

## Die zweite Erde (Teil 3) - ein bisschen Science-Fiction

Andrea Schriever, Andreas Bügler

Unsere gedankliche Suche nach der zweiten Erde dauert weiter an. Im ersten Teil ging es um die Lage eines geeigneten Planeten in der galaktischen habitablen Zone, sowie in einer stellaren habitablen Zone um einen geeigneten Stern. Optimal wäre ein Einzelstern der Spektraltypen G oder K, der alt genug ist, dass sein Planetensystem weitgehend frei von ungebundener Materie ist. Im zweiten Teil besprachen wir die notwendigen Eigenschaften des Planeten selbst. Es war schon klar, dass es sich um einen terrestrischen Gesteinsplaneten handeln würde. Dieser müsste aber hinsichtlich Masse, Atmosphäre, Magnetfeld, Rotation und vielen anderen Faktoren sehr spezielle, enge Voraussetzungen erfüllen. Grund hierfür ist die nur sehr eingeschränkte Anpassungsfähigkeit unseres Körpers. Bei der Suche nach der zweiten Erde geht es uns nicht darum, ob auf einem Planeten irgendeine Form von Leben existieren könnte, sondern um die Frage, ob wir Menschen uns dort wohlfühlen würden. Da wir sehr anspruchsvoll sind, dürfte die Zahl der geeigneten Planeten auch entsprechend gering sein.

### Exomonde



Möglicherweise vergrößert sich aber die Zahl der besiedlungsfähigen Himmelskörper durch das Hinzunehmen lebensfreundlicher Exomonde.

In der Science-Fiction-Literatur ist das alles kein Problem; dort sind zahlreiche Exomonde mit den verschiedensten Aliens besiedelt. Aber wie realistisch ist das? Bei der Suche nach geeigneten Exomonden gibt es einige Schwierigkeiten.

### Abgrenzung: Mond <-> Doppelplanet

Im Allgemeinen spricht man von einem Mond, wenn sich dieser Himmelskörper um einen Planeten oder Zwergplaneten bewegt und sich dabei der gemeinsame Schwerpunkt des Systems innerhalb des größeren Partners befindet. Klassische Beispiele sind die Systeme von Monden um die Gasplaneten unseres Sonnensystems. Man vermutet, dass sich diese Systeme durch Akkretion gebildet haben; ähnlich wie bei der Bildung des Planetensystems (siehe Teil 2). Das System Erde – Mond rotiert um einen gemeinsamen Schwerpunkt, der sich innerhalb der Erde befindet. Beim System Pluto – Charon hingegen liegt der Schwerpunkt zwischen den Himmelskörpern, weshalb hier einige Autoren von einem Doppel(zwerg)planetensystem sprechen. Der Begriff „Doppelplanetensystem“ ist aber bis jetzt noch nicht offiziell anerkannt in der Astronomie. Die Bildung der Systeme Erde – Mond und Pluto – Charon wird auf Kollisionsereignisse zurückgeführt; also anders als der Entstehungsprozess bei den Monden der Gasriesen. Solche Doppelsysteme oder Quasi-Doppelsysteme sind grundsätzlich auch in anderen Sonnensystemen vorstellbar. Für diese Himmelskörper gelten die Kriterien, die in Teil 2 bereits für Planeten benannt wurden.

Im Folgenden betrachten wir nur die Monde um große Zentralkörper. Für diese kommen noch weitere Voraussetzungen für deren Bewohnbarkeit hinzu:

### Migration in die habitable Zone

Bisher wurden noch keine Exomonde entdeckt. Da aber in unserem Sonnensystem alle Gas- und Eisriesen von zahlreichen Monden umgeben sind, liegt es nahe, dass dies in anderen Systemen ähnlich ist. Wie bereits in Teil 2 erläutert, entstehen die Gasriesen jenseits der Schnee- oder Eisgrenze; d.h. außerhalb der habitablen Zone.

