

Die neuen ehrgeizigen Pläne der NASA [12. Jul.]

Ankündigung des Vizepräsidenten

Während seines Besuchs im *Kennedy Space Center* [1] der *US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA* [1] vor wenigen Tagen machte der *US-amerikanische Vizepräsident Pence* [1] erstaunliche Ankündigungen. Die Vereinigten Staaten wollen nicht nur **zum Mond zurückkehren**, sondern „**amerikanische Füße sollen den Mars betreten**“, so Pence.

In einer Rede vor mehr als 150 NASA-Offiziellen, -Arbeitern, Beamten und Führungsmitgliedern der Raumfahrtindustrie betonte Pence, Amerika werde einmal mehr „**den Weltraum anführen**“ und damit für das Wohl und die Sicherheit aller Amerikaner und der gesamten Weltbevölkerung sorgen [2].

Während seiner Ansprache erklärte der Vizepräsident die ehrgeizigen Ziele der **Ausbeutung des Weltraums** und die Bedeutung der bemannten Raumfahrt. Zur Erreichung dieser Ziele solle das Raumfahrtprogramm der Vereinigten Staaten umorientiert werden [2]. Jedoch vermied Pence weitere Details und die Ankündigung spezieller Pläne, Zeitpläne oder Finanzierungen.

Den Aussagen des Vizepräsidenten steht die **Budgetkürzung** der neuen US-amerikanischen Regierung entgegen; die Budgetanfrage der NASA für dieses Jahr wurde um 0,5 Milliarden US-Dollar auf 19,1 Milliarden US-Dollar gesenkt. Gegenwärtig wollen die *Republikaner im Kongreß* [1] das Budget der NASA auf 19,8 Milliarden anheben. Sie argumentieren, die Vereinigten Staaten hätten mit einem größeren Budget für die Raumfahrt stets die „Grenzen des Wissens“ weiter verschoben sowie „neue Wege in den Weltraum“ gefunden.

Mithilfe einer „**Brücke in den Weltraum**“ wollen die Vereinigten Staaten zurück auf den Mond und anschließend zum *Roten Planeten* [1]. Pence empfahl daher, die *Internationale Raumstation (ISS)* [1] zu unterstützen sowie eine Zusammenarbeit mit der Industrie zur Kostenreduzierung von Weltraumprojekten [2].

Zimmerservice im Weltraumhotel



Abb. 1 Künstlerische Darstellung des ersten Weltraumhotels MARINA.
 MARINA wurde mithilfe von *MIT-Studenten* [1] entworfen. Das Weltraumhotel soll als bewohnbares kommerzielles Modul für erdnahe Orbits dienen und könnte nach einer Erweiterung sogar als Transitfahrzeug zum Planeten Mars fungieren.
 © MIT/MARINA team

Die Zukunft der Weltraumerobung beinhaltet eine zunehmende Präsenz auf **erdnahen Bahnen** (*Low Earth Orbit* (LEO)), [1]. Dazu zählen nicht nur die Nachfolger der ISS, sondern wahrscheinlich auch kommerzielle *Habitats* [1] und andere Einrichtungen. Dieses Vorhaben soll nicht nur einen **Weltraumtourismus** [1] ermöglichen, sondern ebenfalls Missionen zum Mond und zum Mars oder in die äußeren Gebiete des *Sonnensystems* [1] (Abb. 2).

Mit diesem Hintergrund entwarf ein interdisziplinäres Team von Studenten am *MIT* [1] ein Weltraumhabitat, das **MARINA** (*Managed, Reconfigurable, In-space Nodal Assembly*)[1]. Das Modul soll als Weltraumstation im Privatbesitz zweier *Ankermieter* [1] für einen Zeitraum von 10 Jahren dienen, sozusagen ein Weltraum-Luxushotel mit Wohnbereichen (Abb. 2).

