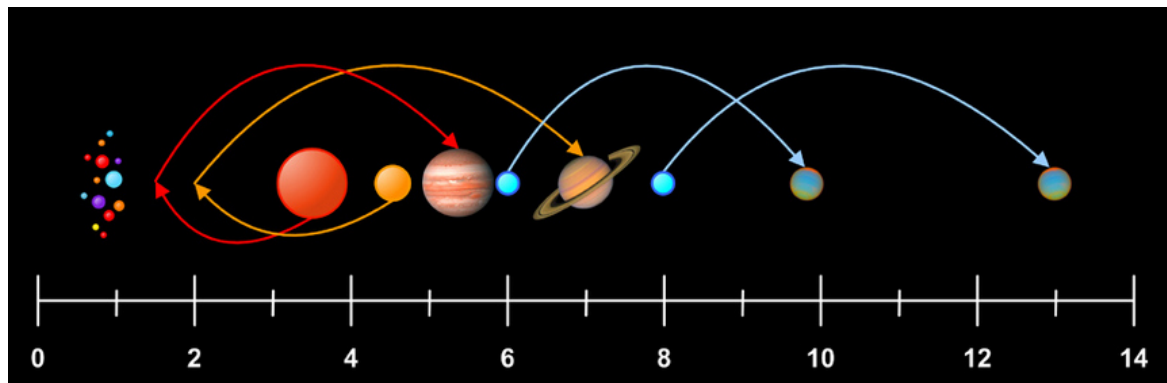


Abb. 6 Die Migration der äußeren Planeten.

Wir wissen, daß sich insbesondere die äußeren Planeten nicht immer dort befanden, wo wir sie gegenwärtig im Sonnensystem beobachten. Beispielsweise migrierte (wanderte) der Planet Jupiter (**orangefarbener** Kreis, links) zunächst weiter ins Innere des Sonnensystems (von rund 3,5 zu 1,5 *Astronomischen Einheiten* (AE) [1], bevor er anschließend wieder in Richtung des äußeren Sonnensystems wanderte und schließlich eine stabile Bahn bei rund 5 AE einnahm. In ähnlicher Art und Weise bewegte sich der Ringplanet Saturn (**gelb**) [1], wobei die Planeten Uranus [1] und Neptun [1] nach ihrer Entstehung ausschließlich nach außen wanderten. Ganz links die Vorgängerobjekte des *Asteroidengürtels* [1].

© Back Alley Astronomer

Eine dritte Möglichkeit wäre ein **makroskopischer Effekt**, der mit einem Prozeß verbunden ist, der für den Transport von Wasser auf die Planeten zuständig war. Oder liegt es daran, daß die Erde **ungewöhnlich große Meerestiefen** besitzt? Entstanden diese Meerestiefen durch die ungewöhnlich starke *tektonische Aktivität* [1] bzw. das abnormale starke *Magnetfeld* [1] des Planeten Erde?

Analogon

Der Autor der Studie vergleicht die **besondere Stellung der Erde** in diesem Szenario mit einem Küchentisch, auf dem neben der Kaffeetasse versehentlich Kaffeetropfen gelandet sind (Abb. 7): einer der Kaffeetropfen befindet sich sehr nah an der Kaffeetasse. Die Nähe des Kaffeetropfens könnte zufällig entstanden sein. Jedoch sei es ebenso möglich, daß die Mehrheit der Kaffeetropfen auf den Boden gefallen ist, und die Tropfen auf dem Tisch lediglich den Schwanz einer viel größeren Verteilung (von Tropfen) darstellen.



Abb. 7 Vergleich verschütteter Kaffee – Wasser auf der Erdoberfläche.

Kann man die Sonderstellung der Erde, die im Vergleich ein relativ trockener Planet ist, mit verschütteten Kaffeetropfen vergleichen? Wie stark ist die Aussage eines der Tasse nahegelegenen Tropfens in Bezug auf die Verteilung und die Eigenschaften der Mehrheit der weit entfernten Kaffeetropfen?

© Coffeetrends

FAZIT

Wir beginnen gerade zu verstehen wie sich die Erde im Vergleich zu anderen bewohnbaren Exoplaneten verhält. Wenn sich diese bewohnbaren Exowelten systematisch von der Erde unterscheiden – beispielsweise durch die Menge Wasser, die die Oberfläche des Planeten bedeckt –, könnte dies ein Hinweis auf die Bedingungen sein, die die **Entwicklung von intelligentem Leben bevorzugen**.

Zwar verstehen wir noch lange nicht wie sich das Leben auf der Erde entwickelt hat, jedoch scheint nicht jeder bewohnbare Planet die gleiche Wahrscheinlichkeit zu besitzen, daß sich auf ihm intelligentes Leben entwickelt.

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

*

Das sog. *anthropische Prinzip* behauptet, das beobachtbare Universum sei nur deshalb beobachtbar, weil es sämtliche Eigenschaften besitzt, die (intelligentes) Leben ermöglichen. Ansonsten würde kein (intelligentes) Leben existieren, das das Universum beschreiben könnte.

Quellenangaben:

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

[2] Simpson, F., *MNRAS* (1 March 2017)

[3]
Walsh, K. J., et al., *Nature* **475**, 206-209 (2011)
O'Brien, D. P., et al., *Icarus* **239**, 74-84 (2014)

[4] Animation zum [Aussehen der Erde mit einem niedrigeren bzw. höheren Wasseranteil](#)
<https://www.youtube.com/watch?v=ONJkxnO1V3w&feature=youtu.be>