



MARS SOCIETY  
DEUTSCHLAND



# NEWSLETTER

AUSGABE 13 · JULI 2004



“

*Ich bin der Überzeugung, dass unser Programm der Anfang einer Renaissance bemannter Raumflüge ist. Das mag sogar Parallelen zu der wundervollen Zeitspanne von 1908 bis 1912 aufweisen. Damals gab es gerade 10 Piloten. Heute haben wir hunderte von Flugzeugtypen und tausende Piloten in 39 Ländern. Wir brauchen bezahlbare Raumflüge, um unsere Jugend zu inspirieren und sie wissen zu lassen, dass ihre Träume Wirklichkeit werden können, dass sie sich bedeutende Ziele setzen können, um uns alle in eine Zukunft des Fortschritts, der Entdeckungen und der Freude zu lenken.*

*Burt Rutan, Flugzeugbauer und Gründer von Scaled Composites*

”



## Inhaltsverzeichnis

Mars-Kalender 3. Quartal 2003	2
Leben auf dem Mars – die aktuellsten Ergebnisse der Marssonden	3
Mars-Ansichten	4-5
Die USA auf dem Weg zu Mond und Mars	6-8
Mars Society-Termine	8
Berichte der Regionalgruppen München und Rhein-Main	9
SpaceShipOne – mit der Nase aus der Atmosphäre	10
Ein großer Schritt für die Raumfahrt?	11
Venus-Transit	12
Mars Society-Geburtstage	12
Abwehr von Asteroiden und Kometen	13-17
Akins Gesetze für die Konstruktion von Raumfahrzeugen	18
ARCHIMEDES-Broschüre	19-26

### Impressum:

#### Verantwortliche Redakteurin:

Jacqueline Myrrhe  
[jacqueline.myrrhe@marsociety.de](mailto:jacqueline.myrrhe@marsociety.de)

#### Mitarbeiter:

Hannes Griebel  
[hannes.griebel@marsociety.de](mailto:hannes.griebel@marsociety.de)  
 Raimund Scheucher  
[raimund.scheucher@marsociety.de](mailto:raimund.scheucher@marsociety.de)  
 Sven Knuth [sven.knuth@marsociety.de](mailto:sven.knuth@marsociety.de)  
 Jacqueline Myrrhe  
[jacqueline.myrrhe@marsociety.de](mailto:jacqueline.myrrhe@marsociety.de)  
 Christian Gritzner  
[christian.gritzner@mailbox.tu-dresden.de](mailto:christian.gritzner@mailbox.tu-dresden.de)  
 Christian Schröder  
[schroedc@uni-mainz.de](mailto:schroedc@uni-mainz.de)  
 Klaus Totzek [klaus.totzek@marsociety.de](mailto:klaus.totzek@marsociety.de)

#### Gestaltung Newsletter u. ARCHIMEDES-Broschüre:

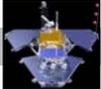
Heike Wierzchowski

[heike.wierzchowski@marsociety.de](mailto:heike.wierzchowski@marsociety.de)

**Bilder:** NASA, ESA, Mars Society, Scaled Composites LLC

Alle Marken gehören den jeweiligen Inhaber. Vervielfältigung und Veröffentlichung außer für private Belange nur mit Genehmigung der Mars Society. Namentlich gekennzeichnete Artikel und Beiträge spiegeln nicht die Meinung der Mars Society Deutschland e.V. wieder.

## MARS-KALENDER 3. QUARTAL 2004

- 2.7.:** Mars verdeckt TYC 1387-00163-1 - ein Stern der Größenklasse 11,8.
- 4.7.:** 1997 landete Mars Pathfinder auf dem Mars. 
- 5.7.:** Mars verdeckt TYC 1395-01928-1 - ein Stern der Größenklasse 7,4.
- 10.7.:** Merkur passiert den Mars im Abstand von 0,1 Grad nördlich.
- 14.7.:** 1965 erfolgte mit Mariner 4 das erste erfolgreiche Swing-by-Manöver am Mars. 
- 18.7.:** Der Mars steht 4 Grad südlich vom Mond.
- 20.7.:** Viking 1 landete 1976 auf dem Mars. 
- 31.7.:** 35. Jahrestag des Marsvorbeifluges von Mariner 6 im Jahre 1969. 
- 5.8.:** 35. Jahrestag des Marsvorbeifluges von Mariner 7 im Jahre 1969.
- 11.8.:** 1877 entdeckte Asaph Hall Deimos, einen der Marsmonde.
- 16.8.:** Merkur befindet sich 6 Grad südlich vom Mars.
- 17.8.:** Asaph Hall entdeckte 1877 Phobos, den zweiten Marsmond.
- 20.8.:** 1975 startete Viking 1 zum Mars. 
- 24.8.:** Ende der Hauptmission von Mars Odyssey. 
- 26.8.:** Mars verdeckt TYC 0846-01133-1 - ein Stern der Größenklasse 10,8.
- 26.8.:** Mars verdeckt TYC 0846-01133-1 - ein Stern der Größenklasse 10,8.
- 31.8.:** Beginn der Mars-Sonnen-Konjunktion.
- 3.9.:** Viking 2 landete 1976 auf dem Mars. 
- 9.9.:** Viking 2 wurde 1975 gestartet.
- 11.9.:** Mars Global Surveyor erreichte 1997 den Mars.
- 15.9.:** Mars befindet sich auf der genau gegenüber gelegenen Seite der Sonne und somit in Konjunktion zur Sonne. (Der Mars ist dann nicht sichtbar.)
- 20.9.:** Mars Sommersonnenwende  
Beginn des Sommers auf der nördlichen Marshalbkugel.
- 25.9.:** Mars Observer wurde 1992 gestartet.
- 27.9.:** Mars passiert den Jupiter im Abstand von 0,2 Grad.



## Leben auf dem Mars - die aktuellsten Ergebnisse der Marssonden

Von Raimund Scheucher

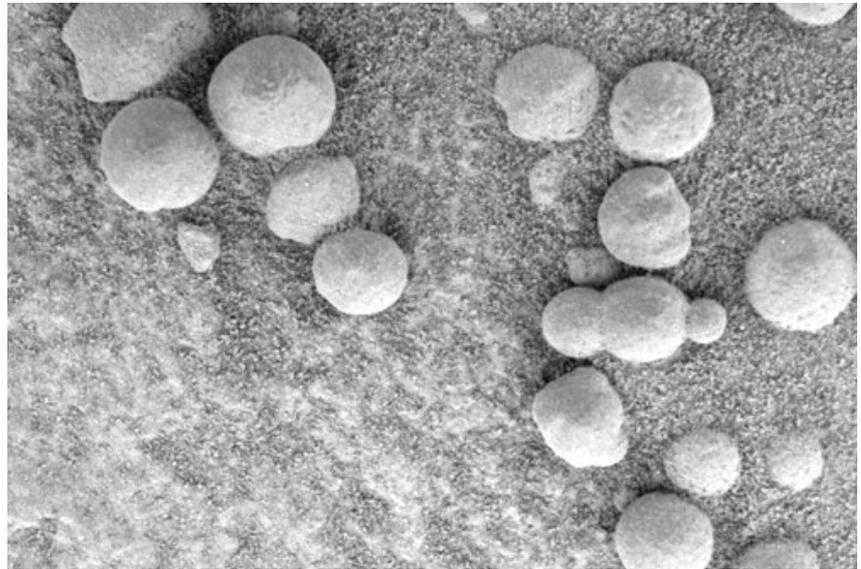
Die wichtigsten Fragen in der Marsforschung drehen sich um die Existenz außerirdischen Lebens. Schon seit Jahrzehnten erwartet man keine kleinen, grünen Männchen mehr auf unserem Nachbarplaneten, aber einfachste Lebensformen – wie beispielsweise Bakterien – könnten sich dort vor Jahrmilliarden entwickelt haben und deren Nachkommen vielleicht heute noch existieren.

Leider haben wir nur einen Vergleichsplaneten auf dem Leben entstanden ist und das ist die Erde. Es wurde viel darüber spekuliert, ob es Leben geben könnte, das grundsätzlich anders funktioniert als jenes auf der Erde. Die Astrobiologen sind sich allerdings soweit einig, dass es am wahrscheinlichsten ist, Leben auf der Basis von Kohlenstoffverbindungen insbesondere unter Verwendung von Aminosäuren im Weltall zu finden. Als notwendige Voraussetzung sieht man flüssiges Wasser und konstante Umweltbedingungen über einen ausreichenden Zeitraum an. Wie lange dieser Zeitraum sein muss, ist aber noch unklar. 100 Millionen Jahre dürften reichen, einige Jahrtausende allerdings zu wenig sein.

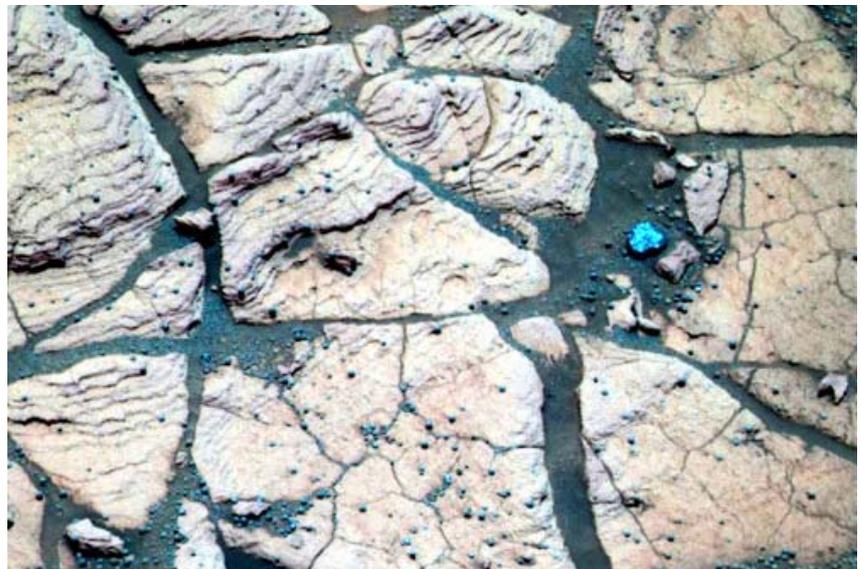
Die neuesten Entdeckungen der Marssonden lassen selbst ehemalige Zweifler unter den Marsforschern davon sprechen, dass flüssiges Wasser mindestens einige 10.000 Jahre auf der Marsoberfläche vorhanden war. Dies beruht auf den Bildern und Messungen deutscher Instrumente. Diese befinden sich auf Mars Express (3D-Kamera) und den Rovern der NASA (Spektrometer). Hinzu kamen Aufnahmen von Sedimentstrukturen durch die Mikroskopkamera am Roverarm. So wurden frühere Spekulationen durch Messergebnisse ersetzt.

Auf der Marsoberfläche floss sulfathaltiges Wasser, das die Bindung des Kohlendioxids im Wasser verhinderte und so für eine langanhaltende Periode mit dichter Atmosphäre sorgte. Das Kohlendioxid wurde durch die starke vulkanische Aktivität des frühen Mars aus dem Marsinneren herausgeschleudert. Nun wäre ein Bohrkern des Marsbodens interessant, um zu zeigen wie lange es her ist, dass sich Karbonate gebildet haben und so zu einer Ausdünnung der Marsatmosphäre geführt haben. In einer dichten Kohlendioxid-Atmosphäre könnte die Temperatur über Null Grad Celsius und somit das Wasser flüssig bleiben.

Noch sensationeller war die Entdeckung von Methan in der Marsatmosphäre. Dies kann nämlich nur durch Vulkanismus oder Lebensvorgänge vor nicht allzu langer Zeit erzeugt worden sein, weil es sich innerhalb weniger Jahrhunderte in der Atmosphäre abbaut. Nun sucht allerdings der Mars-Orbiter „Mars Odyssey“ schon seit 2 Jahren vergeblich nach „Hot Spots“ auf der Marsoberfläche, die auf Vulkanismus hindeuten würden.



*Die beiden Bilder zeigen „Blaubeeren“ auf dem Mars. Das sind Hematitkügelchen, wie wir sie auch von der Erde kennen. Allerdings bilden sich diese Gebilde hier unter irdischen Bedingungen nur in stehendem oder langsam fließenden Gewässern über zehntausende von Jahren hinweg.*



Wie hartnäckig sich das Leben in den unwirtlichsten Räumen auf der Erde behauptet, zeigen Exobiologen wie auch jene Leute, die versuchen, klinisch reine Räume herzustellen. Die Bedingungen auf den Mars mögen für Menschen wenig paradiesisch klingen, für manche irdische Lebewesen wäre es kein Problem, dort dauerhaft zu überleben.

In den letzten Jahren haben verschiedene Wissenschaftler berechnet, dass es theoretisch möglich wäre, dass einzellige Lebewesen, die im Untergrund leben, durch Meteoriteneinschläge von einem Planeten zum anderen gelangen. Sie würden sowohl bestimmte Einschläge überste-

hen und auch die „Landing“ nach dem Durchgang durch die Atmosphäre. In der Frühzeit des Sonnensystems gab es relativ viele Einschläge von Meteoriten auf allen Planeten, so dass ein Austausch von Leben zwischen Erde und Mars möglich gewesen ist. Je nachdem wer zuerst Leben besaß, hätte dann den anderen Planeten befruchtet. Deshalb besteht die Möglichkeit, dass wir die wahren Marsianer sind. Sollte sich dies in den nächsten Jahrzehnten bestätigen, könnten wir die Suche nach den Marsmenschen sogar erfolgreich beenden, denn das wären wir ja selbst.



# MARS EXPRESS MARS-ANSICHTEN



## Albor Tholus

Dieses Bild wurde am 19. Januar 2004 von der High Resolution Stereo Camera (HRSC) an Bord von Mars Express während des 32. Orbits um unseren Nachbarplaneten in Farbe und in 3-D-Qualität aufgenommen. Es zeigt den Blick schräg auf die Caldera des Albor Tholus Vulkans in der Region Elysium. Die Vulkancaldera hat einen Durchmesser von 30 km und ist 3 km tief. Der komplette Vulkan hat einen Durchmesser von 160 km und eine Höhe von 4,5 km. Auf der Erde wäre es ungewöhnlich, dass die Caldera fast genauso tief ist wie der ganze Vulkan.

Dieses Foto ist aber vor allem wegen seiner einzigartigen Schönheit des Staubfalls am linken Rand des Vulkankraters berühmt geworden.

## Valles Marineris

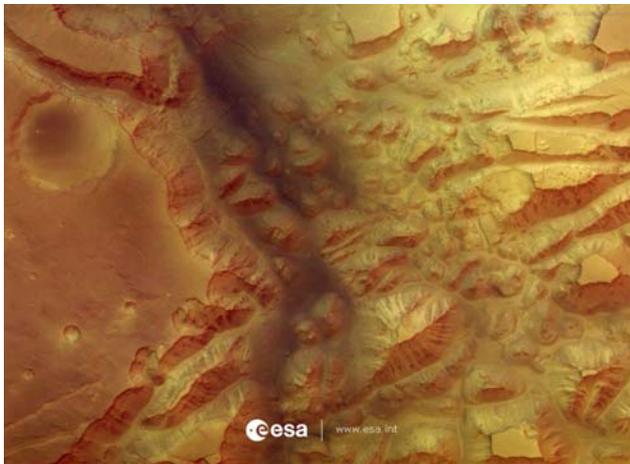
Auch dies ist ein Bild, das mit der High Resolution Stereo Camera (HRSC) an Bord von Mars Express aufgenommen wurde. Es ist ein Foto vom 14. Januar 2004 und wurde während des 18. Orbits um den Mars aus einer Höhe von 275 km gemacht. Die Aufnahme zeigt ein 50 km breites Gebiet südlich von Valles Marineris bei 15° Süd und 323° Ost. Die Auflösung beträgt 12 m per Bildpunkt.



## Gusev Krater

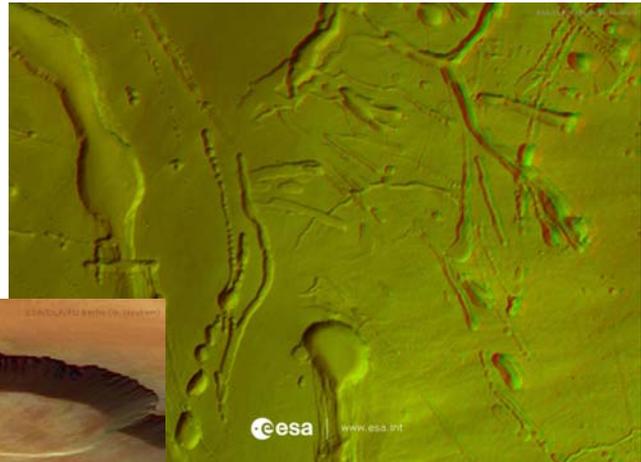
Aus einer Höhe von 320 Kilometern wurde dieses Foto des 160 km breiten Gusev-Kraters gemacht. Ungefähr in der Bildmitte liegt der Landeplatz des Mars Exploration Rovers „Spirit“ der NASA. Diese Gegend war in früherer Zeit wahrscheinlich von Wasser bedeckt. Somit ist die Region um Gusev ein höchst interessantes Zielgebiet für die Suche nach Spuren von Leben auf dem Mars.

# MARS EXPRESS MARS-ANSICHTEN



## Marsäquator

Diese Aufnahme wurde mit der High Resolution Stereo Camera (HRSC) an Bord von Mars Express während des 18. Orbits um den Roten Planeten am 14. Januar 2004 aus einer Höhe von 275 km gemacht. Mit einer Bildauflösung von 12 m per Bildpunkt zeigt das Foto einen 50 km breiten Streifen zwischen 1° Süd und 2,5° Nord der Äquatorregion im Valles Marineris. Gut zu erkennen sind Tafelberge und steile Abhänge sowie Gebilde, die nach einer Flut zurückbleiben.