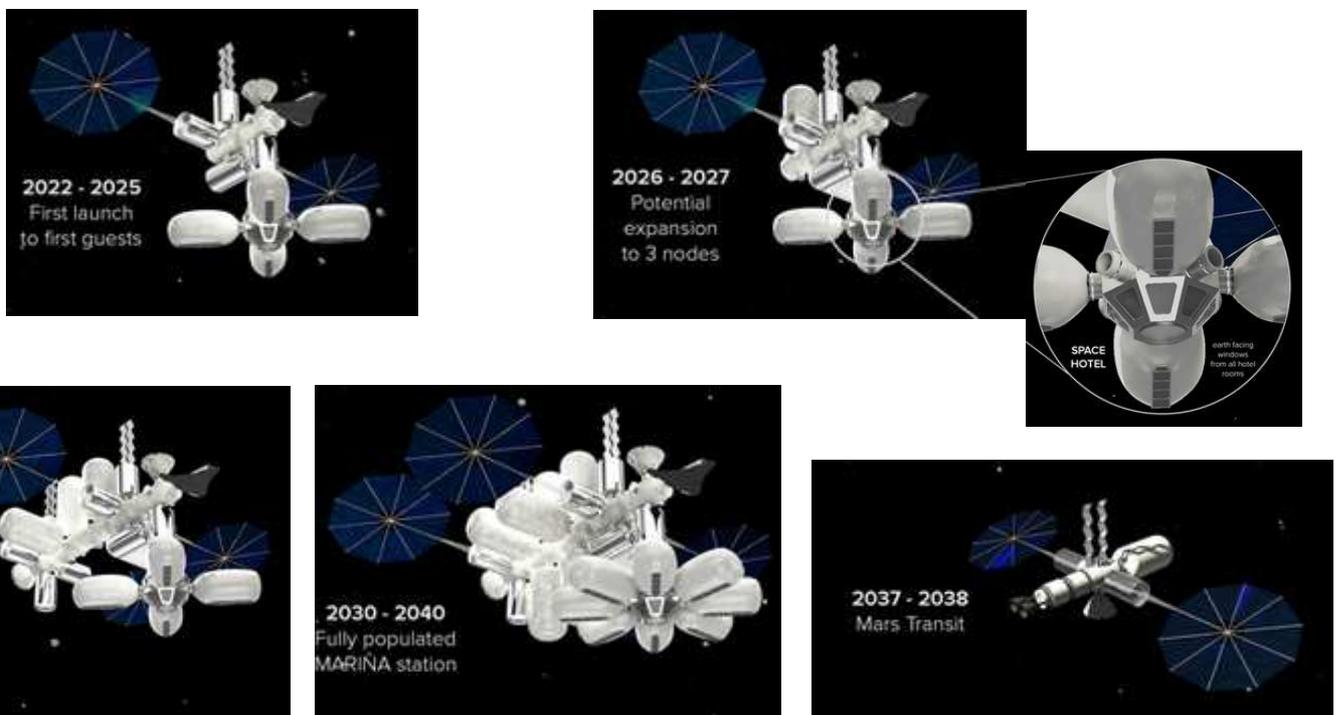


Abb. 2 Schematische Darstellung des Entwicklung des Moduls MARINA.
 Bereits in rund 5 Jahren soll das Modul MARINA eine erdnahe Bahn einnehmen und für erste Gäste bereit sein; wenige Jahre danach erfolgt die Erweiterung, u.a. mit einem Weltraumhotel (links oben). Eine weitere Erweiterung ist bereits etwa 10 Jahre nach dem ersten Start geplant. Wenn es nach der NASA geht, könnte MARINA im Zeitraum 2030-2040 vollständig mit Astronauten besetzt sein. Ein Weiterflug des Moduls zum Planeten Mars könnte nach einem Umbau bzw. einer Erweiterung ab dem Jahr 2037-2038 möglich werden.
 © MIT/MARINA team

Der Entwurf der Studenten gewann den **1. Preis des RASC-AL** (*Revolutionary Aerospace Systems Concepts-Academic Linkage Design Competition Forum*) [1], einem einjährigen, von der NASA geförderten Wettbewerb [3]. Der Designwettbewerb beinhaltete den Entwurf eines kommerziellen Moduls zur Nutzung im erdnahen Orbit (LEO) [Abb. 3], der zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls als Transitgefährt zum Mars dienen könnte (Abb. 2).

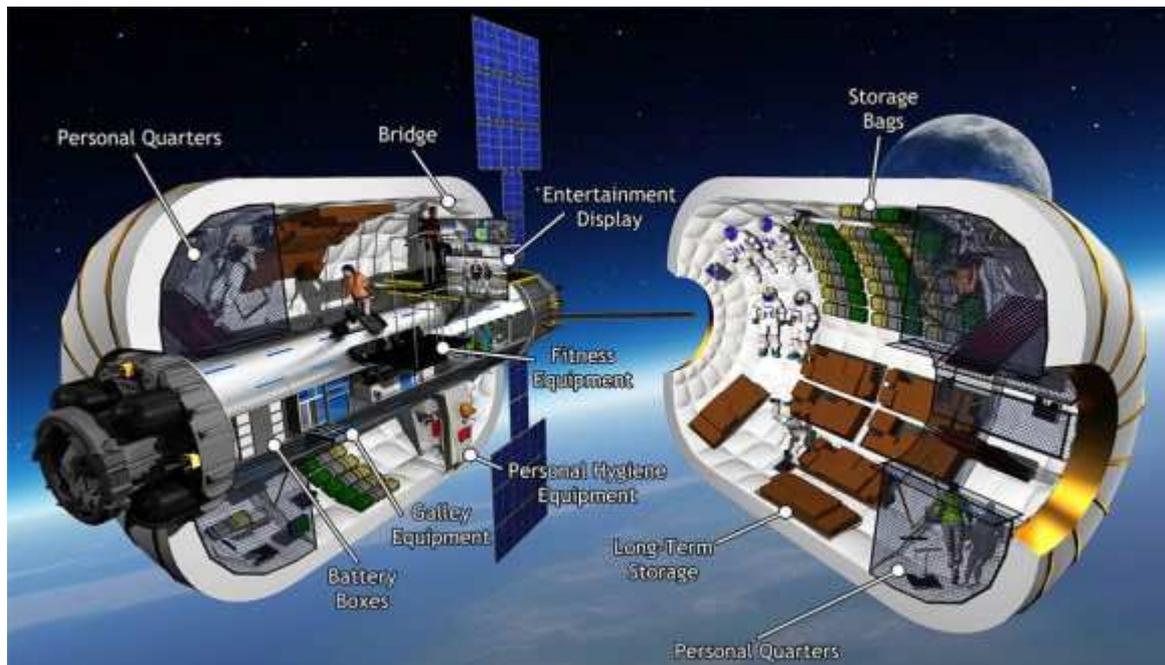


Abb. 3 Künstlerische Darstellung eines kommerziellen Weltraummoduls für eine erdnahe Umlaufbahn.
 Das Modul LEO enthält sowohl Unterkünfte für Astronauten als auch Lagerflächen und Fitneß-Geräte,
 ähnlich dem hier gezeigten erweiterbaren *Bigelow Aerospace B330-Modul* [1].
 © Bigelow Aerospace

