

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

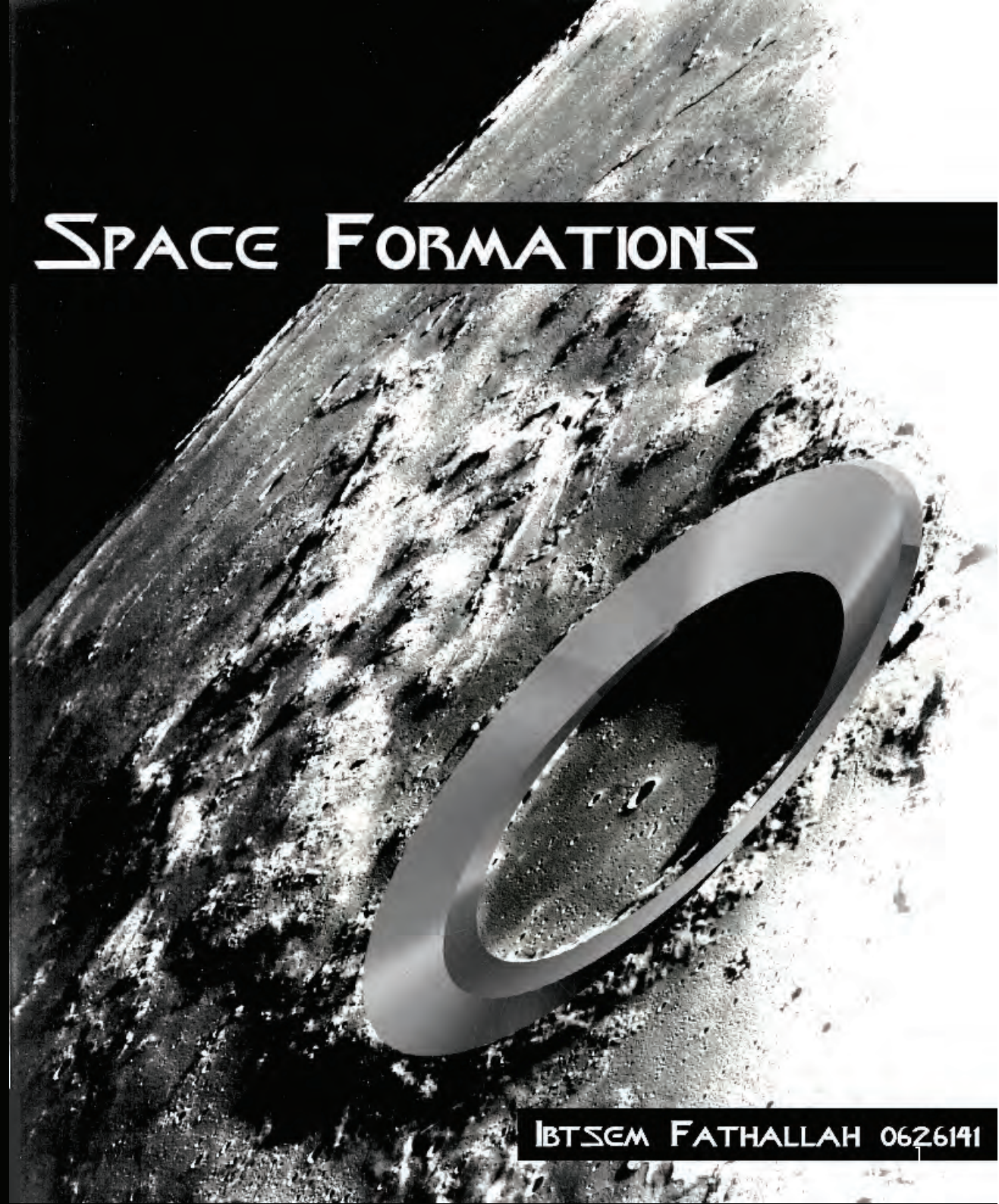
<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

SPACE FORMATIONS



IBTSEM FATHALLAH 0626141

DIPLOMARBEIT

SPACE FORMATIONS

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung

Ass.Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn. Mladen Jadric
E253 Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von
Ibtisem FATHALLAH
0626141

A black and white image of a handwritten signature in white ink on a black background. The signature is stylized and appears to read 'Ibtisem Fathallah'.

Wien, am 1.5.2015

SPACE FORMATIONS

**An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei all denjenigen bedanken die
mich bei meiner Diplomarbeit unterstützt haben.
Besonderer Dank gilt meinen Eltern die mich in allen Phasen des
Studiums unterstützt haben.**

DANK!

INDEX

01	EINLEITUNG	11
02	KLEINES TRANSPORTVOLUMEN	15
03	WELTLAUF IM ALL: Pioniere der Raumfahrt	
	03.1 Einleitung.....	19
	03.2 Raketen-Raumfahrt-Pioniere Ziolkowski & Oberth.....	19
	03.3 Auf für Verein für Raumschiffahrt in Berlin.....	23
	03.4 Hermann Noordung.....	25
	03.5 Mars in Greifbarer Nähe.....	29
	03.6 Mursat 1 im Orbit.....	33
	03.7 Architektur fürs Extreme.....	37
	03.8 Mensch oder Maschine.....	39
	03.9 Planen für das Unbekannte.....	41
04	APOLLO 13	
	04.1 Besatzung.....	45
	04.2 Vorbereitung.....	47
	04.3 Flugverlauf	
	04.3.1 Start.....	47
	04.3.2 Der Saturn-Einschlag.....	49
	04.3.3 Der Unfall.....	49
	04.3.4 Landung.....	53
	04.4 Verbleib des Raumfahrzeuges.....	53
	04.5 Ursache des Unglücks.....	53
	04.5.1 Die Sauerstofftanks.....	55
	04.5.2 Versäumnisse.....	55
	04.5.3 Die Explosion.....	57
	04.6 Bedeutung für das Apollo-Programm.....	59
05	DER FLUG ZUM MARS	
	05.1 Einleitung.....	63
	05.2 Antrieb.....	63
	05.3 Chemische Antrieb.....	65
	05.4 Zeitfaktor.....	67
	05.5 Umweltkontrollsysteme und Vorräte.....	67
	05.6 Atmosphäre.....	68
	05.7 Verbrauch an Atmosphäre.....	69
	05.8 Stickstoff.....	69
	05.9 Sauerstoff.....	70
	05.10 Organische, geschlossene Systeme.....	71
	05.11 Wasserbedarf.....	71
	05.12 Nahrung.....	75
	05.13 Abfälle.....	77
	05.14 Fazit.....	77
	05.15 MAVEN	
	05.15.1 Hintergrund.....	79
	05.15.2 Struktur.....	79
	05.15.3 Instrumentierung.....	79
	05.16 MARS ONE	
	05.16.1 Finanzierung.....	81
	05.16.2 Voraussetzungen.....	81
	05.16.3 Technologie.....	81
	05.16.4 Ablaufplan.....	83
	05.16.5 One-Way-Ticket zum roten Planeten?.....	85
	05.16.6 Einsame Helden einer kosmischen Big-Brother-Show.....	85
	05.16.7 Knochen-und Muskelschwund machen Astronauten zu schaffen.....	89
	05.17 ROBERT ZUBRIN	
	05.17.1 Engagement für den Marsflug.....	93
	05.17.2 Robert Zubrin will mit bestehender Technologie bereits in zehn Jahren auf dem Mars landen.....	93
	05.17.3 Mars to Stay.....	97
	05.17.4 Mars Direct.....	103

06	NASA / BIGELOW AEROSPACE	
06.1	NASA.....	111
06.2	BIGELOW AEROSPACE.....	111
06.3	ESA.....	113
07	NEUE RAUMSTATIONSMODULEN	
07.1	Konzeptentwurf BIGELOWAEROSPACE.....	121
07.2	BA 330 „Nautilus“	127
07.3	BA 2100.....	127
08	ISS - RAUMSTATION	
08.1	Beteiligte Länder.....	131
08.2	Vorgeschichte.....	133
08.3	Aufbauchronik.....	135
08.4	Mögliches Ende der Station.....	135
08.5	Versorgung.....	137
08.5.1	Progress.....	137
08.6	Besatzungen.....	139
08.7	Besonderheiten.....	141
08.8	Module.....	141
08.8.1	Wohn- und Arbeitsmodule.....	141
08.8.2	Nicht unter Druck stehende Module.....	145
08.8.3	Künftige Module - frühestens 2015.....	147
08.8.4	Gestrichene Module und Projekte.....	149
08.9	Energieversorgung.....	151
08.10	Kühlung.....	153
08.11	Datenübertragung.....	155
08.12	Kosten.....	155
08.13	Beobachtung der Station von der Erde aus.....	157
09	WELTRAUMURLAUB	
09.1	Wann kann das Weltraumhotel gebucht werden?..	161
09.1.1	Bigelow Aerospace plant aufblasbare Module.....	161
09.1.2	Realisierung 2015-ist das realistisch?.....	161
09.2	Schwerelosigkeit bei Parabelflügen erleben.....	163
09.2.1	Das spezielle Reiseerlebnis im umgebauten Airbus A300.....	163
09.3	Flug ins All: Unternehmen, die das ermöglichen.....	167
09.3.1	Das Unternehmen Space Adventures.....	167
09.3.2	Das Unternehmen Virgin Galactic und sein Space Ship Two.....	167
09.4	Gibt es einen Markt für Flüge ins All?.....	169
09.4.1	Reisen ins All für Jedermann.....	169
09.4.2	Wichtig sind die gesundheitlichen Voraussetzungen.....	169
09.5	Was kostet ein Flug ins All.....	173
09.5.1	Voraussichtliche Kosten für einen Mondflug.....	173
09.5.2	Kommerzielle Flüge ins All im suborbitalen Bereich.....	173
10	ASTRONAUTEN ZENTREN	
10.1	Europäische Astronautenzentrum (EAC).....	177
10.1.1	Trainingsprogramm für bemannte Flüge zur ISS.....	177
10.1.2	Geschichte.....	179
10.1.3	Fortschritte in der europäischen Weltraumpräsenz.....	179
10.1.4	Gegenwärtige Aktivitäten.....	181
10.1.5	Die neue ESA - Astronautenklasse.....	181
10.2	Lyndon B. Johnson Space Center.....	187
10.2.1	Geschichte.....	187
10.3	Swjosdny Gorodok (Sternenstädtchen).....	197
10.4	Simulation bemannter Missionen auf der Erde.....	203
10.4.1	Simulationsziele.....	203

11	10-TAGE RAUMFAHRER TRAININGSPROGRAMM.....	213	17	LANDUNG	
12	RAUMANZÜGE & RAUMFAHRTNAHRUNG			17.1	Landung auf einem Himmelskörper ohne Atmosphäre.....
	12.1 Raumanzüge.....	221			279
	12.1.1 Einsatzgebiete.....	221		17.2	Hitzeschutzschild.....
	12.1.2 Struktur eines Raumanzugs.....	223			281
	12.1.3 Zukunft.....	223		17.3	Fallschirme.....
	12.2 Raumfahrtahrung.....	225			284
13	PROMINENTE PASSAGIERLISTE & ERSTEN TOURISTEN IM ALL			17.4	Ballone.....
	13.1 Dennis Tito.....	231			285
	13.2 Anousheh Ansari.....	233		17.5	Risiken.....
	13.3 Paris Hilton.....	235			287
	13.3.1 Lunar Hilton Hotel.....	235	18	„SPACE“ - MUSEEN	
	13.4 Niki Lauda.....	241		18.1	Kosmonautenmuseum.....
	13.5 Felix Baumgartner.....	243			291
	13.5.1 Sprung aus der Stratosphäre.....	243		18.2	Hong Kong Space Museum.....
	13.5.2 Geschichte.....	245			299
14	SAFETY FIRST.....	251		18.3	National Air and Space Museum.....
15	STRAHLUNG				303
	15.1 Einleitung.....	261		18.4	Armstrong Air and Space Museum.....
	15.2 Schutz auf der Erde vor Strahlenbelastung.....	263			307
	15.3 Strahlenbelastung im Erdorbit.....	265	19	REFERENZBEISPIELE - „WHEEL“ ARCHITEKTUR	
	15.4 Heutiger Stand des Strahlungsschutzes bei Satellite..	265		19.1	KSVT.....
	15.5 Strahlungsgehärtete Elektronik.....	269			311
16	ZURÜCK IN DIE ATMOSPHERE.....	275		19.2	Apple Campus 2.....
					325
				19.3	O’Neil-Kolonien.....
					337
				19.5	Der Audi Ring.....
					347

MEIN ENTWURF

Bebauungsgebiet.....	351
Funktionsprogram.....	354
Konzeptidee & Entwicklungsphasen.....	356
Pläne.....	362
Schnitt.....	368
Ansichten.....	370
Fassadendetail.....	372
Visualisierungen.....	374
QUELLENVERZEICHNIS.....	380
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	382



01

EINLEITUNG

Abb. 1



Abb.2

Heute geht es in der Raumfahrt nicht mehr gegeneinander, sondern viele Länder führen gemeinsam Raumfahrtmissionen durch. Neben den USA und Russland betreiben inzwischen weitere Nationen oder Gemeinschaften eigene Raumfahrt, so China, Japan und Europa mit vielen beteiligten europäischen Ländern. Auch die Internationale Raumstation (ISS) ist ein Gemeinschaftsprojekt von mindestens 14 Staaten.

Gemeinsam das Weltall erforschen ist auch für die Zukunft der einzig richtige Weg. Raumfahrt erfordert ein hohes technisches Wissen, die besten Ingenieure und Wissenschaftler und ist außerdem sehr teuer. Da ist es besser, man tut sich zusammen und stellt neue Projekte gemeinsam auf die Beine.

In letzter Zeit gibt es eine neue Sorte Raumfahrer, die „Weltraumtouristen“. Das sind reiche Leute, die auf eigenen Wunsch für ein paar Millionen Euro Reisekosten mitfliegen dürfen. Normalerweise üben sie Berufe aus, die mit Raumfahrt gar nichts zu tun haben. Aber gewiss begeistern sie sich für das Weltall und erfüllen sich damit einen großen Traum.

Wer mitfliegen möchte, muss allerdings vorher über längere Zeit ein Astronautentraining absolvieren, damit er fit genug ist für die Reise. Astronauten sind unterwegs großen körperlichen Belastungen ausgesetzt, vor allem beim Start und bei der Landung.

Meine Arbeit zeigt mehr darüber, wie es Menschen im Weltall ergeht, und auf welche Art und Weise man die Möglichkeit hat einer „Weltraum-Simulation“ erleben zu können.



Abb.3



Abb.4



Abb.5



02

**KLEINES
TRANSPORTVOLUMEN**

Abb.6



Abb.7

Eine der zentrale Fragen beim Bau einer Mondstation gibt die Erdgravitation vor, erläutern die Architekten:

Wie kann man eine möglichst große und gutausgestattete Basis möglichst platzsparend verpacken?

Immerhin muss die Konstruktion mittels Rakete ins All befördert werden. Je nach Laderaumvorgabe ist man gezwungen das Konzept zu Falten - oder als Modulkonstruktion zu entwerfen.

Die Frage "Wie hält man es 6 Monate mit 6 anderen Menschen auf engstem Raum aus?"

Diese Frage kann nur mit den Mitteln der Architektur beantwortet werden.

In einer vollkommen toten Umgebung ist es gut, wenn die Bewohner neben ihren Kollegen auch noch von etwas anderem umgeben sind, das lebt und sich stetig verändert.

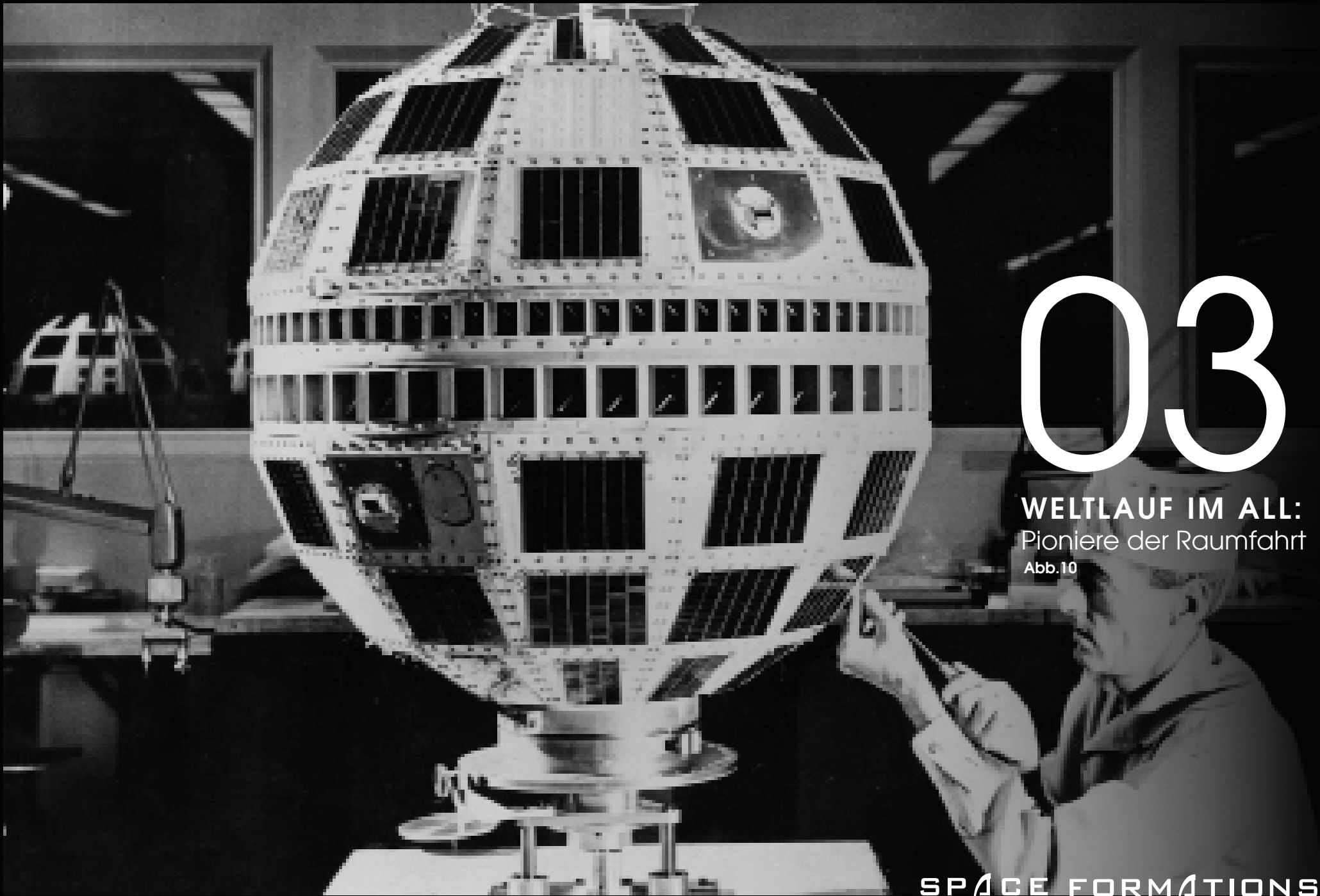
Viele kleine Details wie Fotografien, Kinderzeichnungen, Blumen und grüne Pflanzen im Garten machen diesen High-Tech-Komplex zu einem warmen und bequemen, wenn auch ein wenig ungewohnten Zuhause.



Abb.8



Abb.9



03

WELTLAUF IM ALL:
Pioniere der Raumfahrt

Abb.10

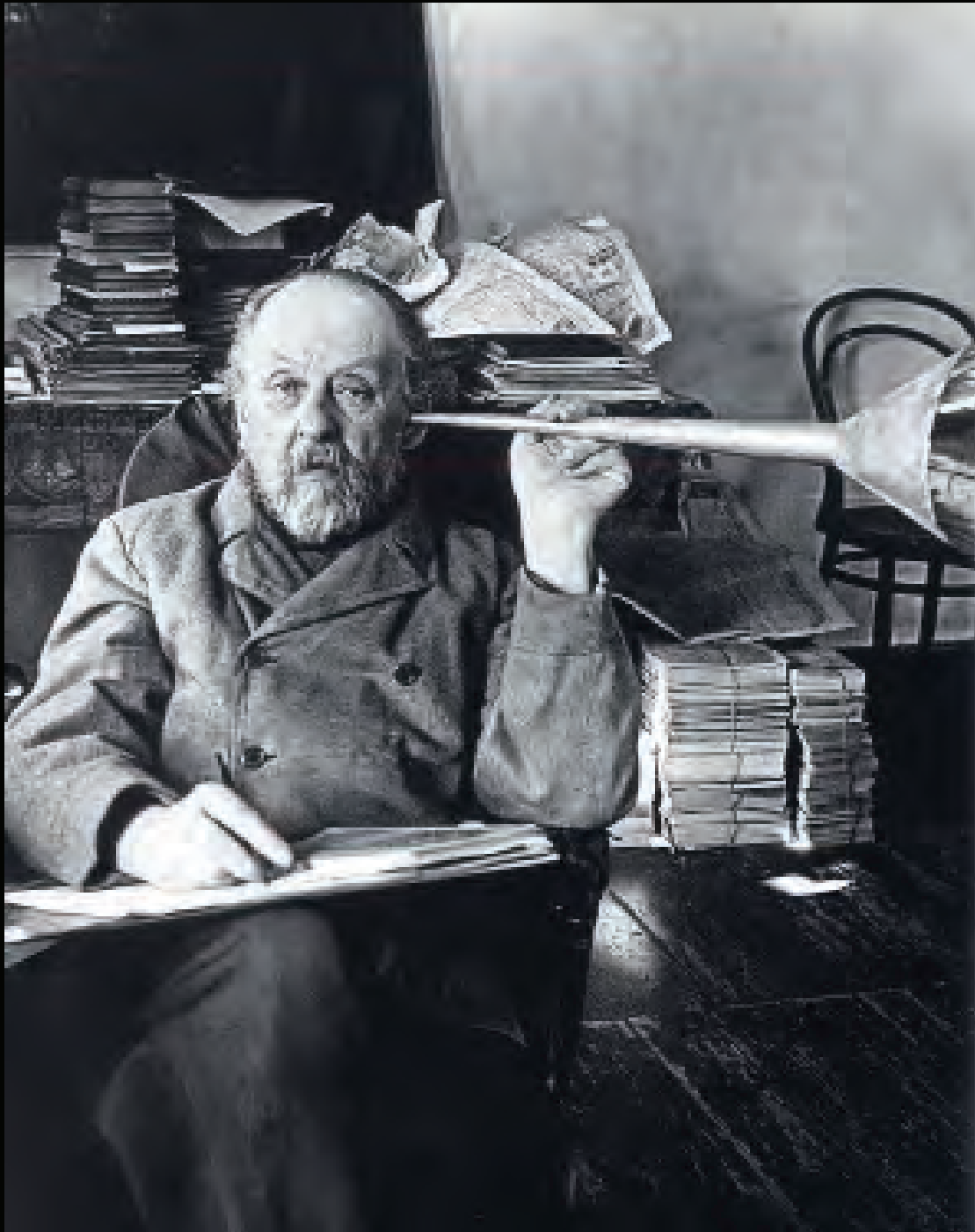


Abb.11: Professor Hermann Oberth, „the father of space flight,“ in the Hermann-Oberth Rocket and Space Flight Museum in Feucht, Germany (near Nuremberg).

