

Wissenschaftliche Aussichten der NASA – *Vision for Planetary Science 2050* [03. Apr.]

„Wir müssen träumen und dahin gehen, wo noch niemand zuvor gewesen ist.“



Bei der Erforschung der Geheimnisse des Universums muß man **langfristige Pläne** machen. 40 Jahre im Voraus sind dabei nichts Ungewöhnliches. Manche halten das für übertrieben; jedoch muß man sich klarmachen, daß wir innerhalb eines Menschenlebens, ausgehend von etwa der Mitte des letzten Jahrhunderts, die Erde verlassen und fast jeden wichtigen Typ Himmelskörper im *Sonnensystem* [1] besucht haben, bemannt oder unbemannt. Sogar den ehemaligen 9. Planeten *Pluto* [1] haben wir inzwischen untersucht, außerdem mehr als 3.000 *Exoplaneten* [1] entdeckt und dadurch ein **neues Bild des Sonnensystems** erhalten.

Innerhalb der letzten 50 Jahre haben wir auf diesen Himmelskörpern einige wichtige Bestandteile entdeckt, die für die Entstehung von Leben von entscheidender Bedeutung sind, beispielsweise auf dem *Mars* [1] oder auf dem Kometen *Chury* [1, 2], auf dem sogar ein Lander namens *Philae* [1, 2] aufsetzte.

Wenn es nach der Abteilung *Planetary Science Division* [1] der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde *NASA* [1] geht, sollen bis zum Jahr 2050 einige Visionen tatsächlich Realität werden [3].

In einem Workshop im Februar diskutierten Wissenschaftler aus aller Welt über die **Zukunft der Erforschung des Weltraums** innerhalb der nächsten 35 Jahre [3]. Dabei wurden Fragen wie *Wohin gehen wir und wie und warum?*, *Welche großen Hoffnungen haben wir, welche Visionen?* und *Wo werden wir in 50 Jahren sein?* besprochen.

Einige der **wichtigsten Visionen** beschäftigen sich mit der Rückkehr zum Mond [4], dem Vorantreiben der Erforschung des Planeten Mars, der Erforschung von *Asteroiden* [1], den *äußeren Planeten* [1] des Sonnensystems und ob wir eine Definition von Leben benötigen, um es zu finden. Außerdem wurde die Rolle der Wissenschaft bei der Entwicklung neuer Technologien besprochen und wie kommerzielle Weltraumunternehmen neue Möglichkeiten eröffnen können.

Ein Schutzschild für den Mars

Eine der beeindruckendsten Präsentationen mit dem Titel **„Eine Marsumgebung der Zukunft für die Wissenschaft und die Erforschung des Mars“** beschäftigt sich mit der Erforschung unseres Nachbarplaneten Mars. Darin wird die **Schaffung eines magnetischen Schildes** diskutiert, der die *Marsatmosphäre* [1] stabilisieren und bemannte Marsmissionen der Zukunft vereinfachen könnte.

Die Wissenschaftler gehen davon aus, daß der Planet Mars – wie die Erde – in der Vergangenheit ein *Magnetfeld* [1] besaß, das zum Schutz seiner Atmosphäre diente.

Vor rund 4,2 Milliarden Jahren verschwand das Magnetfeld des *roten Planeten* [1] und verursachte einen langsamen Verlust seiner Atmosphäre (Abb. 1). Innerhalb der nächsten rund 500 Millionen Jahre verwandelt sich der Mars daher von einem warmen und feuchten zu einem kalten und unbewohnbaren Planeten – wie wir ihn gegenwärtig beobachten.