In diesem Jahr hatte die NASA nach Ideen gesucht, die zukünftige Weltraummissionen verbessern könnten, insbesondere Konzepte für den **bemannten Weltraumflug im erdnahen Orbit**, im, um und außerhalb des Mondes. Ziel dieser Konzepte solle letztendlich eine Reise zum Mars um das Jahr 2030 sein. Die Teilnehmer sollten nach innovativen Möglichkeiten und neuen Technologien suchen, um die menschliche Fähigkeit zu verbessern, effektiv unter der Einwirkung der *Mikrogravitation* [1] zu arbeiten.

Die diesjährigen Themen fokussierten sich auf das Design effizienterer Subsysteme bis zur Entwicklung von Architektur zur Unterstützung des Ausbaus menschlicher Präsenz im Weltraum. Dabei entstanden Designs wie ein leichtes Fitneß-System, das *Airlock Design* [1], Konzepte für ein kommerzielles LEO bzw. ein **habitable Marsmodul** und Konzepte für ein neues logistisches Transportsystem.

MARINA – eine Weltraumjacht

Das **Weltraummodul MARINA** vergleichen die beteiligten Studenten des MIT mit einer Yacht: neben sämtlichen grundlegenden Dienstleistungen, einschließlich eines „sicheren Hafens“, stelle MARINA ausreichend Energie, sauberes Wasser und Atemluft, effiziente Logistik und Wartung zur Verfügung. Dabei vereinfache die Konzentration „auf das Wesentliche“ das Design des Moduls, zudem begünstige es eine **Kostenreduzierung** in Bezug auf die Konstruktion und den Unterhalt, sagte der Sprecher des Studententeams. Kunden könnten sowohl Bereiche inner- als auch außerhalb des Moduls leasen und das Modul somit für Investoren sehr attraktiv machen.

Um das Modul so wettbewerbsfähig wie möglich zu machen, realisierte das Studententeam ein **modulares Design**, das sowohl erweiterungsfähig ist, an die ISS andocken kann, eine modulare Architektur aufweist und somit für einen großen Anwendungsbereich verfügbar sein soll.

Die Kosten zur Unterhaltung des Moduls sollen rund 360 Millionen US-Dollar betragen; dieser Betrag läge deutlich unter den aktuellen Kosten für die Wartung und den Betrieb der ISS. Insgesamt könnte die NASA damit rund 3 Milliarden US-Dollar pro Jahr einsparen, das entspricht rund 16 Prozent des jährlichen Budgets der Raumfahrtagentur.

Weltraumurlaub

Die möglicherweise interessanteste Verwendung des MARINA-Konzepts ist der Einsatz als **erstes Weltraumhotel des Sonnensystems**. Das Hotel soll einem irdischen Luxushotel entsprechen und insgesamt 8 Zimmer aufweisen, zusätzlich eine Bar, ein Restaurant sowie ein Fitneß-Studio und auf diese Art und Weise einen *Weltraumurlaub* [1] ermöglichen.

Als kommerzielle Einrichtung des Moduls sollen Schlafmöglichkeiten mit Zimmerservice sowie Lagerflächen zur Verfügung stehen, die an kundeneigene Module vermietet werden können. An den Einsatz von Roboter-Butlern sei noch nicht gedacht.

Weitere Ideen des Wettbewerbs finden Sie unter [3].

Ablenkungsmanöver eines Asteroiden

Die Gefahr aus dem Weltraum, insbesondere von **Asteroiden** [1], rückt immer mehr in den Mittelpunkt des Interesses der und dem Wettbewerb zwischen der europäischen und der US-amerikanischen Raumfahrtagentur.

Die NASA plant daher die Entwicklung eines kühlschrankgroßen Raumflugkörpers, der für die Erde gefährlich werdende **Asteroiden ablenken** und damit eine Kollision mit unserem Planeten vermeiden kann.

Das potentielle Weltraumprojekt **DART** (*Double Asteroid Redirection Test*) [1] soll von Wissenschaftlern der *Johns Hopkins-Universität* [1] gebaut und gehandhabt werden. Die NASA genehmigte eine vorläufige Designphase des Projekts bereits am 23. Juni.

DART soll die sog. *kinetische Impaktortechnik* [1] nutzen, um den Asteroiden zu einer Bahnänderung zu zwingen. Der Impakt (Einschlag) auf dem Asteroiden würde zwar lediglich eine geringe Geschwindigkeitsänderung des Asteroiden bewirken, die jedoch ausreicht, den Himmelskörper von seinem direkten Kurs auf die Erde abzubringen (Abb. 4). Im Laufe der Zeit soll diese kleine Bahnänderung den Asteroiden langfristig von der Erde als Ziel abbringen.