Abb.12

03.1 EINLEITUNG

Aus den Träumen von Reisen ins All einiger Phantasten und Raumfahrtpioniere im 19. Jahrhundert ist längst Realität geworden. Mit der Raumfahrt ist eine gigantische Industrie entstanden. Heute arbeiten hunderttausende Frauen und Männer weltweit in Konstruktionsbüros, Forschungsstätten, Herstellerwerken von Raketen, Satelliten, Sonden, Raumschiffen, Stationsmodulen, auf Versuchs- und Startgeländen, Bodenstationen und in der Verwaltung. Jährlich werden Tonnen Raumflugkörper in den Orbit befördert. Derweil wird die Oberfläche des Roten Planeten erkundet. Jules Verne (1828-1905) war ein solcher Phantast und schon früh ein getriebener Reisender. Schon mit elf Jahren versucht er, sich auf ein Schiff zu schmuggeln, um die weite Welt kennenzulernen. Seine Eltern verhindern dieses Abenteuer gerade noch im letzten Augenblick.

Von der Erde zum Mond. Im Roman baut der Baltimore Gun Club, eine Vereinigung von Artillerieexperten, ein 270 Meter langes Kanonenrohr, und die Passagiere in einem Projektil zum Mond zu schießen. Jules Vernes Vision: der Traum von einer freien Menschheit.



Abb.13: Jules Verne 1856

03.2 RAKETEN-RAUMFAHRT-PIONIERS ZIOLKOWSKI & OBERTH

Die frühen Raketenpioniere waren von Jules Vernes Roman inspiriert: Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857-1935), russischer Gelehrter der Physik, Astronomie, Mechanik und Geometrie, prüft die technischen Ansätze und beweist, dass eine Kanone für die Aufgabe ungeeignet ist: Selbst starke Sprengstoffe reichten nicht aus, um die Erdanziehung zu überwinden und auch medizinisch könne kein lebender Organismus die extreme Beschleunigung beim Starten überstehen. Diese Erkenntnis erweist sich für Ziolkowski als Herausforderung, daraus neue Theorien abzuleiten: Er veröffentlicht 1903 die bis heute gültige Raketengrundgleichung in die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßapparaten und erkennt, dass nur das Flüssigkeitsraketenantriebwerk für solche Aufgaben geeignet ist. Ziolkowski erfindet das Mehrstufenprinzip von Raketen, Steuerdüsen und Kreiselsteuerung, er gilt als erster großer Theoretiker der Raumfahrt, der Methoden für Arbeiten innerhalb und außerhalb der Raumschiffe sowie den Entwurf einer großen, ständig bewohnten Raumstation entwickelt.

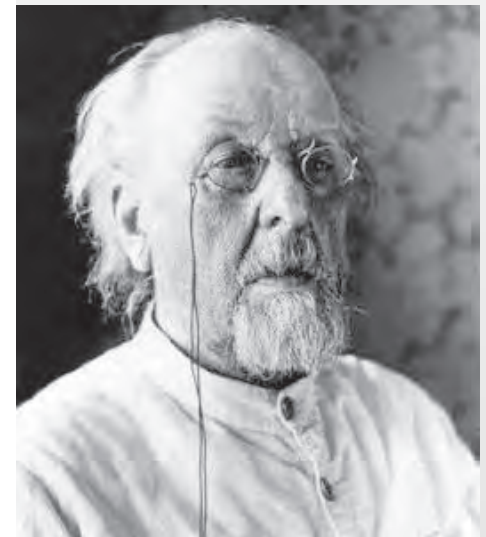


Abb.14: Konstantin Eduardowitsch

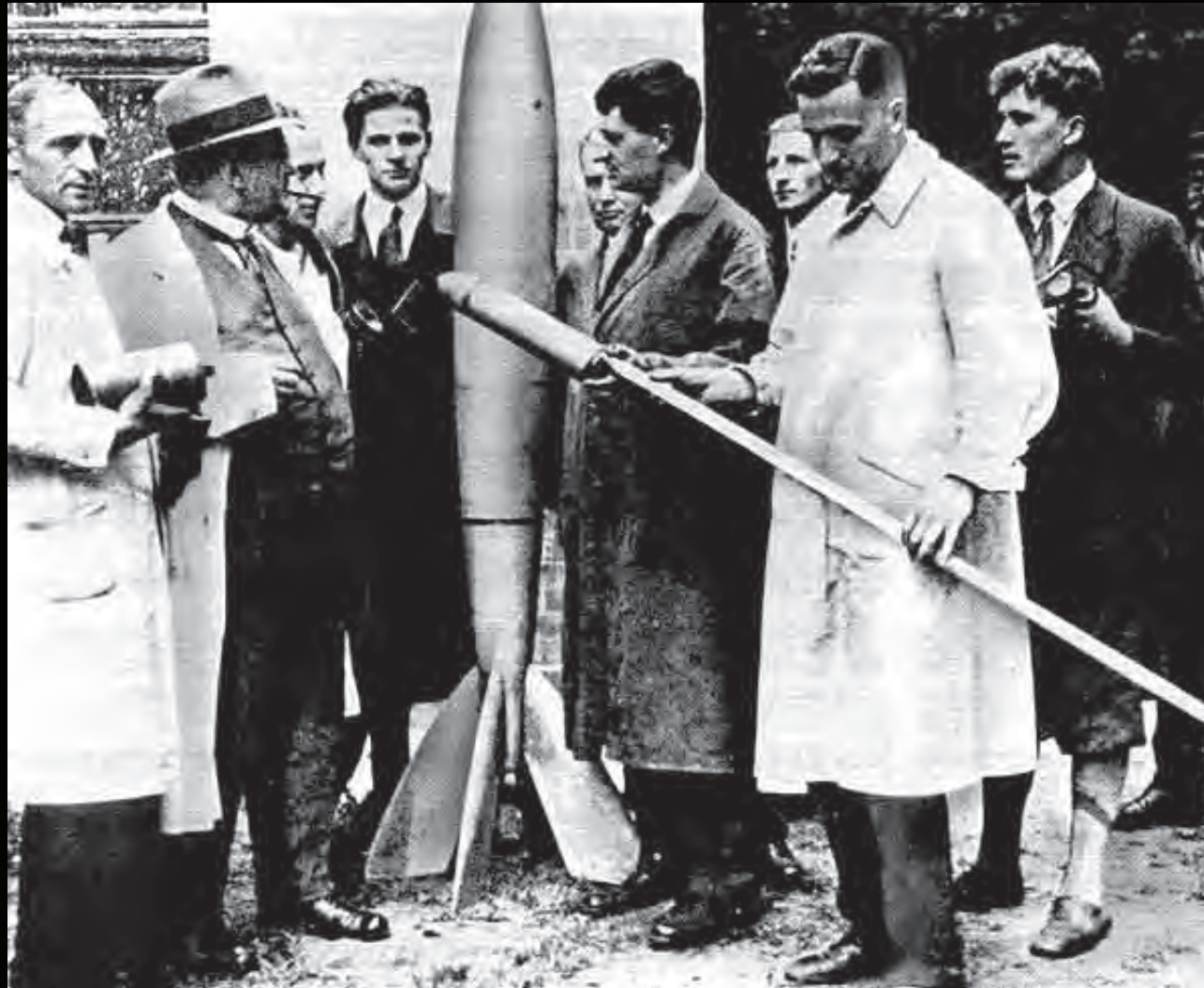


Abb.15: Endgültige Anerkennung und Einsatz in der Raketentechnik
(links: Rudolf Nebel, zweiter von rechts: Wernher von Braun)

WELTFAHRT IM ALL: Pioniere der Raumfahrt

„Einen Stein vom Mond in die Hand zu nehmen, im ätherischen Raum Stationen einzurichten, Ringe des Lebens um Erde, Mond und Sonne zu bilden, den Mars aus wenigen Dutzend Wert zu beobachten, auf seinen Monden oder gar auf ihm selbst zu landen – was könnte närrischer erscheinen? Doch erst mit der Anwendung von Rückstoßapparaten beginnt das neue große Zeitalter. „40 Jahre arbeitete ich an einem Stahltriebwerk und dachte, eine Fahrt zum Mars wäre erst in vielen hundert Jahren möglich, aber die Fristen verschieben sich. Ich bin nun gewiß, daß viele von Euch noch Augenzeugen der ersten Reise jenseits der Atmosphäre sein werden.“ - KONSTANTIN ZIOLKOWSKI. Die Distanzen waren damals groß und die Kommunikation schwierig. das mag erklären, dass wenig später Hermann Oberth (1894-1989), Physiker und Begründer der modernen Astronautik, ohne jede Kenntnis der Arbeit Ziolkowskis, dieselben Probleme in Deutschland bearbeitet. Auch er kommt zum Schluss, dass es keine Kanone sein könne. Sein Vater ist Medizner, darum beschäftigt er sich auch speziell mit diesen Aspekten. 1922 wird seine Dissertation Die Rakete zu den Planetenräumen in Heidelberg abgelehnt, weil es keinen Experten für ihre Beurteilung gibt. Oberth kann die Arbeit jedoch 1923 im Eigenverlag publizieren und löst damit einen regelrechten Raketenboom in Deutschland aus. Er stellt darin vier Prämissen auf:

- Prämisse 1:** Der Stand der Wissenschaft und der Technik ermöglicht den Bau von Maschinen, die höher steigen können, als die Erdatmosphäre reicht.
- Prämisse 2:** Bei weiterer Präzisierung können diese Maschinen derartige Geschwindigkeiten erreichen, dass sie nicht auf die Erdoberfläche zurückfallen (müssen) und sogar imstande sind, die Anziehungskraft der Erde zu verlassen.
- Prämisse 3:** Derartige Maschinen können so gebaut werden, dass Menschen (wahrscheinlich ohne gesundheitlichen Nachteil) mit emporfahren können.
- Prämisse 4:** Unter gewissen wirtschaftlichen Bedingungen kann sich der Bau solcher Maschinen lohnen. Diese Bedingungen können in einigen Jahrzehnten eintreten.

Ab 1927 organisieren sich die Berliner Raumfahrtvisionäre im Verein für Raumschiffahrt, erst in Breslau, dann in Berlin. Oberth ist erster Vorsitzender. Der rege Austausch bringt große Fortschritte. Über 100 experimentelle Raketen vom Typ Mirak und Repulsor starten vom Raketenflugplatz Berlin. Sie erreichen trotz vieler Fehlschläge in der letzten Entwicklungsphase eine Höhe von 1.500 Metern. Aus Jules Verne, der Fernweh früh kennenlernt, wird ein berühmter Autor, seine utopischen Abenteuerromane zählen weltweit zu den meist übersetzten. Er bedient das Genre der Voyages extraordinaires und wird zum Mitbegründer der Science-Fiction. Unvergesslich sein Romanheld Phileas Fogg in Reise um die Erde in 80 Tagen, bevor er seine Reise um die Welt antritt: „Nachdem er den rechten Fuß 565 mal vor den linken und den linken 566 mal vor den rechten Fuß gesetzt hatte, langte er im Reformklub an...“. Verne berichtet über Reisen um die Welt, in den Weltraum oder unter Wasser, lange, bevor es die Luftfahrt gibt und U-Boote erfunden sind. Auf vielen kleinen Zetteln sammelt er alle möglichen naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, die er in seinen Romanen neu zusammensetzt und damit viele Entwicklungen um einige Jahrzehnte vorwegnimmt. Nachdem er in einem seiner Romane eine Reisegruppe zum Mittelpunkt der Erde entsendet, erforscht er 1865 auch den Weltraum:



Abb.16: Rudolf Nebel war Raketenkonstrukteur und Begründer des weltweit ersten Raketenflugplatzes in Berlin. Er gilt als einer der Gründerväter der Raumfahrt.



Abb.17: Wernher von Braun war als deutscher und später US-amerikanischer Raketeningenieur ein Wegbereiter der Raketenwaffen und der Raumfahrt.

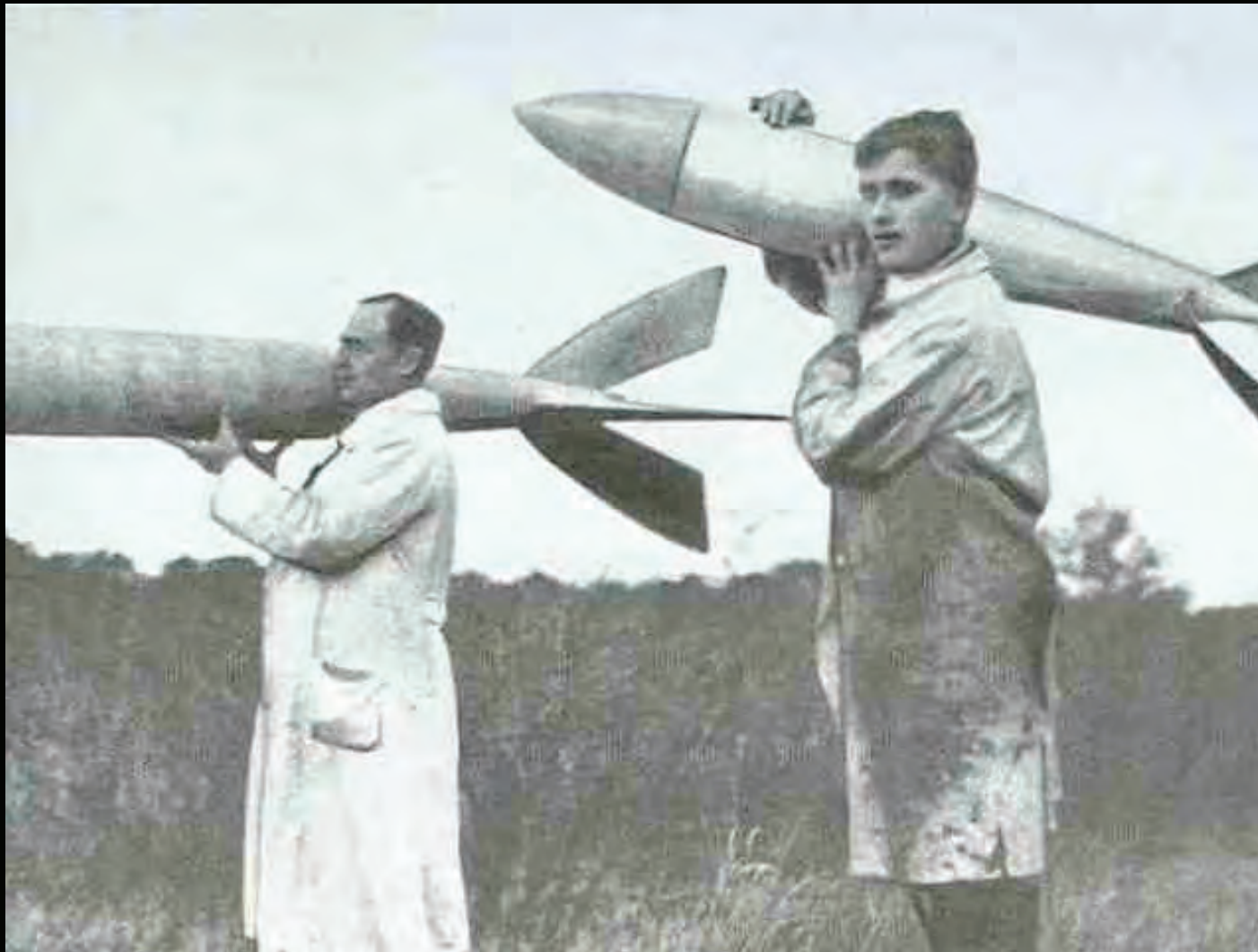


Abb.18: Der 18jährige Wernher von Braun trägt eine Rakete über den Raketenflugplatz Berlin-Reinickendorf, das Versuchsgelände des „Vereins für Raumschiffahrt“; neben ihm Rudolf Nebel.

Raketen zu bauen kostet astronomisch viel Geld: Die Pioniere sind mit Spendenaufrufen in Zeitungen und Versuchen, die Post für Raketen zu interessieren, ständig auf der Suche nach Sponsoren und Förderungen. Der Verein zählt bis zu 500 Mitglieder. Auch das Militär, stets an neuen Technologien interessiert, unterstützt den Verein, was unter den Forschern schnell zu Spannung führt.

Ab 1930 engagiert sich auch der junge Wernher von Braun, damals noch Student. Sein Feuer für den Welt- raum wird in seiner Kindheit durch ein astronomisches Fernrohr geweckt, das ihm seine Mutter schenkt und das ihn von Reisen zum Mond und darüber hinaus träumen lässt. Wenig später kennt er viele theoretische Werke seiner späteren Kollegen. Um diese Schriften vollends zu verstehen, verbessert er seine Leistungen in Mathematik und tüftelt an Raketen mit Flüssigkeitsantrieb.

03.3 AUF FÜR VEREIN FÜR RAUMSCHIFFFAHRT IN BERLIN

Dann folgt das Verbot der Nazis, private Experimente durchzuführen. Der Verein für Raumschiffahrt wird aufgelöst, die hoffnungsvollsten Forscher werden für die staatlichen Forschungseinrichtungen rekrutiert. Das Heeresforschungszentrum Peenemünde auf der Insel Usedom ist nun neuer Sitz der Raketenforschung und sein Direktor Wernher von Braun. Das Ziel: eine Großrakete, die eine Tonne Sprengstoff über 250 Kilometer zu tragen imstande ist, eine große militärische Hoffnung der Nazis. In den Versuchsreihen wird diese Rakete als Aggregat 4 bezeichnet, hunderte Versuchsstarts werden durchgeführt, bevor sie 1944 in einem Vorort von London einschlägt. Reichspropagandaminister Joseph Goebbels tauft sie Vergeltungswaffe 2, kurz V2 genannt.

Die einzelnen Teile der Flüssigkeitsrakete V2 werden im Dritten Reich aus ganz Deutschland angeliefert und im KZ Mittelbau-Dora zusammengebaut. Die Aushebung der Stollen und die Konstruktion der V2 erfolgen unter unmenschlichsten Bedingungen: 5.000 speziell sortierte Häftlinge und 3.000 Zivilangestellte schrauben die etwa 20.000 Einzelteile zusammen.

Das kostet tausende Häftlinge das Leben. Rund 3.200 Raketen kommen zum Einsatz. Dabei sterben geschätzte 8.000 Menschen, 20.000 bei der Produktion. Wernher von Braun sucht Mittelbau-Dora selbst auf und wählt geeignete KZ-Häftlinge für die Konstruktion der V2 aus. Moralische Bedenken scheint er dabei nicht zu haben. Der technische Fortschritt steht im Mittelpunkt. Parallel zur V2 laufen erste Entwicklungen für den Bau einer größeren, zweistufigen Rakete, die New York treffen könnte – diese bleiben aber Konzepte.



Abb.19: Am 16. März 1926 startete Robert Hutchings Goddard in Auburn, Massachusetts, die erste Rakete der Welt mit Flüssigkeitstriebwerk. Das Raketen-triebwerk ragt über das Startgestell hinaus, es ist durch Leitungen mit den unten befindlichen Treibstofftanks verbunden. Die Rakete stieg in zwei-einhalb Sekunden zwölf-einhalb Meter hoch und flog 56 Meter weit. Goddard konstruierte die gesamte Ausrüstung und entwickelte den Treibstoff selbst.



Abb.20: Saturn V Rakete

WELTLAUF IM ALL: Pioniere der Raumfahrt

Mit Ende des Zweiten Weltkriegs laufen Wernher von Braun und seine Kollegen zu den Alliierten über, sie flüchten in die USA. Die Amerikaner erweisen sich jedoch als reserviert, sie verfolgen kontinuierlich ihre eigenen Ansätze, die auf den erfolgreichen Versuchsreihen von Robert Goddard (1882-1945) basieren. Wernher von Braun und sein Team sind in New Mexico streckenweise isoliert. Dann aber wirkt er an Amerikas erster atomarer Kurzstreckenrakete Redstone mit. Nach dem Fehlschlag der Marine folgt die vierstufige Rakete Jupiter C, die mit Explorer 1 den ersten amerikanischen Satelliten als Antwort auf Sputnik 1, 1957, in den Orbit bringt und ihm die USA aus der Schockstarre erlöst. Nun hat Wernher von Braun es geschafft: Er ist amerikanischer Nationalheld.

In der soeben gegründeten Raumfahrtbehörde NASA kann er nun seinem Traum, dem zivilen Raketenbau, nachgehen. Er schafft sich medialen Raum, die seine Visionen befeuern, arbeitet mit Walt Disney zusammen und zielt das Cover der TIME. Er entwickelt die gigantische Saturn-V-Rakete und kommt damit, und mit ihm Präsident John F. Kennedy und die USA, dem Mond, den er schon als Bub durch sein Fernglas beobachtet hatte, am nächsten. In den 1970ern aber erkennt er, dass die USA nicht mit gleichem Feuer auf den Mars wollen. Er verlässt die NASA, geht in die Privatwirtschaft und wird Vizepräsident des Flugzeugherstellers Fairchild. 1977 stirbt er an Nierenkrebs, ohne je öffentlich zu dem dunklen Kapitel während des Naziregimes Stellung bezogen zu haben. Seine große Vision war zeit seines Lebens die bemannte Mars-Mission.

03.4 HERMANN NOORDUNG

Hermann Potocnik (auch unter dem Pseudonym Hermann Noordung bekannt; * 22. Dezember 1892 in Pola / Pula in der damaligen Markgrafschaft Istrien im k.k. Österreich, heute Kroatien; † 27. August 1929 in Wien) war ein Raumfahrttheoretiker. Er gilt als Pionier und Visionär der modernen Raumfahrt.

Potocnik war eines von vier Kindern slowenischer Eltern und wuchs nach dem Tod seines Vaters 1894 in Maribor (Marburg an der Drau) im damaligen Herzogtum Steiermark auf. Später besuchte er – vermutlich mit Unterstützung seines Onkels, eines Generalmajors der k.u.k. Armee – Militärschulen in Mähren. 1910 bis 1913 studierte er an der Technischen Militärakademie im niederösterreichischen Mödling bei Wien und schloss sie im Rang eines Ingenieurs und Unterleutnants ab. Er war auf Brücken- und Eisenbahnbau spezialisiert.