Der potenziell bewohnbare Mond müsste also erst mit seinem Gasriesen in die habitable Zone einwandern. Da die Bahnen der Monde eine gewisse Exzentrizität aufweisen, würden sie bei einer Migration des Gasriesen nach innen sehr instabil werden. Forscher des California Institute of Technology (Spalding et al., Jan 2016) führten eine Computersimulation durch, bei der sie Jupiter mit seinen Monden Io und Europa ins innere Sonnensystem wandern ließen. Im Ergebnis kollidierten beide Monde mit dem Planeten. Ein großer Teil der grundsätzlich bewohnbaren Exomonde würde also die Reise in die habitable Zone nicht überstehen.

(Anm.: Es ist auch möglich, dass sich durch die Erhöhung der Leuchtkraft und die Ausdehnung des Sterns die habitable Zone bis über die ursprüngliche Eisgrenze hinaus ausdehnt; dann ist der Stern aber bereits kurz vor seinem Ende).

### Massenverhältnis Planet <-> Monde

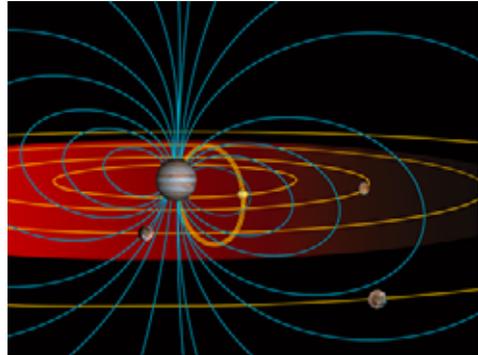
In unserem Sonnensystem hat man ein Verhältnis der Masse der Gasriesen zu ihrem System der umlaufenden Monde von 5.000 zu 1 festgestellt. (Anm.: Bei Jupiter, Saturn und Uranus trifft es zu; bei Neptun hingegen nicht. Dies wird auf den eingefangenen Mond Triton zurückgeführt). Da wir bisher nur Monde innerhalb unseres Sonnensystems kennen, wissen wir nicht, ob dieses Verhältnis auch in anderen Planetensystemen so besteht. Dies dürfte hauptsächlich am Entstehungsprozess der Monde liegen, und an der möglichen Migration der Gasriesen (s.o.). Beide Faktoren sind wohl noch nicht ausreichend verstanden. Da man in unserem Sonnensystem ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Masse der Gasriesen und der Gesamtheit ihrer Monde festgestellt hat, und auch von einer Obergrenze auszugehen ist, sollte die Größe der Monde thematisiert werden.

Die Gesamtmasse innerhalb der verschiedenen Mondsysteme kann sehr unterschiedlich verteilt sein. So sind die vier galileischen Monde des Jupiters in derselben Größenordnung, während sich bei den Saturnmonden die meiste Masse auf Titan konzentriert.

Gehen wir mal von dieser 5.000 : 1 - Relation aus und nehmen an, dass sich die Gesamtmasse des Mondsystems auf einen Trabanten konzentriert. Wenn der Exomond eine halbe Erdmasse benötigt, um eine Atmosphäre halten zu können, dann hätte der Gasriese die 8-fache Jupitermasse. Bei einem Exomond von einer Erdmasse entspräche dies einem Zentralkörper von 16 Jupitermassen. Bei diesem würde sich dann bereits um einen braunen Zwerg (verhinderter Stern) handeln (Deuteriumfusion statt Wasserstofffusion).

Daher dürften Exomonde mit für unsere Bedürfnisse ausreichender Masse – und somit auch Schwerkraft – recht selten sein.