Abb. 4 Künstlerische Darstellung eines Asteroidenablenkmanövers DART.

Zukünftig sollen Asteroiden, die für die Erde gefährlich werden, mittels eines Impakts abgelenkt werden.

Der erste Test mit einem kleinen, für die Erde nicht bedrohlichen Asteroiden ist für das Jahr 2024 geplant; leider findet dieses Manöver erst in über 6 Jahren statt. Schade ... wir hoffen, daß bis dahin kein Ernstfall eintritt.

DART soll zeigen, daß man unseren Planeten gegen einen Asteroideneinschlag schützen kann, so einer der Verantwortlichen. Leider kennen wir nicht alle Asteroiden des Sonnensystems, insbesondere mangelt es an Wissen über deren innere Struktur und chemische Zusammensetzung. Daher helfe lediglich ein reales Experiment, um die Methode des kinetischen Impakts an einem Asteroiden zu testen.

Das Zielobjekt?

Das wahrscheinliche Zielobjekt für den Test soll der **Asteroid Didymos** [1] sein. Die griechische Bezeichnung des Himmelskörpers weist auf einen *Doppelasteroiden* [1], **Didymos A** und **Didymos B** [1]. Die Zwillinge besitzen Durchmesser von rund 780 Kilometern (A) bzw. rund 160 Metern (B). Jedoch soll DART die Impakttechnik lediglich an dem kleineren Zwilling (B) erproben [4]. Eine Animation hierzu finden Sie unter [4].

Das Asteroidenpaar wird seit dem Jahr 2003 intensiv beobachtet. Bei der A-Komponente handelt es sich um einen *Gesteinsasteroiden (S-Typ)* [1] wie die Mehrheit der Asteroiden. Die chemische Zusammensetzung der kleineren B-Komponente ist unbekannt. Jedoch ist seine Größe typisch für Asteroiden, die bei einem Einschlag auf der Erde regionale Schäden verursachen könnten.

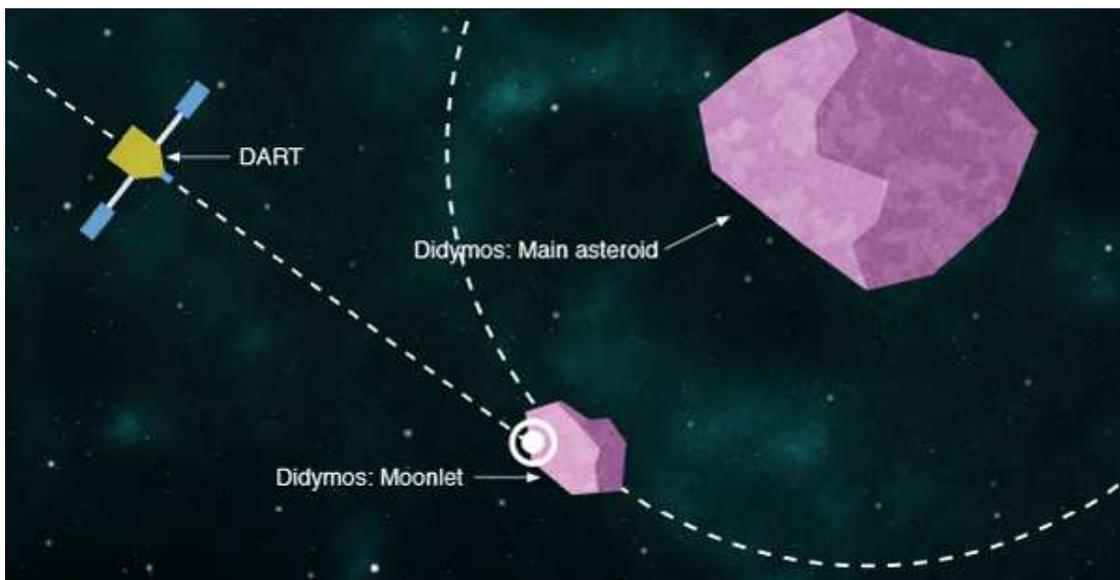


Abb. 5 Schematische Darstellung des Asteroidenablenkmanövers DART am Didymos-System.
Das Didymos-System besteht aus einer größeren A- (oben rechts, *Main asteroid*) und einer kleineren B-Komponente (Bildmitte unten, *Moonlet*). DART soll mithilfe eines Impakts den kleinen Asteroiden von dessen Bahn ablenken. Das Doppel-Asteroidensystem ist für die Erde nicht gefährlich.

© Lawrence Livermore Nat. Lab.