Abb.21: Vergeltungswaffe 2



Abb.22: Hermann Noordung

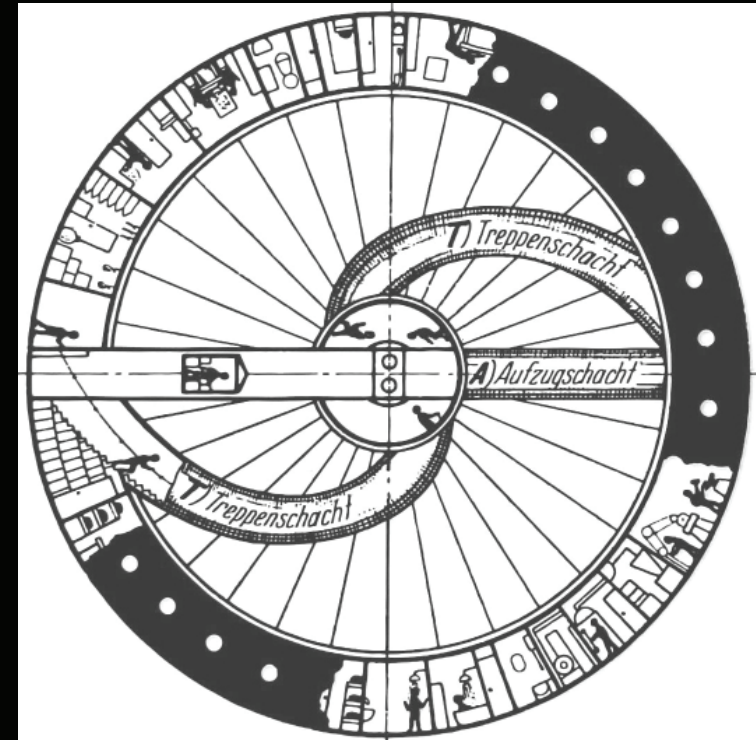
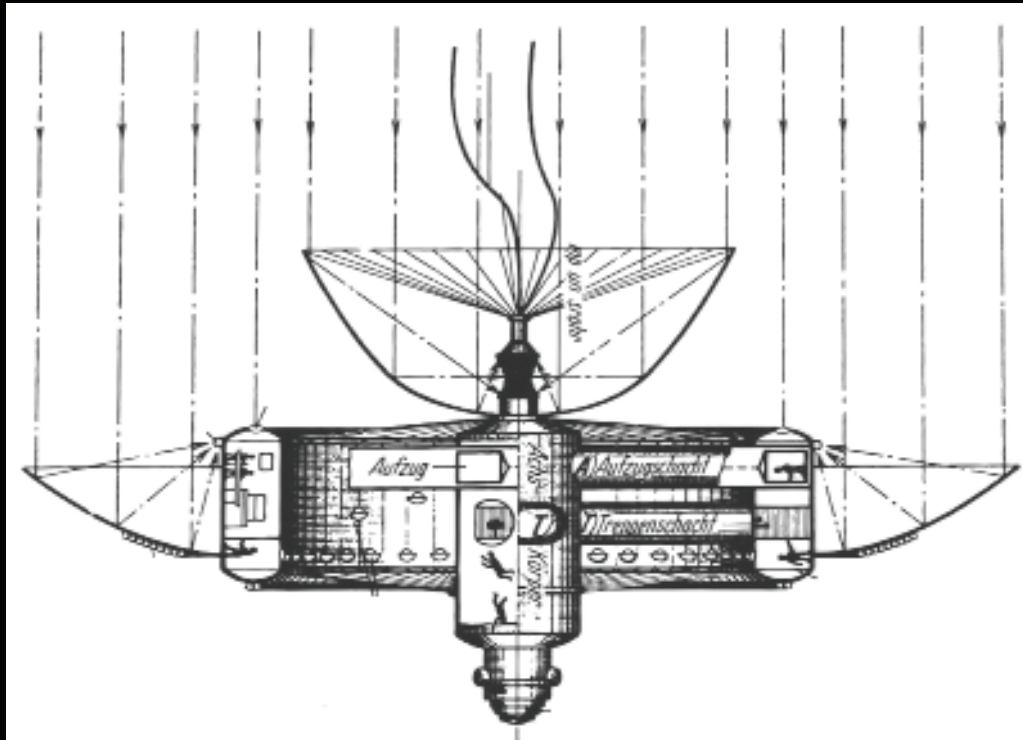


Abb.23+24: Hermann Noordung's Space Station 1929.
 (Achs-Körper, Aufzugschacht: electric cable to an external observatory, Kondensatorrohre: airlock, Treppenschacht, Verdampfungsrohr)

WELTLAUF IM ALL: Pioniere der Raumfahrt

Im Ersten Weltkrieg diente er in Galizien, Serbien und Bosnien und wurde 1915 zum Oberleutnant befördert. Nach dem Krieg wurde er 1919 – schon im Rang eines Hauptmanns – vom neuen österreichischen Staat wegen einer Tuberkuloseerkrankung in den Ruhestand versetzt. Er begann ein Studium der Elektrotechnik und des Maschinenbaus an der Technischen Hochschule Wien. Als Ingenieur widmete er sich ab 1925 ausschließlich der Raketen- und Raumfahrttechnik. Aufgrund seiner chronischen Krankheit blieb er unverheiratet und ohne Arbeitsstelle; er lebte bei seinem Bruder Adolf in Wien.

Ende 1928 veröffentlichte Potocnik unter dem Pseudonym Hermann Noordung sein einziges Buch, Das Problem der Befahrung des Weltraums – Der Raketenmotor, das sein Berliner Verleger Richard Carl Schmidt mit dem offiziellen Erscheinungsjahr 1929 drucken ließ. Auf 188 Seiten und mit 100 Abbildungen machte Potocnik Vorschläge zur Realisierung von Raumstationen und geostationären Satelliten. Detailliert beschrieb er die aus drei Modulen bestehende Raumstation: das „Wohnrad“, das zur Erzeugung künstlicher Schwerkraft permanent rotieren sollte, ein Kraftwerk, das über Parabolspiegel Energie aus der Sonnenstrahlung gewinnen sollte, und ein Observatorium. Die drei Teile sollten über Kabel verbunden sein. Potocniks Idee eines so genannten „stehenden Satelliten“ in etwa 36.000 km Höhe, der ständig über einem bestimmten Punkt der Erde zu sehen ist, wurde später in Form der Telekommunikations- und Wettersatelliten in der geosynchronen Umlaufbahn verwirklicht.

1935 wurde das Buch ins Russische, 1986 ins Slowenische und 1999 von der NASA ins Englische übersetzt. Potocniks Ideen wurden erstmals vom Verein für Raumschiffahrt (VfR) aufgegriffen, dessen Mitglied Wernher von Braun 1952 ein Konzept für eine Raumstation veröffentlichte, die von der kreisrunden Form der Potocnikschen Studie inspiriert worden sein dürfte. Die russische Ausgabe des Buches könnte die Arbeiten von Sergei Pawlowitsch Koroljow beeinflusst haben. Im zeitgenössischen Wiener Umfeld des Autors wurde das Buch hingegen als Phantasterei abgetan.

Potocnik starb 1929 völlig verarmt im Alter von 36 Jahren an Lungenentzündung in Wien. Seine Todesanzeige, die in Zeitungen in Maribor erschien, würdigte seine militärischen und akademischen Grade, nicht jedoch seine Arbeiten über Raumfahrt.

Heute trägt eine Straße in der steirischen Landeshauptstadt Graz seinen Namen. Vorschläge in den späten 1990er Jahren, eine internationale Raumstation nach Potocnik zu benennen, wurden nicht aufgegriffen.

Im September 2012 wurde im slowenischen Vitanje (Weitenstein) in der Untersteiermark, wo Potocniks Großeltern gelebt hatten, mit Hilfe der EU und des Kulturministeriums Sloweniens als Kunstprojekt ein Kulturzentrum für europäische Raumfahrttechnologien (KSEVT) eröffnet, das sich mit kulturellen Fragen der Raumfahrt beschäftigen soll. Die Architektur des Gebäudes ist der ersten Raumstation nachempfunden, die ein Mensch erdacht hatte, zu einer Zeit, in der die Eroberung des Alls noch ein Gedankenexperiment war.



Abb.25: Wernher von Braun with his rotating wheel space station in a 1956 film.

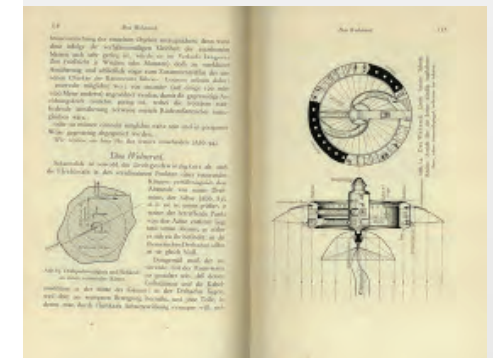


Abb.26: Noordung, H., Das Problem der Befahrung des Weltraums. Der Raketenmotor.

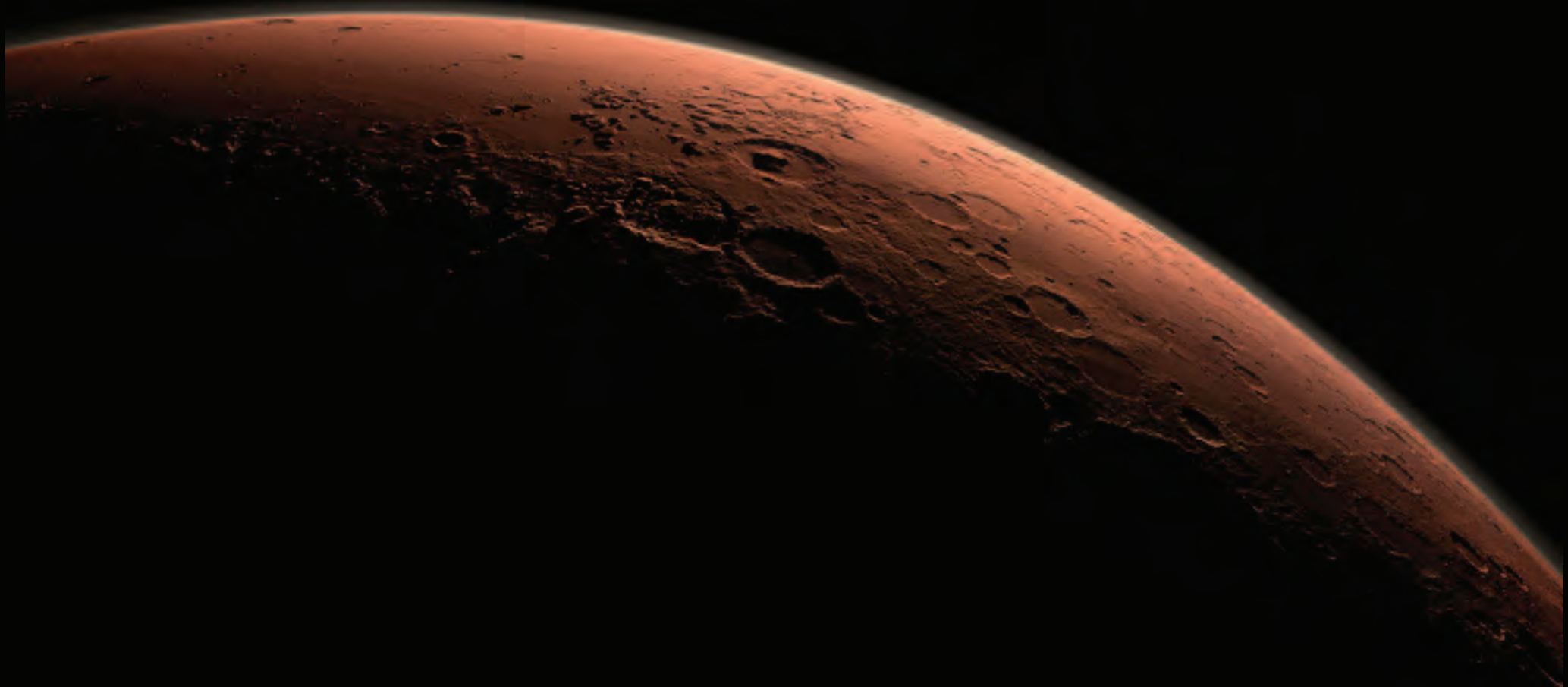


Abb.27

03.5 MARS IN GREIFBARER NÄHE

„Touchdown confirmed“ wird über Lautsprecher verkündet. Großes Aufatmen, die Anspannung der NASA-Mitarbeiter weicht Jubel. Sie springen von ihren Sesseln, umarmen sich und lassen ihrem Freudentaumel freien Lauf. Auch sie alle haben eine Vision, der sie Anfang August durch die erfolgreiche Landung ihres Mars-Rovers Curiosity einen Schritt nähergekommen sind.

Es ist die bisher teuerste Mars-Mission. Ein Scheitern der NASA, deren Budget gekürzt wird, vermochte man sich gar nicht auszumalen. Um wie viel mehr es dabei geht, macht US-Präsident Barack Obama in seiner Ansprache deutlich: „Der heutige Erfolg erinnert uns daran, dass unsere Vormachtstellung – sowohl im All als auch auf der Erde – davon abhängt, dass wir klug in Innovation, Technologie und Grundlagenforschung investieren, die schon immer dafür gesorgt haben, dass unsere Wirtschaft von der Welt beneidet wurde.“

255 Tage war der Roboter, der so viel wie ein ausgewachsener Bison wiegt, auf dem Weg zum Mars. Rund 2,5 Milliarden US-Dollar hat man sich das kosten lassen. Doch das tritt in den Hintergrund, wenn solch ein medienwirksames Spektakel – angefangen von der Namensgebung durch die Sechstklässlerin Clara Ma bis hin zum NASA-Mitarbeiter mit patriotischem Irokesenschnitt im Stil der US-amerikanischen Flagge – unser aller Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Doch: Warum schwelgen die Menschen seit jeher in derartigen Visionen und träumen von der Eroberung neuer Räume und Sphären? Was bewegt krisengebeutelte Staaten dazu, derart kostspielige Missionen zu unternehmen?

„Mich trieb ein heftiges Verlangen. Die Sehnsucht nach jene erhabenen Orten war in meinem Inneren verborgen.“ – Abu Abdullah Muhammad ibn Buttuta, Forschungsreisender, 14. Jahrhundert



Abb.28: Humans would need a buggy to travel across Mars' rocky surface.

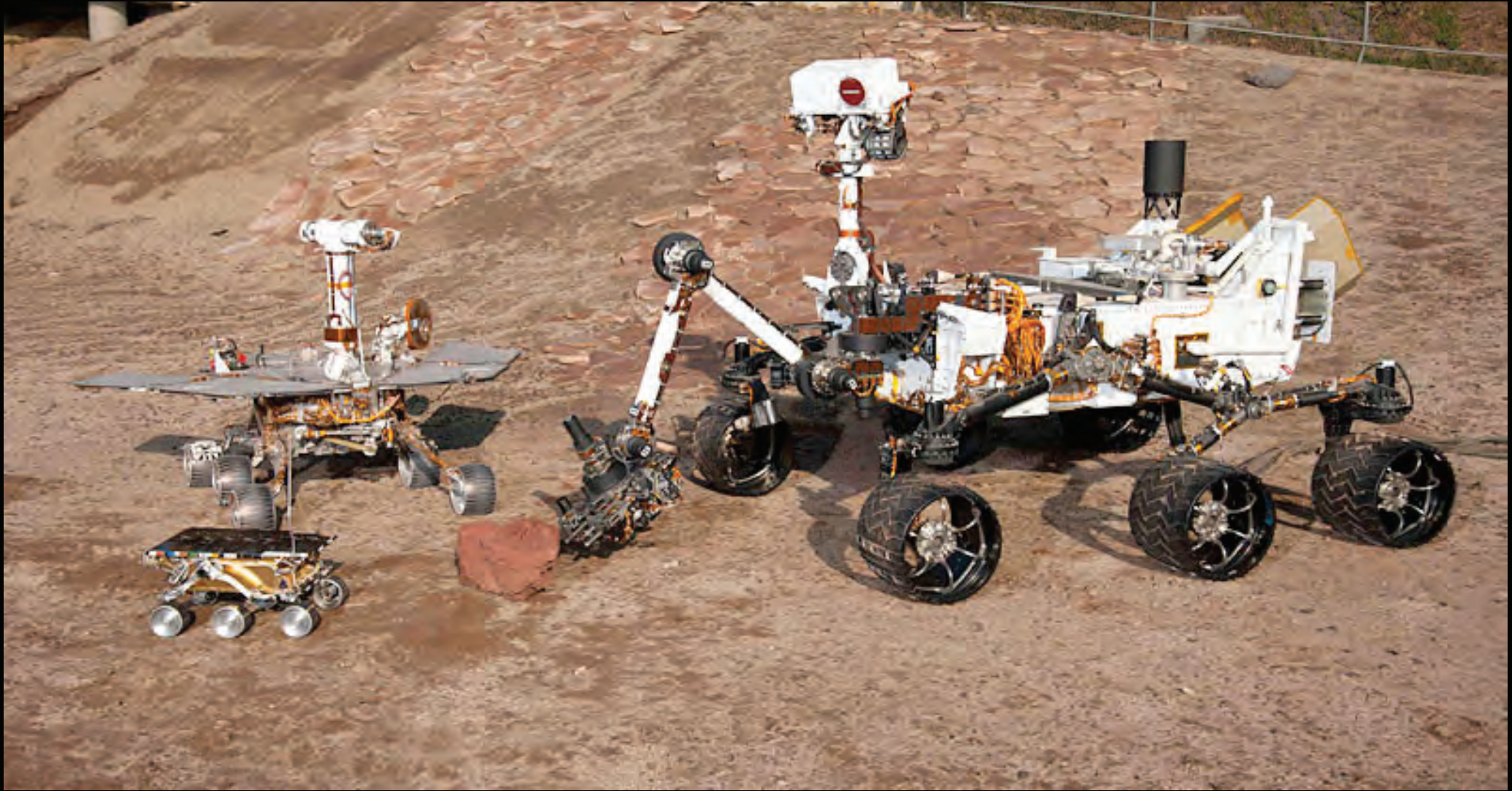
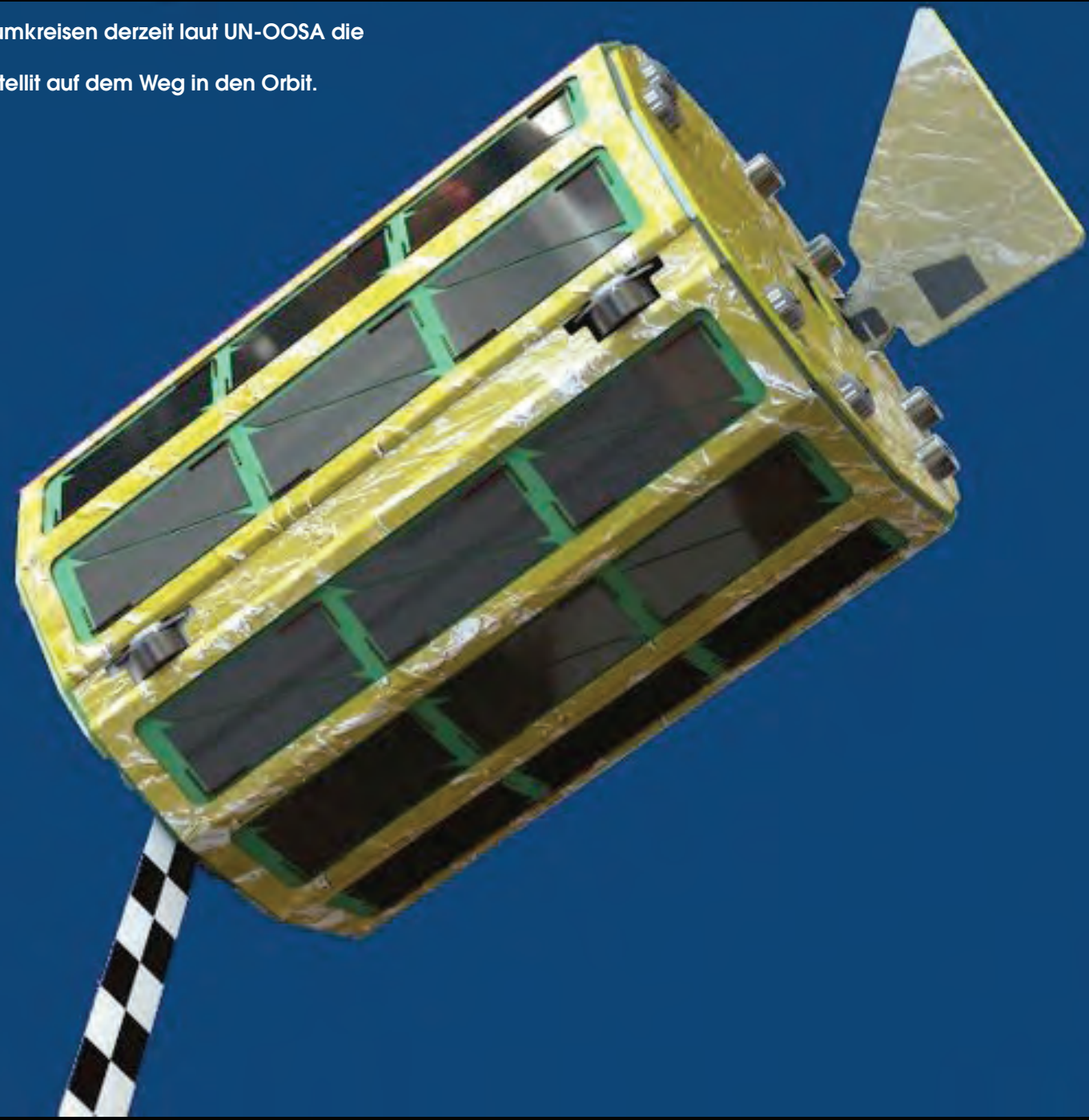


Abb.29: Vorne in der Mitte: Ersatzmodell für den ersten Marsrover, Sojourner, Marslandung 1997. Links: Prototyp von Spirit und Opportunity, die beide 2004 auf dem Mars landeten. Rechts: Testmodell in der Größe von Curiosity, der im August 2012 auf dem Mars gelandet ist. (Bild: NASA/JPL-Caltech.)

Die menschliche Faszination für das Neue, Unbekannte kann bis Jahrhunderte vor Christus zurückdatiert werden. Herodots Reisen sind auch heute nicht in Vergessenheit geraten. Kein Wunder also, dass der Weltraum uns Raum für Phantasien und Träume eröffnet: endlose Weiten, eine große Unbekannte, unberührtes, jungfräuliches Gebiet, das zu entdecken und erforschen gilt. So wie sich einst mutige Conquistadores unter der spanischen Krone aufmachten, neue Siedlungen zu gründen und sich ein vermeintlich besseres Leben aufzubauen, so erfolgen die Menschen heute gebannt das Treiben der Astronauten, Kosmonauten und Taikonauten. Die bemannte Mars-Mission erscheint greifbar denn je.

Curiosity ist unser Vorbote, der auskundschaften soll, ob es Leben auf dem Mars gibt. Ebenso die Vorbereitung menschlicher Exploration. Längst gibt es Abkommen, die die Zukunft dahingehend regeln und absichern sollen. So hat etwas das „Committee on the Peaceful Uses of Outer Space“ der Vereinten Nationen bereits einige internationale Abkommen verabschiedet, um Eigentumsansprüche und die Nutzung von Ressourcen zu regeln. Mit großer Aufmerksamkeit erwarten wir nun in den kommenden Monaten die ersten Aufnahmen vom Roten Planeten. Gebannt sehen wir der Auswertung der ersten Gesteinsproben entgegen, die Curiosity mit seinem Laser für uns ertastet.