## Ascræus Mons

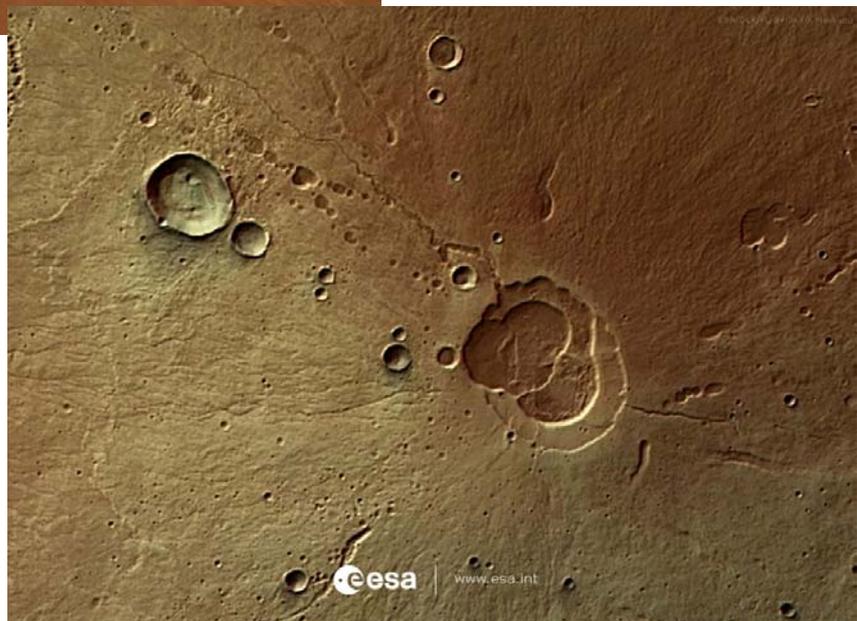
Dieser vertikale Blick aus einer Höhe von 271 km wurde während des 68. Orbits mit der High Resolution Stereo Camera (HRSC) an Bord von Mars Express erstellt. Es ist ein Foto, das aus den Daten von zwei verschiedenen Aufnahmekanälen berechnet wurde. Der Mittelpunkt des Bildes liegt bei 7,9 Grad Nord und 255,5 Grad Ost. Es zeigt einen Teil der südlichen Flanke von Ascræus Mons, dem nördlichsten Vulkan in der Tharsis Gruppe von Vulkanen.

## Calderagruppe des Olympus Mons (oben)

Dieser Blick zeigt eine Gruppe von Vulkankratern innerhalb des Olympus Mons Vulkans auf dem Mars. Dieses Bild wurde aus den Daten des Stereokanals, des Farbkanals und des Senkrechtblicks der High Resolution Stereo Camera (HRSC) an Bord von Mars Express errechnet. Die Aufnahme erfolgte während des 37. Orbits um den Roten Planeten am 21. Januar 2004 aus einer Höhe von 273 km. Der Bildmittelpunkt der 102 km großen Fläche liegt bei 18,3° Nord und 227° Ost.

## Hecates Tholus Vulkan (rechts)

Diese Aufnahme des Hecates Tholus Vulkans wurde aus einer Höhe von 275 km von der High Resolution Stereo Camera (HRSC) montiert auf dem Marsorbiter der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA, Mars Express, erstellt. Es zeigt die Caldera des nördlichsten Vulkans der Vulkangruppe in der Region Elysium. Der Vulkan erstreckt sich über 5300 m in die Höhe. Der Vulkan hat einen Maximaldurchmesser von 10 km und eine Tiefe von 600 m. Der Mittelpunkt der Aufnahme liegt bei 150° Ost und 31,7° Nord.





## Die USA auf dem Weg zu Mond und Mars

Teil 2: Der Abschlussbericht der Kommission – Von Raimund Scheucher

Am 14. Januar 2004 hat Präsident Bush eine Rede über eine grundlegende Änderung des Raumfahrtprogramms der USA gehalten. Am 27. Januar 2004 unterzeichnete er eine „Executive Order“, mit deren Inkrafttreten, eine Kommission ihre Arbeit aufnahm. Diese Kommission mit dem Namen „President's Commission on Moon, Mars and beyond“ soll Vorschläge erarbeiten, wie das neue Raumfahrtprogramm implementiert werden kann [1].

Die neun Kommissare kommen aus der Industrie, von Regierungsstellen, akademischen Einrichtungen und dem Militär. Die Kommissionsmitglieder können auf Erfahrungen auf den Gebieten der Weltraumarbeiten, Technologie und Weltraumwissenschaften verweisen. Einige von ihnen arbeiten sogar im Führungsstab der Bundesregierung.

Diese Kommission hat am 16. Juni 2004 ihren 64-seitigen Abschlußbericht unter dem Titel „A Journey to Inspire, Innovate and Discover“ vorgelegt [1, 2]. Die Kommission soll etwa 180 Tage existieren und sich innerhalb von 60 Tagen nach Abgabe des Berichtes auflösen. Dies wird Mitte August der Fall sein.

President's Commission on Moon, Mars and beyond hat in den 120 Tagen zwischen ihrer ersten Besprechung und dem Abschlußbericht zahlreiche öffentliche Hearings abgehalten, bei denen 96 Leute, die Universitäten, Firmen, den

Medien, Gewerkschaften, Regierungsstellen, Agenturen der Bundesregierung, internationalen Raumfahrtorganisationen und Berufsverbänden angehört, befragt wurden. Lehrer, Studenten, Unternehmer und Astronauten legten ihre Ansichten dar.

Auf der Website der Kommission wurden über 6000 geschriebene Anregungen und Hinweise registriert. Die Kommentare der Öffentlichkeit zeigten eine 7:1 Zustimmung zur neuen Raumfahrt-Vision.

Im Folgenden werden die Vorschläge der Kommission vorgestellt. Eine zusätzliche Beleuchtung der Diskussionen und Vorschläge bei den Hearings würde viele Dutzend Seiten füllen und deshalb den Rahmen dieses Artikels sprengen. Sie sind im Internet vollständig dokumentiert (als englischsprachiger Text und auch in Video-Form) [3]. Das Eingehen auf alle sechs Kapitel des Berichtes ist ebenfalls zu umfangreich. Deshalb soll dieser Beitrag nur einen Überblick geben. In zukünftigen Newslettern werden gegebenenfalls – zusammen mit einem Thema aus dem aktuellen Geschehen – die einzelnen Kapitel näher betrachtet werden.

Am 14. Januar 2004, hat Präsident George W. Bush eine neue Vision für Amerikas ziviles Raumfahrtprogramm verkündet, die bemannte und unbemannte Missionen zum Mond, Mars und darüber hinaus beinhaltet. Er setzte 4 Ziele:

1. Implementierung eines lang anhaltenden und finanziell tragbaren, bemannten und unbemannten Programms zur Erforschung des Sonnensystems und darüber hinaus.
2. Erweiterung der menschlichen Präsenz auf das ganze Sonnensystem, beginnend mit der Rückkehr zum Mond bis zum Jahre 2020 als Vorbereitung für die bemannte Erforschung des Mars und anderer Zielorte im Sonnensystem.
3. Entwicklung innovativer Technologien, Infrastrukturen und von Fachwissen sowohl für die Forschungsaktivitäten als auch als Entscheidungshilfe für die Zielorte der bemannten Erforschung.
4. Förderung internationaler und kommerzieller Beteiligungen an der Erforschung, um die Interessen der USA an Wissenschaft, Sicherheit und Ökonomie zu unterstützen.

Außerdem hat der Präsident gefordert, das Space Shuttle in einen sicheren Flugbetrieb zurückzuführen und die Internationale Raumstation (ISS) damit zu vollenden. Hierbei werden sowohl die internationalen Verpflichtungen erfüllt, wie auch ein Forschungsprogramm in der ISS durchgeführt, dass die zukünftigen bemannten Flüge im Sonnensystem erleichtern soll.

Nach Fertigstellung der ISS wird das Space Shuttle System außer Dienst gestellt. Der Präsident hat 19 spezifische Aufgaben um-



Einer der meistdiskutierten Konzepte für einen Schwerlasttransporter benutzt eine Reihe von Space-Shuttle-Komponenten, ähnlich wie im ehemaligen Shuttle-C-Design.



rissen, die zusammengenommen den Zeitplan, den Umfang und die Umsetzung der Vision zur Weltraumerforschung definieren. Diese Aufgaben zielen ab auf:

- Forschungsaktivitäten in der Erdumlaufbahn,
- Weltraumerforschung jenseits der Erdumlaufbahn,
- Fähigkeiten zum Transport in den Weltraum, welche die Forschungen ermöglichen sowie
- Internationale und kommerzielle Beteiligungen.

Die Kommission unterstützt die Raumfahrt-Vision des Präsidenten und unterstreicht, dass die hierfür geplanten Entdeckungsreisen vitale nationale Zielsetzungen auf der Erde fördern und umsetzen werden. Dies geschieht durch:

- die Inspiration der Jugend, sich auf technischem Gebiet zu engagieren,
- die Generierung ökonomischen Gewinns durch die Schaffung neuer Jobs,
- die Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit der Industrie auf dem Weltmarkt,
- die Klare Wahrnehmung der Führerschaft der USA und
- die Erhöhung des Wohlstandes und der Lebensqualität aller Amerikaner.

Hierzu sind allerdings einige fundamentale Änderungen notwendig, auf welche die Kommission im Einzelnen eingeht. Dabei stehen prinzipielle Äußerungen im Vordergrund. Die Kommission wollte keine Programm- oder gar Misionsdetails vorschreiben.

Einige der Schwerpunkte aus dem Dokument sind:

- Nutzung und Förderung einer robusten nationalen und internationalen Raumfahrtindustrie. Der Schwerpunkt liegt auf der nationalen Raumfahrtindustrie. Der internationale Aspekt soll zum Einen vorhandenes Know-How nutzen und zum Anderen zu globalen Investitionen ermutigen.
- Erstellung einer auf Entdeckung ausgerichteten Wissenschaftsagenda rund um die Themen:
  - Ursprünge – die Anfänge des Universums, unseres Sonnensystems, anderer Planetensysteme und des Lebens.

- Evolution – wie sich die Bestandteile des Universums mit der Zeit verändert haben, einschließlich der dabei aufgetretenen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse und der Abfolge der Hauptereignisse.
- Schicksal – was lehrt uns die Geschichte der Galaxien, Sterne und Planeten für die Zukunft und unserem Platz im Universum?
  - Ausbildungsinitiativen zur Unterstützung der Jugend und Lehrer bei der Vorbereitung der nächsten Generation von Weltraumforschern.
  - Dieses Programm muss von hoher nationaler Priorität sein, um sein Überleben über Jahrzehnte zu sichern. Weiterhin muss es zu einem dauerhaften Wechselspiel zwischen Präsident, Kongress und dem amerikanischen Volk kommen. Im Weißen Haus soll ein permanenter „Space Exploration Steering Council“ eingerichtet werden, das die NASA unterstützen soll.
  - Umstrukturierung der NASA zur Ausrichtung auf die neuen Anforderungen. Eine Vergabe von Aufträgen an den Bestbieter unter zahlreichen Firmen und nicht-kommerziellen Vereinigungen soll für die NASA zur Regel werden. Eine klare Definition der Aufgaben und Zuständigkeiten für die verschiedenen Teilbereiche unter Vermeidung von Überlappungen sind unumgänglich.
  - Umformung der NASA-Standorte, so dass sie von der Öffentlichen Hand finanzierte Forschungs- und Entwicklungszentren darstellen. Als Beispiel hierfür sei das JPL genannt, das zum Massachusetts Institute of Technology (MIT) gehört, aber für die NASA alle unbemannten Marssonden entworfen, zusammen mit der Industrie gebaut und sie während des gesamten Fluges und während des Aufenthaltes am Mars betreut hat.

Die Verwaltung und der Kongress sollen zusammen mit der NASA drei neue NASA-Organisationseinheiten schaffen:

- Der Technische Beirat – Er soll die Verwaltung wie auch die NASA-Führung bei technologischen und Risiko-Minderungs-Plänen beraten.

- Die Unabhängige Kostenschätzung – Diese Einrichtung soll den Sinn für Realismus, Sorgfalt und Genauigkeit befördern.
- Forschung und Technologie – Diese Einheit kümmert sich um hoch riskante Technologie-Entwicklungen und solche mit hoher Anschubfinanzierung, bei denen regelmäßig Fehler toleriert werden.

Die NASA soll unter anderem folgende Prinzipien bei der Entwicklung befolgen:

- Ansatz „System von Systemen“.
- Taktik der spiralförmigen evolutionären Entwicklung, d.h. von einem Prototyp zum nächsten, wobei die Qualifikation des Systems über mehrere dieser Zwischenschritte stattfindet und nicht in einem Durchgang wie sonst im Luft- und Raumfahrtbereich üblich.
- Verlass auf Hauptsystem-Integrierte.
- Unabhängige technische und kostenmäßige Bewertungen.

Die NASA soll umgehend Projektteams abstellen, die sich mit allen Schlüsseltechnologien befassen, die das neue Raumfahrtprogramm überhaupt erst ermöglichen. Die Kommission hat für den Anfang Schlüsseltechnologien auf 17 Gebieten identifiziert. Es wurden ihnen noch keine Prioritäten zugewiesen.

- Finanziell tragbare Schwerlast-Träger-Fähigkeit – Technologien für einen robusten und finanziell tragbaren Transport von Frachten in die niedrige Erdumlaufbahn.
- Hochentwickelte Strukturen – extrem leichte multifunktionale Strukturen mit modularen Schnittstellen, die nach dem Bausteinprinzip die Grundlage für hochentwickelte Raumfahrzeuge legen.
- Weltraumtaugliches wiederverwendbares Haupttriebwerk für das Crew Exploration Vehicle, das hohe Beschleunigungen und viele Lebenszyklen aushält.
- Hochentwickelte Energieversorgung und Antriebe – primär nuklear-thermisch und nuklear-elektrisch.
- Management von kryogenen (d.h. extrem kalten) Flüssigkeiten – Kühltechnologien für hochpräzise astronomische Sensoren und hochentwickelte Raumfahrzeuge, wie auch für die Treibstoffspeicherung und den Treibstofftransfer im Weltraum.
- Große Optiken – für die Weltraumteleskope und -detektoren der nächsten Generation
- Fähigkeit zum Formationsflug – für astronomische Plattformen zur Interferometrie im freien Weltraum und zur Auffindung von planetaren Körpern.
- Kommunikation mit hoher Bandbreite – optische und hochfrequente Mikrowellensysteme für erhöhte Datentransferraten.
- Technologien für den Atmosphäreintritt, -abstieg, die Landung – Präzisionsanflug und -landung auf planetaren Körpern mit hoher und niedriger Anziehungskraft.
- Geschlossene Lebenserhaltungssysteme und Bewohnbarkeit – Recycling von Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasser für lang andauernde Aufenthalte im Weltraum.
- Lebenserhaltungssysteme für den Aufenthalt

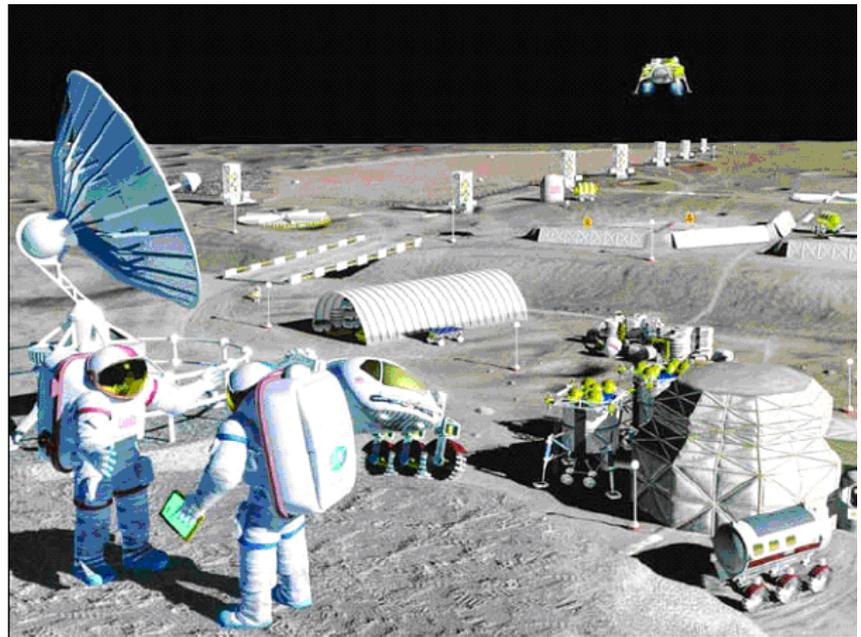


außerhalb des Raumfahrzeuges – umfasst die Raumanzüge der Zukunft, die speziell für produktive Arbeit auf planetaren Körpern entwickelt werden.

- Autonome Systeme und Robotik – um komplexe Raumfahrtsysteme zu überwachen, zu warten und wo auch immer möglich zu reparieren.
- Erfassung und -auswertung der wissenschaftlichen Daten – leichtgewichtige, temperaturtolerante, strahlungsgehärtete Sensoren.
- Verminderung des biomedizinischen Risikos – Weltraummedizin; Fernüberwachung, -diagnose und -behandlung.
- Umgestaltbarer Raumhafen und Kursbereichstechnologien – Infrastruktur am Startplatz und zur Kursüberwachung für das Crew Exploration Vehicle und hochentwickelter Schwerlastträgerraketen.
- Automatische Rendezvous und Dockingsysteme – für bemannte Flüge und unbemannte Probenrückholmissionen.
- Nutzung planetarer Ressourcen (planetary in situ resource utilization – ISRU) – um es der Menschheit letztendlich zu ermöglichen, die Nabelschnur zur Erde zu trennen.

Jedes dieser Themengebiete soll ein Projektteam der NASA bearbeiten und dabei nach folgendem Schema vorgehen:

- Einleitende Bewertung;
- Entwicklung einer Roadmap, d.h. eines Ablaufplans, der zu einer Heranreifung der benötigten Technologien führt;
- Integration dieser Technologien in die Weltraumforschungsarchitektur;
- Entwicklung eines Plans für den Transfer eines passenden Teils dieser Technologien an



Nur wenige Kilometer vom Apollo-Landeplatz in der Taurus Littrow Region, gewinnt eine Mondbergbau-Einrichtung Sauerstoff aus der vulkanischen Oberfläche des östlichen Mare Serenitatis – ein Beispiel für eine Weltraumindustrie.

die Privatwirtschaft. Obwohl die Kommission keine Prioritäten vergeben wollte, empfiehlt sie dennoch, besondere Aufmerksamkeit dem Thema „Schwerlasttransport“ zu geben. Entscheidungen auf diesem Gebiet haben erheblichen Einfluss auf das Design und die Implementierung der frühen Stadien der Weltraumerforschungsarchitektur und werden

weitreichende Bedeutung für zukünftige Entwicklungskosten und -möglichkeiten haben.