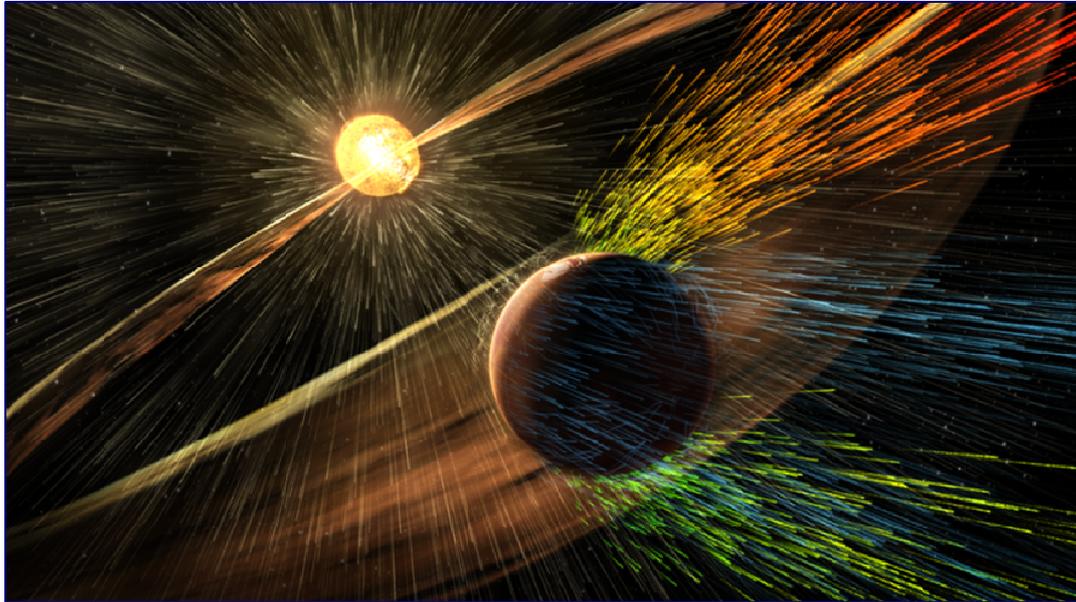


Abb. 1 Schematische Darstellung des Verlusts der Marsatmosphäre.

Die Wissenschaftler nehmen an, daß die ursprüngliche Atmosphäre des Planeten *Mars* aufgrund der Einwirkung starker Sonnenstürme nach und nach verlorenging; daher wurde der *Mars* von einem warmen, feuchten zu einem kalten, trockenen Planeten.

© NASA/GSFC

Diese Theorie erhärtete sich innerhalb der letzten 10 Jahre (2004-2014): maßgeblich daran beteiligt waren Beobachtungen der Marsatmosphäre durch die Marsmissionen *Mars Express* (ESA) [1] und *MAVEN* (*Mars Atmosphere and Volatile Evolution Mission*, NASA [1]). Zudem maßen die Missionen die Rate, mit der der *Sonnenwind* [1] – ein energetischer Teilchenstrom der Sonne - bis in die Gegenwart Teile der dünnen Marsatmosphäre in den Weltraum schleudert.

Ohne diese Atmosphäre wird der Mars zu einem noch kälteren und trockeneren Planeten werden, auf dem Leben – wie wir es kennen – nicht möglich ist. Die anvisierten Flüge zum Planeten Mars, die seitens der NASA bis zum Jahr 2030 vorgesehen sind, werden zudem mit anderen Problemen konfrontiert. Beispielsweise werden die Astronauten auf dem Mars starker hochenergetischer Strahlung ausgesetzt sein, vor der sie auf der Erde die Atmosphäre des blauen Planeten schützt.

Dem will die US-amerikanische Raumfahrtbehörde mit einem **kühnen Plan** entgegenwirken: mithilfe der Positionierung eines riesigen *magnetischen Dipol-Schutzschildes* [1] am marsianischen *Lagrangepunkt L1* [1] könnte eine **künstliche Magnetosphäre** [1] des roten Planeten gebildet werden, die den gesamten Planeten umgibt und diesen vor dem Sonnenwind und gefährlicher Strahlung schützt (Abb. 2).