Abb.30: 2.549 aktive Satelliten umkreisen derzeit laut UN-OOSA die Erde.
Schon bald ist ein steirischer Satellit auf dem Weg in den Orbit.
Mursat1.



afg @ 2012

03.6 MURSAT 1 IM ORBIT

„Wenn Technologie leistbar ist und man damit umgehen kann, will man es selbst machen“, beschreibt Jogi Hofmüller die Grundidee hinter mursat1, dem steirischen Self-made-Satelliten, Es sei wie beim Internet – man wolle mit den neuen Möglichkeiten spielen, sich den Raum für Kunst einfach nehmen. Das 30-köpfige Team setzt sich aus Mitgliedern der Grazer Kulturvereine mur.at, ESC und dem Hackerspace Realraum zusammen und gestaltet das Projekt gewollt öffentlich. Jeder soll und kann seit dem offiziellen Projektstart im Januar 2010 Teil der Unternehmung sein.

Satellit Marke Eigenbau: Kultur-Förderungen in Höhe von 34.000 Euro und die Firma Interorbital Systems (IOS) aus Mojave, Kalifornien, machen das möglich. Der Hersteller von Raketenteilen für die NASA stellte ein „Tube Sat Kit“ zusammen, über Internet erwerbbar, das neben Plänen und Teilen einen Platz auf einer Trägerrakete ermöglicht. „Es ist ein wenig, wie wenn man bei IKEA einen Schrank kauft und die Anleitung dafür bekommt, wie man die Bretter ausschneidet und welches Holz am besten dafür geeignet ist“, veranschaulicht Hofmüller den Bausatz. Alles Weitere ist den Konstrukteuren überlassen, einzig die Auflagen bezüglich Größe (13cm Höhe und 12,5cm Durchmesser) und Maximalgewicht (750g) sind einzuhalten. Das mursat1-Team baute die gesamte Tragestruktur unter technischer Leitung von Christian Pointner um. Sie änderten die Grundfläche von einem 16- auf ein 12-Eck, um so mehr Solarzellen anbringen zu können, und entwickelten das gesamte Innenleben – Hard – und Software – selbst. Jede Platine, jede Schaltung wurde selbst entworfen, getestet und eingebaut.

Ein Künstler im All: mursat1 ist ein mechanischer Künstler. So soll er sich bei der Erdumkreisung über einen Spiegel fotografieren und die Bilder an die Erde senden. Partikeleinschläge werden per Mikrophon aufgenommen, die für den gespannten Beobachter eine Geräuschkulisse bilden – man soll den Weltraum hören können. Doch nicht nur der Satellit arbeitet, auch jeder Erdbewohner kann Teil des Projekts werden und mit Webinterface eine LED-Leuchte ein- und ausgeschaltet werden – die erste Aktion, die jeder im Weltraum ausführen kann. Eine Möglichkeit, selbst mit an Bord zu sein, ist mit „Poor People’s Space Travel“ möglich.

Wer will, kann mit mursat1 ein Haar von sich direkt in den Weltraum schießen. Ebenso mit an Bord sind gesammelte Wünsche von Kindern und Jugendlichen, die mit dem Satelliten nach Ablauf seiner Lebensdauer als Sternschnuppe in der Atmosphäre verglühen werden.

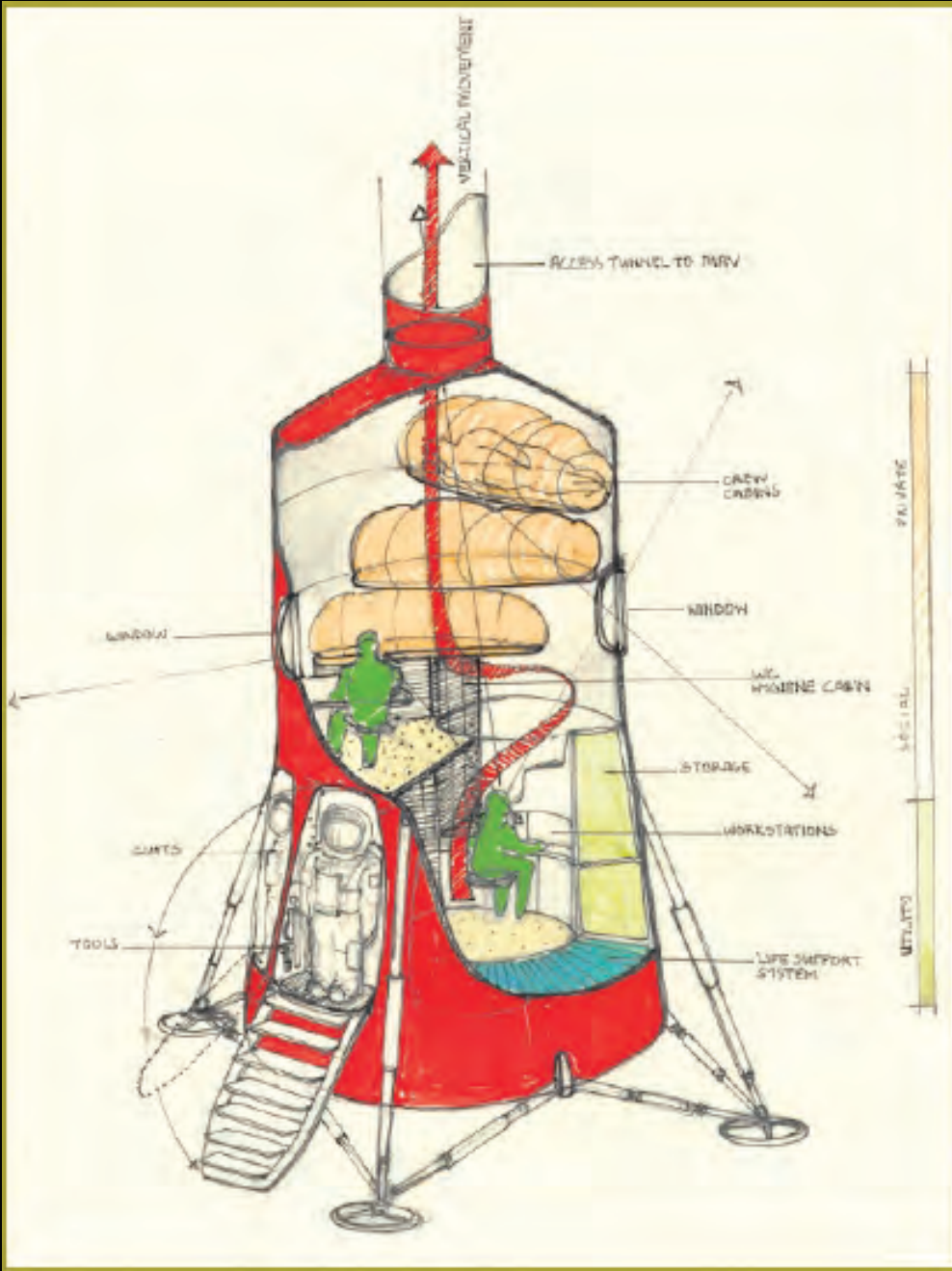


Abb.31: Mars Oberflächenhabitat. Möglicher Ausgangspunkt für die Erkundung fremder Planeten durch den Menschen.

Das Konstruktions-team von mursat1 hat mittlerweile auch schon einen Plan B ausgearbeitet: mursat1 könnte per Handgepäck in den Orbit gelangen.

„Es wäre ein Traum, wenn ein Astronaut der ISS unseren Satelliten, wie zuvor ARISSat1, mit in den Weltraum nehmen und dann aussetzen würde,“ schwärmt Jogi Hofmüller, „und wir wären dank NASA live in HD dabei.“

Die ganze Welt blickt zum Roten Planeten. Die nächste US-Mission ist beschlossen, die bemannte Mars-Mission erklärtes Ziel bis 2030. Doch wie weit ist die Technik und was kommt auf uns zu?

Jana Reiter sprach mit Weltraumarchitektin Barbara Imhof über das Leben in Mars-Höhlen, was Touristen im All treiben und warum Roboter uns nicht ersetzen können.

Durchs Fenster den einzigartigen Blick auf die Erde genießen. In einen Anzug schlüpfen und eine Runde im All spazieren. In einer Wasserblase in der Schwerelosigkeit planschen. Einfach dasitzen und im Orbit um die Erde kreisen. Dies könnten Weltraumhotels bald möglich machen. Die Transhab-Technologie, deren Rechte Bigelow Aerospace von der NASA erwarb, befindet sich bereits in der Testphase für den zweiten Prototyp. Dabei handelt es sich um ein sogenanntes „inflatable habitat“.

Geschützt in einer Rakete fliegt es ins All, faltet sich auf, die Rakete fällt ab und schon schwebt man im Orbit. Unternehmen wie Virgin Galactic werden den Flug dahin ermöglichen. Die körperliche Belastung sei kaum höher als bei einer Fahrt mit der Hochschaubahn. Die technischen Probleme, die es bis dato gibt, könnte man alle problemlos überwinden. Das Einzige, das dem menschlichen Traum vom Reisen ins All noch im Weg steht, ist die Sicherheit, also einen sicheren Start und eine sichere Landung zu gewährleisten.



Abb.32: Konzept für die NASA Design Reference Mission Architecture 5.0 (2009)

03.7 ARCHITEKTUR FÜRS EXTREME

Barbara Imhof ist Weltraumarchitektin. Auch sie selbst tut sich nicht leicht, ihren Beruf zu veranschaulichen: „Man beschäftigt sich mit Architektur, mit Räumen, die für extreme Umwelten geplant werden. Die extremsten Umwelten, die wir kennen, sind jene, die mit dem Weltraum zu tun haben.“

Da gäbe es zum einen die Arbeit im erdnahen Orbit in der Internationalen Raumstation ISS und mit der Schwerelosigkeit. Dort könne man Interfaces oder Möbelstücke entwickeln oder auch Weltraumhotels planen. Etwas weiter in die Zukunft gedacht, aber in einem Zeitrahmen der nächsten 50 Jahre durchaus denkbar, seien dann die Arbeiten hinsichtlich Exploration, also etwa das erste Mal zum Mars zu fliegen. Aber es könne auch noch einen Schritt weitergehen, so Imhof: „Das hätte dann mit wirklicher Besiedelung zu tun, also permanenter Basis. All das, was man im Moment vielleicht auch dem Bereich der Science-Fiction zuordnet.“



Abb.33: RAMA - Ein autarkes Wohnmodell mit integriertem Forschungslabor für bemannte Weltraum-Missionen.

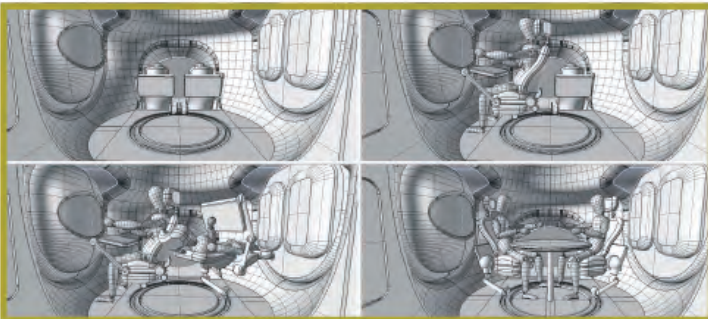


Abb.34: Innenarchitektur auf engstem Raum. Wohnraum und Forschungslabor von RAMA.

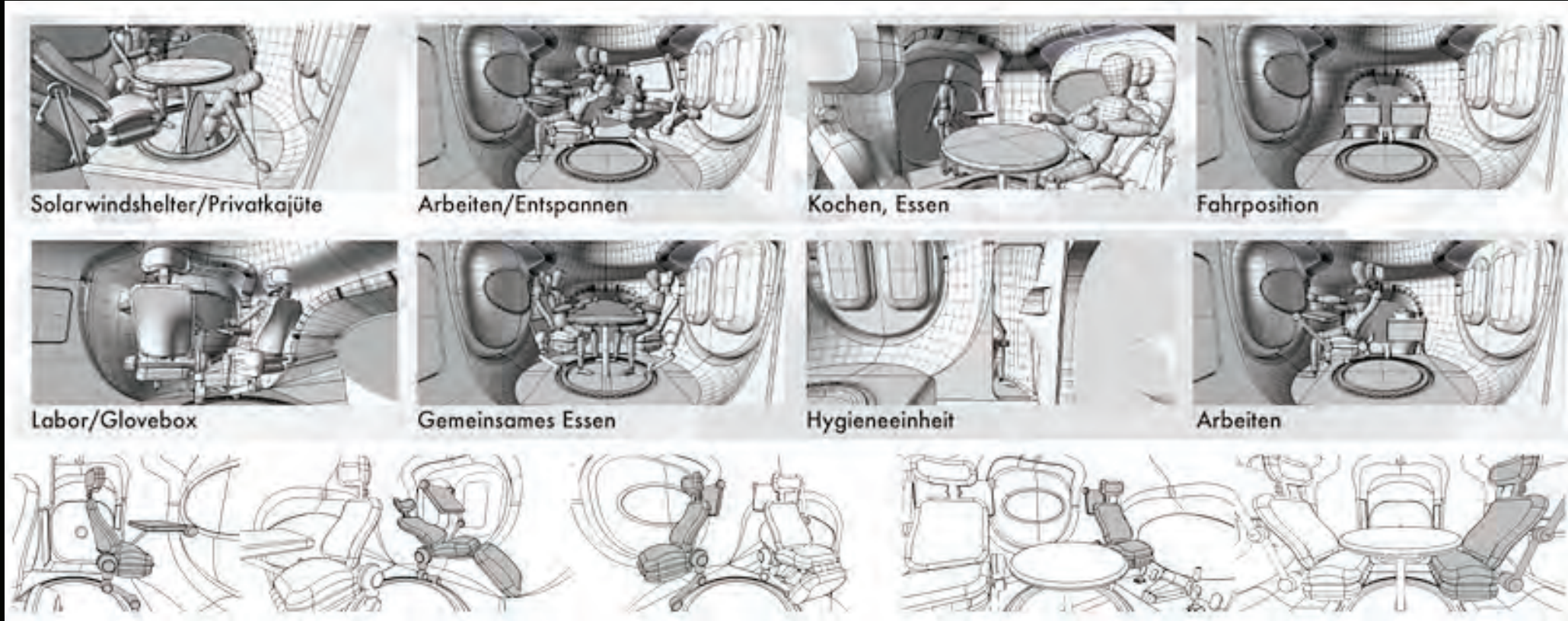
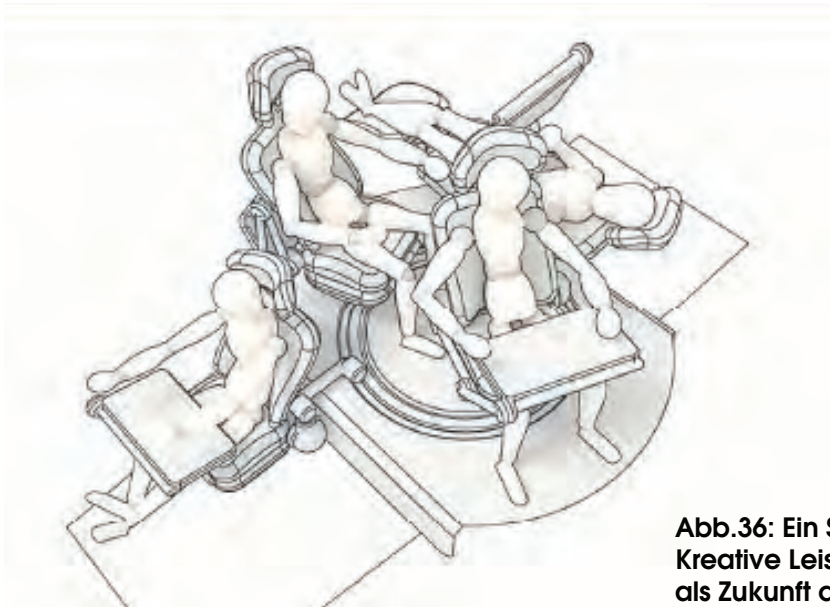


Abb.35: ROVER Innenansicht

03.8 MENSCH ODER MASCHINE

Ob die menschliche Exploration eine Notwendigkeit ist oder Roboter dies allein übernehmen können, darüber gehen die Meinungen auseinander: „Ich glaube daran, dass beides notwendig ist. Das, was uns Menschen ausmacht, dieser Erfindergeist, diese Kombinationsgabe, etwas zu sehen und sofort zu verarbeiten – solange Roboter das nicht können, kann man Missionen nicht nur robotisch durchführen.“ Barbara Imhof und ihr Büro Liquifer haben bereits einiges auf diesem Gebiet entwickelt.

Der „Rover for Advanced Mission Applications“ etwa stellt eine Art Wohnmobil für eine bemannte Mission dar. Er ist Büro, Wohn- und Forschungsraum in einem. So ein mobiles Modell könnte in der nahen Zukunft auch Anwendungen finden. Auf die Frage, was aus RAMA eigentlich geworden ist, erklärt Imhof: „Eine nächste Phase könnte nun sein, dass man eine Art Simulation macht. Es geht da nicht so sehr darum, dass ein Projekt irgendwo hinführt, sondern, dass das ein Schritt zu einem nächsten Projekt ist.“ Daran wird auch schon gearbeitet: ein automatisch auffaltbares Habitat, robotisch aktuiert, zu Simulationszwecken für eine Mars-Mission vielleicht.



**Abb.36: Ein Sessel, viele Aufgaben.
Kreative Leistungsansätze auf engstem Raum
als Zukunft der bemannten Raumfahrt**



Abb.37
40

Auch an sogenannten Surface-Habitaten hat sie schon gearbeitet: „Diese Oberflächen- Habitate haben wir für Weltraumbehörden entwickelt. Das ist meistens im Kontext von Studien mit einem Gesamtszenario, also von hier zum Mars und zurück. Es sind Studien, um herauszufinden, wie das Szenario ausschauen muss, was funktioniert.“ Was hier so wage und nach entfernter Zukunft klingt, ist in der Praxis schon sehr weit: „Es fehlen ein paar essenzielle Technologien, aber, wollte man das, könnte man natürlich zum Mars fliegen. Oft ist das mehr eine politische als technologische Angelegenheit“, ergänzt Imhof. Und auch wenn außer Frage stünde, bereitwillige Menschen zu finden, die ein One-Way-Ticket zum Mars nehmen, so wäre in diesen Szenarien ein Rückflug stets miteinkalkuliert. Die Technik allein mache aber eine bemannte Mars- Mission noch nicht möglich. „Die Politik muss die Entscheidung treffen, eine solche Mission zu finanzieren“, erläutert Imhof. Außerdem müsse es eine internationale Kooperation sein, da der Weltraum nach dem Outer Space Treaty niemandem gehöre.

03.9 PLANEN FÜR DAS UNBEKANNTE

Auch die Erde hat so manch unwirkliche Gegend zu bieten, in der man ideal trainieren kann. Außerdem sei der Mars der Erde relativ ähnlich: mit dem Tag- Nacht-Zyklus von 25 Stunden, den Jahreszeiten und einer verringerten Schwerkraft. Die Atmosphäre allerdings lasse es nicht zu, ohne einen druckdichten Anzug hinauszugehen. „In der Antarktis kann man auch nicht einfach die Tür auf- und zumachen. Man muss sich bei -60 Grad im Winter etwas anziehen und darauf achten, dass alles passt, dass man alles dabei hat. Es ist in dem Kontext relativ ähnlich, wie wenn man sich auf einen Wechsel zwischen einem Innen- und einem Außenraum vorbereitet“, stellt Imhof ihren Zugang dar. Die 1/3-Schwerkraft könne man hingegen gut unter Wasser simulieren. Grundsätzlich gilt: Ein Gesamtszenario ist zu aufwendig, Einzelaspekte lassen sich gut simulieren.

Auf dem Mars zu leben wäre demnach möglich. Durch die dünne Atmosphäre sei zwar die Hintergrundstrahlung gefährlich, aber man müsse nur wissen, wie man sich die natürlichen Gegebenheiten zunutze macht. So gäbe es etwa tiefe, lange Schluchten, in die man Höhlen bauen und durch Überdachung einen großen öffentlichen Raum herstellen könnte. Aktuell gäbe es aber dennoch keine Siedlungsprojekte in diesem Maßstab. Keine Stadtbauprojekte.

Es gab schon die eine oder andere Vision, aber die seien den Menschen mit der Zeit ein wenig abhandengekommen. „Aber das kommt jetzt langsam alles wieder“, davon ist Imhof überzeugt.



04

APOLLO 13

Abb.38

APOLLO GUIDANCE, NAVIGATION AND CONTROL SYSTEMS

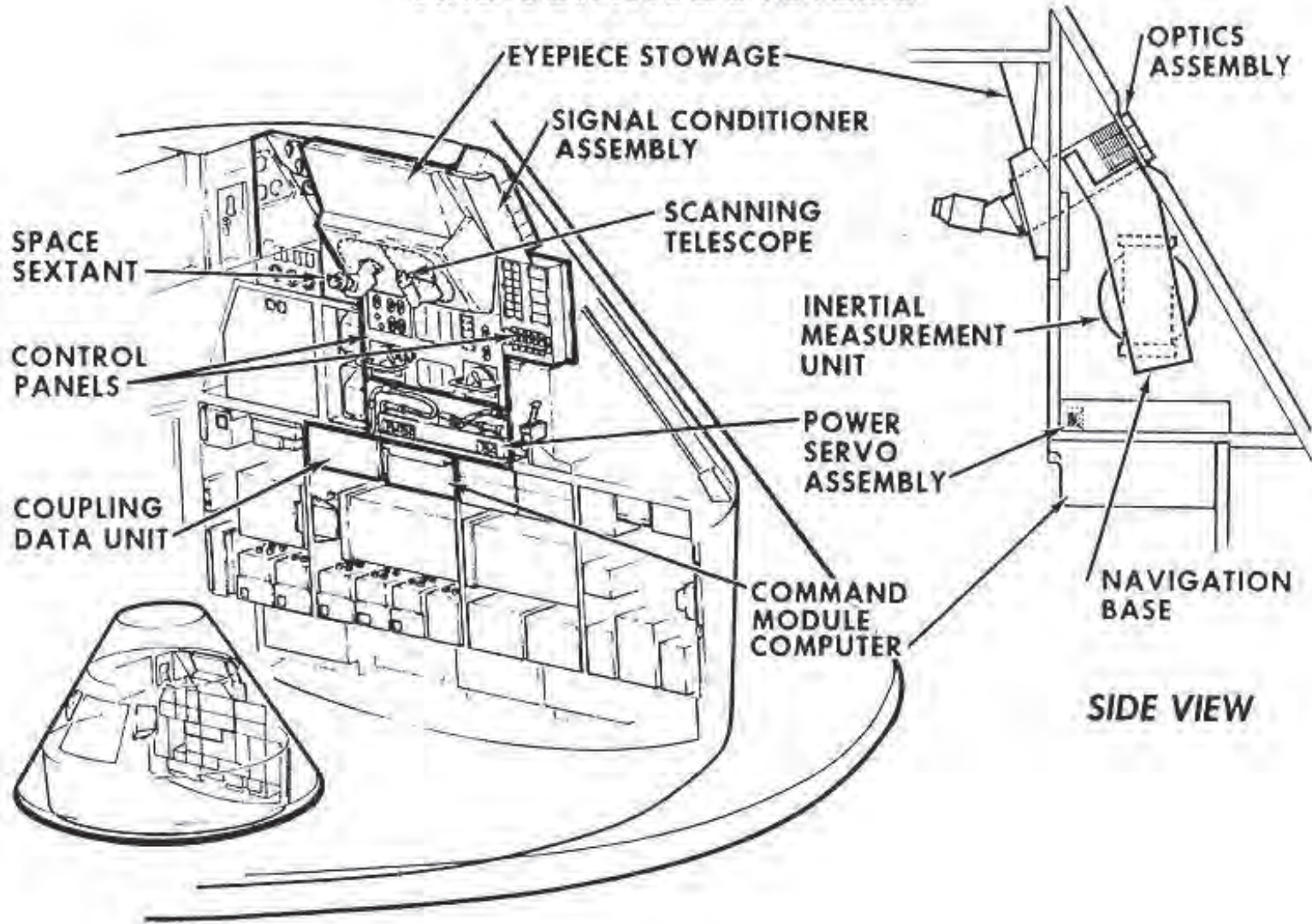


Abb.39

Apollo 13 war eine Raumfahrtmission des US-amerikanischen Apollo-Programms im April 1970. Nach der Explosion eines Tanks während des Fluges zum Mond musste die geplante Mondlandung aufgegeben werden. Technische Improvisation war nötig, um die drei Besatzungsmitglieder in ihrem beschädigten Raumfahrzeug lebend zur Erde zurückzubringen. Dieser Apolloflug war der einzige, der vorzeitig abgebrochen werden musste.