#### Referenzen

- [1] [http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/explore\\_main.html](http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/explore_main.html)
- [2] <http://www.moontomars.org/>
- [3] <http://www.moontomars.org/news/docs.asp>

## Termine

### 4. Europäische Convention über den Mars und die Planeten

Liebe Kollegen,

ich freue mich, Sie herzlichst zu der EMC'04, der 4. Europäischen Convention über den Mars und die Planeten vom 26. bis zum 28. Juli 2004 nach Iasi in Rumänien einzuladen zu dürfen. Die Convention wird von der Technischen Universität Iasi und der „Al. I. Cuza“ Universität Iasi ausgerichtet.

Da die Convention vom Rumänischen Ministerium für Bildung und Wissenschaft gefördert wird, entfällt keine Teilnahmegebühr. Wir sind in der Lage, zu den Reisekosten einiger ausländischer Teilnehmer innerhalb Rumäniens (vom Flughafen Otopeni nach Iasi und zurück) beizutragen.

Angenommene Papers werden in einem Material, herausgegeben von einem der größten rumänischen Verlage, veröffentlicht.

Während der Convention ist ein ARCHIMIDES-Treffen geplant. Weiterhin werden eine oder mehrere Veranstaltungen von der Deutschen Mars Society organisiert.

Wir suchen noch erfahrene Wissenschaftler, die als Mitglied des Wissenschaftlichen Komitees der EMC'04 in der Lage sind, Papers durchzusehen und zu bewerten. Bitte kontaktieren Sie mich persönlich, wenn Sie hier aushelfen können.

Mehr Informationen über die EMC'04 sind unter: [http://www.etc.tuiasi.ro/EMC2004/EMC4\\_index.htm](http://www.etc.tuiasi.ro/EMC2004/EMC4_index.htm) zu finden. Papers können bis zum 21. Juli eingereicht werden.

Wir freuen uns darauf, Sie wieder zu sehen und auf der EMC'04 in Iasi begrüßen zu können.

Hochachtungsvoll,  
Ihr  
Prof. Horia-Nicolai Teodorescu

Technical University of Iasi  
Copou/Carol I nr. 11, Iasi 6600, Romania

### 35. Jahrestagung des Int. Förderkreises für Raumfahrt Hermann Oberth-Wernher von Braun (IFR) e.V. in Zinnowitz bei Peenemünde vom 24. bis 26. September 2004

Die Konferenz wird am Freitagabend mit einem Festvortrag von Prof. Dr. Ernst Stuhlinger unter dem Thema „Unser Weg in den Weltraum“ eröffnet. Am Sonnabend folgt ein umfangreiches Tagungsprogramm mit hochinteressanten Vorträgen und Diskussionen. Unter anderem wird der ESA-Astronaut Ulf Merbold von seinen Flügen in den Weltraum berichten. Der Tag klingt mit einem Gesellschaftsabend aus. Der Sonntag ist Besichtigungen in der Umgebung, insbesondere dem historischen Gelände von Peenemünde und einem Modellraketenwettbewerb vorbehalten.

Mehr Informationen auf der Webseite des IFRs unter: <http://www.ifr-raumfahrt-gesellschaft.de/Aktuell.htm>



## Die Münchener Gruppe der Mars Society

Ab Juli ist der **erste Donnerstag im Monat** statt bislang der Dienstag der regelmäßige Termin für das Münchner Treffen der Marsfreunde in der Bibliothek der Volkssternwarte München.

Da die Sternwarte von April bis August erst ab 21:00 Uhr öffnet, treffen wir uns in diesen Monaten auch erst um 21:00 Uhr. Eine Kurzinformatio und ein Lageplan sind zu finden unter: <http://www.volkssternwarte-muenchen.de/> --> „Aktuelles“ anklicken. Der Weg führt über den Innenhof an einer Disco vorbei... immer den Schildern zur Volkssternwarte nach.

Die Themenwahl richtet sich natürlich besonders nach den Wünschen der Anwesenden.

Besuchen Sie unsere Treffen!  
Gerne diskutieren wir mit Ihnen.  
Wir freuen uns auf Sie!

Aktuelle Informationen zur Marsforschung finden sich immer unter <http://www.MarsSociety.de>

Auf Ihre Antwort und Ihr Kommen freut sich

**Raimund Scheucher**

Telefon privat: +49 8124 444262

Tel. im Büro bei der EADS: +49 89 607-28189,

Adresse: Siegsttaett 4, D-85661 Forstinning

### Mai-Treffen der Münchener Gruppe

Das monatliche Treffen der Mars-Interessenten aus dem Großraum München fand im Monat Mai am Dienstag, den 4. Mai 2004 ab 20:15 Uhr in der Bibliothek der Volkssternwarte München statt.

Die Sternwarte war an diesem Abend schon ab 19:00 Uhr geöffnet, da eine totale Mondfinsternis zwischen 21:52 Uhr und 23:08 Uhr erwartet wurde.

Auf der Aussichtsplattform der Sternwarte konnte dieses Schauspiel durch Teleskope beobachtet werden.

Neben den Standardthemen wie: die Marsprojekte der Mars Society Deutschland zeigte Raimund Scheucher Bilder und Ergebnisse der

Marssonden. Er berichtete ebenso über die Raumfahrt-Initiative der USA 2004 zu Mond und Mars. Zu dieser Problematik hielt Raimund einige Tage später einen Vortrag an der Sternwarte.

### Juni-Treffen der Münchener Marsenthusiasten

Die folgenden Themen kamen beim Treffen am 1. Juni zur Sprache:

Die aktuelle Raumfahrt-Initiative der USA ([www.MoonToMars.org](http://www.MoonToMars.org)). Raimund Scheucher stellte seine Statements vor, über die anschließend diskutiert wurde.

Von den Projekten der Mars Society Deutschland wurden die üblichen Standardthemen wie Mars-Simulationen in den Forschungsstationen und die Ballon-Mission ARCHIMEDES angesprochen.

Aber auch die aktuellen Themen wie: Ergebnisse der Marssonden im Jahre 2004 und die Dauerbrenner „Leben im All sowie auf dem Mars“ und „Geologie und Geophysik des Mars“ wurden ebenso in die Gespräche des Abends einbezogen.

## Treffen der Rhein-Main-Gruppe in Wiesbaden

Christian Schröder hatte nach seiner Rückkehr aus den USA ein Treffen der Rhein-Main Gruppe am Mittwoch, den 30. Juni im Restaurant „Wagners am Turm“ auf dem Gipfel des Nerobergs in Wiesbaden organisiert.

Die Regionalgruppe konnte an diesem Abend zwei neue Gesichter begrüßen: Brian Walling, der bei der Firma EUMETSAT in Darmstadt arbeitet und Uwe Theobald, der in der Nähe von Bonn Physik unterrichtet.

Als erstes berichtete Christian Schröder aus erster Hand über die Missionen der Mars Exploration Rover. Es war in der Tat ein richtiger Erlebnisbericht über die Abenteuer von „Spirit“ und „Opportunity“ in den ersten fünf Monaten ihrer Reise zum und auf dem Mars. Danach gingen die Versammlungsteilnehmer in einer Diskussion darauf ein, wie sie als Gruppe auch nach außen im Sinne der Raumfahrt etwas aktiver werden können. In erster Linie wurde über Vorträge an Schulen gesprochen. Denn das mangelnde Bewusstsein für die Natur- und Ingenieurwissenschaften, insbesondere für die Raumfahrt, liegt nicht am Desinteresse, sondern an fehlenden Informationsangeboten für Schüler wie für Lehrer. Dabei gibt es z.B. von der ESA viele Offerten zum Mitmachen für Schüler und Studenten, nur sind diese größtenteils unbekannt. Uwe klagte uns in diesem Zusammenhang sein Leid als Einzelkämpfer an seiner Schule.

Das nächste Treffen der Regionalgruppe Rhein-Main wird am Mittwoch, den 28. Juli in Darmstadt stattfinden. Das Treffen startet um 19

Uhr mit einem Besuch des Kontrollzentrums von Eumetsat. Eumetsat ist Europas meteorologische Satellitenorganisation. Der Besuch ist kostenlos. Alle Interessierten sind herzlich willkommen. Aufgrund von Sicherheitsbestimmungen von Eumetsat und einer begrenzten Teilnehmerzahl ist eine vorherige Anmeldung erforderlich. Anmeldungen bitte per Email an [schroedc@uni-mainz.de](mailto:schroedc@uni-mainz.de). Es ist dann geplant, dass Brian der

Regionalgruppe die Firma EUMETSAT vorstellt. Zum Mars!

### Christian Schröder

Johannes Gutenberg-Universität  
Institut für Anorganische u. Analytische Chemie  
Staudinger Weg 9, 55128 Mainz  
Tel.: +49 - 6131 - 3923204  
Fax: +49 - 6131 - 3926263



Das Kontrollzentrum von EUMETSAT, Ziel des nächsten Regionalgruppentreffens.



# SpaceShipOne - Mit der Nase aus der Atmosphäre

Kommentar von Dipl.-Ing. Hannes Griebel

Beinahe alle Menschen haben sich wohl schon damit abgefunden, dass die goldene Zeit der großen Pioniere, Entdecker und Ingenieure abgelaufen ist. Ist es denn nicht so, dass schon alle Teile der Welt entdeckt, ja meist sogar pauschal-touristisch erschlossen sind? Und dass uns der technische Fortschritt so weit gebracht hat, dass die vorderste Front der technischen Entwicklung nur noch Platz für riesige Konzerne und Staats-haushälter bietet?

Möglich, dass das in weiten Teilen zutrifft. Welcher Ingenieur könnte schon die Concorde über-treffen und sie wurde immerhin vor über vierzig Jahren entwickelt! Welcher Entdecker könnte wohl noch unsere Landkarten verbessern, die bis auf Meter genau vermessene Landschaften kar-tieren?

Und dennoch: Einige Zeitgenossen weigern sich konsequent, diesen Sachverhalt zu akzeptieren. Mit ihrem Optimismus und ihren Visionen gelingt es einigen Menschen immer wieder, die in un-serer Gesellschaft latente Lethargie, gefüttert aus Lustlosigkeit und Pessimismus, Anspruchs- und Vollkaskodenken, zu durchbrechen, indem sie einen Teil ihres finanziellen Reichtums zur För-derung der Wissenschaft und Technik aufwenden.

So gelingt schließlich einer kleinen amerikani-schen Flugzeugfirma, woran so viele zuvor ge-scheitert sind: Der erste private Bau einer Flug-maschine, die über die Atmosphäre hinaus zu steigen vermag. Man holt uns mit einem wun-derschönen Beispiel unbürokratischer, verant-wortungsvoller und ausgereifter Ingenieurskunst das goldene Zeitalter der großen Pioniere zurück ins 21. Jahrhundert.

Die Rede ist, wie könnte es anders sein, vom ers-ten privat durchgeführten bemannten ballisti-schen Raumflug am Montag, den 21.06.2004. Diese Geschichte enthält alles, was die Tradition von solchen Unternehmen verlangt: Einen genia-len Ingenieur mit Erfahrung und Firma (Burt Ru-tan und seine Firma Scaled Composites), einen visionären self-made Multimillionär mit der rich-tigen Portion Größenwahn im Blut (Paul G. Allen, Mitbegründer von Microsoft), einen wagemuti-gen Testpiloten (Mike Melvill) und einen hoch dotierten Pokal (Ansari X-Prize). Und nicht zu vergessen: Eine satte Portion Ehre (denn die 10 Millionen im X-Prize Topf dürften wohl auch bei Rutans Billigversion von einem Raumfahrzeug nie an die Entwicklungskosten herankommen).

Neu ist die Geschichte natürlich nicht ganz. Die amerikanische X-15 hat das vor vierzig Jahren auch schon gekonnt. Aber eben nicht privat, nicht für ein paar lumpige Millionen und nicht mit dem Ziel, dem ganz normalen Erdenbürger den Blick über den Atmosphärenrand zu ermög-



SpaceShipOne auf dem Weg zurück zur Basis auf dem Mojave Flugplatz. Nach einem erfolgreichen ballistischen Flug in den Weltraum am 21.06.2004.

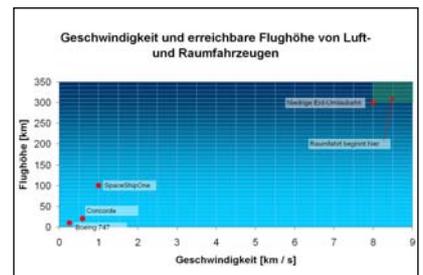
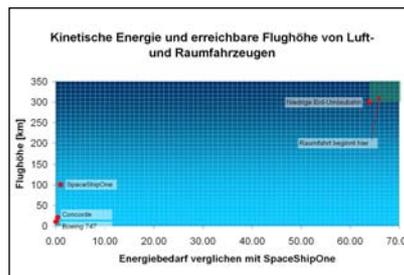
lichen. Mag sein, dass die Luft- und Raumfahrt-technologie mit der Saturn V, der Concorde und der XB-70 bereits vor vierzig Jahren den Stand der Technik erreichte, den wir bis heute noch nicht übertreffen können. Aber SpaceShipOne zeigt ganz eindeutig: Es geht trotzdem weiter!

Eins kann SpaceShipOne allerdings nicht: Draussen bleiben. Denn der dauerhafte Raumflug ist im wesentlichen ein Geschwindigkeits-problem. SpaceShipOne steigt auf über 100 km Höhe. Das ist, so will es die Definition, der Rand der Atmosphäre. Die erreichte Geschwindigkeit aber beträgt in etwa 1km/s. Für eine Umlaufbahn gilt aber: 3-mal höher, 8-mal schneller, 64-mal mehr Energie. So will es die Physik. Um das Zeitalter der großen Entdecker zurückzuholen, müssen wir noch mehr aufwenden: 12-mal schneller und 144-mal mehr Energie darf es schon sein, um hinaus zum Mond zu fliegen. Das ist deshalb problematisch, weil die Treib-stoffmasse des Rückstoßantriebs, der uns hier einzig und alleine zu Verfügung steht, exponen-

tiell mit der Geschwindigkeit wächst. Das ist der Grund, warum die Saturn-V Rakete höher gebaut war als die Münchener Frauenkirche und Space-ShipOne so handlich daher kommt.

Aber wer weiß, was uns die Zukunft bringt. Was ist heute aus Lilienthals kleinem Gleiter und dem Flieger der Wrights geworden? Airliner mit schlafenden Kongress-Japanern und mürrischen Pauschaltouristen! In anderen Worten: Routine. Und Rutan hat bereits zugegeben, den privaten, bemannten Flug in eine Umlaufbahn anzustreben.

Vielleicht sagen Sie sich jetzt: „Klar, die spleeni-gen Amerikaner! Die machen so was. Land der unbegrenzten Möglichkeiten.“ Aber vielleicht könnten Sie auch Ihren Optimis-mus, Ihre Zuversicht und Ihre Eigeninitiative wecken und sich fragen: „Welches private Pro-jekt für Wissenschaft und Technik kann ich un-terstützen?“ Und die richtige Antwort lautet: Mehr als eins. Hier. In Deutschland.



Der Weg in den Weltraum ist hart. Um im Weltraum zu bleiben, muss eine sehr viel größere Energie aufgewendet werden, als SpaceShipOne es kann.



## Ein großer Schritt für die Raumfahrt?

Ein Kommentar von Sven Knuth

Der Aldridge Report, die neue EU Verfassung mit der Weltraumerforschung und -nutzung als Aufgabe sowie der erste rein privat finanzierte und realisierte bemannte Flug mit dem Spaceship One in den Weltraum, ein großer Tag für die Raumfahrt oder eher nicht?

Burt Rutan mit seiner Firma Scaled Composites hat sicher eine große Leistung vollbracht, keine Frage. Mit verhältnismäßig wenig Geldmitteln baute er einen Zwitter aus Flugzeug und Rakete, der die Grenze zum Weltraum überschritt. Werden wir aber nun bald alle unsere Hochzeitsreise in einer 400 km hohen Umlaufbahn um die Erde verbringen? Leider nein! Der Parabelflug ist zwar eine bemerkenswerte Tat, nur weit davon entfernt, in einem Orbit um unseren Planeten zu enden. Dafür muss ein Raumfahrzeug ca. 28.000 km/h aufbringen, etwa das Siebenfache der Geschwindigkeit von 4.000 km/h, die die US-Rakete erreichte. Auch wäre sie gar nicht in der Lage, einen Eintritt aus der Umlaufbahn in die Atmosphäre zu überleben, dazu ist ein aufwendiger Hitzeschutz und eine stärkere Struktur nötig. Der Schritt vom noch „Flugzeug“ zu einem echten Raumschiff ist noch ein sehr großer. Er wird vermutlich auch nicht in den nächsten 20 Jahren gemacht werden können. Die technischen Schwierigkeiten dabei sind immens. Insbesondere die chemische Triebwerkstechnik ist denkbar ungeeignet für den Bau wiederverwendbarer Systeme. Bessere Technologien haben wir noch nicht. Deshalb sind außer dem derzeit flügelarmen Space Shuttle alle anderen Systeme auch Wegwerfssysteme. Für den Start von unbemannten Nutzlasten sind diese Raketen durchaus gut geeignet und günstig, nur für den Weltraumtourismus taugen sie nicht, weil sie einfach zu teuer sind. Ähnlich wie ein Flugzeug verwendbare Raumtransporter könnten einen sehr kostengünstigen Weg ebnen, nur scheiterten alle Ansätze bisher.

Trotzdem sollte man auch die innovativen Ansätze eines Burt Rutans fördern, gerade in Europa. Technologische Durchbrüche kommen meistens unerwartet und oft von kleinen Firmen und Laboren. Die Förderung von Wissenschaft und Entwicklung für friedliche Zwecke kann nie ein Fehler sein, gerade weil wir die Ergebnisse nicht vorher kennen.