Bei der **Positionierung des Magnetschildes** befände sich der rote Planet im *Schwanzbereich des Schildes* und läge damit im Schutzbereich gegen gefährliche äußere Einflüsse von der Sonne oder aus dem Weltraum. Ein derartiger Schutzschild würde das Wegschleudern der ohnehin dünnen Marsatmosphäre deutlich reduzieren und ein neues atmosphärisches Gleichgewicht herstellen können. Das Ergebnis: die schädliche hoch-energetische Strahlung auf der Marsoberfläche wäre deutlich reduziert und die Erforschung des roten Planeten wesentlich ungefährlicher.

Die Wissenschaftler räumen ein, daß ihre Idee auf den ersten Blick verrückt scheint.

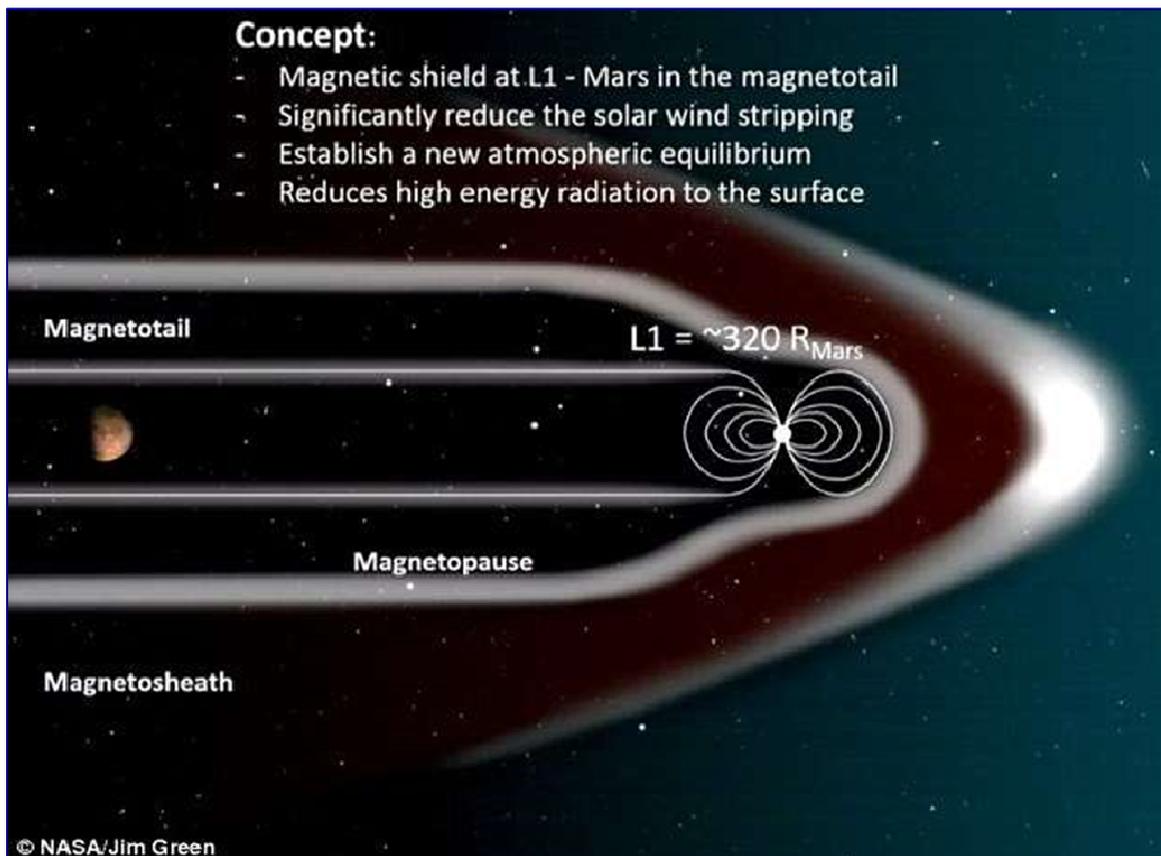


Abb. 2 Schematische Darstellung des magnetischen Schutzschildes für den Mars.
 Ein magnetischer Schutzschild soll zukünftig dafür sorgen, daß die Marsatmosphäre nicht weiter durch die Einwirkung von Sonnenstürmen verlorengeht. Dazu soll am marsianischen *Lagrange* *punkt L1* ein künstlicher magnetischer Dipol positioniert werden.