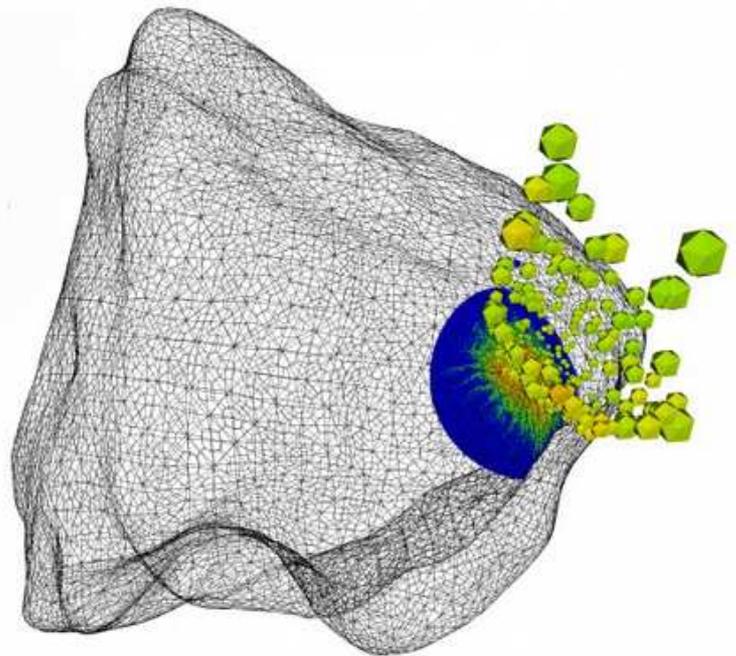
Nach dem Start soll DART zum Didymos-System fliegen und mithilfe des an Bord befindlichen autonomen Zielsuchsystems die B-Komponente finden. Das kühlstrangkroße Weltraumgefährt soll den kleinen Asteroiden mit einer Geschwindigkeit treffen, die etwa 9 mal so hoch ist wie die einer Gewehrkuugel, rund 6 Kilometer pro Sekunde (Abb. 5).

Abb. 6

Simulation eines kinetischen Impakts am Asteroiden Golevka.

Die Simulation beschäftigt sich mit der Wirkung eines Impakts am Asteroiden Golevka [1], einem rund 500 Meter großen Himmelskörper. Als Impaktgeschoß dient eine Masse von 10.000 Kilogramm, die mit einer Geschwindigkeit von 10 Kilometern pro Sekunde entlang der Hauptachse des Asteroiden auf dessen Oberfläche trifft. Die Farben entsprechen dem Ausmaß des Schadens. Je bläulicher die Färbung, desto größer ist der Schaden auf dem Asteroiden. Der Impact bewirkt eine Geschwindigkeitsänderung des Asteroiden von etwa 1 Millimeter pro Sekunde.

© www.lnl.gov



Erdgebundene Observatorien sollen den Impakt und die daraus resultierende Bahnänderung der B-Komponente um den Hauptasteroiden beobachten, um Rückschlüsse auf die Möglichkeiten des Impakts als zukünftige Strategie zu gewinnen.

Mithilfe von Computersimulationen wollen die Wissenschaftler vorab Erkenntnisse zur Auswirkung des DART-Manövers abschätzen (Abb. 6).

Alternativen

Alternative Ablenkungsmodelle sind beispielsweise das „**Abschleppen**“ des Asteroiden (Abb. 7), was so lange dauern soll, bis der Himmelskörper eine Bahn einschlägt, die für die Erde ungefährlich ist.



Abb. 7 Künstlerische Darstellung des „Abschleppmanövers“ eines Asteroiden. Vor einigen Jahren überlegte die NASA, potentiell gefährliche Asteroiden mithilfe eines Abschleppmanövers vom Kurs auf die Erde abzubringen.

© discoverymagazine.com

Eine weitere Option zur Ablenkung eines gefährlichen Asteroiden wäre der Einsatz eines riesigen **Sonnensegels**, das stark reflektierende Eigenschaften besitzt (Abb. 8). Das an der Segelfläche reflektierte Sonnenlicht wäre in der Lage, die Bahn des Asteroiden zu beeinflussen. Wenn man den Asteroiden früh genug entdeckt würde, könnte man ohne großen Aufwand den Asteroiden langsam, aber stetig zu einem für die Erde ungefährlichen Himmelsobjekt machen.