Während in den USA an Maschinen gebaut wurde, redeten sich in Brüssel die Staats- und Regierungschefs der EU die Köpfe heiß. Heraus kam ein Verfassungsentwurf, den alle 25 Mitgliedsstaaten nun annehmen (ratifizieren) müssen. Erstaunlich ist dabei, dass dies die erste Verfassung der Welt ist, in der Raumfahrt als Aufgabe eines Staatsgebildes definiert wird. Und zwar wird dort nicht nur die Nutzung des Welt-raums für kommerzielle Zwecke angesprochen,



auch die Erforschung wird ausdrücklich genannt. Welche konkreten Folgen wird dies nun haben? Genau ist es noch nicht abzusehen. Vermutlich wird es aber ab 2007 ein EU Raumfahrtprogramm mit eigenem Budget geben. Schon bisher förderte die EU die Raumfahrt im 6. Forschungsprogramm. Geplant ist, die Ausgaben darin zu verdoppeln und herauszulösen zur Konzentration in einem Raumfahrtprogramm. Zu den bisherigen Förderschwerpunkten Satellitennavigation (Galileo), Erdbeobachtung (GMES) und Satellitenkommunikation (SatCom) kommen noch die Trägerentwicklung (Sicherstellung eines eigenen Zugangs zum Weltraum) und die Forschung (bemannte und unbemannte) hinzu. Die EU wird zur Durchführung auf die ESA zurückgreifen und hat deshalb ein Rahmenabkommen abgeschlossen, außerdem wird sie versuchen, wichtige Programme selber zu koordinieren und zu steuern. Die Folgen dieser Neustrukturierung der europäischen Raumfahrtlandschaft sind noch nicht ganz klar. Die entscheidenden Impulse und die Richtungsvorgaben werden wohl zukünftig aus Brüssel kommen. Dies kann durchaus die Stärkung der europäischen Komponente auf Kosten des französischen Einflusses bedeuten, derzeit dominiert Frankreich wegen seiner hohen Raumfahrtausgaben praktisch auch die ESA. Auch könnte die wenig visionäre deutsche Politik von der EU und den anderen Mitgliedstaaten überstimmt werden. Beide Entwicklungen könnten die europäische Raumfahrt stärken und aus dem Schattendasein führen.

Während in Brüssel noch geredet wird, überlegen sich die Amerikaner wie sie zum Mond und zum Mars kommen. Die Aldridge Kommission hat Vorschläge erarbeitet, wie die ambitionierten Pläne umgesetzt werden können. An dem Sinn der bemannten Erkundung zweifeln die sieben Mitglieder anscheinend nicht. In den Empfehlungen wird ausdrücklich die Wichtigkeit solcher Ziele für die Sicherung des technologischen Vorsprunges und die Entwicklung der ganzen Nation betont.

Andere Empfehlungen des Abschlussberichtes allerdings scheinen diskutabel zu sein. So soll sich die NASA auf wenige Kernbereiche konzentrieren, die die Industrie nicht übernehmen will. So soll die NASA keinerlei Trägersysteme mehr entwickeln und unterhalten. Sie würde nur noch Starts auf Raketen der Industrie einkaufen. Diese ist aber naturgemäß auf Gewinnmaximierung aus, eine NASA ohne eigenes Know-how in diesem Bereich könnte weder die Entwicklung vorantreiben noch bei Misserfolgen die Lage beurteilen oder Standards setzen. Gerade im Bereich der bemannten Raumfahrt geht es aber mehr um ein langfristiges kontinuierliches Programm, als um kurzfristigen Gewinn. Wer soll die Leistungen der US-Industrie beurteilen, wenn nicht die NASA? Wie soll sie das tun ohne eigene Erfahrung? Wie kann man Forschung und Entwicklung vorantreiben, wenn man nicht auf dem Stand der Technik aufbauen kann? Als reine Einkaufsagentur ohne Kompetenz wäre die NASA wirklich überflüssig.

Strukturelle Reformen sind sicher notwendig. Eine klare Zieldefinition gibt es jetzt zumindest: Menschen zum Mond und zum Mars. Danach müssen sich Raumfahrtbehörde und Industrie ausrichten. Vielleicht sollte man auch einen Blick nach hinten werfen. Während der Apollo Ära wurde so erfolgreich wie nie wieder Raumfahrt betrieben. Vom ersten bemannten Flug zum Mond in nicht einmal zehn Jahren, unter Nutzung der stärksten Rakete aller Zeiten. Lag es an den herausragenden Persönlichkeiten wie Werner von Braun? Waren möglicherweise das klare Ziel und die gerade aufgebauten, noch nicht erstarrten, Strukturen ein Erfolgsfaktor? Oder war das Durchschnittsalter von ca. 25 Jahren für die verantwortlichen Ingenieure ein Grund? Vermutlich trugen alle diese Faktoren zum Erfolg bei, ebenso wie die völlig andere Situation im Vergleich zu heute. Der kalte Krieg ist zum Glück vorbei, damit aber auch der Wettbewerb der Staaten und Systeme. Das damalige Space-race rief Höchstleistungen hervor. Wer kann und will es heute in der Raumfahrt mit den USA aufnehmen? Wer dann die Leistungen produziert, ist vermutlich zweitrangig. Die Industrie wird und kann dabei eine wichtige Rolle spielen. Aber in einem solch großen Programm, wie die bemannte Marsmission eines sein würde, sind auch Agenturen mit Know-how und Leute aus der Praxis an den richtigen Stellen gefragt.

Wie auch immer die drei Ereignisse im geschichtlichen Rückblick beurteilt werden, eines ist klar: heute werden die Weichen für die Raumfahrt von morgen gestellt. Private Initiativen versuchen den Weltraum zu erobern, die USA strukturiert sich um für neue ehrgeizige Ziele und Europa bricht, zumindest auf dem Papier, ebenfalls zu den Sternen auf.



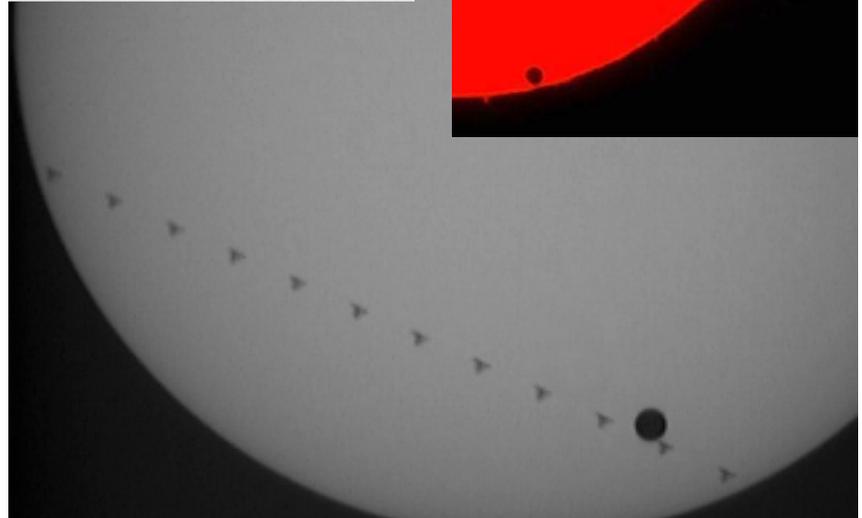
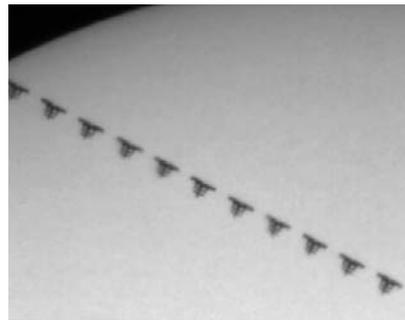
## Venustransit

Von Jacqueline Myrrhe

Am 8. Juni dieses Jahres hat sich fast die halbe Welt auf ein sehr seltenes Ereignis gefreut. Astronomiefans beinahe rund um den Globus konnten ein einzigartiges Naturschauspiel beobachten, welches keine derzeit lebende Person je gesehen hat. Während einer sechsständigen Zeitspanne in der ersten Hälfte des Tages wanderte der Planet Venus über die Sonnenscheibe. Viele Enthusiasten haben unzählige Aufnahmen von dem faszinierenden Spektakel machen können, aber der Held des Tages und der ganzen Astronomiewelt war der Slowake Tomáš Maruska aus Bratislava. Genau einen Tag vor der astronomischen Vorstellung wurde Tomáš sehr hektisch, als er die Information las, dass in einem sehr schmalen Korridor von lediglich 4,5 km Breite zur gleichen Zeit der Venuspassage auch ein Raumflugkörper, nämlich die Internationale Raumstation ISS, die Sonne kreuzen würde. Niemand zuvor hat so etwas zu Gesicht bekommen. Das liegt nicht nur an der mangelnden Gelegenheit, sondern auch an der extrem kurzen Dauer des Ereignisses von knapp einer halben Sekunde. Zum Glück ist Tomáš ein geübter und erfahrener Himmelsbeobachter. Er installierte seine Technik im Garten seines Onkels. Genau dort, im Dorf Stupava, nördlich von Bratislava verlief die Zentrallinie des Beobachtungskorridors. Nachdem er seine Ausrüstung mehrmals überprüfte und er die vielen Unsicherheiten nochmals in Gedanken durchging, hatte er, just 12 Sekunden nachdem er um 12:09 Uhr seinen Videoapparat einschaltete, etwas über den Bildschirm huschen sehen. Er hatte dann noch einem Augenblick lang den Gedanken im Kopf, wenn das, was über das Display eilte, das Objekt war, das er erwartet hatte, dann hat er etwas ganz, ganz besonderes

aufgezeichnet. Er machte sich ohne zu zögern an die Auswertung. Das Resultat ist auf dem Bild unten zu sehen.

**Gratulation Tomáš!**



## Geburtstagskinder der Mars Society von Juli bis September 2004

Im Namen der Mars Society Deutschland e.V. wünschen wir alles Gute für's neue irdische Lebensjahr und viel Erfolg auf dem Weg zum Mars!

### Die Geburtstagskinder im Juli

07.07. Markus Holzer, Seefeld  
09.07. Christian Schröder, Wiesbaden  
13.07. Petros Karagiovanis, Mühlheim a.M.  
13.07. Carsten Nussbaum, Berlin  
15.07. Stefan Fledrich, Plochingen  
19.07. Heike Wierzchowski, Oberhausen  
24.07. Thomas Dirlich, München

### Die Geburtstagskinder im August

01.08. Matthias Ralf, Stuttgart  
01.08. Dieter Rossmann, Hamburg  
02.08. Hagen Sankowski, Bad Soden  
03.08. Sven Schultze, Brandenburg  
06.08. Torsten Pfalz, Jülich  
09.08. Brain Schaufenbuel, München  
09.08. Mirko Frommberger, Seefeld  
17.08. Josef Oehmen, Garching  
20.08. Emil Weydert, Saarbrücken  
22.08. Timo Voss, Rottweil  
25.08. Rebecca Mikulle, Leopoldshöhe  
28.08. Bernhard Möller, Erkrath  
29.08. Anne Wellbrock, Loxstedt  
29.08. Eva Probst, Inden-Schophoven

### Die Geburtstagskinder im September

02.09. Patric Nolle, Darmstadt  
06.09. Werner Fahl-Kunitzsch, Herzogenrath  
07.09. Kay Fähnrich, Schwerin  
15.09. Sven Knuth, Karlsruhe  
15.09. Karsten Gutgesell, Mannheim  
22.09. David Zubke, Waldleiningen  
22.09. Holger Muhsfeldt, Hamburg  
23.09. Stefan Oestreich, Berlin  
23.09. Matthias Orth, Bremen  
23.09. Kristian Pauly, Unterschleißheim  
23.09. Roman Hanhart, Zürich  
28.09. Peter Jansen, Kaarst  
30.09. Manfred-Michael Ernst, Rodgau



## Abwehr von Asteroiden und Kometen

Dr.-Ing. Christian Gritzner, TU Dresden, 23.06.2004

Einschläge (Impakte) von Asteroiden und Kometen als auch anderen Objekten des Sonnensystems auf die Erde sind natürliche Vorgänge. Die Auswirkungen solcher Impakte reichen dabei vom Einfangen kleinster Staubteilchen ohne nennenswerte Wechselwirkungen über relativ häufige Meteorerscheinungen in der Erdatmosphäre bis hin zu selteneren Einschlägen größerer Körper mit der Bildung von Kratern auf der Erdoberfläche oder von Flutwellen (Tsunami) beim Einschlag ins Meer.

### Impaktbeispiele

Erdnahe Asteroiden und Kometen (engl. Near-Earth Objects – NEOs), die kleiner als etwa 10 bis 30 m sind, bergen meistens keine Gefahr in sich, weil sie hoch in der Atmosphäre explodieren und den Erdboden nicht oder nur wenig beeinflussen. Einschläge kleinerer NEOs kamen mehrmals in den letzten 100 Jahren vor. So am 30. Juni 1908 im Gebiet der „Steinigen Tunguska“, Sibirien, als dort ein etwa 60 m großer Steinasteroid oder Kometenkern ein 2.200 Quadratkilometer großes Gebiet zerstörte. Das ist eine Fläche, die etwas mehr als der doppelten Fläche Berlins entspricht. Das Objekt ist durch die plötzliche Abbremsung beim Eintritt in die Erdatmosphäre in etwa 9 km Höhe explodiert, wobei eine Energie von 12 Megatonnen TNT freigesetzt wurde – knapp die 1.000-fache Energie der Hiroshima-Atombombe. Aufgrund der geringen Besiedlungsdichte der Region gab es nur 2 Todesopfer.

Das 24 km große „Nördlinger Ries“ auf der Schwäbischen Alb in Süddeutschland entstand vor 14,8 Millionen Jahren durch den Einschlag eines etwa 1 km großen Steinasteroiden (Abbildung 1). Der benachbarte Krater, das „Steinhei-

mer Becken“, ist nur 3 km groß und wurde durch einen Brocken von 150 Metern Durchmesser gebildet. Dieser Körper war vermutlich ein Mond des Ries-Asteroiden. Der Ries-Impakt setzte eine Energie von rund 100.000 Megatonnen TNT frei und verwüstete dabei eine Fläche von der Größe der heutigen Bundesrepublik Deutschland direkt – eine Beeinflussung des Weltklimas ist anzunehmen.

Der statistisch gesehen unwahrscheinliche und daher unerwartete Fall eines vergleichbaren Großimpaktes trat im Sommer 1994 ein, als die Fragmente des Kometen Shoemaker-Levy-9 den Planeten Jupiter trafen und zusammen eine Energie von 300.000 Megatonnen TNT freisetzen. Wäre damals die Erde getroffen worden, hätte dies eine globale Katastrophe mit vielleicht Milliarden von Todesopfern ausgelöst.

Aus der Häufigkeitsverteilung von Kratern auf dem Mond kann man die durchschnittlichen Zeitabstände für Impakte von gleichgroßen NEOs bestimmen. Man kann dadurch auch die Anzahl erdnaheer Asteroiden abschätzen. So nimmt man an, dass es etwa 10 Millionen NEOs gibt, die größer als 30 m sind. Die Zahl der NEOs, größer als 100 m, wird mit ca. 300.000 angenommen und die von NEOs deren Durchmesser 1 km übertrifft, schätzt man auf 1.000. Mit Stand vom 23. Juni 2004 kennt man lediglich 2.862 NEOs unterschiedlichen Durchmessers. Potentiell gefährliche Objekte (engl. Potential Hazardous Objects – PHOs), die der Erde näher als 7,5 Millionen km kommen und über 150 m groß sind, kennen wir derzeit nur 571.

NEOs der Tunguska-Kategorie kollidieren etwa alle 300 Jahre mit der Erde – vielleicht lassen sich mit Hilfe der Archäologie eines Tages frühe-

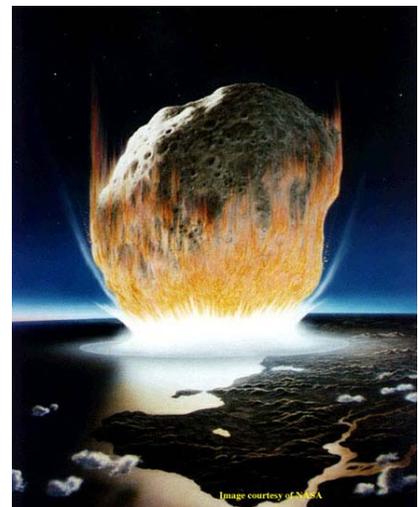


Abb. 2: Künstlerische Darstellung des Einschlages eines etwa 10 km großen Asteroiden (Quelle: NASA/Don Davis)

re Impakte mit Auswirkungen auf unsere Verfahren nachweisen. Da 1 km große Asteroiden im statistischen Mittel einmal alle 300.000 Jahre die Erde treffen und dabei weltweite Schäden verursachen können, muss die Menschheit, die es schon rund 2 Millionen Jahre gibt, mehrfach von solchen globalen Katastrophen betroffen gewesen sein – ohne dies zuvor zu ahnen oder sich jetzt noch daran zu erinnern.

### NEO-Suche

Die mittleren Impaktintervalle lassen aber keinen Rückschluss auf den nächsten Einschlag zu. Diesen kann man nur vorhersagen, indem man aus den Beobachtungsdaten die zukünftige Bahn berechnet. Dafür reicht die Entdeckung des

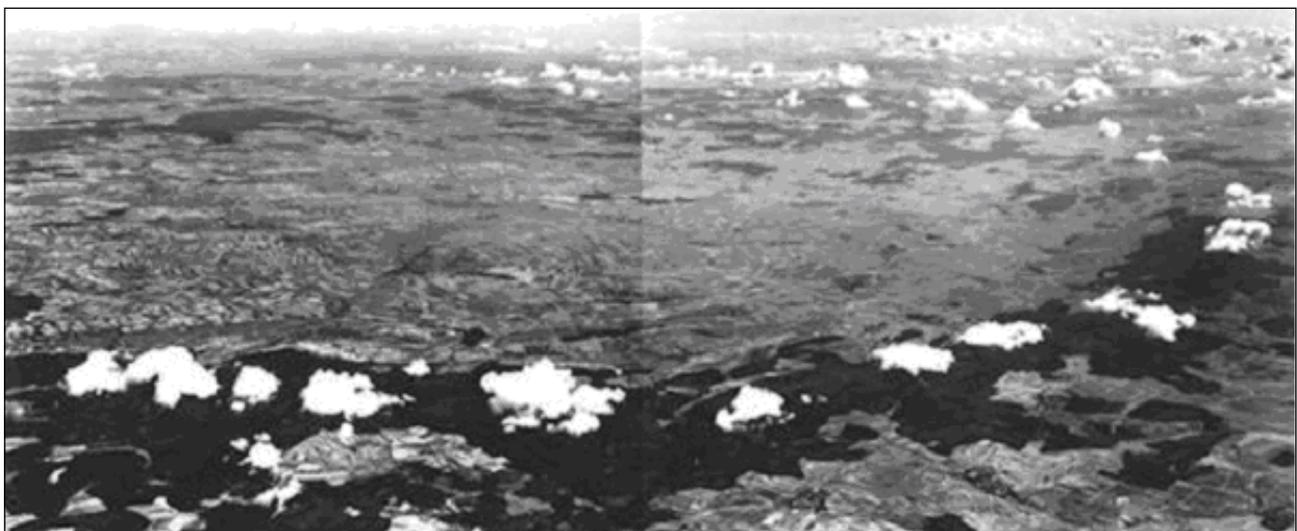


Abb. 1: Das Nördlinger Ries (Quelle: Stadt Nördlingen)



NEOs allein aber noch nicht aus – es sind viele Einzelbeobachtungen erforderlich. Mit den heute gewonnenen optischen Beobachtungsdaten kann man nur für etwa 10 bis 20 Jahre prognostizieren, ob ein NEO die Erde trifft oder verfehlt. NEOs, die in einem Abstand von mehreren Mondentfernungen die Erde passieren, können auch mit Radarteleskopen beobachtet werden. Dabei werden nicht nur Oberflächenmerkmale von bis zu 10 m Größe noch erkannt, sondern es wird auch die radiale Geschwindigkeitskomponente äußerst genau ermittelt. Kombiniert man optische und Radar-Daten, so kann der Vorhersagezeitraum auf bis zu 100 Jahre ausgedehnt werden.