© NASA/J. Green

Die Forscher hoffen, daß dieser kühne Plan aufgrund von Ergebnissen irdischer Laborexperimente bald umgesetzt werden könnte, beispielsweise mithilfe von sich selbst aufblähenden Strukturen, die für das Einsetzen eines magnetischen Feldes von 1-2 *Tesla* [1] (10.000-20.000 *Gauß* [1]) sorgen sollen, ein **aktiver Schutzschild gegen den Einfluß des Sonnenwinds**.

Der magnetische Schutzschild soll insbesondere zwei Regionen des roten Planeten schützen, an denen der Verlust der Atmosphäre besonders stark ist; sie befinden sich über der nördlichen Polkappe und im Äquatorbereich des Planeten. Dort verschwinden etwa 0,1 Kilogramm *Sauerstoffionen* [1] pro Sekunde. Das mag wenig klingen, summiert sich jedoch über ein Jahr zu einer erheblichen Menge, insbesondere bei einer ohnehin

dünnen Atmosphäre.

Die **Schutzschild-Idee** wurde von Wissenschaftlern unterschiedlicher renommierter US-amerikanischer Universitäten und anderer Institutionen mithilfe von Computersimulationen getestet. Im Ergebnis zeigte sich, daß ein Dipolfeld, das am marsianischen Lagrangepunkt L1 positioniert wird, dem Sonnenwind entgegenwirken und der Marsatmosphäre zu einem **neuen Gleichgewichtszustand** verhelfen kann (Abb. 3).

Gegenwärtig geschieht dies durch vulkanische Aktivität im Marsinneren und in der Kruste des Planeten. Allerdings macht dieser Effekt nur etwa 6 *Millibar* [1] Luftdruck aus; auf der Erde entspricht das weniger als einem Prozent auf Meeresebene.