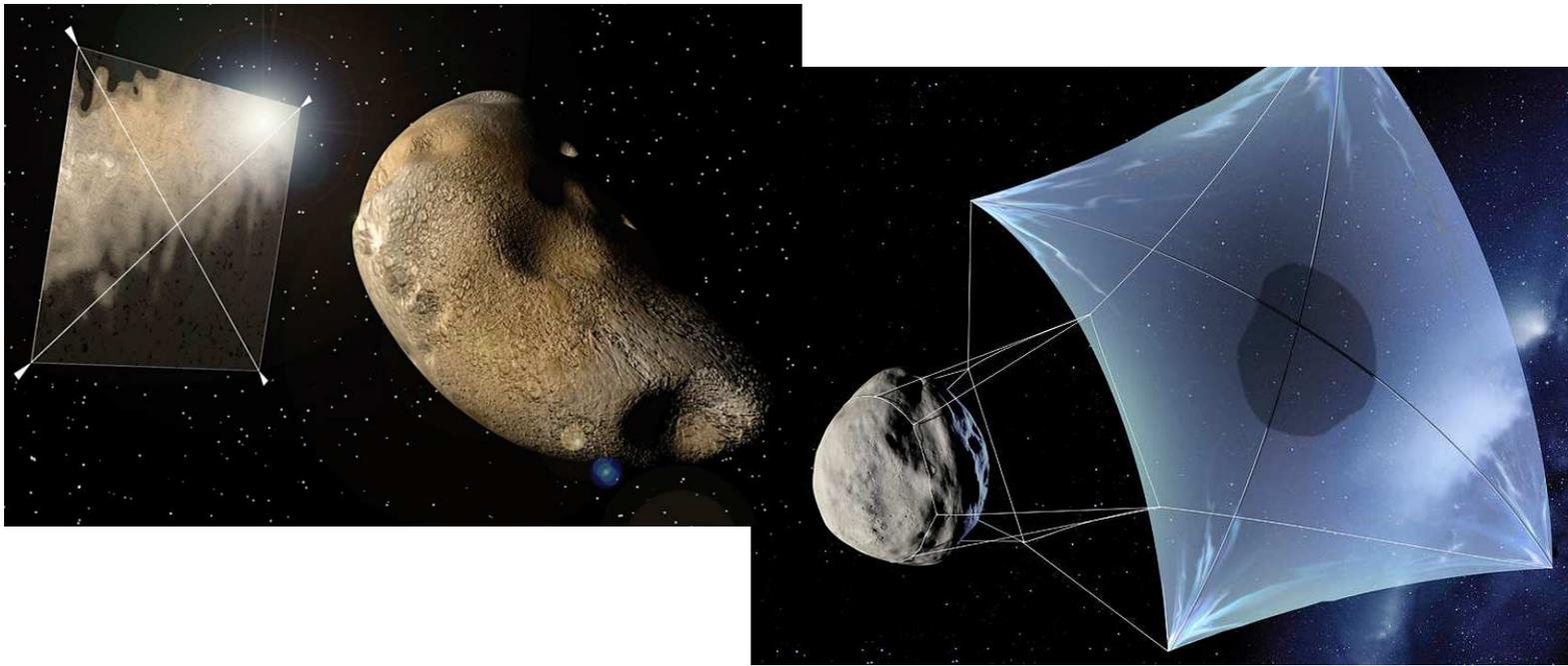


Abb. 8 Künstlerische Darstellung der Ablenkung eines Asteroiden durch ein Weltraum-Sonnensegel. Möglicherweise könnte ein riesiges, extrem dünnes reflektierendes Weltraum-Sonnensegel, ähnlich einem Drachen, einen potentiell gefährlichen Asteroiden von dessen Bahn abbringen.

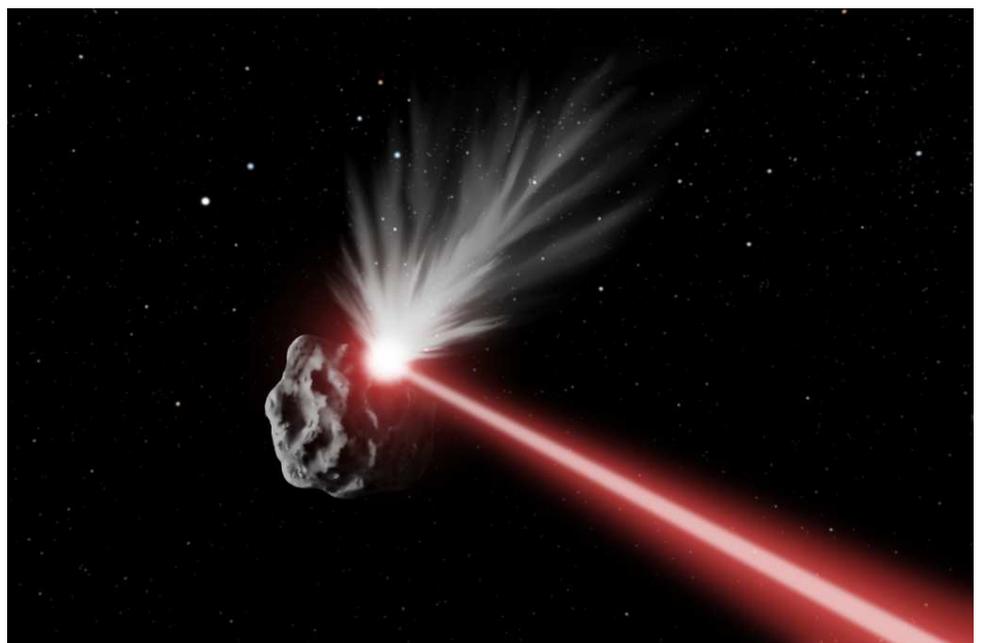
© B. Wie/Iowa State Univ. // D. Van Ravenswaay

Eine aggressivere Methode zur Ablenkung eines Asteroiden beinhaltet den Einsatz eines Hochleistungslasers: **DE-Star** (*Directed Energy System for Targeting*) [1] (Abb. 9).

Abb. 9 Künstlerische Darstellung der Ablenkung eines Asteroiden durch einen Hochleistungslaserstrahl.

Mithilfe mehrerer Hochleistungskilowattlaser will DE-Star Bereiche des Asteroiden auf rund 3.000 Grad aufheizen und die dort befindliche Materie zum Verdampfen bringen.