Da schon relativ kleine Teleskope ab etwa 1 m Öffnungsdurchmesser mit CCD-Sensoren und einer Suchsoftware verwendet werden können, sind auch Amateure in der Lage, wichtige (Folge-) Beobachtungen durchzuführen. Da es nicht überall auf der Erde Suchteleskope gibt und manche Suchprogramme nicht kontinuierlich betrieben werden können, ist es derzeit nicht möglich, weltweit und rund um die Uhr nach NEOs zu suchen. Es gibt also zur Zeit kein lückenloses NEO-Frühwarnsystem und ein überraschender Einschlag ist durchaus wahrscheinlich.

### Abwehrsysteme

Es stellt sich nun die Frage, was man gegen einen kommenden Einschlag unternehmen kann? Einerseits ist es denkbar, beim Einschlag eines NEOs, der kleiner als 1 km ist und dessen Folgen ja nicht von globalem Ausmaß wären, eine Evakuierung vorzunehmen. Allerdings kann wegen der existierenden Messungenauigkeiten und Bahnstörungen der exakte Einschlagsort und -zeitpunkt erst wenige Wochen vor dem Impact ausreichend genau berechnet werden. Wäre beispielsweise ein Ballungszentrum betroffen, so stellt eine Evakuierung eine enorme Aufgabe dar. Man würde versuchen, die Bevölkerung und wichtige Sachwerte in Sicherheit zu bringen, aber die Infrastruktur, die meisten Kulturgüter, usw. könnten in dieser kurzen Zeit kaum gerettet werden. Die Höhe der Kosten für die Evakuierung und die zu erwartenden Schäden wären jedenfalls enorm.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten einen NEO-Impakt zu vermeiden: man kann entweder das Objekt zerstören oder es auf eine ungefährliche Bahn umlenken. Weil eine Zerstörung eines NEO wiederum gefährliche Trümmer erzeugen kann, kommt diese Möglichkeit nur für kleine NEOs unter 100 m Durchmesser in Betracht, damit alle Trümmer deutlich kleiner als etwa 30 m sind und so in der Erdatmosphäre weitestgehend verglühen würden. Für eine Bahnänderung muss ein Abwehrsystem eine Geschwindigkeitsänderung des NEOs bewirken, welche in Richtung und Betrag auf den jeweiligen Fall angepasst sein muss. Da die Trägerraketen heutzutage nur Nutzlasten von wenigen Tonnen Masse starten können und auch eine Transferstufe für den Flug zum NEO und ggf. zur Landung benö-



Abb. 3: Das erste 1 Meter GEODSS Teleskop des NEAT-Suchprogramms der USAF und NASA auf Hawaii von 1995 (Quelle: JPL/NASA)

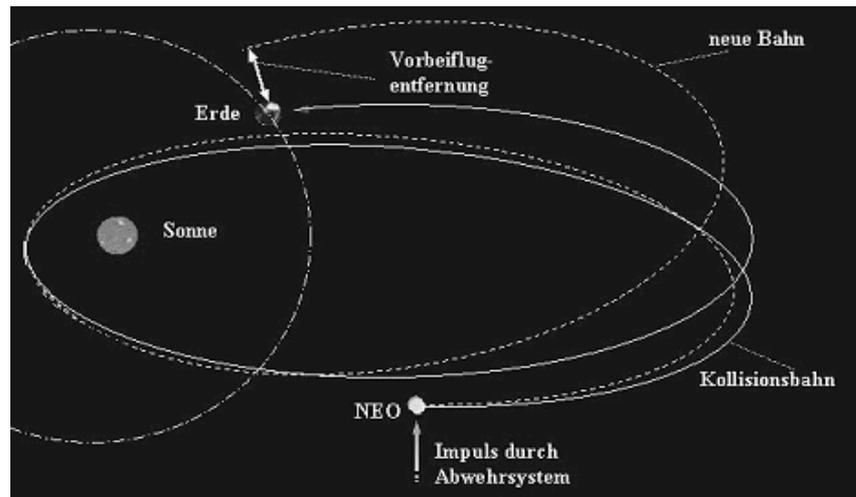


Abb. 4: Skizze der ursprünglichen und der geänderten Flugbahn eines NEOs

tigt wird, können auch bei einer eventuellen Integration eines modularen Abwehrsystems im Erdring nur relative kleine Abwehrsysteme eingesetzt werden.

Obwohl viele verschiedene Abwehrsysteme denkbar sind, erscheinen derzeit und in den nächsten Jahren nur die vier folgenden Abwehrprinzipien realisierbar:

- ein konventioneller chemischer Raketenantrieb,
- ein Impaktor,
- ein Nuklearsprengsatz oder
- ein Sonnenspiegel.

Ein Raketenantriebssystem, wie es in heutigen Trägerraketen eingesetzt wird, könnte zwar recht problemlos Verwendung finden, allerdings müsste der Treibstoff mittransportiert werden und

das System auf dem Himmelskörper landen, was die eigentliche Nutzlastmasse reduziert. Wegen ihrer begrenzten Leistung sind diese Systeme nur für kleinere NEOs (bis wenige 100 m Durchmesser) bei langer Vorlaufzeit (Jahrzehnte) einsetzbar.

Impaktor-Abwehrsysteme bestehen aus einem Geschoss, das mit hoher Geschwindigkeit den NEO trifft und dabei einen Krater formt. Das dabei weggeschleuderte Material erzeugt einen Impuls in die Gegenrichtung. So kann je nach Bahnkonstellation im Vergleich mit einem Raketenantrieb ein bis zu 100-fach höherer Impuls bei gleicher Systemmasse auf den NEO übertragen werden.

Nuklearsprengsätze können sowohl in einer gewissen Entfernung vom NEO, als auch auf



oder unter seiner Oberfläche gezündet werden. Bei gleichen Randbedingungen kann ein nuklearer Sprengsatz theoretisch mit einem bis zu 100.000-fach höheren Impuls auf den NEO einwirken als ein Raketenantriebssystem.

Neuere Analysen zeigen aber, dass ein aus einem Stück bestehender NEO bei einem solcher Impaktor-Einschläge oder einer Nuklearexplosion zerbrechen könnte, während ein „fliegender Geröllhaufen“ den Impuls wie ein Sandsack schlucken und seine Bahn kaum ändern würde. Die nuklearen Abwehrsysteme haben gegenüber den nicht-nuklearen eine viel höhere Leistung, allerdings ergeben sich eine ganze Reihe von Problemen und Gefahren. Denn neben den offensichtlichen Gefahren für Gesundheit und Umwelt beim Umgang mit radioaktiven Stoffen bzw. nuklearen Sprengsätzen, kann man auch eine versteckte militärische Forschung auf diesem Gebiet befürchten. Da ein nukleares Abwehrsystem wahrscheinlich sehr weit von der Erde entfernt gezündet werden würde, ergäbe sich daraus keine nennenswerte Belastung durch radioaktives Material für uns.

Ein erstes Experiment in Hinsicht auf die Untersuchung von Abwehrsystemen im All soll die Raumsonde „Deep Impact“ sein. Sie soll im Juli 2005 am 6 km großen Kometen Tempel-1 vorbeifliegen und einen 350 kg schweren Impaktor abwerfen. Dieser wird beim Einschlag auf den Kometen einen schätzungsweise 20 m tiefen und 100 m breiten Krater formen und Material auswerfen. Dieser Vorgang wird dann von der Raumsonde aus, im sicheren Abstand beobachtet. Dabei wird erwartet, dass sich der Komet leicht von seinem ursprünglichen Kurs entfernt – je nachdem wie effektiv die Impulsübertragung durch den Impaktor war. Durch die gewonnenen Resultate will man die theoretischen Modelle verbessern. Eine Gefährdung der Erde ist bei diesem Experiment aber absolut ausgeschlossen – dafür reicht der übertragene Impuls bei weitem nicht aus.

Eine Alternative zu diesen Systemen könnte ein aus Folien bestehendes Spiegelsystem sein, das in der Nähe des NEOs stationiert wäre und Sonnenstrahlung auf die NEO-Oberfläche fokussiert. Dadurch wird dort auf einer kleinen Fläche eine so hohe Temperatur erzeugt, dass Oberflächenmaterial verdampft und dabei, wie ein Raketenmotor, einen Schub erzeugt.

Die Idee, im Weltraum Sonnenenergie mittels Spiegelsystemen zu konzentrieren, wurde bereits 1923 von Hermann Oberth vorgestellt, damals mit dem Zweck, Industriegebiete auf der Erde auch nachts zu beleuchten oder Wasserstraßen eisfrei zu halten. Es dauerte allerdings 70 Jahre, bis aus dieser Idee das erste Experiment in Form des russischen Satelliten Znamya-2 entstand. Kernstück von Znamya-2 war ein 20 Meter großer segmentierter ebener Spiegel, bestehend aus einer dünnen metallbedampften Folie. Melosch und Njemschinow schlugen 1993 erstmals die

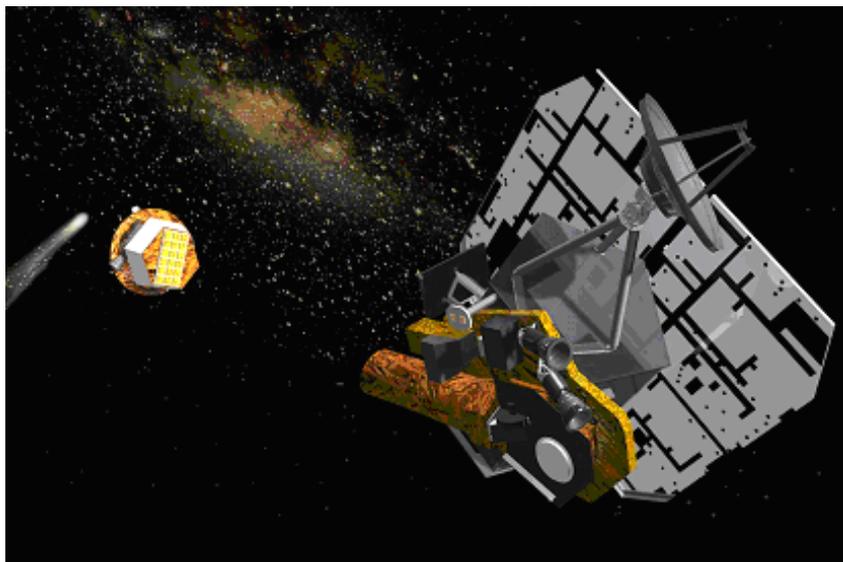


Abb. 5: Die Raumsonde Deep Impact (Quelle: JPL/NASA)

Anwendung eines Sonnenspiegels zur Abwehr erdnaheer Objekte vor. Dies wird seit einigen Jahren auch an der TU Dresden weiter untersucht.

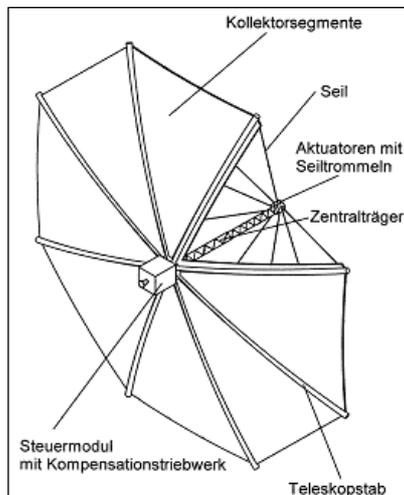


Abb. 6: Skizze eines Sonnenspiegelsystems (Quelle: L. Völker)

Für die Verdampfung des NEO-Oberflächenmaterials, was im Prinzip meteoritenähnliches Gestein ist, sind Temperaturen von etwa 2.000 °C und darüber notwendig. Dies wird durch die Bündelung der Solarstrahlung um den Faktor 1.000 bereits erreicht, wobei auf der beleuchteten Fläche („Spot“) Strahlungsintensitäten von über 1 Megawatt pro m<sup>2</sup> erreicht werden. Ein weiteres Problem stellt das verdampfende Material dar, da es sich im Laufe der Zeit als Staubschicht auf dem Spiegel niederschlagen kann, während schwerere Teilchen durch die hohe Geschwindigkeit von 1.000 m/s den Spiegel auch beschädigen können. Um dies zu vermeiden bzw. zu reduzieren, könnte eine mehrlagige Schicht transparenter Folien auf den Spiegel aufgebracht werden, die beim Erreichen eines bestimmten Verschmutzungsgrades einzeln entfernt würden. Sind alle Folien aufgebraucht,

kann eine weitere Verschmutzung nicht mehr vermieden werden. Eine andere Möglichkeit könnte darin bestehen, bewegliche Folien, ähnlich einem Rollo, vor dem Spiegel anzubringen. Ist ein definierter Verschmutzungsgrad erreicht, würde die Folie um einen Spiegeldurchmesser weiterbewegt werden. Hier wird die Betriebsdauer durch die Länge der Schutzfolie bestimmt.

Auch der Einsatz von kleinen Sekundärspiegeln zur Strahlumlenkung wurde vorgeschlagen. Die Sekundärspiegel sind relativ nahe an der Verdampfungsstelle positioniert, um so den weiter entfernten Hauptspiegel von der Staubquelle fern zu halten. Die Sekundärspiegel könnten mit einem Schutzfoliensystem ausgestattet sein oder auch komplett ausgetauscht werden.

Ein weiterer wichtiger Effekt ist die Aufweitung des reflektierten Strahls, da es sich bei der Sonne nicht um eine punktförmige Lichtquelle, sondern um einen Flächenstrahler handelt. Dieser Effekt steigt mit zunehmender Abstand des Spiegels vom Spot und auch mit sinkender Entfernung des Spiegels zur Sonne an. Somit erhält man für ein gegebenes System eine minimale Spotfläche, die sich durch Ausrichtungsfehler und schlechte Fokussierung noch vergrößert, was zu einer zusätzlichen Verringerung des Wirkungsgrades beiträgt.

Nimmt man eine NEO-Dichte von 3.500 kg/m<sup>3</sup> (Steinasteroid) und eine Ablenkungsdistanz zur Erde von 10 Erdradien an, so könnte ein 1 km großer NEO mit Hilfe eines 1,5 km großen Spiegels nach einjähriger Betriebsdauer des Reflektors abgelenkt werden. Die Systemmasse würde bei über 50 Tonnen liegen. Es zeigt sich, dass einige Spiegelsysteme eine relativ geringe Gesamtsystemmasse aufweisen und somit den anderen Konzepten für den Einsatz als NEO-Abwehrsystem vorzuziehen wären.

Um die technischen Probleme bei der Herstellung und dem Betrieb von Parabolspiegeln, die

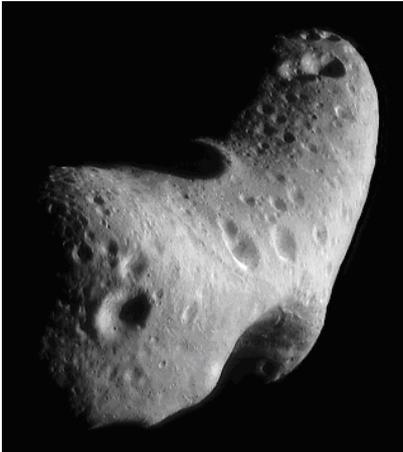


Abb. 7: 433 Eros als Beispiel für die ungleichmäßige Form der Asteroiden (Quelle: JHUAPL)

größer als 100 m sind, zu vermeiden, könnte eine der gleichen Fläche entsprechende Anzahl kleinerer Spiegel verwendet werden. Derzeit werden bei der ESA große Antennenstrukturen für künftige Weltraum-Anwendungen untersucht. Darauf könnte man zurückgreifen, um ein Spiegelsystem für Tests zu entwickeln.

Der absolute Schub wäre bei einem Spiegelsystem zwar relativ gering, jedoch würde der Gesamtimpuls bei einer Betriebsdauer von mehreren Wochen und Monaten ausreichen, um das Objekt nach einigen Jahren in genügend großer Entfernung an der Erde vorbei driften zu lassen. Das Spiegelsystem stellt eine vielversprechende Alternative zu den oben genannten Systemen dar, es sind aber noch viele Studien und Tests erforderlich, um dieses Abwehrsystem im Ernstfall bauen zu können. Ein möglicher „Show-Stopper“ wäre allerdings die gegebenenfalls sehr schnelle Verschmutzung des Spiegels - hier sind weiterführende Untersuchungen nötig.

### Vorwarnzeit

Ob ein Abwehrsystem erfolgreich eingesetzt werden kann, hängt auch entscheidend von der Vorwarnzeit ab. Die Vorwarnzeit ist definiert als Zeit zwischen Entdeckung des NEOs auf Kollisionskurs und dem Zeitpunkt des Vorbeifluges an der Erde, sofern die Abwehrmaßnahme erfolgreich war. Die Abwehrzeit ist der Zeitraum zwischen dem Einsatz des Abwehrsystems und dem gewünschten Vorbeiflug an der Erde, ist also in der Vorwarnzeit enthalten.