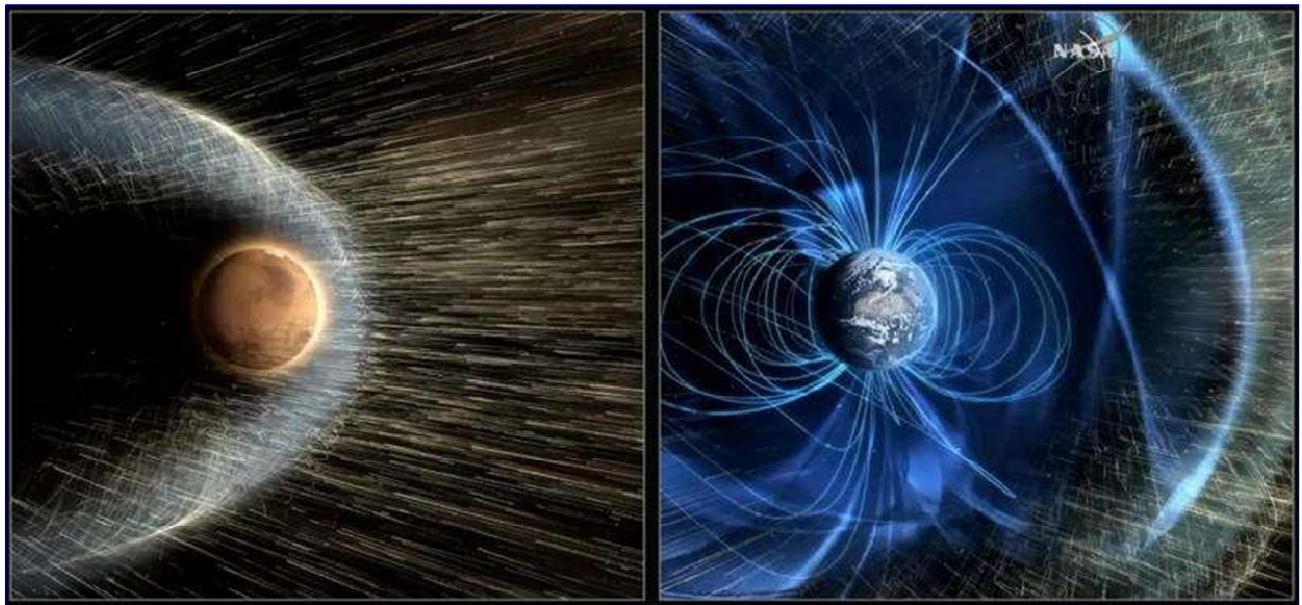


Abb. 3 Schematische Darstellung des marsianischen Magnetfelds im Vergleich zur Erde.
Ein magnetischer Schutzschild soll zukünftig dafür sorgen, daß die Marsatmosphäre nicht weiter durch die Einwirkung von Sonnenstürmen verlorengeht. Dazu soll am marsianischen *Lagrangepunkt L1* ein künstlicher magnetischer Dipol positioniert werden.

© NASA

Mithilfe des magnetischen Schutzschildes könnte die Marsatmosphäre ganz natürlich dichter werden und viele neue Möglichkeiten für die **Erforschung und Kolonisierung des Planeten Mars** ermöglichen. Eine dichtere Marsatmosphäre würde zu einem Temperaturanstieg von rund 4 Grad Celsius führen; im Fall einer derartigen Erwärmung könnte das *Kohlendioxid* [1] der nördlichen Polkappe des roten Planeten schmelzen und einen *Treibhauseffekt* [1] auslösen; die **Folgen** wären eine immer wärmere Marsatmosphäre und ein weiteres Abschmelzen von *Wassereis* [1] in den Polkappen.

Die Simulationen besagen zudem, daß man mithilfe des Schutzschildes und dessen Folgen etwa ein Siebtel der **ursprünglichen Marsozeane „wiederbeleben“** könnte – das klingt stark nach *Terraforming* [1] und erinnert an *Star Trek* [1].

Dennoch glauben die Forscher, daß man die Idee in die Realität umsetzen kann. Von einer dichteren und wärmeren Marsatmosphäre sowie einem beträchtlichen Anteil von Oberflächenwasser könnte die Erforschung des roten Planeten erheblich profitieren,

beispielsweise durch das Absetzen größerer und schwerer Ausrüstungsgegenstände auf der Oberfläche, einem verbesserten und geschützten Arbeiten auf dem Mars, einer vereinfachten Extrahierung von Sauerstoff und einer Bepflanzung des Mars. Das klingt utopisch, soll jedoch möglich sein.

Zukünftige Astronauten wären somit in der Lage den Planeten detaillierter zu untersuchen, insbesondere im Hinblick auf dessen Bewohnbarkeit. Falls die Idee innerhalb weniger Jahrzehnte umgesetzt werden könnte, würde dies die Kolonisierung des roten Planeten wesentlich vorantreiben.

Erkundung von Wasserwelten

Mit dem Ziel **extraterrestrisches Leben im Sonnensystem** zu finden beschäftigen sich weitere Visionen 2050: Auf der Erde finden wir Leben nahezu überall, in dunklen Höhlen, in der Tiefsee und sogar an den Polen unseres Planeten. Wie sieht das mit anderen Planeten und Monden im Sonnensystem aus?