04.1 Besatzung

Am 6. August 1969, kurz nach der erfolgreichen Mondlandung durch Apollo 11, gab die NASA die Mannschaften für die Missionen Apollo 13 und Apollo 14 bekannt.

Als Kommandant von Apollo 13 wurde James Arthur „Jim“ Lovell anstatt des ursprünglich vorgesehenen Kommandanten Alan Shepard ausgewählt. Lovell unternahm damit nach Gemini 7, Gemini 12 und Apollo 8 als erster Raumfahrer einen vierten Weltraumflug. Er wurde damit gleichzeitig der erste Mensch, der eine zweite Apollo-Mission unternahm, und auch der erste Mensch, der zweimal zum Mond geflogen ist. Shepard wurde Kommandant des folgenden Fluges Apollo 14.

Pilot der Apollo-Kommandokapsel sollte zuerst Ken Mattingly werden, als Pilot der Mondlandefähre war Fred Haise vorgesehen. Die beiden waren die ersten der fünften Astronautenauswahlgruppe, die für einen Raumflug in die Hauptmannschaft eingeteilt wurden. John Young wurde als Kommandant der Reservemannschaft eingeteilt. „Jack“ Swigert wurde Ersatzpilot der Apollo-Kommandokapsel; Charles Duke übernahm die Rolle des Ersatzpiloten für die Mondlandefähre. Die Unterstützungsmannschaft (Support-Crew) bestand aus Jack Lousma, William Pogue und Vance Brand. Alle drei hatten schon Erfahrungen als Support-Crew oder Capcom.

Einige Tage vor dem Start, am 6. April 1970, erkrankte der Ersatzpilot der Mondfähre, Charles Duke, an Röteln. Es stellte sich heraus, dass Ken Mattingly nicht dagegen immun war. Um das Risiko zu eliminieren, dass Mattingly während des Mondfluges erkrankte, wurde Mattingly am 9. April durch den Reservepiloten Swigert ersetzt. Später nahm er dann dafür an der Apollo-16-Mission teil, für die eigentlich Swigert vorgesehen war. Wie sich später herausstellte, hatte sich Mattingly nicht mit Röteln infiziert.

Als Verbindungssprecher (CapCom) während des Fluges dienten Vance Brand, Jack Lousma, der Wissenschaftsastronaut Joseph Kerwin, John Young und Ken Mattingly.



Abb.40



Abb.41: Apollo 13 – Ursprünglich vorgesehene Crew mit Ken Mattingly in der Mitte

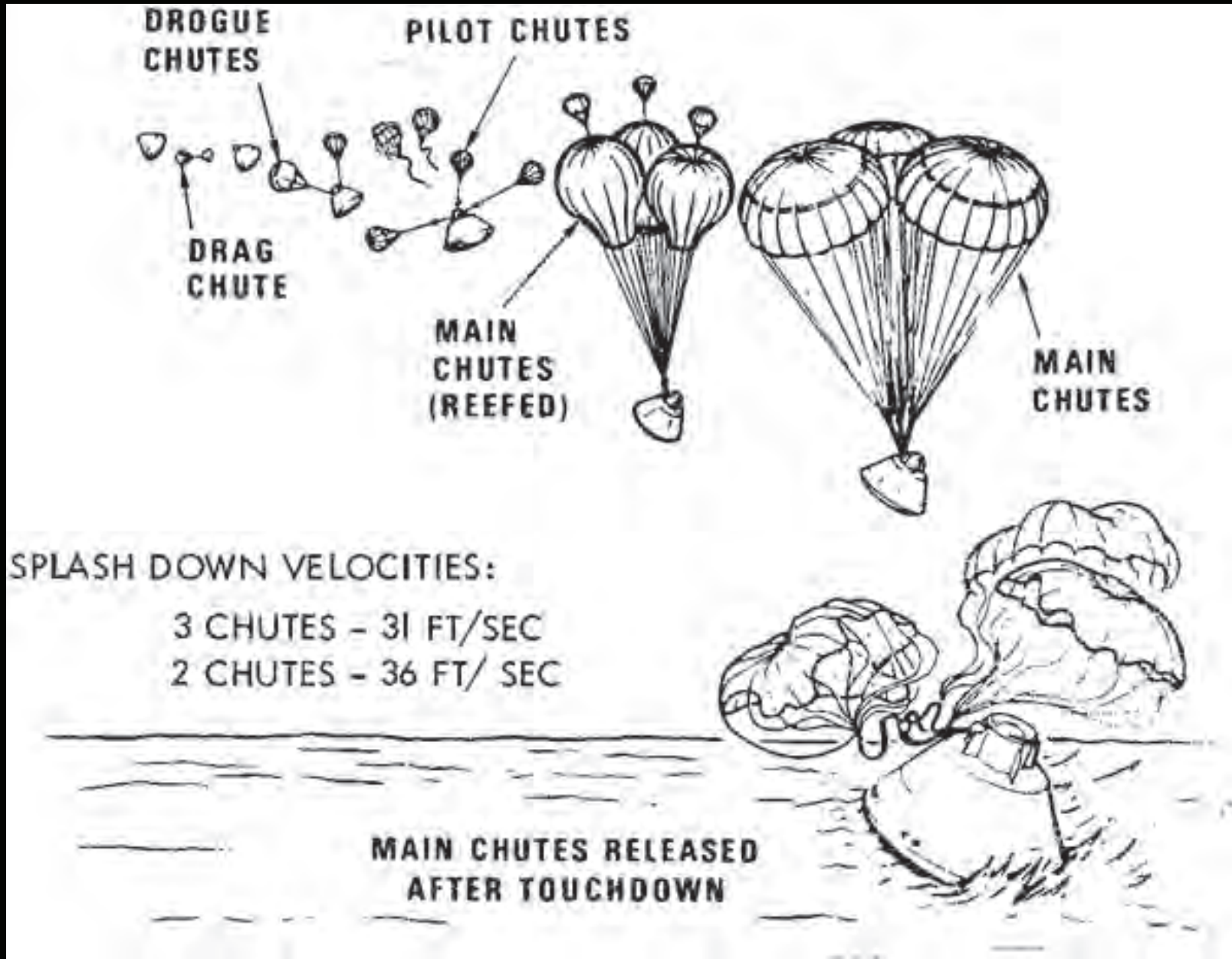


Abb.42: There are three sets of smaller parachutes that have to come out in sequence to help slow the Command Module enough for the next chute. Even when the main chutes come out, they are reefed to keep them from opening all the way until things have slowed down enough.

04.2 Vorbereitung

Die einzelnen Stufen der Saturn-V-Rakete AS-508 wurden im Juni und Juli 1969 in Cape Kennedy angeliefert. Am 15. Dezember 1969 konnte Apollo 13 zur Startrampe 39A gerollt werden. Das Apollo-Raumschiff CSM-109 erhielt den Namen Odyssey (nach Homers Odyssee), die Mondlandefähre LM-7 den Namen Aquarius (nach dem Sternbild Wassermann).

Ähnlich wie die Besatzung von Apollo 11 verzichteten die Astronauten von Apollo 13 darauf, dass ihre Namen auf dem Missionsabzeichen erschienen. Stattdessen erhielt es das lateinische Motto Ex Luna, Scientia („Vom Mond (kommt) das Wissen“). Insofern musste das Logo nicht geändert werden, als einige Tage vor dem Start der Pilot Mattingly durch Swigert ersetzt werden musste.

Vorgesehen war die Landung auf dem Mond im Fra-Mauro-Hochland, wo das ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Package) aufgestellt werden sollte. Dies war die erste Landestelle im Rahmen des Apollo-Programms, die nicht in einem der relativ ebenen Maria lag. Die Landestelle versprach ein vielfältiges Spektrum an Gesteinsformen; insbesondere sollte es mit Hilfe der Gesteinsfunde möglich sein, den großen Asteroideneinschlag zu datieren, der das Mare Imbrium geformt hat. Fra Mauro war den Wissenschaftlern so wichtig, dass das Landegebiet nach dem Fehlschlag von Apollo 13 auch für die Nachfolgemission Apollo 14 nominiert wurde.

Die Besatzung hatte sich vor dem Flug ausgiebig mit geologischen Studien befasst, um während der Mondexkursionen eine möglichst hohe wissenschaftliche Ausbeute erzielen zu können.

04.3 Flugverlauf

04.3.1 Start

Apollo 13 startete am 11. April 1970, 19:13:00 GMT in Cape Canaveral, Florida (13:13:00 Uhr im Kontrollzentrum in Houston). Aufgrund starker Vibrationen infolge eines auftretenden Pogoeffekts schaltete das mittlere Triebwerk der zweiten Stufe 132 Sekunden zu früh selbsttätig ab, was das autonome Flugführungssystem der Rakete dadurch ausglich, dass es die verbliebenen vier Triebwerke um 34 Sekunden länger brennen ließ. Auch die dritte Stufe brannte 9 Sekunden länger. Trotz der unerwarteten Störung war die Abweichung von der geplanten Umlaufbahn minimal. Nach eineinhalb Erdumkreisungen wurde die dritte Stufe ein zweites Mal gezündet, um Apollo 13 auf den Weg zum Mond zu bringen.

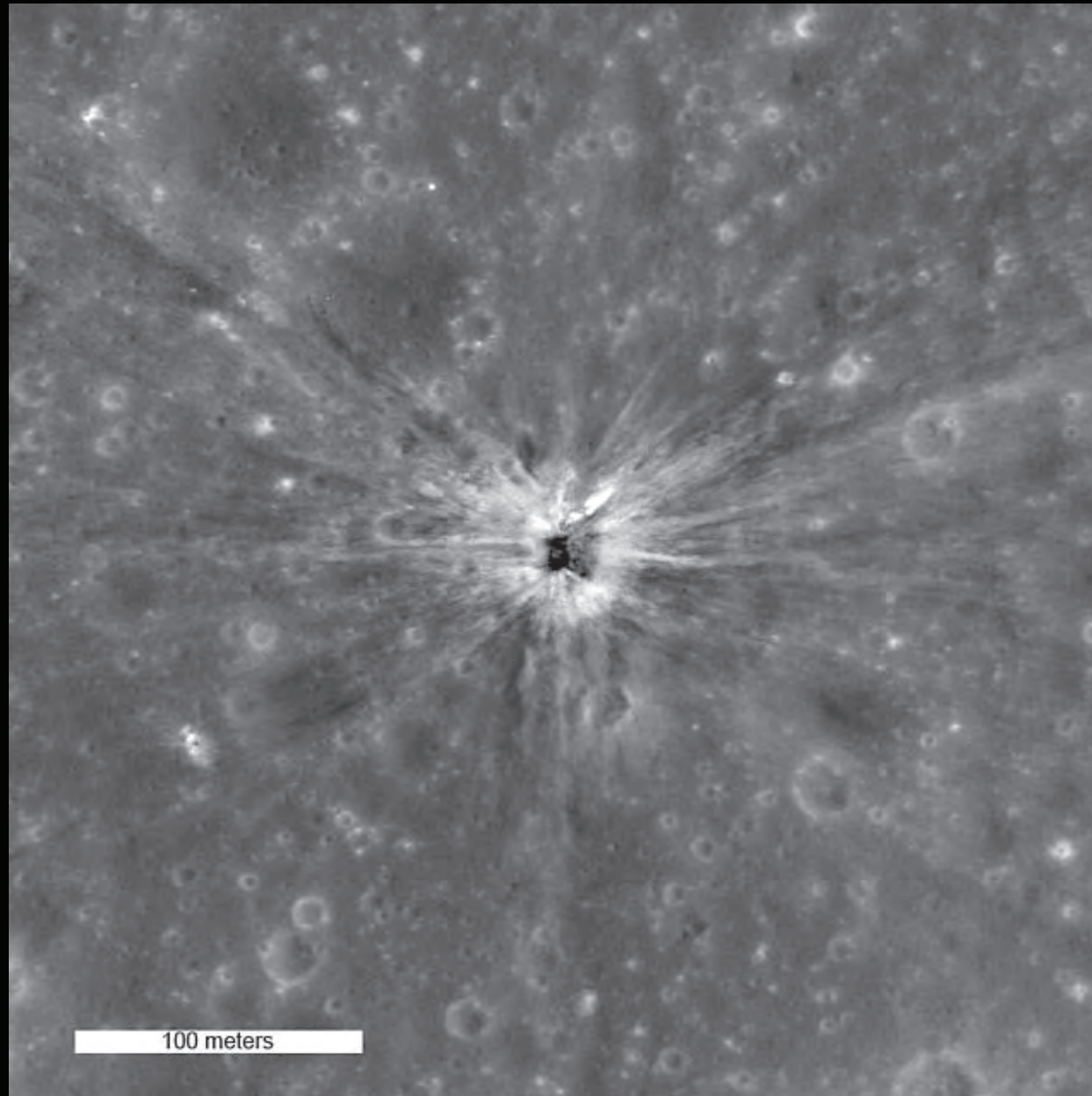


Abb.43: Der Einschlagkrater der S-IVB

04.3.2 Der Saturn-Einschlag

Ein vor dem Hintergrund der folgenden Ereignisse kaum beachtetes Experiment war der Saturn-Einschlag (Einschlag der dritten Raketenstufe S-IVB) auf dem Mond. Kurz nach Abtrennung des Kommando- und Servicemoduls (CSM) und Ankopplung des Landemoduls (LM) wurde die dritte Stufe der Saturn V durch Ablassen des Sauerstoffs und Zünden der APS-Steuerdüsen erfolgreich auf Kollisionskurs mit dem Mond gebracht. Drei Tage später schlug die fast 14.000 kg schwere Stufe ca. 120 km westnordwestlich des Apollo-12-Landeplatzes mit 2,5 km/s (9.000 km/h) Geschwindigkeit auf. Der Einschlag entsprach der Sprengwirkung von gut 10 t TNT. Nach ungefähr 30 Sekunden registrierte das von Apollo 12 aufgestellte Seismometer den Einschlag. Das Beben dauerte mehr als drei Stunden. Schon kurz vorher wurde vom Ionosphärendetektor eine Gaswolke registriert. Sie war für mehr als eine Minute nachweisbar. Man nimmt an, dass der Einschlag Partikel des Mondbodens bis in eine Höhe von 60 Kilometern schleuderte, wo sie vom Sonnenlicht ionisiert wurden.

04.3.3 Der Unfall

55 Stunden und 54 Minuten nach dem Start, über 300.000 km von der Erde entfernt, explodierte einer der beiden Sauerstofftanks im Servicemodul der „Odyssey“, kurz nachdem der im Tank befindliche Ventilator in Betrieb genommen worden war. Kapselpilot Swigert meldete über Funk: „Okay, Houston, wir haben da gerade ein Problem gehabt.“ Astronaut Jack Lousma, der zu dieser Zeit im Kontrollzentrum in Houston die Funkverbindung zur Besatzung hielt, fragte nach: „Könntet ihr das bitte wiederholen?“. Daraufhin meldete sich Kommandant Lovell: „Houston, wir haben ein Problem gehabt.“

Die Explosion von Sauerstofftank 2 beschädigte auch das Leitungssystem des daneben befindlichen Tanks 1. Die drei Brennstoffzellen, die mit Sauerstoff aus den beiden Tanks gespeist wurden, um Strom und Wasser zu erzeugen, konnten daher ihre Arbeit nur noch wenige Stunden lang verrichten. Es blieb nur die Möglichkeit, die Mission abzubrechen und Apollo 13 schnellstmöglich zurück zur Erde zu holen, da der Zusammenbruch der Sauerstoff-, Strom- und Wasserversorgung im Kommando-/Servicemodul „Odyssey“ durch nichts auszugleichen war.

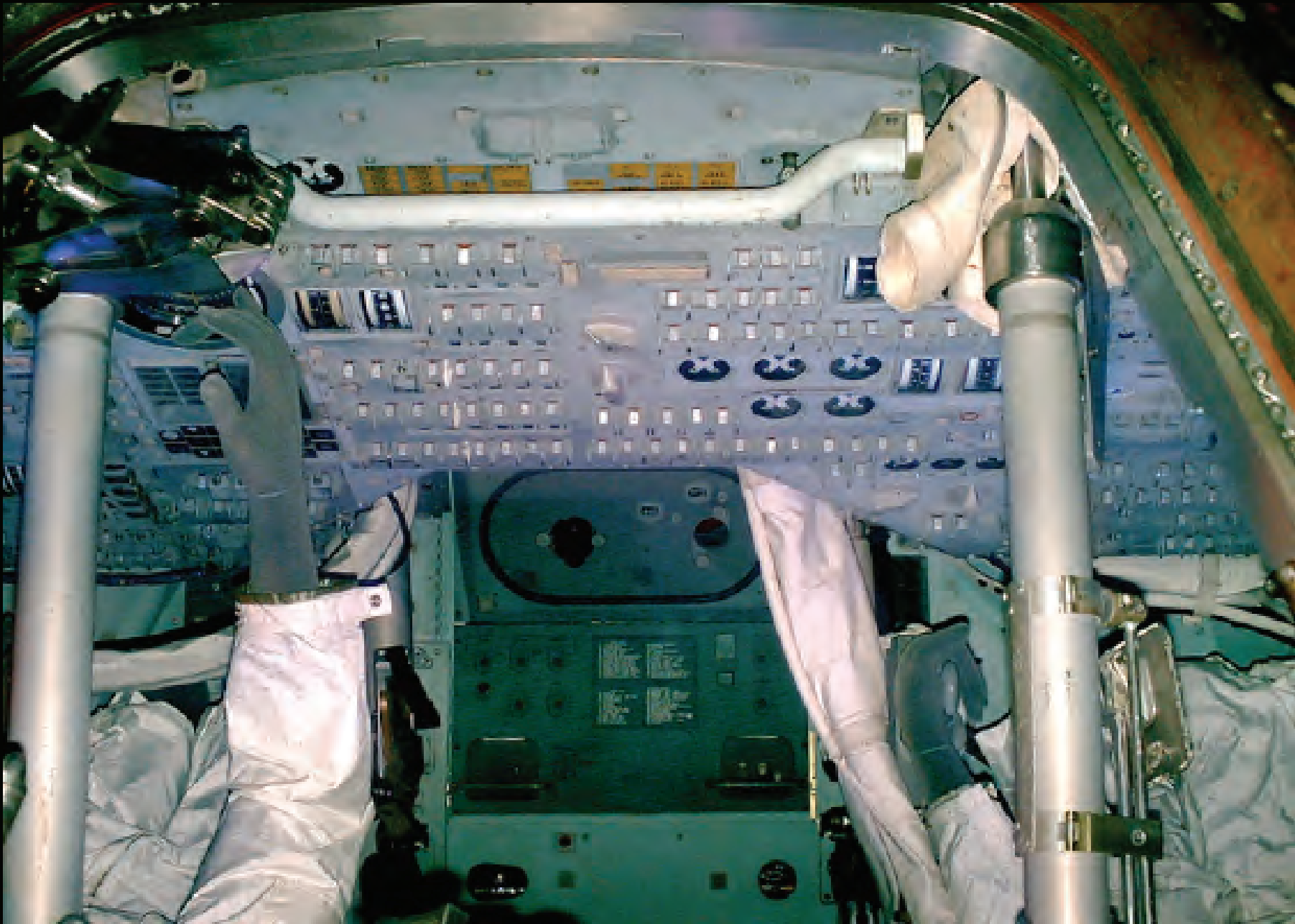


Abb.44: Das Kontrollpult der Kapsel

Zuvor mussten noch die Systeme der Kommandokapsel nach einem genau abgestimmten Schema ausgeschaltet werden, um sie später für den Wiedereintritt reaktivieren zu können. Gleichzeitig wurden die Systeme der Mondfähre aktiviert, damit sie die Aufgaben der Navigation und der Lebenserhaltung übernehmen konnte.

Da eine direkte Umkehr wegen des unbekanntes Zustandes des Haupttriebwerks ausgeschlossen wurde, musste eine Mondumrundung unter Ausnutzung des Gravitationsfeldes vollzogen werden (Swing-by-Manöver). Dazu wurde der Kurs durch eine kurze Brennphase des Landetriebwerks der Mondfähre leicht geändert, so dass die Flugbahn nach der Mondumrundung wieder zurück zur Erde führte (ohne die Korrektur hätte sich das Raumschiff der Erde nur bis auf ca. 60.000 km genähert). Die Mondlandefähre „Aquarius“ spielte dabei die Rolle des „Rettungsboots“, das die Besatzung versorgen musste, nachdem ein Überleben im havarierten Kommando-/Servicemodul „Odyssey“ nicht mehr möglich war.