Zu der Abwehrzeit kommt also noch eine Vorbereitungsphase von etwa 4 bis 10 Jahren hinzu. Diese Vorbereitungsphase könnte allerdings durch heutige vorbereitende Aktivitäten, wie Systemstudien und erste Tests, deutlich verkürzt werden. Eine Verkürzung der Vorbereitungsphase um 1 bis 4 Jahre kann durchaus realisiert werden. Es erscheint derzeit sinnvoller, preisgünstige Studien und erste Tests durchzuführen, als ein komplettes Abwehrsystem zu bauen und auf den Ernstfall zu warten.

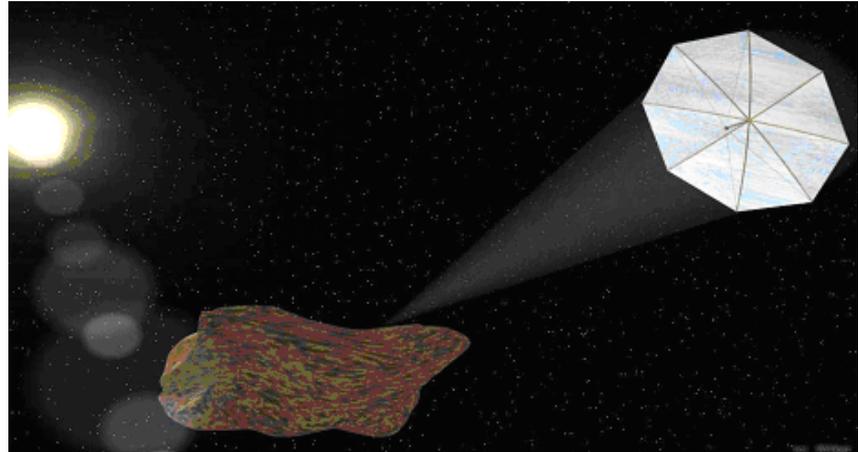


Abb. 8: Künstlerische Darstellung einer Sonnenspiegelmission (Quelle: L. Völker, B. Völker)

### Risikoanalyse

Der „Risk Management“-Ansatz im Projektmanagement bewertet die zu erwartende Eintrittswahrscheinlichkeit und die möglichen Folgen eines Risikos, um bedeutende von unbedeutenden Risiken zu trennen. Mit Hilfe einer Risiko-Matrix wird eine Einstufung vorgenommen, um die nötige Reaktion auf das jeweilige Risiko festzustellen.

Hohe Risiken sollten sofort und mit entsprechendem hohem Ressourceneinsatz angegangen werden, da sie eine hohe Wahrscheinlichkeit des Eintritts gekoppelt mit hohen Folgen aufweisen. Risiken, die selten eintreten können und dann auch nur geringe Folgen haben, werden als „niedrig“ eingestuft. In diesem Fall wird keine oder nur eine geringe Reaktion gefordert. Dazwischen gibt es Risiken auf einem mittleren Niveau, wie dies auch auf das Impact-Risiko zutrifft (geringe Wahrscheinlichkeit / extreme Folgen). Hier wird versucht, diese Risiken mit entsprechenden Maßnahmen in den Griff zu bekommen, damit sie nicht eintreten können. Sinnvollerweise wer-

den zur Risikovermeidung nur Ressourcen bis zu der Höhe der zu erwartenden Schäden bei Eintritt des Risikos ausgegeben, sofern nur finanzielle Folgen betrachtet werden.

### Kosten

Die Schätzung von Schäden, verursacht durch Impaktschäden als auch die der Kosten für Suchprogramme und Abwehrmissionen, ist schwierig. 1992 wurde auf dem „International Near-Earth Object Detection Workshop“ unter Leitung von David Morrison, Wissenschaftler bei der NASA, ein weltweit arbeitendes Suchprogramm vorgeschlagen, das einmalige Investitionskosten von etwa 50 Mio. US\$ für 6 Teleskope mit Infrastruktur, sowie jährliche Betriebskosten von 15 Mio. US\$ für 25 Jahre benötigen würde. Es ergeben sich daraus mittlere jährliche Kosten von 17 Mio. US\$. Würde man für die Untersuchung möglicher Abwehrsysteme zusätzlich 8 Mio. US\$ pro Jahr ausgeben, so errechnete sich eine Gesamtsumme für die weltweite Impaktvorsorge von 25 Mio. US\$ pro Jahr. Die NASA betreibt seit einigen Jahren ein „NEO Office“,

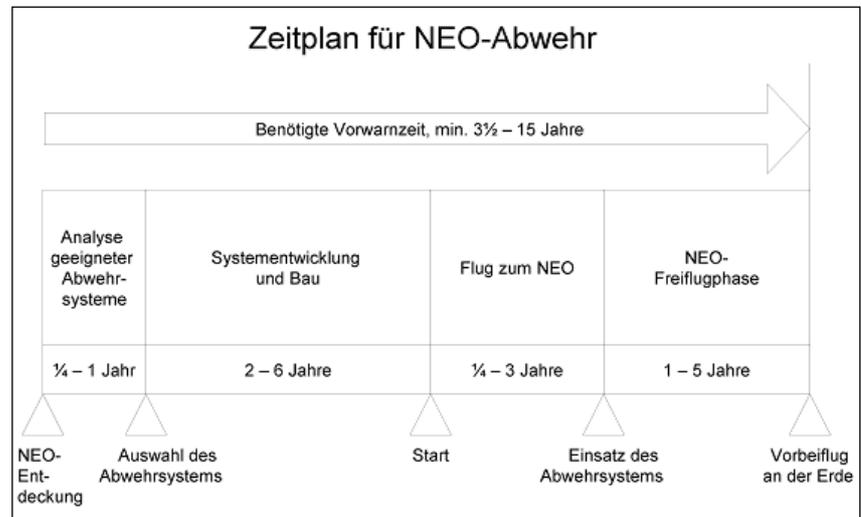


Abb. 9: Benötigte Zeitdauer für die Durchführung von Abwehrmaßnahmen



welches Suchaktivitäten unterstützt, mit einem Jahresbudget von 3 Mio. US\$. Die weltweiten Ausgaben für den gesamten Themenbereich können mit ca. 5 Mio. US\$ pro Jahr angenommen werden.

Dem gegenüber stehen die zu erwartenden Kosten durch Impaktsschäden und deren Folgen, die von Gregory Canavan auf 20 Billionen US\$ geschätzt wurden. Er ging davon aus, dass durch einen 2 km großen NEO die Weltwirtschaft zusammenbrechen und sich erst nach 20 Jahren erholen würde. In diesem Wert sind also die Verluste an Menschenleben, Kulturgütern, Naturlandschaften, etc. noch nicht enthalten. Rein finanziell betrachtet wäre es also vertretbar, bis zu 400 Mio. US\$ pro Jahr zur Impaktvorsorge und -vermeidung auszugeben, obwohl ca. 25 Mio. US\$ ausreichend wären, oder mit anderen Worten: 80-mal soviel, wie derzeit investiert wird. Selbst bei kleineren und damit wesentlich häufiger vorkommenden NEOs ist diese Rechtfertigung gegeben.

In einer an der TU Dresden von Kai Dürfeld durchgeführten Studie wurden die Kosten für NEO-Suchprogramme und Abwehrsysteme mit den zu erwartenden Schäden verglichen. Durch einen detaillierteren Ansatz als bei Canavan konnten realistischere Ergebnisse gewonnen werden, welche dessen Aussagen aber bestätigen. Tritt eines Tages der Ernstfall ein, so werden sicher Kosten im Bereich von mehreren 10 Milliarden US\$ für eine großangelegte internationale Abwehrmission zu erwarten sein – zum Vergleich: die weltweiten Militärbudgets betragen 750 Milliarden US\$ allein im Jahr 1997. Doch selbst wenn nur eine Milliarde der wohlhabendsten Erdbewohner für die NEO-Abwehr bezahlen würden, kämen auf jeden einzelnen Kosten von unter 100 US\$ zu – ein sehr niedriger Preis dafür, dass eine Impaktkatastrophe vermieden, sowie unzählige Menschenleben, Kulturgüter auf der ganzen Erde und auch die Weltwirtschaft gerettet würden.

Auch selbst dann, wenn in absehbarer Zeit keine Notwendigkeit für eine Abwehrmission bestehen sollte, was zu hoffen ist, wären die Aufwendungen für Such- und Erkundungsprogramme nicht umsonst gewesen, da sicher innerhalb der nächsten 30 Jahre mit der Ressourcennutzung erdnahe Objekte begonnen wird, wofür die zuvor gewonnenen Erkenntnisse und Technologien unentbehrlich sein werden.

## Fazit

Die Impaktproblematik wurde inzwischen auch in Europa erkannt. Bereits 1996 verabschiedete der Europa-Rat eine Resolution, die auf die Dringlichkeit weiterführender Aktivitäten auf diesem Gebiet hinwies. Weitere gleichlautende Empfehlungen seitens der Vereinten Nationen, der NEO-Task Force der britischen Regierung, der European Science Foundation und anderer Organisationen folgten, ohne dass es bislang zu den notwendigen umfassenden Maßnahmen gekommen

wäre. Neben einer Verstärkung der weltweiten Suchaktivitäten ist die eingehende Untersuchung möglicher Abwehrmaßnahmen von großer Wichtigkeit. Die von der ESA 2002 in Auftrag gegebenen Studien zu NEO-Erkundungs- und Suchmissionen stellen einen ersten wichtigen Schritt in diese Richtung dar.

Es bleibt nur zu hoffen, dass man auch in Deutschland und Europa die weitreichende Bedeutung dieses Themas nicht nur erkennt, sondern auch rechtzeitig beginnt, ausreichende Planungs- und Vorsorgemaßnahmen zu treffen, bevor es zum nächsten Einschlag eines Asteroiden oder Kometen kommt. Denn heutige Vorarbeiten können im Ernstfall wertvolle Zeit sparen und eventuell eine erfolgreiche Abwehrmission erst möglich machen.

Es ist schließlich nicht die Frage, ob uns ein weiterer Einschlag bevorsteht, sondern nur wann dies sein wird!

## Weiterführende Literatur

- Gehrels, Tom (ed.), Hazards due to Comets and Asteroids, The University of Arizona Press, Tucson, ISBN 0-8165-1505-0, 1994
- Gritzner, Christian, NEO-MIPA Hazard Mitigation Publication Analysis, Literatur-Studie zu NEOs von TU Dresden und Eurospace GmbH für die ESA, Jan. 2001
- Gritzner, Christian, Kahle, Ralph, Fasoulas, Stefanos, Solar Concentrators for NEO Deflection, Proceedings of the Asteroids, Comets, and Meteors Conference ACM 2002, Berlin, ESA SP-500, 2003
- Gritzner, Christian und Kahle, Ralph, Mitigation Technologies and Their Requirements (chapter 9), in: Belton, M.J.S., Morgan, T.H., Samarasinha, N.H., Yeomans, D.K. (eds.), Mitigation of Hazardous Comets and Asteroids, Cambridge University Press, 2004 (in Druck)
- Report of the Task Force on Potentially Hazardous Near Earth Objects, 2000, <http://www.nearearthobjects.co.uk>

## Internetquellen

Spaceguard Foundation e.V.: <http://spaceguard.dlr.de/sgf/>

NASA/JPL NEO Office: <http://neo.jpl.nasa.gov/>

NASA „Asteroid and Comet Impact Hazards“ <http://impact.arc.nasa.gov/index.html>

Minor Planet Center: <http://cfa-www.harvard.edu/jau/NEO/TheNEOPage.html>

## Spendenaktion

Die von Stefan Wotzlaw im vergangenen Sommer ins Leben gerufene Spendenaktion für **Jekaterina Bibikowa** läuft noch immer und kann neue Erfolge verbuchen:

*Unsere Schweizer Raumfahrtfreunde um Jürgen Dierauer haben bislang 920 Schweizer Franken gesammelt. Auf meinem Spendenkonto sind weitere 60 Euro von Sieglinde Gerasch (Vielen Dank!) eingegangen. Das Geld wird im Juli direkt in Moskau übergeben, wodurch wieder die hohen Überweisungsgebühren eingespart werden können.*

*Die Namen von 17 Spendern unserer Aktion sind in der russischen Zeitschrift „Kosmodrom“ Nr. 10/2003, Seite 24 veröffentlicht worden. Der Herausgeber der Zeitschrift, Oleg Urusow, dankt ausdrücklich allen Spendern. Ich freue mich auf weitere Spendeneingänge.*

### Hier das Spendenkonto:

Kontoinhaber: Stefan Wotzlaw  
Konto Nr.: 5410 308535  
BLZ: 800 200 87  
Hypovereinsbank Dessau

### Herzliche Grüße an alle, Stefan Wotzlaw, Dessau, Deutschland

Noch einmal zur Erinnerung: Am 17. Juni 2001 wurde Jekaterina, Tochter eines Raketeningenieurs aus Baikonur, bei einem Autounfall im Gebiet Woronesh schwer verletzt. Katja war zu diesem Zeitpunkt 12 Jahre alt. Sie erlitt Verletzungen an der Wirbelsäule, die zur Lähmung der Beine und der Beckenregion führten. Es erfolgten mehrere Operationen, die aber nicht den gewünschten Erfolg zeigten. Jekaterina blieb gelähmt.

Angesichts der komplizierten Verletzungen im Rückenmark befindet sich Jekaterina in einer Moskauer Privatklinik in Behandlung und macht beträchtliche Fortschritte. Der Klinikdirektor ist zuversichtlich, dass sie in eineinhalb Jahren auf ihren eigenen Beinen stehen könnte. Darin liegt nun das Kernproblem und die Bitte von Stefan an die Raumfahrtgemeinde: die Behandlung von Jekaterina Bibikowa ist sehr teuer. Der Behandlungstag kostet 3180 Rubel = 102 US-Dollar. Mit seinem Appell an die Solidarität innerhalb der internationalen Raumfahrtgemeinde ist es Stefan gelungen, bislang 3075 Euro und 1000 Dollar zu übergeben. Stefan trägt Sorge, dass das Geld direkt der Familie Bibikow zugute kommt und konnte bislang durch persönliche Freunde, das Geld stets direkt in Moskau aushändigen. Somit ist also gesichert, dass die Spenden ohne Umwege und in der vollen Höhe an den Adressaten gelangen. Vielleicht können auch Mitglieder der Mars Society und Marsenthusiasten einen kleinen Beitrag zu dieser menschlichen Aktion beitragen.



## Akins Gesetze für die Konstruktion von Raumfahrzeugen\*

1. Ingenieurwissenschaften haben etwas mit Zahlen zu tun. Analysen ohne Zahlen sind bestenfalls eine Meinung.
2. Um ein Raumfahrzeug korrekt zu entwerfen, bedarf es eines unendlichen Aufwandes. Daher ist es eine gute Idee, sie so zu konstruieren, dass sie auch dann noch funktionieren, wenn etwas schief geht.
3. Konstruieren ist ein Prozess des sich schrittweise Annäherns. Die notwendige Anzahl von iterativen Versuchen ist stets um einen höher als bisher durchgeführt. Das ist zu jedem Zeitpunkt wahr.
4. Deine besten Designs werden sich zum Schluss unweigerlich als unnützlich herausstellen. Lerne mit der Enttäuschung zu leben!
5. (Miller's Gesetz) Drei Punkte beschreiben eine Kurve.
6. (Mar's Gesetz) Alles ist linear, wenn es doppelt-logarithmisch mit einem fetten Eding-Marker gezeichnet wird.
7. Am Anfang eines Konstruktionsprojektes ist genau diejenige Person am wenigsten als Teamleiter geeignet, die es am meisten sein möchte.
8. In der Natur liegt das Optimum stets in der Mitte von etwas. Misstrauere jeder Behauptung, das Optimum liege bei einem extremen Punkt.
9. Dass man nicht über alle nötigen Informationen verfügt, ist niemals eine ausreichende Entschuldigung dafür, nicht mit der Analyse zu beginnen.
10. Wenn Du im Zweifel bist, mache eine Schätzung; in einer Notsituation, rate. Aber sei Dir darüber im Klaren, dass Du zurückrudern und den Mist bereinigen musst, wenn die richtigen Zahlen auf dem Tisch liegen.
11. Manchmal ist der schnellste Weg zum Ziel, alles hinzuschmeißen und von vorne zu beginnen.
12. Es gibt niemals nur die einzige richtige Lösung. Es gibt aber stets viele falsche.
13. Konstruktion basiert auf Anforderungen. Es gibt keine Rechtfertigung für ein Design, das auch nur ein klein wenig besser ist, als es die Anforderungen verlangen.
14. (Edison's Gesetz) „Besser“ ist der Feind von „gut“.
15. (Shea's Gesetz) Die Möglichkeit, eine Konstruktion zu verbessern, konzentriert sich oft auf die Schnittstellen. Diese sind auch der bevorzugte Ort, um alles zu vermässeln.
16. Alle Vorgänger, die eine ähnliche Analyse anstellten, hatten auch nicht den direkten Draht zur Weisheit. Daher besteht kein Grund, ihren Analysen mehr als Deinen eigenen zu trauen. Es gibt insbesondere keinen Grund, ihre Analysen als Deine eigenen zu verkaufen.
17. Die Tatsache, dass eine Analyse gedruckt erscheint, hat nichts damit zu tun, ob sie richtig ist..
18. Frühere Erfahrungen sind gut als Realitäts-test geeignet. Dennoch kann zu viel Realität einem ansonsten gelungenen Design zum Verhängnis werden.
19. Die Chancen, dass Du ungemein klüger bist als jeder andere auf Deinem Gebiet, stehen ziemlich schlecht. Wenn Deine Analyse sagt, Deine Endgeschwindigkeit entspricht dem Doppelten der Lichtgeschwindigkeit, ist es wahrscheinlicher, dass Du es einfach nur vermurkst hast, als dass Du den Warp-drive erfunden hast.
20. Ein schlechtes Design mit einer guten Präsentation wird schließlich scheitern. Ein gutes Design mit einer schlechten Präsentation wird sofort scheitern.
21. (Larrabee's Gesetz) Die Hälfte von dem, was Du während der Vorlesungen hörst, ist Müll. Bildung versucht rauszufinden, welche Hälfte es ist.
22. Wenn Du in Zweifel bist, mache eine Dokumentation. (Die Anforderungen an die Dokumentation ist kurz vor dem Abschluss eines Projektes am höchsten).
23. Der Zeitplan, den Du entwirfst, sieht aus wie eine pure Erfindung bis zu dem Zeitpunkt an dem der Kunde Dich feuert, weil Du ihn nicht einhältst.
24. Man nennt es „Arbeits-Aufteilung-Struktur“ (work-break down-structure) weil die verbleibende Arbeit (work) wächst bis Du einen Zusammenbruch (break down) hast, es sei denn, Du verschaffst dem Ganzen ein wenig Struktur (structure).
25. (Bowden's Gesetz) Nach einem Versagen auf dem Prüfstand, ist es immer möglich, die Analysen nachzubessern und zu zeigen, dass dort überall negative Randbemerkungen waren.
26. (Montemerlo's Gesetz) Mach nichts Dummes!
27. (Varsi's Gesetz) Zeitpläne bewegen sich immer nur in eine Richtung.
28. (Ranger's Gesetz) Im Leben ist nichts umsonst – auch ein Raketenstart nicht.
29. (von Tiesenhausen's Law of Program Management) Um eine korrekte Vorstellung über die letztendlich benötigten Ressourcen zu bekommen, multipliziere die Anfangsschätzung des Zeitbudget mit pi und verschiebe die Dezimalstelle der Kostenschätzung um eine Kommastelle nach rechts.
30. (von Tiesenhausen's Gesetz des Ingenieursdesigns) Wenn Du einen wirklichen Einfluss auf das Design eines neuen Systems haben willst, lerne zu zeichnen. Ingenieure konstruieren ein Fahrzeug immer so, dass es am Ende der ursprünglichen Zeichnung ähnelt.
31. (Mo's Gesetz der Evolutionären Entwicklung) Du wirst nie zum Mond gelangen, wenn Du ständig niedrige Bäume besteigst.
32. (Atkin's Law der Demonstration) Wenn die Hardware mal wirklich perfekt funktioniert, dann lässt sich keiner der wirklich wichtigen Zuschauer blicken.
33. Der Weltraum ist eine Umwelt, die nichts verzeiht. Wenn Du etwas in der Konstruktion vermässelst, wird jemand sterben (und es gibt dann auch kein bisschen Beifall dafür, dass die meisten Analysen richtig waren...)