© Q. Zhang



DE-Star soll mithilfe eines modularen Netzwerks auf **Hochleistungskilowattlasern** (auf Basis der *Photovoltaik* [1]) potentiell gefährliche Asteroiden von ihrer Bahn ablenken. Dabei sollen große, ständig im Erdorbit befindliche Netzwerke dieser Laser sowie kleinere Pendants große bzw. kleine Asteroiden beeinflussen. Die kleinen Netzwerke können die betreffenden Asteroiden verfolgen bzw. sich in deren direkter Nähe aufhalten, um ein größeres Zielgebiet bearbeiten zu können. Das modulare Design der Laseranlagen soll nicht nur kostengünstig arbeiten, sondern zudem Risiken in unmittelbarer Nähe zur Erde minimieren.

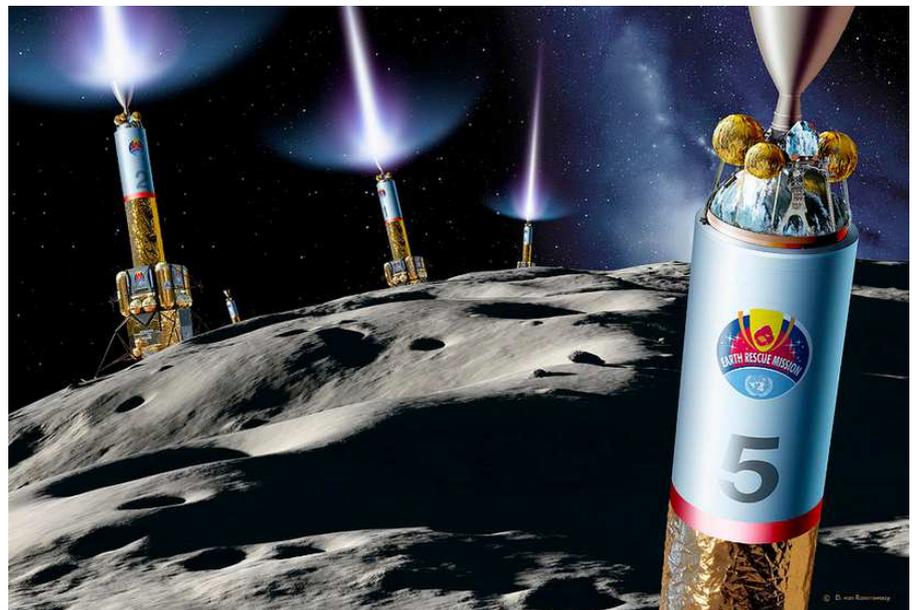
In beiden Fällen sollen hochgradig fokussierbare Hochleistungslaser für die Aufheizung von Bereichen auf der Asteroidenoberfläche sorgen. Das System soll die betreffende Materie bis auf **Temperaturen um 3.000 Grad** aufheizen können; dabei soll ein Teil der Materie direkt verdampfen, der Rest der erwärmten Materie aus der Oberfläche herausgelöst werden. Dadurch erhoffen sich die Forscher eine Änderung des Orbits.

Eine weitere, jedoch arbeitsintensive Möglichkeit zur Ablenkung eines Asteroiden von dessen Kurs auf die Erde ist die **Verankerung von Raketentriebwerken** [1] auf der Oberfläche des Himmelskörpers (Abb. 10). Das „Zünden“ der Triebwerke würde einen *Rückstoßeffekt* [1] verursachen, der zu einer Bahnänderung des Asteroiden führt.

Abb. 10
Künstlerische Darstellung der Ablenkung eines Asteroiden mithilfe von Oberflächenraketen.

Mithilfe von auf der Asteroidenoberfläche verankerten Raketentriebwerken könnte die Bahn eines für die Erde gefährlich werdenden Himmelskörpers ebenfalls abgelenkt werden. Ein Triebwerk von der Größe des *Space Shuttle* [1] könnte einen 1-Meter großen Asteroiden theoretisch innerhalb von 30 Jahren von seiner Bahn ausreichend ablenken.

© D. Van Ravenswaay/Science Photo Library



Der Schmetterlingseffekt

Leider ist das Verhalten kleiner Asteroiden schwer vorhersagbar. Der Grund hierfür ist der sog. **Strahlungsdruck** [1] des Sonnenlichtes: Dabei heizt die Strahlung der Sonne die Oberfläche des Asteroiden auf, wobei dieser selbst Strahlung emittiert und sich sozusagen selbst einen kleinen Schubs in eine bestimmte Richtung gibt. Dieser **Yarkovsky-Effekt** [1] hängt von der Farbe, der *Reflektionsfähigkeit* der Oberfläche [1], der Form, der chemischen Zusammensetzung und der Rotation des Asteroiden ab. Insbesondere für kleine Asteroiden ist der Effekt von Bedeutung, da sie im Vergleich zu ihrem Volumen eine größere Oberfläche besitzen als große Asteroiden.

Falls man jedoch in der Lage ist, diesen *Schmetterlingseffekt* [1] selbst anzustoßen, könnte dies einen großen Effekt auf die zukünftige Bahn des Asteroiden ausüben. Ein Beispiel hierfür wäre die Nutzung eines Sonnensegels (Abb. 8).