Das Lebenserhaltungssystem der Landefähre war jedoch nicht dafür ausgelegt, drei Personen mehrere Tage am Leben zu erhalten. Während genügend Sauerstoff an Bord war, gab es zu wenig Wasser und insbesondere elektrische Strom, der in der Landefähre aus Batterien bezogen wurde. Die Rückkehrreserve des CM – ebenfalls Batterien, die durch die Havarie teilweise entladen worden waren – musste mittels eines improvisierten Ladekabels wieder ergänzt werden. Außerdem musste auch das überlastete Luftreinigungssystem umgebaut werden, um mit dem CO₂-Filter der „Odyssey“ arbeiten zu können, der eigentlich mit dem der „Aquarius“ inkompatibel war (runde und eckige Filter). Hierzu musste aus an Bord vorhandenen Dingen, wie zum Beispiel Tüten, Klebeband, Flugplänen und sogar einer Socke ein Adapter gebaut werden. Das Bodenzentrum in Houston erarbeitete eine Prozedur, die an die Crew gefunkt wurde, die dann erfolgreich den Adapter nachbaute.

Um die knappen Reserven der Landefähre nicht bis an die äußerste Grenze zu strapazieren und die Belastungen für die Besatzung zu mindern, wurde das Raumschiff zwei Stunden nach der Umrundung des Mondes durch eine knapp viereinhalbminütige Brennphase des LM-Landetriebwerks beschleunigt. Diese als „PC+2“ bezeichnete Brennphase war ein für eventuelle Notfälle vorausgeplantes Manöver („PC“ steht für „Pericynthion“, den Punkt der größten Annäherung an den Mond). Dadurch wurde die Gesamtflugdauer auf 142:40 Stunden verkürzt und gleichzeitig gewährleistet, dass die Kommandokapsel im Pazifik niedergehen konnte, wo die US Navy eine Bergungsflotte stationiert hatte. Da diese Maßnahme allein noch nicht ausgereicht hätte, wurden die meisten der elektrischen Systeme der Mondfähre (darunter auch die Navigationsplattform und der Bordcomputer) abgeschaltet und erst wenige Stunden vor der Landung wieder in Betrieb genommen. Da die Abwärme der elektrischen Verbraucher fehlte, sank die Temperatur im Raumschiff während des Rückfluges zur Erde bis auf ca. 0 °C.



Abb.45: Der von den Astronauten gebastelte CO₂-Filter in Betrieb



Abb.46:
Apollo 13 an Deck der USS Iwo Jima

04.3.4 Landung

Für den letzten Teil des Fluges konnten die normalen Rückkehrreserven der Landekapsel benutzt werden. Anders als bei einer normalen Mission wurde die für den Wiedereintritt in die Erdatmosphäre benötigte Kapsel erst kurz vor dem Ende des Fluges von der Besatzung in Betrieb genommen und von der Aquarius getrennt. Befürchtungen, die abgeschaltete Elektrik der Kommandokapsel könnte durch Feuchtigkeit und Frost Schaden genommen haben, bewahrheiteten sich nicht. Der Versorgungsteil verglühte wie bei einem normalen Flug in der Erdatmosphäre; ebenso ging die Mondlandefähre verloren, in deren Landestufe sich noch die ALSEP-Station mit ihrem Radioisotopengenerator als Stromversorgung befand. Jedoch wurde keine freigesetzte Radioaktivität nachgewiesen, da dieser Fall beim Entwurf des Generator-Behälters eingeplant war und er einen Wiedereintritt schadlos überstehen konnte. Da die „Blackout“ genannte Funkstille beim Wiedereintritt auffällig länger dauerte als die üblichen vier Minuten, führte das zu der Befürchtung, Besatzung und Landekapsel könnten verloren sein. Später gab man an, dass die Kapsel aufgrund des nicht gesammelten Mondgesteins einiges weniger wog und darum der Eintrittswinkel der Kapsel etwas flacher war als geplant. Am 17. April 1970 um 13:07 Uhr wasserte Apollo 13 problemlos im Pazifik, wo die Crew von der USS Iwo Jima (LPH-2) aufgenommen wurde.

04.4 Verbleib des Raumfahrzeugs

Nach der Bergung wurde das CM zunächst zerlegt, um das Unglück aufzuklären. Die äußere Hülle wurde eine Zeit lang im Musée de l'Air et de l'Espace in Paris ausgestellt. Nach Abschluss der Untersuchungen kombinierte man die Einbauten mit dem Trainingsmodul und stellte diese bis 2000 im Museum of Natural History and Science in Louisville, Kentucky aus. Danach wurden die Einbauten wieder in die Originalhülle zurückgebaut; die wiederhergestellte Kommandokapsel befindet sich seither im Kansas Cosmosphere and Space Center, Hutchinson, Kansas.

04.5 Ursache des Unglücks

Der Grund der Explosion war nicht, wie häufig zu lesen, ein gebrochenes Kabel im Sauerstofftank, sondern die Folge eines unter zu hoher Spannung kurzgeschlossenen Thermostats, sowie einer Kette von Versäumnissen und Fehleinschätzungen.



Abb.47

04.5.1 Die Sauerstofftanks

Im Apollo-Servicemodul befanden sich zwei nebeneinanderliegende Sauerstofftanks, in denen kryogener Sauerstoff enthalten war. Der Sauerstoff befindet sich dabei in einem Grenzzustand zwischen flüssig und gasförmig und steht unter hohem Druck. Zum Betrieb des Tanks waren neben den Füll-, Ablass-, Entnahme- und Entlüftungsleitungen einige elektrisch betriebene Vorrichtungen nötig, die in einer Baugruppe zusammengefasst waren. Dabei handelte es sich um ein Thermometer, einen Messfühler für die Füllstandsanzeige, ein Heizelement und einen Ventilator. Das Heizelement war notwendig, um den erforderlichen Betriebsdruck des Tanks aufrechtzuerhalten. Der Ventilator wurde benötigt, um den Tankinhalt durchzumischen, da kryogene Stoffe in Schwerelosigkeit zu Schichtbildung neigen. Nach der Montage war das Tankinnere nicht mehr für Inspektionen zugänglich.

Die NASA hatte den Bauauftrag für das Servicemodul an die Firma North American Aviation vergeben; diese hatte ihrerseits der Firma Beechcraft den Auftrag zum Bau der Sauerstofftanks erteilt. Die Spezifikation enthielt u. a. die Forderung, die Heizelemente der Tanks mit einem auf die Bordspannung des Apollo-Raumschiffs (28 V Gleichspannung) ausgelegten Thermostatschalter abzusichern.

04.5.2 Versäumnisse

Im Jahr 1965 änderte die NASA die Spezifikationen dahingehend, dass die elektrischen Baugruppen der Sauerstofftanks auf die an der Startrampe verwendete höhere Spannung von 65 V (Gleichspannung) auszulegen seien. Beechcraft vergaß, auch die Thermostatschalter von 28 Volt für die am Cape notwendige Spannung von 65 Volt auszulegen. Weder bei Beechcraft noch bei North American noch bei der NASA wurde diese Unterlassung bemerkt. Dies und alle weiteren Versäumnisse wurden wenige Monate nach dem Unfall von der Cortright-Kommission ermittelt.

Der im Servicemodul von Apollo 13 verwendete Sauerstofftank Nr. 2 gehörte ursprünglich zum Servicemodul von Apollo 10, war dort aber für nachträgliche Veränderungen wieder ausgebaut worden. Dabei rutschte der Tank vom Montagehaken und fiel etwa 5 cm tief, wobei das Ablassventil unbemerkt beschädigt wurde.

Der Countdown-Demonstrationstest für Apollo 13 fand 2 Wochen vor dem Starttermin statt. Nach diesem Test mussten die Tanks des Raumschiffs wieder entleert werden. Dies gelang bei Sauerstofftank Nr. 2 nur teilweise. Man vermutete, dass bei dem im Herstellerwerk erfolgten Vorfall die Ablassvorrichtung beschädigt worden war und der Sauerstoff deshalb teilweise wieder in den Tank zurückfloss. Da die Ablassvorrichtung während des Fluges nicht mehr notwendig war, hielt man ein Auswechseln des Tanks nicht für erforderlich, sondern entschloss sich zu einer Alternativprozedur: den Sauerstoff durch Erhitzen über die Tankheizung verdampfen zu lassen. Über 8 Stunden lang war die Heizung in Betrieb.



Abb.48: Das havarierte Servicemodul nach der Abtrennung

Die fehlerhafte Dimensionierung des Thermostatschalters auf die neue Betriebsspannung von 65 Volt DC bewirkte, dass in dieser Zeit der Thermostat zwar ansprach, der fließende Strom von 6 Ampere jedoch dazu führte, dass die Kontakte des Thermostatschalters miteinander verschweißten und dieser somit nicht mehr in der Lage war, den Stromkreis wie geplant zu öffnen und den Stromfluss zu unterbrechen. Die resultierende, überhöhte Temperatur führte zu einer Beschädigung der Leitungsisolierung der Ventilatorzuleitung. Spätere Tests bestätigten dies. Infolgedessen überhitzten der Tank und die Teflonbeschichtung des Heizstabes. Da die Thermometerskala an der Startrampe nur für maximal 27 °C ausgelegt war und man erwartete, dass der Thermostat die Heizung spätestens bei diesem Wert abschaltete, blieben die Überhitzung auf über 370 °C und die resultierenden Folgeschäden unbemerkt. Der ununterbrochen fließende Strom des Heizungssystems wurde zwar per Schreiberinstrument im Kontrollzentrum aufgezeichnet, allerdings zu diesem Zeitpunkt nicht bemerkt.

04.5.3 Die Explosion

46 Stunden und 40 Minuten nach dem Start wurde der Ventilator im Sauerstofftank 2 routinemäßig aktiviert. Dabei gab es erste Anzeichen für ein Problem, als die Füllstandsanzeige von ihrem bisherigen normalen Wert auf über 100 % anstieg und in dieser Position stehen blieb. Um das Problem näher zu untersuchen, ließ die Bodenkontrolle den Ventilator rund eine Stunde später und nach drei weiteren Stunden noch einmal einschalten, ohne dass sich die Anzeige änderte.

Als Jack Swigert bei 55:54 Stunden Flugzeit auf Anweisung der Bodenkontrolle den Ventilator im Sauerstofftank erneut in Gang setzte, kam es zu einem Kurzschluss. In der reinen Sauerstoffatmosphäre des Tanks entstand ein Feuer, das sich rasch ausbreitete. Dadurch erhöhte sich der Tankdruck, bis der Tank schließlich explodierte.

„Fred hat uns fast den ganzen Tag genervt, indem er sich einen Spaß daraus machte, immer wieder das Druckausgleichsventil zwischen der ‚Odyssey‘ und der ‚Aquarius‘ zu öffnen. Dabei gab es ein lautes Geräusch, das uns andere jedes Mal fürchterlich erschreckte. Ich war gerade dabei, ein paar Systeme zu kontrollieren, als Sauerstofftank 2 mit einem lauten Knall explodierte. Zuerst dachte ich, es sei wieder Freddo, doch als ich mich umdrehte, saß er weit vom Ventil entfernt in seinem Sitz. Er war leichenblass vor Schreck und schüttelte nur den Kopf. Da wusste ich, es ist etwas passiert.“

– Kommandant Jim Lovell: in einem späteren Interview

Durch die Explosion wurde auch das Leitungssystem des benachbarten Sauerstofftanks 1 beschädigt, so dass dessen Inhalt während der folgenden 130 Minuten fast vollständig entwich. Infolge des im Servicemodul entstandenen Überdrucks wurde ein Teil der Außenverkleidung abgesprengt, das seinerseits mit der Richtantenne kollidierte und möglicherweise auch das Haupttriebwerk des Versorgungsteils beschädigte.

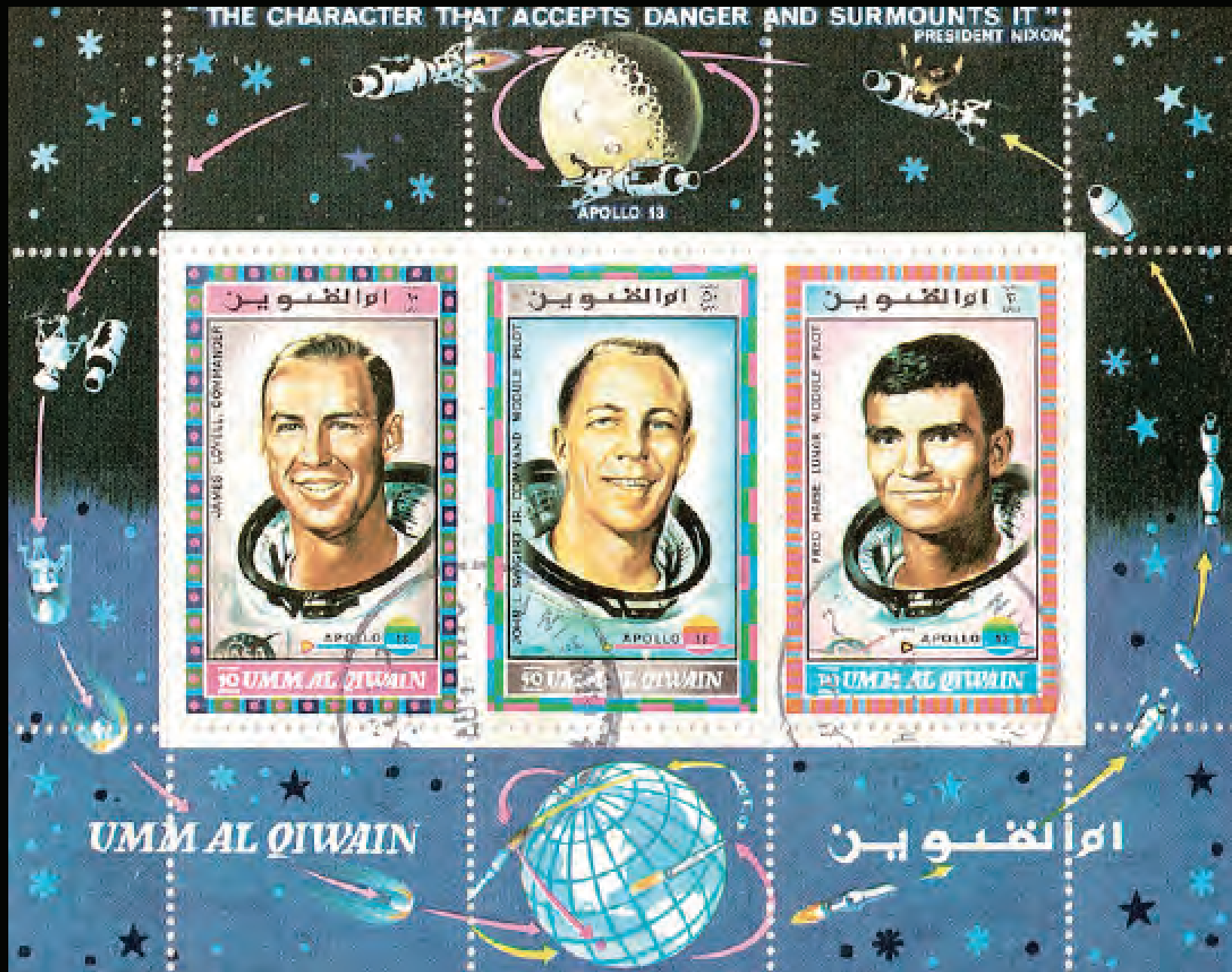


Abb.49: Skizzierter Missionsverlauf auf einer Briefmarke von Umm al-Qaiwain

04.6 Bedeutung für das Apollo-Programm

Im Gegensatz zur NASA hatten Mondlandungen für die Medien und die Bevölkerung mittlerweile an Bedeutung verloren, Apollo 13 wäre die inzwischen dritte Landung in einem Zeitraum von knapp 9 Monaten gewesen. Die US-Fernsehsender übertrugen Live-Sendungen aus dem Raumschiff nicht, sie wurden lediglich im Kontrollzentrum Houston gesehen. Erst als der Unfall bekannt wurde, schalteten sich die Medien aus aller Welt ein.

Da es gelang, die drei Astronauten trotz widriger Umstände lebend zurück auf die Erde zu bringen, bezeichnete die NASA die Apollo-13-Mission später als einen „erfolgreichen Fehlschlag“.

Nachdem eine von Edgar Cortright (Leiter des Langley-Forschungszentrums der NASA) geleitete interne Untersuchungskommission im Juni 1970 ihren Bericht veröffentlicht hatte, wurden konstruktive Änderungen an den Sauerstofftanks der noch verbleibenden Apollo-Servicemodule vorgenommen: insbesondere wurden die Thermostatschalter ausgewechselt; außerdem wurde ein dritter Sauerstofftank eingebaut. Im Januar 1971 wurde das Apollo-Programm mit der Mission Apollo 14 fortgesetzt.

Am 2. September 1970 wurden die für 1972/73 vorgesehenen Missionen von Apollo 15 und Apollo 19 (Apollo 20 war bereits am 4. Januar gestrichen worden) endgültig auf Grund von Budgetkürzungen im US-Haushalt gestrichen. Die verbliebenen vier Missionen wurden mit 14 bis 17 neu durchnummeriert. Es mag eine Rolle gespielt haben, dass man befürchtete, bei einem weiteren (und möglicherweise tödlichen) Unglück könnte das gesamte bemannte Raumfahrtprogramm gestrichen werden.

Dieser Mission gebührt auch ein Rekord: Auch aufgrund des größeren Radius der Bahn um den Mond herum sind die drei Astronauten von Apollo 13 diejenigen Menschen, die am weitesten von der Erde entfernt waren: 401.056 km am äußersten Bahnpunkt um den Mond.

An aerial view of a Mars colony base. The landscape is a vast, reddish-orange desert with rolling hills and dunes. In the foreground, a series of white, cylindrical habitats are arranged in a line. A rover is visible near the habitats. The sky is a pale, hazy orange. The overall scene is desolate and futuristic.

05

DER FLUG ZUM
MARS



Abb.51: Auf dem Mars ist es still. Für die Wissenschaftler war es deshalb eine Erleichterung, dass sie vom Band Geräusche wie fließendes Wasser, Vogelgezwitscher und Insektensummen hören konnten.

05.1 Einleitung

Wernher von Braun sah den Flug zum Mond als eine Zwischenstation an, der eine bemannte Raumstation folgen würde und dann ein Flug zum Mars, den er für 1986 geplant hatte. Nach der historischen Landung von Apollo 11 verflog sehr bald das Interesse an teuren Unternehmen, man konnte noch aus Resten des Apollo Programms die vergleichsweise preiswerte Raumstation Skylab (Kosten 2.1 Mrd. USD, heute kostete alleine das Columbus Modul für die ISS mehr) verwirklichen, doch an einen bemannten Flug zum Mars war nicht mehr zu denken.

Heute befindet sich der Mars wieder im Mittelpunkt der Forschung. Bei jedem Startfenster starten eine und oder mehrere unbemannte Sonden. Seit einigen Jahren ist nun wieder auch von einem bemannten Marsflug die Rede. In diesem Artikel geht es nicht um konkrete Pläne - derartige gibt es nicht, jedoch einige Studien. Es soll vielmehr aufgezeigt werden, was die Unterschiede zu bisherigen Flügen zum Mond oder in eine Erdumlaufbahn sind, welche Probleme gelöst werden müssen.

05.2 ANTRIEBE

Bei einer Mission zum Mars wird der größte Anteil der Masse die man in einen Erdorbit bringt bei einem chemischen Antrieb aus Treibstoff bestehen. Alleine um die Erdumlaufbahn zu verlassen wird bei jedem chemischen Antrieb mehr Treibstoff verbraucht, als danach das Raumfahrzeug wiegt. Dann muss das Raumfahrzeug in eine Marsumlaufbahn einschwenken und von dort wieder zurück zur Erde starten. Wenn man dann auch nicht direkt landet sondern in eine Erdumlaufbahn abbremst braucht man nochmals so viel Treibstoff. Daher ist man bestrebt diesen Posten zu minimieren.

Schon alleine wegen der Masse die man für einen Marsflug braucht sind Antriebe einen eigenen Aufsatz wert. Daher zuerst einmal eine Vorstellung der Möglichkeiten die man heute zur Verfügung hat.

Flug zum Mars

3... 2... 1...



START

Mit einer Atlas-V-Rakete macht sich „Curiosity“ auf die 660 Millionen Kilometer lange Reise.



Die Probe dauert fast neun Monate.

ANKUNFT

Wenn die Sonde den Mars erreicht, trennt sich das Rovermodul ab. Die Frachtkapsel geht in den Schlaf.

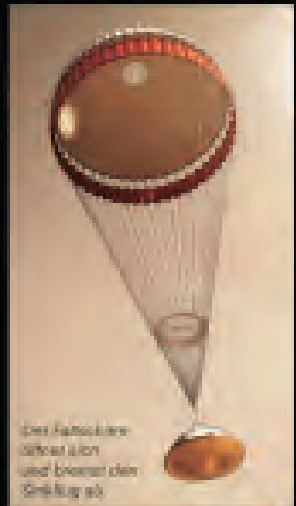


Bei 21.000 Kilometern pro Stunde drückt die Frachtkapsel in die Mars-Atmosphäre.

Am 6. August 2012 wird die Sonde auf dem Mars an der Gusev-Landing-Station gelandet. Die unbefestigte große Kapsel

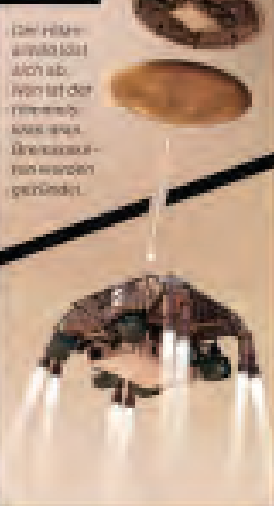


SCHWUPPI!

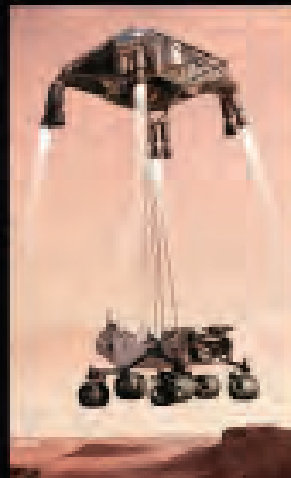


Das Fallschirm-System ist schon und bremsen den Sinkflug ab.