\*Ich war während meines ganzen Berufslebens mit Raumschiffen und deren Konstruktion beschäftigt. Ebenso habe ich von Anbeginn an auf dem höheren Niveau Raumfahrtingenieure ausgebildet. Ich lehrte 10 Jahre lang am MIT und dann länger als 10 Jahre an der Universität von Maryland. Dies hier sind ein paar der Weisheiten, die ich in all der Zeit aufgenommen habe. Einige konnte ich durch die Erfahrung anderer gewinnen, die meisten jedoch habe ich aus den eigenen Misserfolgen erkennen müssen. Ursprünglich habe ich diese aufgeschrieben und sie meinen höheren Semestern als Ratschläge, wie man meine Fehler vermeiden kann, mit auf den Weg gegeben. Monate später erhielt ich einen Anruf von meinem Freund aus Kalifornien, der mir zu meinen „Gesetzen“ gratulierte, die er als „Witz des Tages“ irgendwo im Web gelesen hatte. Seitdem sind mir mehrere Webseiten über den Weg gelaufen, die verschiedene Ausgaben dieser „Gesetze“ veröffentlichten. Zum Beispiel hat eine Internetseite sie in die „Regeln der zertifizierten öffentlichen Steuerberatung“ (Frage mich nicht ...) umgewandelt. Jeder ist willkommen, meine Gesetze zu verlinken, sie zu nutzen, sie zu versenden, mir zusätzliche Vorschläge zu schicken. Aber ich bestehe darauf, dass diese Liste hier die verbindliche Liste von „Akin's Laws of Spacecraft Design“ ist.



BESUCHEN SIE UNSERE HOMEPAGE  
[HTTP://WWW.MARSSOCIETY.DE](http://www.marssociety.de)



ARCHIMEDES

# DESTINATION MARS

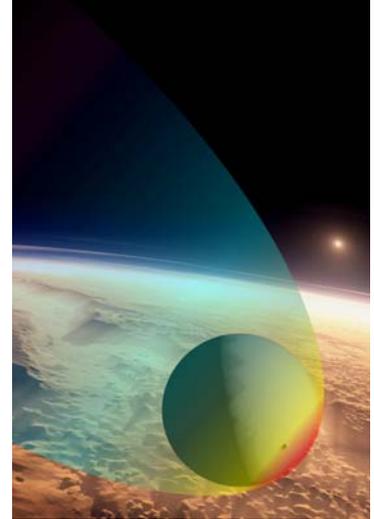
EINE BALLONMISSION ZUM ROTEN PLANETEN



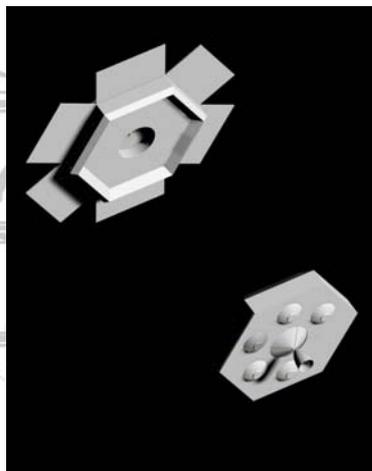
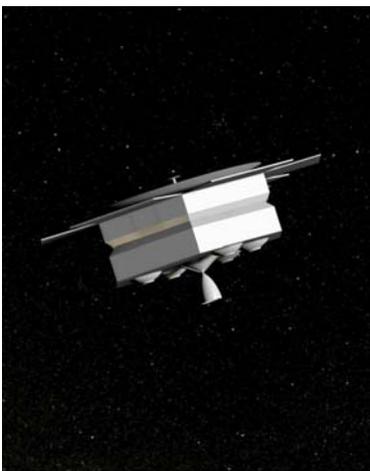
MARS SOCIETY  
DEUTSCHLAND E.V.

# ARCHIMEDES

AERIAL ROBOTIC CARRYING HIGH RESOLUTION IMAGING,  
A MAGNETOMETRIC EXPERIMENT AND DIRECT ENVIRONMENTAL  
SENSING INSTRUMENTS

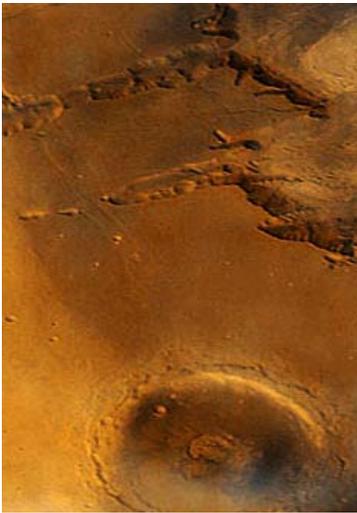


Zur Erkundung des Planeten Mars und seiner Atmosphäre wird das technologisch/wissenschaftliche Ballon-Projekt ARCHIMEDES vorgeschlagen. Hierbei soll zum ersten Mal ein Überdruckballon mit wissenschaftlichen Instrumenten in der Marsatmosphäre eingesetzt werden. Ziel dieser Mission ist es, Atmosphärendaten in verschiedenen Höhen direkt zu messen, vertikale Oberflächenstrukturen aus einer schrägen Perspektive aufzunehmen und das Krustenmagnetfeld aus einer Position unterhalb der Mars-Ionosphäre zu untersuchen. Ferner kann durch die Verfolgung des Ballons ein Einblick in die Strömungen innerhalb der Marsatmosphäre erlangt werden. Der Flug zum Mars ist mit der Raumsonde AMSAT-P5-A für die Flugoption 2007 oder 2009 geplant. P5-A ist ein Orbiter, welcher gleichzeitig als Relaisatellit die Kommunikation mit dem Planeten Erde sicherstellt und mittels Radio Ranging die Position des Ballons bestimmen kann.



Die Raumsonde ARCHIMEDES wird nach erfolgreichem Einschwenken des AMSAT-P5-A in eine Umlaufbahn um den Mars zusammen mit dem Antriebsmodul (Joint Propulsion System - JPS) abgetrennt, und führt selbsttätig ein De-Orbit-Manöver durch, welches es auf einen Eintrittskurs in die Atmosphäre bringt. Anschließend wird der Ballon aufgeblasen und das Antriebsmodul mit dem Aufblassystem vom Fahrzeug getrennt. Nachdem ARCHIMEDES in die Marsatmosphäre eingetaucht ist und eine genügend geringe Geschwindigkeit erreicht hat, werden die Nasenkappe, welche die Nutzlastgondel beim Eintritt schützt, sowie eine Schutzdecke, welche den Ballon schützt, abgetrennt. Hiernach wiederum wird die Gondel vom Ballon getrennt und an einem Aufhängeseil herabgelassen, so dass ein genügend großer Abstand der Solarzellen zum großen Ballon eingestellt wird. Danach kann der Ballon auf seine vorgesehene Einsatzflughöhe von ca. 2 km über der Mars-Referenz von 0 km absinken.

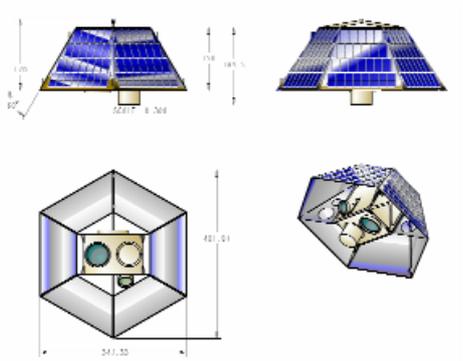
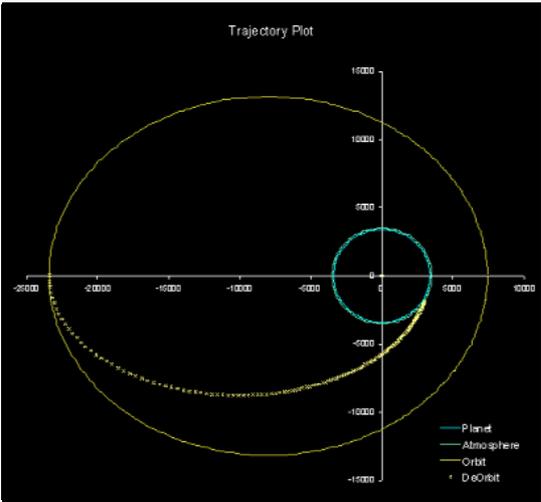
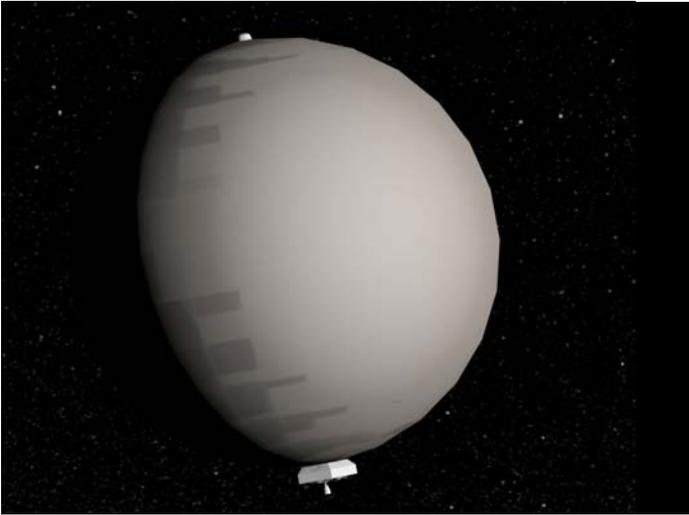
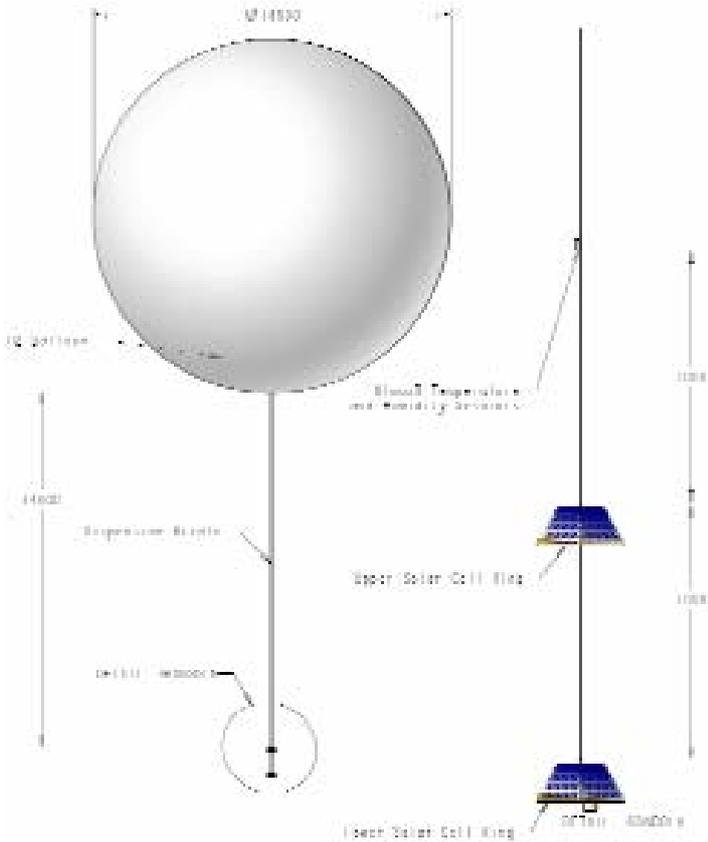




# TRENNUNG, ENTFALTUNG UND EINTRITT

Der Forschungsballon ARCHIMEDES ist für eine Einsatzflughöhe von 2 km über der Nulllinie der Marsoberfläche vorgesehen. Über der nördlichen Tiefebene entspricht das einem maximalen Bodenabstand von 7 km. Die erwartete Mindestlebensdauer für das Flugsystem beträgt 10 Tage. Hinsichtlich des Betriebes von ARCHIMEDES ist jedoch für den Fall, dass das Gerät länger funktioniert keine zeitliche Beschränkung vorgesehen.

EINTRITTSBEDINGUNGEN	
Zeit Trennung / Eintritt	6,5 h
Eintrittsgeschwindigkeit	ca. 4,6 km/s
Eintrittsmasse	ca. 55 kg
Ballistischer Koeffizient	0,45 kg/m <sup>2</sup>



Die Kommunikation mit der Raumsonde ARCHIMEDES kann über den Betrieb des Orbiters P5-A erfolgen. Hierzu steht der AMSAT eine 20 km-Reflektorantenne in Bochum und die 30 m Reflektorantenne in Weilheim zur Verfügung. Darüber hinaus wird der Telemetrie-Empfang bereits mit einer 3 m-Reflektorantenne möglich sein, so dass mit einer aktiven Beteiligung des Amateurfunknetzwerkes gerechnet werden kann.

# WISSENSCHAFTLICHE NUTZLAST

Die Raumsonde ARCHIMEDES selbst besteht im wesentlichen aus dem Überdruckballon und der Gondel, welche die wissenschaftlichen Instrumente, den Bordcomputer, die Energieversorgung und die Datenkommunikation enthält.

Die Gondel des Ballons ist voraussichtlich mit drei wissenschaftlichen Instrumenten bestückt. Dabei handelt es sich um eine hochauflösende Kamera für Aufnahmen aus einer schrägen Perspektive, ein Magnetometer zur Messung von räumlichen Änderungen im residualen Krustenmagnetfeld und zum Studium der Wechselwirkung des Planetenkörpers mit dem Magnetfeld des solaren Windes sowie ein Wetterpaket bestehend aus einem Thermometer, einem Barometer und einem Hygrometer (zur Messung der Luftfeuchte). Die atmosphärischen Umweltsensoren, genannt „AtmosB“, werden vom Finnischen Meteorologischen Institut (FMI) in Helsinki bereitgestellt. Das Magnetometer wird vom Institut für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig kommen.

Schließlich ist noch ein weiteres Experiment geplant. Da der Ballon nicht steuerbar ist, wird er von Winden getrieben. Zu verschiedenen Zeitpunkten lässt sich die Position des Ballons durch Radio Ranging vom Satelliten aus bestimmen. Eine weitere Möglichkeit hierzu bietet die Auswertung der Bilder. Dadurch sollte es möglich sein, den Flug des Ballons über der Oberfläche zu verfolgen und damit Erkenntnisse über Atmosphärenbewegungen auf dem Mars zu bekommen. Neben den Experimenten in der Gondel sind auch Experimente im Weltraum und während des Eintritts geplant. Ein Instrumentenpaket namens COMPARE, beigesteuert vom Institut für Raumfahrtssysteme der TU Stuttgart, soll die Aufheizung im Hyperschall-Verdichtungsstoß sowie den Staudruck messen. Beschleunigungssensoren im Accelerometric Measurement System (AMS), gebaut vom Institut für Computertechnik und theoretische Informatik der Rumänischen Akademie in Iasi, wird die Abbremsung von ARCHIMEDES in der hohen Atmosphäre messen und daraufhin Rückschlüsse über die Struktur der oberen Atmosphärenschichten zulassen.



1938

## ENERGIEVERBRAUCH TAG

	Max. Leistung (W)	Anzahl Messungen	Betriebsdauer (h)	Energie (Wh)
Kamera	1,00	12	0,03	0,03
Magnetometer	0,50	41'340	11,48	5,74
Atmosph. Sensoren	0,50	368	0,77	0,38
Bord Computer	0,80		12,25	9,80
Sender / Empfänger	0,44		0,77	1,49
Spannungsregelung	0,10		12,25	1,23

**18,67**

## ENERGIEVERBRAUCH NACHT

	Max. Leistung (W)	Anzahl Messungen	Betriebsdauer (h)	Energie (Wh)
Kamera	1,00	0	0,00	0,00
Magnetometer	0,50	41'340	11,48	5,74
Atmosph. Sensoren	0,50	368	0,77	0,38
Bord Computer	0,10		1,00	1,93
Sender / Empfänger	0,44		0,77	1,49
Spannungsregelung	0,10		12,25	1,23

**10,77**



## DAS ARCHIMEDES-KONZEPT

Die Ähnlichkeit des Mars mit der Erde macht ihn zu einem geologisch wie klimatologisch sehr interessanten Forschungsobjekt. In diesem Zusammenhang ist auch der Einsatz von Forschungsballonen überaus erstrebenswert, und so wurden für den Mars immer wieder verschiedene Geräte dieser Art vorgeschlagen.