### Magnetfeld des Gasriesen



Ein weiteres Problem stellt das Magnetfeld des Gasriesen dar. Im Strahlungsgürtel des Gasriesen kreisen eingefangene Teilchen des Sonnenwinds, die für Menschen nach einiger Zeit tödlich wären. Zwar böte eine dichte Atmosphäre einen gewissen Schutz, diese wäre aber aufgrund der zu erwartenden geringen Masse des Mondes unwahrscheinlich (s.o. 5.000 : 1 - Relation). Die Strahlungsgürtel der Gasriesen sind auch intensiver und ausgedehnter als z.B. der Van-Allen-Gürtel der Erde. Von den vier großen Jupitermonden liegt nur der äußerste – Kallisto – außerhalb des Strahlungsgürtels. Ein für uns geeigneter Exomond müsste also sehr weit von seinem Gasriesen entfernt kreisen.

### Weitere Faktoren

Wenn man sich das Jupitersystem zum Vorbild nimmt, stößt man auf weitere Tatsachen, die unserem Wunsch nach einem Exomond als zweiter Erde widersprechen.

Es ist in solchen Systemen von gebundener Rotation der Monde zu ihrem Planeten auszugehen, wie z.B. bei allen galileischen Monden zu Jupiter. Da sich die gebundene Rotation auf den Planeten bezieht, zeigt der Mond dem Stern gegenüber zwar nicht immer dieselbe Seite. Aber wenn man sich einen einigermaßen massereichen Mond mit dem entsprechenden Gasriesen vorstellt (s.o.), der auch noch weit genug außen umläuft, um den Strahlungsgürtel zu vermeiden (s.o.), dann dürfte der Tag-Nacht-Zyklus äußerst langsam verlaufen. Außerdem wäre mit Verfinsterungen durch den Zentralkörper zu rechnen, die wesentlich länger dauerten, als unsere Sonnenfinsternisse.



Der von den Jupitermonden bekannte Gravitationsvulkanismus dürfte auch bei vielen Exomonden vorkommen. Dieser könnte die Bewohnbarkeit der Oberfläche einschränken und auch Auswirkungen auf das Klima haben (hoher CO<sup>2</sup>-Anteil in der Atmosphäre).

Schließlich ist noch zu bedenken, dass die Exomonde der Gasriesen einen etwas anderen Entstehungsprozess hatten als die inneren, terrestrischen Planeten. Da sie sich hinter der Eisgrenze gebildet haben, ist ihr Wasseranteil deutlich höher. Beim Jupitermond Europa vermutet man etwa doppelt so viel Wasser wie in allen irdischen Ozeanen. Falls also ein solcher Mond die Migration in die habitable Zone überstehen und dort auftauen sollte, wäre seine Oberfläche

wahrscheinlich komplett mit Wasser bedeckt (siehe „Planetane“, Teil 2),

Somit kann man sagen, dass die Voraussetzungen für erdähnliche Exomonde kaum zu erfüllen sind. Sie werden lediglich in der Science-Fiction eine Rolle spielen.

### Fazit

In den drei Teilen dieses Artikels haben wir gesehen, wie eng und zahlreich die Voraussetzungen sind, die eine zweite Erde erfüllen müsste. Nur wenige Exoplaneten und noch weniger Exomonde in unserer Milchstraße kämen in Frage. Selbst mit unserem Superraumschiff müssten wir lange nach geeigneten Himmelskörpern suchen.



**Daher sollten wir mit unserer Erde verantwortungsvoller umgehen.**

### Nachtrag:

Der frühere leitende Flugdirektor der ESA in Darmstadt, Wolfgang Wimmer, hatte als Rentner Spaß daran, das Projekt eines Wegzuges von der Erde mal durchzurechnen. In seinem Gedankenspiel sollten 1 Mio. Menschen in insgesamt 100 Raumschiffen zu einem etwa 50 Lichtjahre entfernten Stern geschickt werden.

Für die zugrundeliegende Forschung plante er 80 Jahre ein, anschließend für den Bau der Raumschiffe weitere 20 Jahre; also insgesamt 100 Jahre.

Auch die Kosten berechnete er: 70 Billionen Euro! Das klingt nach einer unerreichbaren Summe; entspricht aber ziemlich genau den weltweiten Militärkosten der letzten 100 Jahre.