DANN



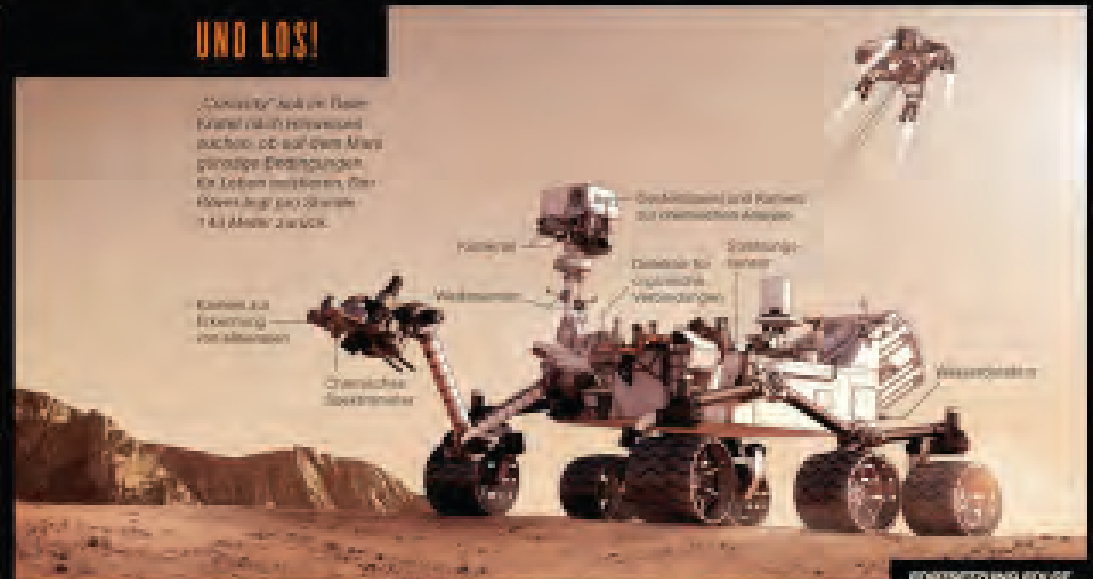
Der Fallschirm wird sich ab. Wenn bei der Fehlersuche eine Grenzschicht erreicht worden ist.



Auf etwa 10 Metern stellt der Kran seine Last ab. Der Rover kippt die Gabel, sobald er festen Boden unter allen Rädern hat. Der Kran steigt weg.

UND LOS!

„Curiosity“ hat im Mars-Kanal nicht nur Wasser gesucht, ob auf dem Mars günstige Bedingungen für Leben existieren. Der Rover legt per Solarzellen 14 Meter zurück.



Kamera zur Erkennung von Strukturen

Chemisches Spektrometer

Radarsystem

Spektrometer und Kamera zur chemischen Analyse

Geräte für wissenschaftliche Versuchsreihe

Spezialkamera

Radarsystem

FORTSETZUNG FOLGE ...

Abb.52

FLUGZUM MARS: D. GUTENBERG; MARS-LANDUNG: NASA; MARS: NASA

05.3 Chemische Antriebe

Ein Problem einer Marsmission ist das Gewicht. Der größte Teil der Masse die man in einen Erdorbit transportiert ist Treibstoff um die Erde zu verlassen. Eine Marsmission benötigt - je nach Planung - zwischen 700 und 1100 t die in einen erdnahen Orbit transportiert werden müssen.

Heute arbeiten Raumsonden mit lagerfähigen Treibstoffen. Diese kann man beliebig lange lagern. Sie liefern aber nur eine mittlere Energieausbeute, d.h. man braucht sehr viel Treibstoff. Die Alternative bei chemischen Treibstoffen ist die Verwendung von flüssigem Wasserstoff als Treibstoff. doch dieser ist nur bei Temperaturen unter -253 Grad flüssig. Er liefert erheblich mehr Energie als die lagerfähigen Treibstoffe, so dass man Raketen kleiner bauen kann. Wasserstoff wird auch von nuklearen Triebwerken als Treibstoff benutzt. Auch dort hat man also das Problem der Kühlung. Den größten Teil des Treibstoffs benötigt man um überhaupt erst zum Mars zu kommen - Hier würde sich das Kühlungsproblem nicht stellen, wenn man eine Trägerrakete hat, welche die Module direkt starten kann, also eine Rakete in der 200 t Nutzlast Klasse.

Teile des Treibstoffs müssen bis zum Rückstart zur Erde flüssig gehalten werden. Dies ist im Weltraum einfach: Man kann hier den Treibstoff mit einem Sonnenschild vor Sonnenstrahlung schützen. Ein Schutzschild senkt bei dem Weltraumteleskop JWST die Temperatur auf 213 K. Den Rest von etwa 40 K Kühlleistung kann eine Rückverflüssigungsanlage aufbringen. Da Wasserstoff auch die Basis für nukleare Antriebe ist und diese sogar mehr davon einsetzen (sie brauchen zwar nur halb so viel Treibstoff wie ein chemischer Antrieb, doch dieser besteht beim chemischen Antrieb nur aus einem Siebtel aus Wasserstoff, so dass sie in der Summe 3.5 mal mehr Wasserstoff benötigen).

Die Kühlung dürfte auf dem Mars trotz seiner dünnen Luft erheblich schwieriger sein. Der Boden nimmt Wärme auf und strahlt sie ab und die Strahlung kommt von überall her. Selbst in der Nacht wird es nie unter -80 °C kalt, tagsüber bis zu 0 ° Zubrins Plan sieht die Gewinnung von Treibstoff aus Wasserstoff auf dem Mars vor. Es fehlt aber noch der Beweis, ob dies möglich ist und Zubrins Plan ist auch der wohl radikalste unter allen Marsmissionen.

Für den chemischen Antrieb sprechen eine Reihe von Argumenten. Zum einen die Jahrzehnte lange Erfahrung, die Verfügbarkeit von Triebwerken jeder Größe und die vergleichsweise kleinen Kosten für Triebwerke und Antrieb. Aber: Von allen Antrieben holt der chemische Antrieb am wenigsten Energie pro Kilogramm Treibstoff heraus. Bei lagerfähigen Treibstoffen beträgt der spezifische Impuls etwa 3300 m/s, bei Wasserstoff etwa 4500 m/s. Entsprechend ist beim chemischen Antrieb der größte Teil der Masse, die transportiert wird Treibstoff.

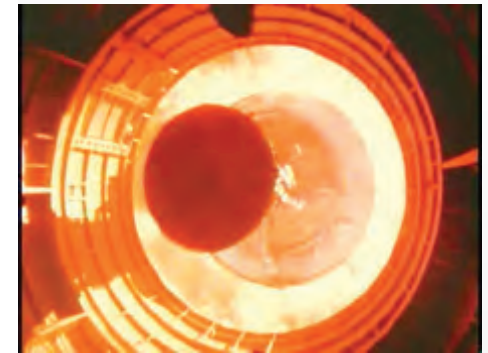


Abb.53



Abb.54

05.4 Zeitfaktor

Ein Marsunternehmen besteht nicht aus einem einzigen Flug. Die meisten Szenarien sehen mehrere Flüge mit unterschiedlichen Nutzlasten voraus. eine typische Mission könnte z.B. folgende Einzelteile umfassen.

Das Wohnmodul, in welchem die Astronauten auf dem Mars wohnen, unbemannter Start und direkte Landung auf dem Mars.

Ein Container mit der Ausrüstung, schwerem Gerät, einer Anlage zur Stromerzeugung (solar oder durch Kernreaktor) und einem Großteil der Vorräte (Verbrauchsgüter) - ebenfalls unbemannter Start.. Landung in der Nähe des Wohnmoduls.

Eine Kapsel mit einer Raketenstufe zum Gelangen in den Marsorbit für den Rückflug. Sie wird zuerst in einen Marsorbit transportiert.

Eine kleine Raumstation mit der Besatzung und einer Raketenstufe zum Einschwenken in den Marsorbit.

Lediglich der letzte Flug wäre bemannt. Da es verschiedene Bahnen zum Mars gibt, erstrecken sich Startfenster über einige Wochen, bis etwa 1 Monat. Über diese Zeit müsste man 4 Starts durchführen. Bei der Benutzung von kleineren Raketen sind es nicht mehr Starts, wenn man die Strategie der Orbitanhebung wählt.

Dann kann man die vielleicht 20 Starts kleinerer Träger über eine noch längere Frist verteilen. Heute favorisiert man sogar eher noch die Variante, bei der die man die Hälfte des Equipments ein Startfenster, also 2 Jahre früher zum Mars entsendet. Zum einen ist Technik so weit ausgereift, dass die Verweildauer auf dem Mars kein Risiko mehr darstellt. Zum anderen weiß man vor dem Start, dass die Ausrüstung schon dort ist wo man sie braucht. Die Kosten werden so auch über mehrere Jahre verteilt.

Die Zeit ist also kein Problem für eine Marsmission, zumal sich die gesamte Vorbereitungszeit von dem Start der Entwicklung bis zur Landung über mehr als ein Jahrzehnt erstrecken dürfte. Der verteilte Start über 2 Startfenster erlaubt es auch die Mittel besser über die Jahre zu verteilen.

05.5 Umweltkontrollsysteme und Vorräte

Die Herstellung einer Umgebung in der Menschen leben können und die Versorgung mit Verbrauchsgütern. Atmung, Abfälle und Essen, sowie die Aufrechterhaltung der Umweltbedingungen werden als ein System betrachtet, im englischen ist die Bezeichnung Environmental Climate and Life Support System(ECLSS) dafür gängig. Wie auf der Erde sind die Prozesse nicht unabhängig sondern miteinander verbunden, so wird aus Nahrungsmitteln (Ressource) Kot und Urin gebildet (zu entsorgender Abfall) und aus Sauerstoff wird Kohlendioxid gebildet. Umgekehrt liegt darin auch die Chance der Wiederaufarbeitung und damit der Gewichtersparnis von Rohstoffen.

5.6 Atmosphäre

Die Atmosphäre auf dem Mars ist für den Menschen nicht atembare und viel zu dünn. Wie auf dem Flug zum Mars braucht der Mensch eine künstliche Atmosphäre. Die frühen US Missionen von Mercury und Apollo setzten eine reine Sauerstoffatmosphäre unter vermindertem Druck (0.28-0.29 Bar) ein. Technisch bietet diese einige Vorteile:

Man benötigt weniger Gase, da es bei jedem Raumschiff Leckverluste gibt, d.h. das Raumschiff gibt kleinere Mengen an Gas an den Weltraum ab. Verglichen mit einer irdischen Atmosphäre benötigt man so 75 % weniger Gase. Der Stickstoff entfällt ganz.

Auch die Leckverluste sind geringer, weil die Druckdifferenz zwischen Kapsel und freiem Raum geringer ist.

Die Kapseln müssen für einen geringeren Druck konstruiert werden und sind leichter.

In Raumanzügen ist man beweglicher, da man alle Bewegungen gegen den Innendruck durchführen muss.

Die Regelung eines Gases ist einfacher als die eines Gasgemisches.

Das Feuer bei Apollo 1 zeigte aber auch die Brandgefahr bei einer solchen Atmosphäre. In der Folge übernahmen die NASA die normale Atmosphäre, wie sie auch bei den Russen immer schon eingesetzt wurde. Bei Skylab gab es eine Zwischenlösung mit einer Sauerstoff-Stickstoff Atmosphäre unter vermindertem Druck, bei dem Space Shuttle und der ISS wird eine normale Atmosphäre von 100 hpa Druck und 20 % Sauerstoff und 80 % Stickstoff eingesetzt.

Beim Mars könnte es sein, dass man sich für den Oberflächenaufenthalt wieder um entscheidet. Schon heute wird bei den Raumanzügen immer noch eine angereicherte Sauerstoff Atmosphäre eingesetzt. Arbeit gegen einen Druck von 1 Bar ist praktisch nicht möglich. Das wird beim Mars noch schwieriger werden, denn dort sind die Astronauten nicht schwerelos sondern wiegen immerhin 40 % der irdischen Gewichts. Dazu kommt, dass sie die schweren Raumanzüge tragen müssen. In den Raumanzügen wird eine weitgehend reine Sauerstoff Atmosphäre herrschen, zum einen wegen der Belastung bei der Arbeit, zum anderen wegen des Gewichts des Anzugs, schließlich braucht man dann noch eine Stickstoffversorgung und muss 5 mal mehr Gas mitführen.

Wenn man aber in der Wohnung auf dem Mars eine normale Atmosphäre einsetzt und dann im Raumanzug reinen Sauerstoff von 0.2 bis 0.3 Bar Druck, dann müssen die Astronauten sich stundenlang adaptieren um den Stickstoff aus dem Blut auszutreiben, der sonst wie bei Tauchern Bläschen bilden würde, und zur tödlichen Taucherkrankheit führen würde. Beim Space Shuttle erfordert der Übergang von 100 kpa auf 29 kpa im Raumanzug eine Verweildauer von 12 Stunden bei 70 kpa mit 27 % Sauerstoff und weitere 90 Minuten bei 100 % Sauerstoff. Es könnte daher durchaus sein, dass man zumindest für die Arbeit an der Marsoberfläche wieder zu einer reinen Sauerstoffatmosphäre übergeht.

05.7 Verbrauch an Atmosphäre

Es gibt folgende 3 Aspekte bei der Aufrechterhaltung der Atmosphäre:

Erstens gibt es allgemeine Leckverluste. Diese hängen natürlich von der Konstruktion und Größe der Module ab. Die NASA rechnet mit einem normalen Leckverlust von 0.5-1 kg pro Person und Tag. Nicht eingeschlossen dafür sind Verluste die entstehen wenn man in eine Luftschleuse öffnet und die dort noch enthaltene Atmosphäre ins All ablässt (Die Luft in einem 1.5 x 1.5 x 2.5 m großen Raum wiegt bei 1 bar Druck etwa 7.3 kg). Die Leckverluste hängen von der Dichtheit der Konstruktion aber auch vom umbauten Volumen ab.

Verbrauch an Sauerstoff:

Der Mensch verbrennt die Nahrung und verbraucht dadurch Sauerstoff. Dieser muss laufend ergänzt werden. Bei der Arbeit auf der ISS, die körperlich nicht sehr anstrengend ist rechnet man mit 0.84 kg Sauerstoff/Person und Tag. Auf dem Mars dürfte bei 0.4 G Bedingungen und körperlicher Arbeit, eher ein Wert von 1-1.2 kg/Person und Tag realistischer sein. Der Sauerstoffbedarf hängt in kleinerem Maße auch von der Zusammensetzung der Nahrung ab.

Entsorgung von Kohlendioxid:

Kohlendioxid als Endprodukt der Atmung ist ein Atemgift, das laufend aus der Atmosphäre entfernt werden muss. Dies ist auf unterschiedliche Verfahren möglich. Alle haben gemeint, dass man weitere Stoffe braucht, um das Kohlendioxid zu binden. Auf der ISS rechnet man mit einer Produktion von 1.0 kg Kohlendioxid pro Person und Tag. Auch dieser Wert dürfte beim Mars höher liegen.

05.8 Stickstoff

Die Versorgung mit Stickstoff ist das System bei dem es am wenigsten Auswahlmöglichkeiten gibt. Die Vorgehensweise wie bei der Raumstation ISS ist für Marsflüge nicht gangbar. Bei der ISS wird der Stickstoff in Drucktanks gelagert und durch Versorgungsflüge ergänzt. Schon bei 180 Tagen Dauer braucht man bei 6 kg Leckverlust pro Tag dann etwa 2000 kg Stickstoff. Fast die Hälfte davon entfallen auf die Drucktanks. Geht man auf flüssigen Stickstoff über, so sinkt das Gewicht auf 1500 kg. Ein System mit der katalytischen Spaltung von Hydrazin senkt dies auf 750 kg. Bei einer Marsmission liegen die Einsparungen dann im Bereich von einigen Tonnen.

Hydrazin ist eine lagerfähige Flüssigkeit, die bei Zimmertemperatur flüssig ist und auch als Treibstoff genutzt werden kann. (Wenn man die Kombination Hydrazin/Stickstofftetroxid benutzt kann man es z.B. aus den Treibstoffvorräten entnehmen). Hydrazin ist chemisch instabil und zerfällt unter Wärme oder bei Anwesenheit von Katalysatoren in Wasserstoff und Stickstoff. Dabei entsteht im ersten Schritt Ammoniak der dann ebenfalls gespalten werden kann.

Eine Stickstoffgewinnungsanlage besteht aus einer Ammoniakspaltungsstufe, bei der man Hydrazin zuerst in Stickstoff und Ammoniak spaltet. Dem sind 3 Reinigungsstufen nachgeschaltet, bei dem man den Ammoniak aus dem Ammoniak/Stickstoff Gasgemisch entfernt und in einer weiteren Stufe zu Stickstoff und Wasserstoff spaltet. Dem folgen dann 4 Wasserstoffabtrennungsstufen. Dies ist nötig, weil Ammoniak als ätzende Flüssigkeit nicht in der Atemluft sein sollte, und Wasserstoff wegen der Explosionsgefahr nicht vorhanden sein darf. Der entstehende Wasserstoff kann dann entweder verworfen werden (das vereinfacht die Konstruktion, da man praktisch durch Molekularsiebe gegen das Vakuum des Weltraums arbeiten kann) oder - das ist vorzuziehen - er wird gesammelt und zur Kohlendioxidreduktion genutzt.

1 kg Hydrazin liefert 875 g Stickstoff und 125 g Wasserstoff. Der Wasserstoff kann genutzt werden um 0.5 kg Kohlendioxid zu reduzieren. Obwohl bei der Spaltung von Hydrazin Energie frei wird, benötigt das System Energie. Denn die freiwerdende Energie ist Wärme, die abgeführt werden muss und die Konzentration von Wasserstoff und Stickstoff benötigt ebenfalls Energie.

Der mehrstufige Prozess ist vergleichsweise aufwendig, weshalb er auf der ISS noch nicht eingesetzt wird, bei einer Marsmission wird er aller Wahrscheinlichkeit aber aus Gewichtsgründen eingesetzt werden, zumal er Wasserstoff als Reduktionsmittel als Nebenprodukt liefert.

5.9 Sauerstoff

Sauerstoff kann ebenfalls in Drucktanks mitgeführt werden, wie dies bei der Raumstation auch erfolgt. Zumindest für Raumanzüge ist dies auch das einzige System, welches vom Gewicht her tolerierbar ist. Doch die gesamte Sauerstoffversorgung sollte auf einem anderen Wege erfolgen.

Der beste Weg ist heute Wasser elektrolytisch zu spalten. Das Wasser kann aus dem Brauchwasser stammen. Dies ist die Umkehrung der Energiegewinnung aus Wasser durch die Brennstoffzellen.

Der Prozess ist recht energieintensiv. Für die Gewinnung von 1 kg Sauerstoff braucht man 4.7 kWh (bei 100 % Wirkungsgrad, in der Praxis eher 6-7 kWh). Der dabei entstehende Wasserstoff kann leicht an der entsprechenden Elektrode abgetrennt werden und genutzt werden um Kohlendioxid zu reduzieren. 1 kg Wasser liefert 889 g Sauerstoff und 111 g Wasserstoff.

05.10 Organische, geschlossene Systeme

Auf unserer Erde herrscht ein vollkommenes Gleichgewicht. Dabei wird nicht nur die Luft regeneriert, sondern auch die Ausscheidungen wieder zu Nahrung. Organismen bilden aus Kohlendioxid und Wasser Traubenzucker und höhere Kohlenhydrate und Fett. Sie nutzen den Stickstoff in Fäzes und Urin um Eiweiße zu bilden. Idealerweise ernten wir diese Organismen und essen sie dann.

Heute würde jedoch niemand ein organisches System für eine Marsmission einsetzen.

Es sprechen eine Reihe von Argumenten gegen diese:

Die Störanfälligkeit: Auf der Erde funktioniert ein System im Gleichgewicht, auf dem kleinen Volumen einer Raumstation ist dies nur schwer herzustellen. Sehr lehrreich war hier „Earth II“, ein Experiment eines Milliardärs, der ein Ökosystem im kleinen nachbaute und hermetisch von der Umwelt abschloss. Obwohl die Fläche mehrere Hektar groß war und mehrere Ökosysteme ein Miniaturbeinhalten, kam es wieder zu einem Gleichgewicht bei der Nahrungsproduktion (die Bewohner hungerten) noch bei der Atmosphäre (der Kohlendioxidgehalt stieg an und die Atmosphäre musste von außen belüftet werden). Heute gelten kleine Systeme nicht als geeignet für einen völligen Gleichgewichtszustand. Sie mögen einsetzbar sein um einen Aspekt zu verfolgen, beispielsweise Wasser zu reinigen oder Kohlendioxid zu binden, sie können jedoch nicht komplett eine physikalisch-chemische Aufarbeitung ersetzen.

Auf dem zur Verfügung stehenden Platz können nur begrenzt Nahrungsmittel erzeugt werden. Jede Nahrung, die wir essen, ist mit Ausnahme von Gemüse stark aufgearbeitet, man vergegenwärtigt sich nur die Schritte von der Weizenernte bis zur Brotherstellung. Auf dem in einer Raumstation verfügbaren Volumen könnte man allerhöchstens niedere Algen in ausreichender Menge züchten, und davon würde sich sicherlich nicht die Besatzung über 3 Jahre ernähren.

Biologische Systeme im kleinen Format neigen zum Umkippen oder sind anfällig gegen Krankheiten, wenn davon das Überleben der Besatzung abhängt, ist dies fatal.

05.11 Wasserbedarf

Bislang gibt es Erfahrungen über den Wasserbedarf nur von Raumstationen. Auf Raumstationen unterscheiden sich einige Dinge gravierend von der Erde. Duschen hat sich z.B. als nicht praktikabel erwiesen. Selbst bei Einsatz einer Art Staubsauger, der freischwebende Tropfen aufsaugt, bleibt das Wasser ohne Schwerkraft an der Haut haften. Die Astronauten mussten es mühsam mit Handtüchern entfernen und kamen sich wohl eher vor wie in Glibber gehüllt. Stattdessen haben sich zur Reinigung feuchte Lappen bewährt. Die Toiletten haben aus demselben Grund keine Spülung und nach Reinigung der Zähne wird die Zahnpasta mit dem Speichel in Lappen gespuckt und diese entsorgt.