Abb. 11 Künstlerische Darstellung der Ablenkung mithilfe der *Asteroid Redirect Mission*.

Die *Asteroid Redirect Mission* der NASA sieht das „Einhaken“ an einem Asteroiden vor, der danach mithilfe eines Hochleistungsolarantriebs in einen kontrollierten Orbit in der Nähe der Erde, beispielsweise um den Mond, gezogen werden soll. In diesem Fall könnte der Asteroid nicht nur genau untersucht, sondern auch im Hinblick auf seine wertvollen Rohstoffvorkommen ausgebeutet werden.

© NASA/Advanced Concepts Lab

Eine Alternative zur Erforschung potentiell gefährlicher Asteroiden ist die auf einer Studie des *KISS* [1, 5] basierende ***Asteroid Redirect Mission*** [1, 5] der NASA, bei der ein kleiner Asteroid eingefangen und in einen sicheren Orbit in der Nähe der Erde, beispielsweise um den Mond, gebracht werden soll (Abb. 7). Die Untersuchung eines derartigen kleinen erdnahen Asteroiden würde zum besseren Verständnis dieser zahlreichen Himmelskörper beitragen.

Große und kleine Asteroiden

Je früher man einen für die Erde potentiell gefährlichen Asteroiden entdeckt, desto einfacher könnte es sein, ihn auf eine sichere Bahn um die Sonne zu lenken.

Größere Asteroiden können leichter entdeckt werden; die Vorhersage ihrer Bahnen ist einfacher als die für kleinere Asteroiden. Jedoch gilt: je größer und gefährlicher ein Asteroid für die Erde ist, desto früher sollte die Warnung erfolgen.

Im Fall eines sehr großen Asteroiden, wie dem Objekt, das wahrscheinlich das Artensterben vor rund 60 Millionen Jahren verursacht hat, läge die Vorwarnzeit möglicherweise sogar im Bereich von Jahrzehnten. In diesem Fall könnte man eher sanfte und kostengünstige Methoden zur Ablenkung des potentiell gefährlichen Himmelsobjekts einleiten, beispielsweise ein Sonnensegel oder den Einsatz eines großen Weltraumgefährts, dessen Einsatz relativ lange dauert.

Kleine Asteroiden

Kleine Asteroiden treffen unseren Planeten fast täglich, jedoch brechen sie bereits in der *oberen Erdatmosphäre* [1] in ungefährliche Minibröckchen auseinander. Größere Objekte fügen der Erde jedoch wesentlich seltener Schäden zu. Himmelskörper mit einem Durchmesser oberhalb von einem Kilometer können globale Schäden anrichten; daher suchen erdgebundene Teleskope systematisch nach diesen größeren Asteroiden; nach Angaben der NASA hat man bereits rund 93 Prozent dieser Objekte entdecken können.

DART soll sich jedoch mit der Ablenkung mittelgroßer Asteroiden beschäftigen, die ausreichend groß sind, um regionale Schäden anzurichten. Leider kennen wir noch nicht alle dieser Himmelsobjekte, die eines Tages die Erde treffen könnten. Mithilfe der finanziellen Unterstützung der NASA soll nach diesen Objekten ebenfalls systematisch gesucht und ihre Bahnen vermessen werden. Erst dann kann man entscheiden, ob sie für die Erde eine Gefahr darstellen.

Bereits seit dem Jahr 2016 unterhält die NASA ein **Planetary Defense Coordination Office** [1], das für das Auffinden, die Verfolgung und die Charakterisierung von für die Erde potentiell gefährlichen Asteroiden verantwortlich ist. Zudem werden Warnungen vor potentiellen Einschlägen veröffentlicht. Die Einrichtung unterstützt die US-amerikanische Regierung bei der Planung und der Koordination von aktuellen Bedrohungen.

Wir hoffen das Ziel der Abwehr potentiell für die Erde bedrohlicher Asteroiden vereint die verschiedenen Raumfahrtagenturen, damit erste Tests bald beginnen können.

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]
Pence Calls for "New Era of Space Exploration" at NASA, SciAm (9 July 2017)
<https://www.nasa.gov>
<https://blogs.nasa.gov>

[3] Mehr Information zum NASA-Wettbewerb
<https://news.mit.edu>
<https://www.nasa.gov/feature/university-students-compete-in-yearlong-nasa-human-space-exploration-competition>
http://rascal.nianet.org/wp-content/uploads/2017/06/204_Virginia-Tech-Theseus_2017-RASCAL-Technical-Paper.pdf
http://rascal.nianet.org/wp-content/uploads/2017/06/234_UMD_2017-RASCAL-Technical-Paper.pdf

[4] Mehr Information zu den US-amerikanischen Plänen zur Ablenkung eines Asteroiden
<https://www.nasa.gov/feature/nasa-s-first-asteroid-deflection-mission-enters-next-design-phase>
<https://www.nasa.gov/planetarydefense/aida>
<http://www.jhuapl.edu/newscenter>
Animation unter <https://youtu.be/8zooPRmgUPI>

[5] Mehr Information zur Asteroid Redirect Mission
<http://www.kiss.caltech.edu>
<http://www.kiss.caltech.edu/papers/asteroid/papers/near.pdf>