Bisherige Untersuchungen zu Überdruckballonen für den Einsatz auf dem Mars, die hauptsächlich vom JPL/NASA durchgeführt wurden, scheiterten meist an der technischen Realisierung des Entfaltungsprozesses. Dieser soll nach gängigen Konzepten während der Abstiegsphase an einem Fallschirm durchgeführt werden. Dieser Prozeß, welcher auf der Venus bereits erfolgreich demonstriert wurde, wird auf dem Mars erheblich erschwert. Im Gegensatz zur Venus hat der Mars eine ausgesprochen dünne Atmosphäre, so daß eine genügend geringe Sinkgeschwindigkeit zum Aufblasen des Ballons einen sehr großen Fallschirm erfordert. Darüber hinaus stellt eine funktionsfähige und sichere Methode zum Füllen eines Ballons beim Absinken unter einem Fallschirm eine extrem große technische Herausforderung dar. Die Arbeiten der CNES zum Mars '94 Ballon sowie Untersuchungen im Rahmen des Mars Aerobot Validation Programs am Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA zwischen 1997 und 2002 belegen dies. Probleme sind immer die zu hohen Materialanforderungen an die Ballonhaut, sowie das chaotische Verhalten des Ballons unter dem großen Fallschirm. Hinzu kommen Unsicherheiten in den Atmosphärenparametern sowie Unsicherheiten in der Ereignissequenz vom Atmosphären Eintritt bis zum Einsatz, welche ein rechtzeitiges Aufblasen des Ballons vor Ankunft auf dem Boden gefährden.

Für ARCHIMEDES wurde trotz anfänglicher Analogien zu bestehenden Konzepten nun ein völlig neues Konzept entwickelt: die sogenannte ISIC-Methode (In Space Inflation Concept). Hierbei wird zum ersten Mal eine neuartige Methode betrachtet, wonach der Ballon bereits weiter draußen im Weltraum beim Anflug auf den Planeten aufgeblasen wird. Auf diese Weise kann der Ballon selbst als großer Widerstandskörper genutzt werden, und die überaus kritischen Manöver und Ereignisse innerhalb der Marsatmosphäre entfallen. Zudem kann das Raumfahrzeug sehr viel einfacher und weniger komplex aufgebaut werden, und viele Komponenten wie der Fallschirm entfallen ganz. Dadurch, daß der Ballon so groß und gleichzeitig so leicht ist, wird bereits in Atmosphärenschichten von sehr geringer Dichte eine vergleichsweise hohe Abbremsung bewirkt. Dieser Effekt ist vor allem deshalb von Vorteil, weil der große Ballon bereits sehr früh eine sehr geringe Geschwindigkeit erreicht, und dann sehr langsam auf seine Einsatzflughöhe absinkt, so daß im normalen Missionsablauf keine Gefahr des Bodenkontakts besteht.

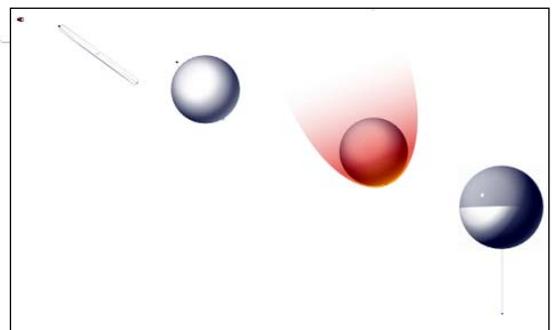
Mithin können die hierin gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse für künftige Aerobraking/Aerocapture Manöver genutzt werden. Bei dieser Form von Raumflugmanövern wird für eine Geschwindigkeitsänderung anstelle von Raketentriebwerken die obere Atmosphäre von Planeten benutzt, was mit einer großen Treibstoffersparnis verbunden ist. Für derartige Manöver, aber auch für schwere Landefahrzeuge wie große Rover, wird die Anwendung großer, aufblasbarer Widerstandskörper favorisiert. Die starren Schilde, welche bisher zur Anwendung kommen, werden für schwerere Fahrzeuge so groß, daß sie nicht mehr in einem Stück in einer Rakete untergebracht werden können.



Konzept für den Mars 94 Ballon der CNES.

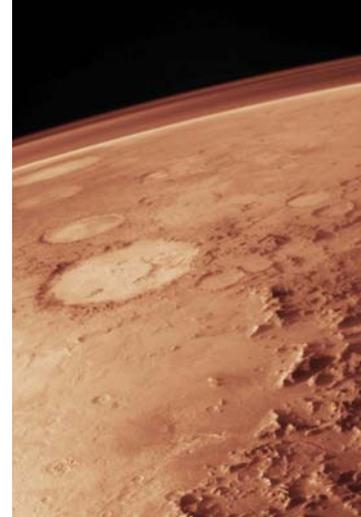


Konzept des NASA-Ballons



ARCHIMEDES-Konzept

# BESONDERE TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNGEN

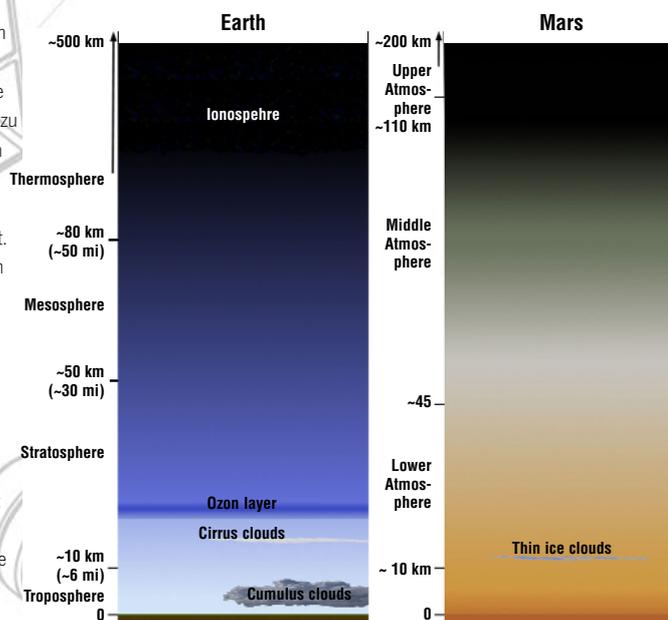


Bisher durchgeführte Überlegungen zu diesem Konzept zeigten keine prinzipiellen physikalischen Hinderungsgründe auf. Die maximalen aerodynamischen Kräfte beim Eintritt in die Marsatmosphäre sind über eine Größenordnung geringer als der Innendruck des Ballons, welcher 5 hPa beträgt. Die auftretende Wärme sollte der Ballon ohne große Aufheizung abstrahlen können. Die große Herausforderung bei diesem Konzept besteht darin, den Ballon vor der lokalen Staupunkt-Aufheizung und dem möglicherweise zu hohen Strahlungsaustausch mit dem Verdichtungsstoß im Hyperschall zu schützen, sowie die Zerstörung der Oberfläche durch das Plasma und den Hyperschallpartikelstrom aus Marsstaub zu verhindern.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Verpackung und Lagerung der Ballonhaut. Sie muß im Vakuum die Reisezeit von ca. 6 Monaten überstehen und sich anschließend ohne größere Probleme entfalten lassen. Hinzu kommt, daß die große Hülle nach ihrer Faltung evakuiert werden muß, um zu verhindern, daß Lufteinschlüsse bei ihrer schnellen Expansion während des Fluges vom Boden hinaus in eine Umlaufbahn die Haut zerreißen.

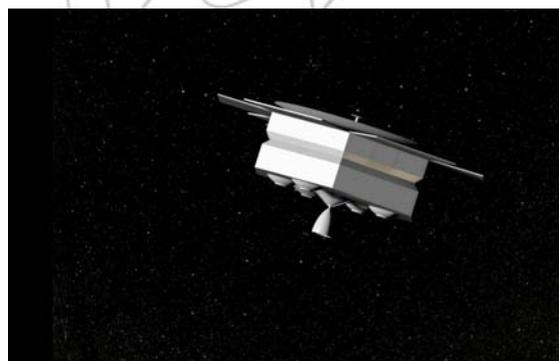
Die Atmosphäre des Mars wird allgemein als aus 97% CO<sub>2</sub> und 3% N<sub>2</sub> bestehend angenommen. Es bestehen noch Unklarheiten bzgl. der genauen chemischen Zusammensetzung und insbesondere über den Gehalt an Staub, der bis in sehr hohe Atmosphärenschichten anzutreffen ist. Die Dichte der Atmosphäre des Mars ist außerordentlich gering. Dies stellt eine entscheidende Randbedingung dar, da sowohl die Luftkräfte als auch die thermischen Lasten sinken. Andererseits sind chemische Nichtgleich-

## VERGLEICH DER ERD- UND MARSATMOSPHERE



gewichtsphänomene zu beachten, die die Temperatur in der Stossschicht erhöhen. Der Einfluß der Staubpartikel muß ebenfalls noch näher untersucht werden, da sie erhöhte mechanische und thermische Lasten verursachen werden.

Die zweite besonders wichtige technische Herausforderung besteht in der Realisierung der geforderten Datenübertragungskapazität. Da der sich im Orbit um den Mars befindliche P5-A Satellit seine Hochgewinnantenne immer zur Erde gerichtet haben wird, steht zur Kommunikation mit dem Ballon satellitenseitig lediglich eine Rundstrahlantenne zur Verfügung.





# BESONDERE TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Gleichzeitig jedoch ist der Ballon nicht aktiv navigierbar, ja es ist sogar gewünscht, dass der Ballon den Winden überlassen wird und frei driften kann (der Ballon ist ein Testkörper in den Strömungen der Marsatmosphäre). Damit sind die genaue Position, bzw. der Zeitpunkt und die Richtungswinkelangaben der Ballongondel für den P5-A Orbiter nicht vorhersagbar. Mithin kann also auch die Orientierung der Gondel nicht beeinflusst werden, da sie an einem flexiblen Seil hängt, und der Ballon sich zudem selbst drehen kann. folglich kann auch auf Seiten von ARCHIMEDES nur eine Rundstrahlantenne in Frage kommen, außerdem muß der Kommandoempfänger der Ballongondel kontinuierlich für ein Signal vom Orbiter empfangsbereit sein. Gepaart mit den hohen Anforderung an ein geringes Gewicht und eine geringe Leistungsaufnahme bedarf somit das Linkdesign sowie der Entwurf des Telekommandoempfängers und Telemetriesenders besonderer Aufmerksamkeit.

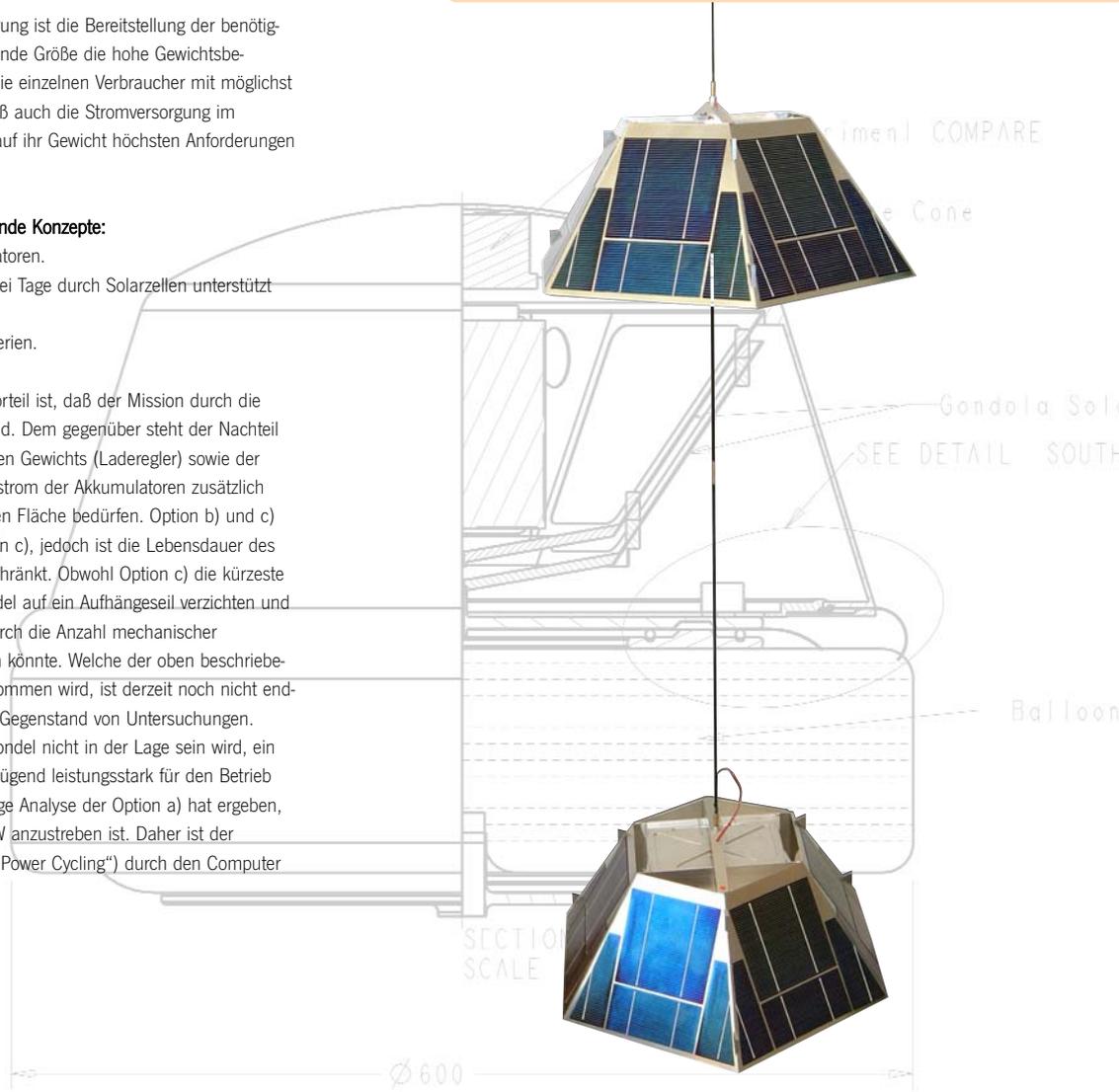
Die dritte große technische Herausforderung ist die Bereitstellung der benötigten Energie. Hier wiederum ist die treibende Größe die hohe Gewichtsbeschränkung der Gondel. Während also die einzelnen Verbraucher mit möglichst wenig Energie auskommen müssen, muß auch die Stromversorgung im Hinblick auf den Eigenverbrauch sowie auf ihr Gewicht höchsten Anforderungen genügen.

**Zur Diskussion stehen gegenwärtig folgende Konzepte:**

- a) Betrieb mit Solarzellen und Akkumulatoren.
- b) Betrieb mit Primärbatterien, welche bei Tage durch Solarzellen unterstützt werden.
- c) Betrieb ausschließlich mit Primärbatterien.

Option a) ist die Baseline Option. Der Vorteil ist, daß der Mission durch die Batterieladung keine Grenzen gesetzt sind. Dem gegenüber steht der Nachteil der höheren Komplexität und des höheren Gewichts (Laderegler) sowie der Tatsache, daß die Solarzellen vom Ladestrom der Akkumulatoren zusätzlich belastet werden und damit einer größeren Fläche bedürfen. Option b) und c) hingegen sind einfacher, vor allem Option c), jedoch ist die Lebensdauer des Ballons durch die Stromversorgung beschränkt. Obwohl Option c) die kürzeste Lebenserwartung hätte, könnte die Gondel auf ein Aufhängeseil verzichten und direkt am Ballon befestigt werden, wodurch die Anzahl mechanischer Funktionen noch weiter reduziert werden könnte. Welche der oben beschriebenen Optionen tatsächlich zum Einsatz kommen wird, ist derzeit noch nicht endgültig entschieden und ist zur Zeit noch Gegenstand von Untersuchungen. Fest steht jedoch schon jetzt, daß die Gondel nicht in der Lage sein wird, ein Power System mitzuführen, welches genügend leistungsstark für den Betrieb aller Geräte ist. Wenigstens eine vorläufige Analyse der Option a) hat ergeben, daß eine Leistungsbeschränkung von 2W anzustreben ist. Daher ist der abwechselnde Betrieb der Geräte (sog. „Power Cycling“) durch den Computer zu kontrollieren.

MASSENABSCHÄTZUNG GONDEL (KG)	
Struktur, Aufhängung	0,21
Batterie	0,26
Solar-Zellen	0,37
Elektronik	0,70
e-box	0,20
Antenne	0,20
Thermal	0,30
Verkabelung	0,40
Wissenschaftliche Sensoren	0,75
<b>Gondel Total</b>	<b>3,39</b>
<b>Gondel Reserve</b>	<b>0,34</b>
<b>Gondel Total mit Reserve</b>	<b>3,73</b>



# TEAM UND PARTNER

ZUM ZEITPUNKT DES ERSCHEINENS DIESER VERÖFFENTLICHUNG TRAGEN FOLGENDE KÖRPERSCHAFTEN ZUR UNTERSUCHUNG DER ARCHIMEDES MISSION BEI:

## PRIVATE KÖRPERSCHAFTEN:

- MARS SOCIETY DEUTSCHLAND E.V.
- AMSAT DEUTSCHLAND E.V.

## UNIVERSITÄRE EINRICHTUNGEN:

- INSTITUT FÜR RAUMFAHRTTECHNIK, INSTITUT FÜR LEICHTBAU UND INSTITUT FÜR THERMODYNAMIK, UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN
- INSTITUT FÜR RAUMFAHRTSYSTEME UND INSTITUT FÜR STATIK UND DYNAMIK DER LUFT- UND RAUMFAHRTSTRUKTUREN, TU STUTT GART.
- INSTITUT FÜR GEOPHYSIK UND METEOROLOGIE, TU BRAUNSCHWEIG
- FINNISCHES METEOROLOGISCHES INSTITUT, HELSINKI
- LEHRSTUHL FÜR RAUMFAHRTTECHNIK, HOCHSCHULE BREMEN
- DLR ZENTREN STUTT GART UND BERLIN
- ICS INTITUTE FOR COMPUTER SCIENCE, TECHNISCHE UNIVERSITÄT IASI, RUMÄNIEN

## KOMMERZIELLE PARTNER:

- OHB SYSTEM GMBH, BREMEN
- IABG MBH, OTTOBRUNN
- CALIBRAGE SARL, MARSEILLE



MARS SOCIETY  
DEUTSCHLAND E.V.



AMSAT-DL



IASI - ROMANIA



DLR



L'Entreprise de Télémétrage