Bisher konnte kein außerirdisches Leben im Planetensystem gefunden werden, allerdings geben Himmelskörper wie die Monde *Europa (Jupiter)* [1] und *Enceladus (Saturn)* [1], die durch ihr Inneres aufgeheizt werden und von Ozeanen bedeckt sind, Hoffnung auf eine erste Entdeckung. Unter den sog. **Wasserwelten** sind außer Europa und Enceladus die Monde *Ganymed* [1], *Kallisto* [1] und *Triton* [1] sowie der *Zwergplanet Pluto*, der *Asteroid Ceres* [1] und *Dione* [1] im Gespräch.

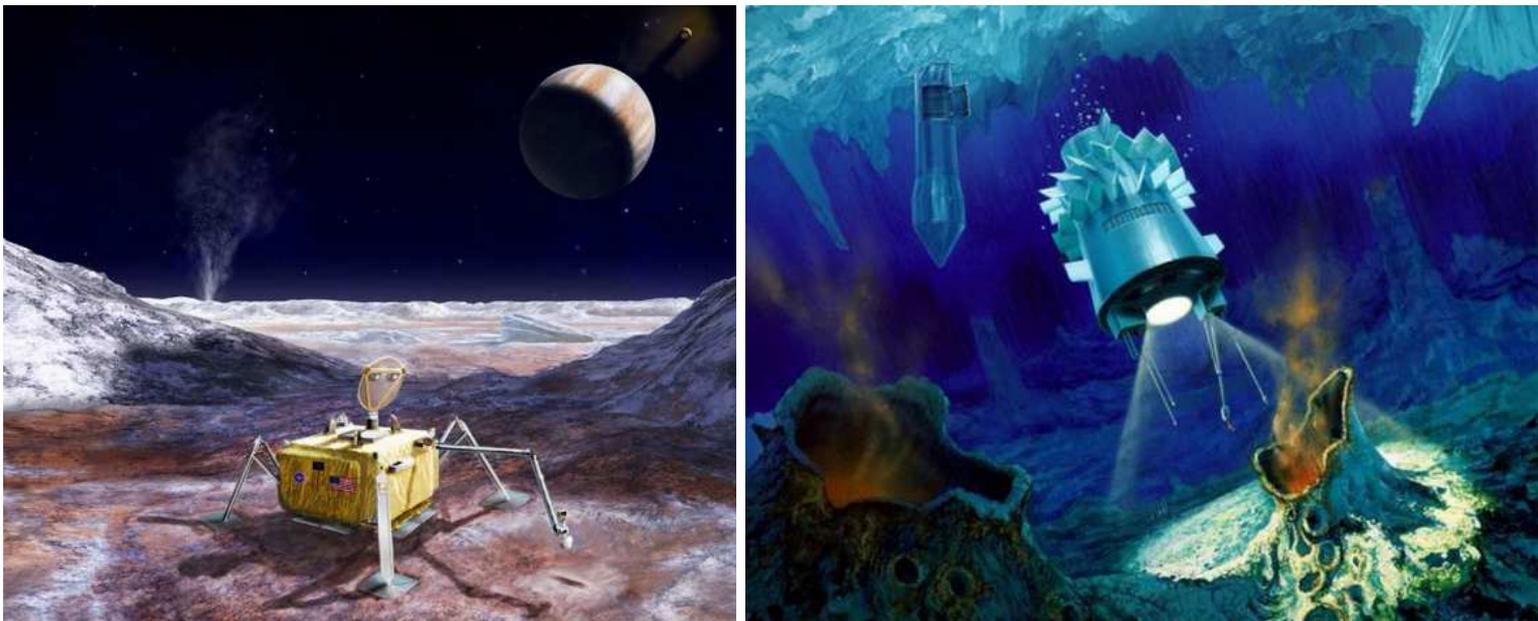


Abb. 4 Künstlerische Darstellungen möglicher Missionen zum Jupitermond *Europa*.

Links: Zur Erkundung der Wasserwelten im Sonnensystem gehört möglicherweise eine Mission zum Jupitermond Europa, bei der ein Roboter die Oberfläche des Mondes untersuchen soll.