Die Schlussfolgerung des Herrn Wimmer lautete:

Das Projekt ist

- technisch durchaus machbar
- aber politisch / finanziell unrealistisch

## Was tun, wenn's spinnt? Vom Umgang mit dem Wahnsinn in der ersten Reihe

*Christina Diehl*

Ja, es gibt sie, die verkannten Genies. Die früh verlachten und spät geehrten Erfinder, die wissenschaftlichen Außenseiter, die später einen Nobelpreis bekamen, die einsamen Kämpfer, deren Lehrmeinung erst nach ihrem Tod den Weg in die Standardlehrbücher fand. Genauso gibt es Lottogewinner, millionenschwere Filmstars und amerikanische Präsidenten. Und genau wie bei diesen ist der Anteil der Erfolgreichen unter all denen, die es versucht haben, sehr, sehr, **sehr** klein.

Diese Überlegung stört den Anhänger des verkannten Genies nicht, denn mit Mathematik – oder allgemein mit logischem Denken – hat er's nicht so, auch mit physikalischen Grundlagen nicht, oder mit Naturwissenschaften überhaupt. Im Gegenteil ist er sogar stolz darauf, nicht aus der Mainstream-Naturwissenschafts-Ecke zu kommen, sprich, sich jemals in einem Studium mit den Grundlagen seines geliebten Hobbies beschäftigt zu haben. Eher ist er pensionierter Techniker oder Philosoph, unbelastet von akademischer Bildung (auch ein Studium der Philosophie ist ohne Affinität zur Logik schwer zu bewältigen).

Unbeschwert von wissenschaftlichen Skrupeln stürzt er sich auf die Modethemen der Szene (ja, es gibt auch einen Pseudowissenschafts-

Mainstream): Freie Energie, Widerlegung von Einstein oder das elektrische Universum stehen auf seiner Liste ganz oben.

Leider genügt es ihm nicht, sich still seine wirren Gedanken zu machen, er muss sie unbedingt mitteilen. Und so geistert er durch Internetforen, schreibt seitenlange E-Mails und tummelt sich auf Vorträgen (gerne in der ersten Reihe), wo er als uneingeladener Co-Vortragender seine als Frage verbrämte Sicht des Universums so ausführlich darstellt, dass dies meist nur mit einem: „Hm, was war noch einmal genau Ihre Frage?“ quittiert werden kann. Nicht weiter tragisch, denn das Phänomen des unverstandenen Philosophie-Freundes ist jedem in der Öffentlichkeitsarbeit engagierten Naturwissenschaftler bekannt und wird als unvermeidbar akzeptiert.

Aber ist das Problem wirklich so unvermeidbar? Gibt es etwas, das man dagegen tun kann? Wenn ja, was? Und wenn nicht: Wie kann man überhaupt damit umgehen, ohne dass der überstrapazierte Geduldsfaden irgendwann reißt?

Aus aktuellem Anlass (Flutung der Sternfreunde-Kosmologiegruppe mit wechselnden Esoterik-Streiflichtern) habe ich mich mit dieser Frage beschäftigt und bin zu folgenden Teilantworten gekommen:

### **Erstens: Der geduldige Versuch, sich dem Unsinn durch sachliche Argumente entgegenzustemmen.**

Für mich persönlich ist dies der nobelste und bewunderungswürdigste Umgang mit pseudowissenschaftlicher Spinnerei. Nicht umsonst ist Carl Sagan eines meiner Idole, und sind die Vertreter der Skeptics Society unter meinen persönlichen Helden. Sie sammeln und veröffentlichen unermüdlich Argumente und setzen sich mit dem Ansturm von Blödsinn auf einer täglichen Basis auseinander.

Im Alltag gestaltet sich der Versuch recht zäh. Das liegt nicht etwa daran, dass Pseudowissenschafts-Fans sich dem Diskurs zu entziehen suchen. Im Gegenteil: Zollt man ihnen das Kom-