Rechts: Künstlerische Darstellung eines hypothetischen Roboters, der die Wassereisoberfläche eines Ozeans auf dem Jupitermond durchdringen und den Ozean bis zum Boden erforschen kann.

© NASA/JPL-CalTech // NASA

Wie geht es weiter?

Zuerst sollen die **Wasserwelten im Sonnensystem**² identifiziert und die Art der Ozeane charakterisiert werden. Anschließend wollen die Forscher bestimmen, ob in

diesen Exo-Ozeanen Leben möglich ist und weshalb es dort existieren kann. Am Ende des Prozesses sollen die Möglichkeiten zur Untersuchung dieser potentiellen Exo-Lebensräume geprüft und – wenn möglich – verwirklicht werden.

Insbesondere die Bereiche um die Planeten *Jupiter* [1] und *Saturn* [1] scheinen aussichtsreich für die Existenz von Leben zu sein, allerdings müssen wir uns dazu bald auf den Weg machen. Einige Visionäre empfehlen dringend die Untersuchung des **Jupitermonds Europa** (Abb. 4).

Doch zuerst müßten Vorbeiflüge von Sonden geeignete Landplätze auf dem kalten Jupitermond suchen. Erst danach könnten Lander die Oberfläche nach **Biosignaturen** [1] untersuchen (Abb. 4). Dabei könnte Technologie, die bereits auf der Erde eingesetzt wird, helfen den Grund der Ozeane des Mondes zu erreichen, um dort nach Lebensformen zu suchen oder sogar mithilfe von explosiven Geschossen auf die Mondoberfläche befördern (Abb. 4).

Einer der kreativsten Beiträge der Tagung war die Forderung nach einem Star Trek-ähnlichen *Tricorder* [1], der nicht nur Leben entdecken kann, sondern auch die Art des Lebens auf einem anderen Himmelskörper bestimmen könnte. Doch diese Idee ist und bleibt vorerst Science Fiction.

Ein **konträrer Vorschlag** beschäftigt sich damit, zuerst Infrastruktur für die Erforschung des äußeren Sonnensystems im Erdorbit und auf dem Mond zu errichten.

LUVOIR

Im Hinblick auf die **tieferere Erforschung des Weltalls** und die Entdeckung und Erforschung von Exoplaneten erwarten die Wissenschaftler ungeduldig den Start des Nachfolgers des Weltraumteleskops *Hubble* [1], das *JWST* [1]; sie diskutieren jedoch bereits dessen Nachfolger **L^UV^OI^R**¹ (*Large Ultraviolet Optical and Infrared Surveyor*) [1] (Abb. 5).



Abb. 5 Schematische Darstellung eines potentiellen Nachfolgers des *Hubble*-Weltraumteleskops.

Ein möglicher Nachfolgekandidat des aktuellen Weltraumteleskops *Hubble* [1] könnte das LUVOIR werden. Die obige Darstellung zeigt eine mögliche Ausführung von LUVOIR. LUVOIR könnte im Vergleich zu Hubble einen Durchmesser von 9 bzw. 16 Metern besitzen.

© Harris (2017)

LUVOIR soll sogar imstande sein, Gesteinsplaneten um andere Sterne direkt abzubilden. Gegenwärtig können wir derartige Exoplaneten lediglich entdecken, wenn Schatten der Planeten vor dem betreffenden Stern auftauchen, ähnlich einem *Venustransit* [1] vor der Sonnenscheibe. Wenn diese Methode tatsächlich funktionieren sollte, könnten wir zukünftig Ausbrüche ferner *Exomonde* [1] beobachten und Asteroiden in großer Auflösung kartographieren. (Abb. 6)



Abb. 6 Künstlerische Darstellung der Funktionsweise von LUVOIR.

Im Gegensatz zum Weltraumteleskop *Hubble* [1] könnte LUVOIR selbst in entfernten Galaxien neue Exoplaneten entdecken. Damit würde sich die Zahl der fernen Planeten deutlich erhöhen.

© NASA/yahw

Theoretisch besteht zukünftig eine weitere **Möglichkeit ferne Exoplaneten zu entdecken**: benutzt man die Sonne als *Gravitationslinse* [1] und nutzt den Vorteil, daß Masse die *Raumzeit* [1] krümmt, könnte die Sonne bald als eine Art *kosmisches Gravitationslinsenteleskop* [1] benutzt werden.

Dazu müßte ein **spezieller Detektor** etwa 500 *Astronomische Einheiten* (AE) [1], 500 mal soweit von der Sonne entfernt wie der Abstand der Erde zu unserem Zentralgestirn, postiert werden. Der Zwergplanet Pluto ist von der Sonne rund 40 AE entfernt. Die Positionierung des Detektors würde zwar viele Jahre dauern, theoretisch wäre das jedoch bereits möglich.

Mit diesem zugegebenermaßen enormen Aufwand wäre es möglich, **Aufnahmen von Exoplaneten** mit einer Auflösung von rund 10 Kilometern zu erhaschen – äquivalent zur Aufnahme einer großen Stadt mit breiten Hauptstraßen und großen Parks, aber auf einem fernen Exoplaneten. Wahnsinn !!!

Diese wissenschaftlichen Visionen werden durch das Vorhaben der kommerziellen Raumfahrtindustrie unterstützt, die die Kosten von Weltraumreisen mit wiederverwendbaren Raketen, häufigeren Starts und verbesserter Effizienz günstiger machen möchte.

Werden diese Bemühungen und Visionen uns in das nächste Raumfahrzeitalter befördern, in dem Hunderte oder sogar Tausende Menschen im Weltraum leben und arbeiten?

Die weitere Erforschung des Sonnensystems und der Sonnenumgebung ist bereits zu einem **Multigenerationen-Projekt** geworden. Die zukünftigen Technologien für diese Aufgabe ergeben sich aus den wissenschaftlichen und ingenieurmäßigen Anforderungen

gegenwärtiger Weltraumprojekte. Projekte wie die Abwehr von potentiell schädlichen Asteroiden und Kometen gehören in diese Kategorie.

FAZIT

Die **Visionen der Konferenz** blicken über den derzeit möglichen wissenschaftlichen Horizont hinaus, auch um Technologien anzuregen, die möglicherweise erst in einigen Jahrzehnten Wirklichkeit werden. Daher ist die Frage, was zuerst kommt, die Wissenschaft oder die Technologie, oder wohin wir zuerst gehen, auf den Mond, den Mars oder in den *Asteroidengürtel* [1], von nachrangiger Bedeutung.

Wichtig ist derzeit, **daß wir es einfach tun**, auch im Hinblick auf zukünftige Generationen. Wenn wir es tun, spiegelt dies die Werte und Ziele unseres gesamten Planeten wider. Dieser Schritt sollte die Vision aller Menschen sein.

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 (yahw/kam1)

¹ *LUVOIR* ist eines von vier astrophysikalischen Konzepten für ein Weltraumteleskop der nächsten Generation; das Konzept wird von der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA unterstützt.

² Als *Wasserwelt* bezeichnen die Wissenschaftler einen Himmelskörper mit einem aktuellen flüssigen Ozean, der jedoch nicht notwendigerweise global sein muß.

Quellenangaben:

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

[2] Mehr Information zu *Rosetta* und *Philae*
http://ig-hutzi-spechtler.eu/aktuelles_rosetta_hauptseite.html

[3] Mehr Information zum Workshop der NASA
- *USRA Planetary Science Vision 2050 Workshop 2017*
<http://www.hou.usra.edu/meetings/V2050>
- Hand, K. P., et al., *Planetary Science Vision 2050 Workshop 2017*
- *Europa Lander Study 2016 report, Europa Lander Mission JPL D-97667, Europa Lander Mission Pre-Phase A*

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