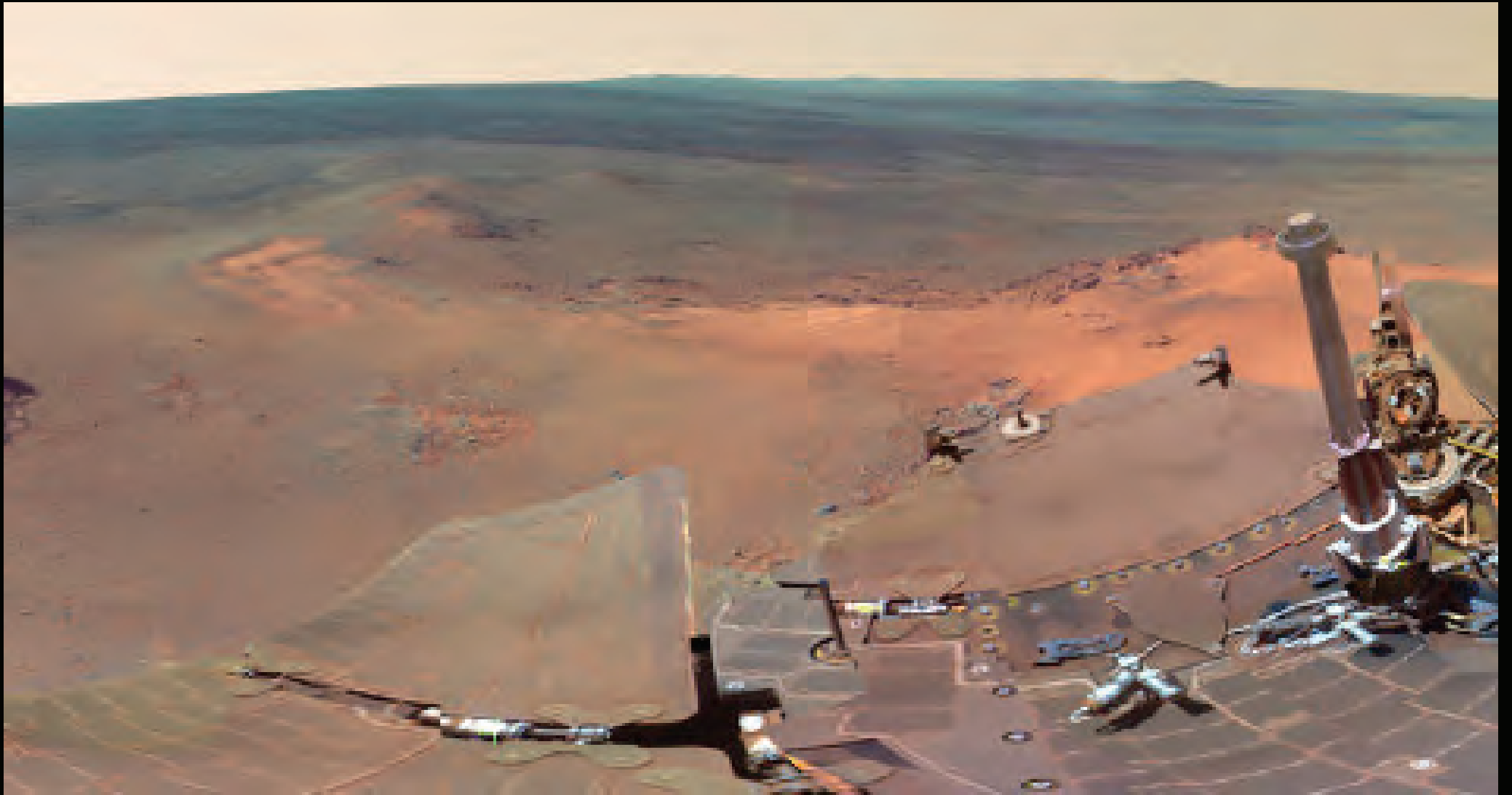


Abb.55

Diese Liste ließe sich auch mit der Reinigung des Geschirrs und anderer Dinge fortsetzen- keiner der Prozesse dafür, die auf der Erde Wasser benötigen, lässt sich so unverändert auf der ISS durchführen.

Der Wasserbedarf von Astronauten ist daher relativ gering: 4.72 kg Wasser für das Trinken und rehydrieren von Nahrung, Waschen und Nahrungszubereitung ist ein typischer Wert für eine Raumstation. Die ISS liefert 2.5 l Trinkwasser und 4.53 l Wasser für Hygiene und Reinigung pro Astronaut und Tag. Dabei ist auch eine Dusche mit 4 l Wasserverbrauch eingeschlossen, aber nicht jeden Tag.

Auf dem Mars dürfte dies anders aussehen. Die NASA geht bei Optimierung der derzeitigen Technologien von einem Wasserbedarf von 29 l/Tag für eine sechsköpfige Crew (entsprechend 4.84 l pro Person) auf einer Raumstation aus, aber für eine Marsmission während der Oberflächentätigkeit von 77 l (11 l/Person aus). Der Unterschied liegt darin, dass nun wieder eine (reduzierte) Schwere vorliegt. Astronauten können (und wollen) dann sicher duschen, Geschirr kann nicht nur mit Reinigungstüchern gereinigt werden, die Bekleidung kann gewaschen werden und muss nicht entsorgt werden, wenn sie schmutzig ist. Es gibt allerdings anders als bei der Versorgung mit Gasen und Nahrung, im Wasserbedarf sehr große Streubreiten bei den Abschätzungen verschiedener Studien. Andere NASA Studien gehen von einem Wasserbedarf von bis zu 27-30 kg pro Crewmitglied aus. Zum Vergleich: Der Wasserverbrauch eines Bundesbürgers liegt bei etwa 100-130 l/Tag.

Wasser kann heute zu 98 % aufgearbeitet werden. Feuchtigkeit wird kondensiert, Urin wird biologisch vergärt und danach destilliert, organische Verunreinigungen durch Filterung, Destillation oder chemische Bindung entfernt. Wahrscheinlich wird es einen Zweiteiligen Kreislauf geben: Zum einen Frischwasser für die Nahrung und zum Trinken und wiederverwendbares Brauchwasser für alle anderen Dinge.

Sauerstoff wird aus dem Brauchwasser gewonnen, das laufend durch den Verbrauch an Frischwasser durch die Besatzung ergänzt wird. Pro Astronaut rechnet man mit 2.35 l Trinkwasser und 0.72 kg Wasser zur Nahrungsaufbereitung. Die Wasseraufarbeitung von Brauchwasser arbeitet heute mit Wirkungsgraden von bis zu 98 %, d.h. 98 % des vorhandenen Wassers können wiedergewonnen werden.



Abb.56

05.12 Nahrung

Die Nahrungsversorgung über 2 Jahre ist kein Problem - die Technologien dafür existieren schon seit Jahrzehnten.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Nahrung über längere Zeit haltbar zu machen:

- **Gefriertrocknen:** An Raumstationen die Methode der Wahl. Die Nahrungsmittel werden zuerst tiefgefroren und dann im Vakuum auf 60°C erhitzt und das Wasser geht dann sofort in Dampf über der entfernt wird. Übrig bleibt eine wasserfreie Struktur, die sie vielleicht vom Instant Kaffee kennen. Durch einfaches Hinzugeben von kaltem oder warmen Wasser kann man es rehydratisieren und dies geht recht einfach in Portionsbeuteln, die auch in der Schwerelosigkeit gut zu handeln sind.

- **Haltbare Lebensmittel:** Entweder von sich aus haltbar wie Kekse oder Schokolade oder durch Erhitzen haltbar gemacht wie z.B. Dosen: Auf dem Mars gibt es mit dem Handling keine Probleme. In der Schwerelosigkeit sind Dosen nicht ganz so ideal, dort müssen krümelnde Lebensmittel auch mit einem essbaren Überzug versehen sein, der das Krümeln verhindert.

- **Tiefkühlahrung:** Diese kann aufgetaut und dann als Fertigportion wie Fertiggerichte auf der Erde erwärmt werden. Dies ist auch für verderbliche Lebensmittel wie Gemüse oder Obst die einzige Möglichkeit diese ohne größere Geschmackseinbußen zu befördern. Je stärker die Temperatur abgesenkt wird desto länger ist ein Nahrungsmittel haltbar. Bei Skylab gab es für empfindlichere Lebensmittel eine Temperatur von -40°C und für weniger empfindliche eine von -23 °C.

Hinsichtlich des Gewichtes (inklusive der Verpackung oder nötigem Stauraum / Tiefkühltruhe) ist gefriergetrocknete Nahrung vorzuziehen. Tiefgefrorene Nahrung erfordert hier den höchsten Aufwand, wird sich jedoch nicht vermeiden lassen, will man die Besatzung bei Laune halten (heute bringen Versorgungsflüge regelmäßig kleinere Mengen an frischen Lebensmitteln zur ISS, so dass keiner der Astronauten dort 180 Tage aus der Konserve leben muss und 180 Tage sind kurz im Vergleich zu einer Marsmission).

Für eine Raumstation, mit weigehend dehydrierter Nahrung rechnet man mit 0.62 kg Nahrung pro Tag, zuzüglich 0.72 kg Wasser zum dehydrieren. Zusammen also 1.34 kg pro Person und Tag. Bei tiefgefrorener Nahrung sind es dann die 1.34 kg. Dazu kommt noch die Verpackung und wie bei allen Systemen: Die Tiefkühltruhen und das Mehrgewicht für die nötige Stromversorgung dieser.

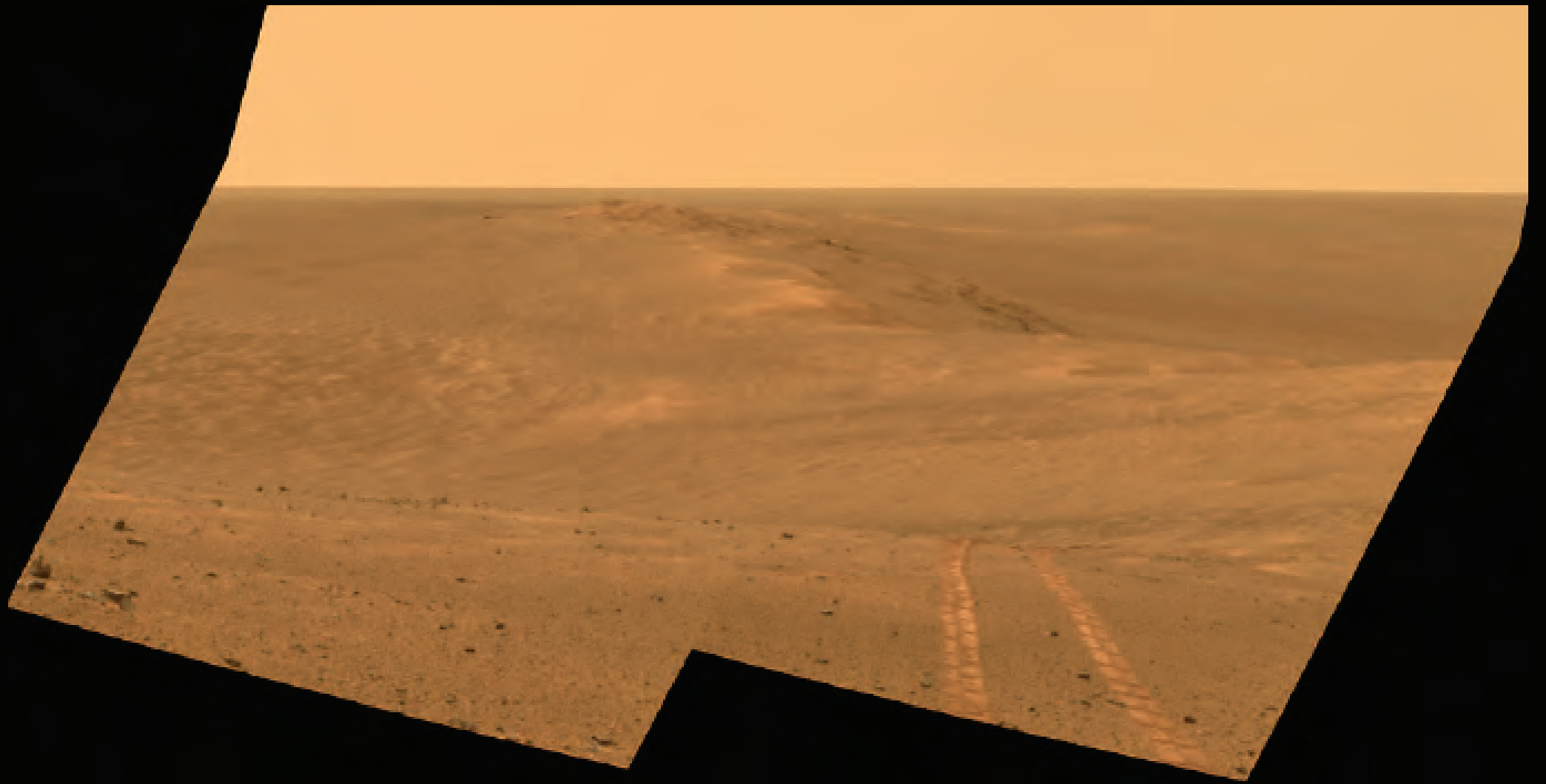


Abb.57

05.13 Abfälle

Nicht zu vergessen sind die Abfälle. Sie entstehen an verschiedenen Stellen. Zum einen gibt es den Kot und den konzentrierten Urin, dies macht 0,03 und 0,06 kg nach Dehydrierung aus. Zum anderen ist hier der Abfall aus dem Brauchwasser. Bei 98 % Aufarbeitung sind dies pro Liter weitere 0,02 kg. Bei 5-11 l/Astronaut und Tag also 0,1 bis 0,22 kg. Kann man das Lithiumhydroxid nicht aufarbeiten, so kommt pro Arbeitstag auf dem Mars und Person weitere 0,5 kg dazu. Dazu kommen Behälter für Nahrung, Wasser, Gase, Hydrazin, die schlussendlich auch zur Massebilanz gezählt werden müssen. Druckgase haben hier eine besonders schlechte Bilanz, hier wiegt der Behälter annähernd das gleiche wie der Inhalt, danach kommt die Nahrung bei der die Verpackung auch 2/3 des Inhalts wiegen kann.

Schlussendlich muss man noch mit Verbrauchsmaterialien rechnen, wie benutzter Kleidung (kann zumindest in der Schwerelosigkeit nicht gewaschen werden) Ersatzteilen und Nahrungsresten. Neben dem Gewicht der Abfälle (der zusätzlicher Ballast ist) braucht man natürlich auch Lagerungsmöglichkeiten für diese. Eine Entsorgung in den Weltraum dürfte nur für die Reise von und zum Mars möglich sein.

05.14 Fazit

Betrachtet man alle Aspekte so ist es unverständlich warum es noch Leute gibt, die das Bewohnen des Mars propagieren. Selbst wenn eine zukünftige Menschheit Energie im Überfluss hätte so wäre ein Mars nicht zur zweiten Erde zu machen. Sicher könnte man unter Glaskuppeln existieren, doch der Planet selbst wäre nur mit Mühe auch nur bewohnbar für Mikroorganismen zu schaffen. Entweder haben die Propagandisten solcher Ideen keine Ahnung wovon sie reden, oder es geht darum Geld für Raumfahrtmissionen zum Mars zu bekommen.

Oftmals wird argumentiert, das die wachsende Bevölkerung dies erfordern würde. Doch zum einen wäre dies eine Aufgabe für Jahrtausende, während sich derzeit die Bevölkerung in wenigen Jahrzehnten verdoppelt. Die gesamte Oberfläche des Mars ist aber nicht größer als die Landmasse auf der Erde, so das eine Verdoppelung der Bevölkerung ausreichen würde und der Mars wäre genauso dicht besiedelt wie die Erde.

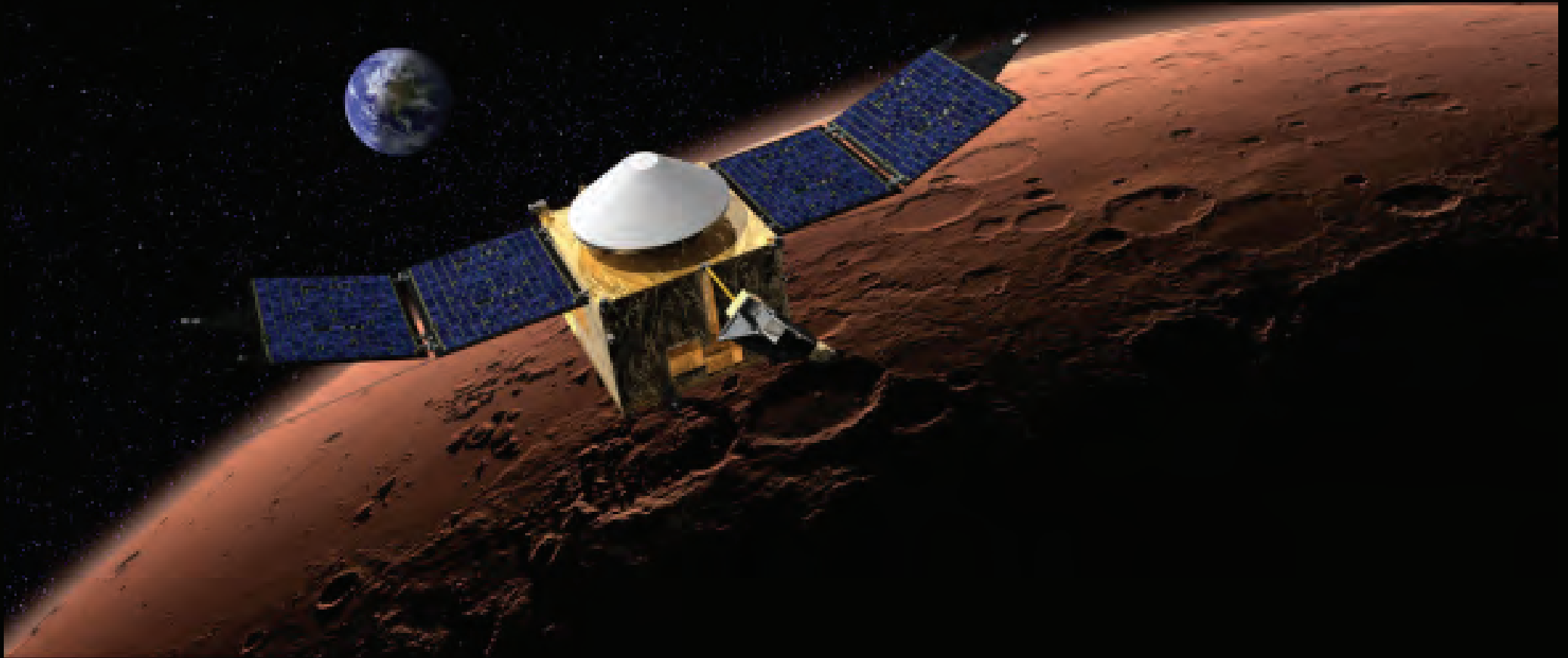


Abb.58: Das Konzept dieses Künstlers zeigt Maven Raumfahrzeug in eine Umlaufbahn um den Roten Planeten, mit einem fantasievollen Bild ihres Heimatplaneten im Hintergrund.

DER FLUG ZUM MARS

Selbst wenn wir es nicht schaffen sollten: Im Vergleich zum Mars sind selbst die Wüsten und Antarktis Paradiese. Wir können dort ohne Schutzanzug und Sauerstoffflasche leben. Selbst wenn man das ganze Eis von den Polen in Wüstengebiete befördern würde, um dort Landwirtschaft zu ermöglichen, oder die hohen Breiten mit Sonnenspiegeln aus dem Weltraum erwärmen, so wäre dieser Aufwand erheblich kleiner als nur eine kleine Siedlung auf dem Mars aufzubauen.

Wichtig ist für die Menschheit nur eines: Wir haben nur eine Erde, und keine zweite Chance auf dem Mars neu zu starten. Es gibt keine Klimaanlage die wir anmachen können, wenn es bei uns zu heiß wird. Vielleicht ist dies die Botschaft die uns der Mars senden will.

05.15 MAVEN

Mars Atmosphere and Volatile Evolution (MAVEN) ist eine Raumsonde zur Erforschung der Atmosphäre des Planeten Mars im Rahmen des Mars-Scout-Programms der NASA. Die Sonde wurde am 18. November 2013 mit einer Atlas-V-Rakete erfolgreich gestartet, umkreist seit dem 22. September 2014 den Mars und soll sich in fünf Tieffügen annähern.

MAVEN startete mit einer Atlas V (401) vom Startkomplex 41 (Cape Canaveral) am 18. November 2013 und erreichte den Mars am 22. September 2014. MAVEN wird in eine hochelliptische Umlaufbahn einschwenken, die zwischen 144 km und 6228 km über der Planetenoberfläche verlaufen soll.

05.15.1 Hintergrund

Am 15. September 2008 gab die NASA bekannt, dass sie für das Jahr 2013 den Projektvorschlag MAVEN als Mars-Scout-2-Mission ausgewählt habe. Die Auswahl erfolgte gegen den Finalisten „The Great Escape“, ebenfalls eine Atmosphärenforschungsmission. Diese beiden Missionen waren aus ursprünglich acht Vorschlägen ausgewählt worden. Die Projektkosten für MAVEN betragen 485 Millionen US-Dollar.

Die Mission wurde am 3. Oktober 2013 als eine der wenigen NASA-Aktivitäten von dem Government Shutdown 2013 ausgeschlossen, um den geplanten Start nicht zu gefährden.

05.15.2 Struktur

Die Struktur der Raumsonde basiert auf den Konstruktionen der Raumsonden Mars Reconnaissance Orbiter und 2001 Mars Odyssey.

05.15.3 Instrumentierung

MAVEN soll die obere Atmosphäre des Mars und deren Interaktion mit der Sonne untersuchen. Zu diesem Zweck sind Instrumente zur Erfassung der Charakteristiken der atmosphärischen Gase, der oberen Atmosphäre, des Sonnenwinds und der Ionosphäre an Bord. Die University of Colorado Boulder, die University of California und das Goddard Space Flight Center bauten die Instrumente für MAVEN.



Abb.59: MAVEN Missionslogo



Abb.60



Abb.61: Ein niederländisches Unternehmen will Reisen zum Mars anbieten. Der Haken: Es gibt nur One-Way Tickets, denn eine Rückreise wäre zu aufwändig.

05.16 MARS ONE

Mars One ist eine private Stiftung unter niederländischem Recht, die sich zum Ziel gesetzt hat, bis zum Jahr 2025 Menschen auf dem Mars landen zu lassen und dort eine dauerhaft bewohnbare Siedlung zu errichten. Das Projekt wird vom niederländischen Unternehmer Bas Lansdorp angeführt. Eine wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Universität Twente wurde vereinbart.

Das Missionskonzept basiert auf der Voraussetzung, dass die teilnehmenden Astronauten nicht zur Erde zurückkehren und somit ihr restliches Leben auf dem Mars verbringen werden. Eine Rückkehr ist aus Kostengründen nicht geplant und wäre zudem auch dem Ziel des Projektes nicht dienlich. Mars One hat bereits Bewerbungen aus aller Welt entgegengenommen und möchte bis 2015 in einem Auswahlverfahren mit öffentlicher Beteiligung eine Gruppe von bis zu 40 Astronauten rekrutieren, die somit die Grundlage einer Marskolonisation bilden sollen.

05.16.1 Finanzierung

Das Projekt soll nach eigenen Angaben als größtes Medienereignis der Weltgeschichte per Reality TV Show (bzw. Mission TV) vermarktet und finanziert werden. Anders als in bekannten Formaten dieser Art soll der Schwerpunkt jedoch auf wissenschaftlicher und der Mission dienlicher Berichterstattung liegen, statt sein Zuschauerpotenzial mit initiierten TV-Skandalen zu erhöhen. Benötigt werden nach Schätzung des Projekts sechs Milliarden US-Dollar bis zur ersten bemannten Landung.

05.16.2 Voraussetzungen

Grundvoraussetzung für die Teilnahme ist die Volljährigkeit. Außerdem müssen die Astronauten gute Englischkenntnisse und gute soziale Kompetenzen vorweisen können. Ferner ist eine gute Gesundheit vorausgesetzt. Der Flug von der Erde zum Mars dauert sieben Erd-Monate. Dabei werden die Astronauten starker Strahlung ausgesetzt. Nach der Landung auf dem Mars müssen die Astronauten in einer durchschnittlich minus 63° Celsius kalten Umgebung leben. Die Marsatmosphäre ist deutlich dünner als die der Erde und besteht hauptsächlich aus Kohlendioxid.

05.16.3 Technologie

Mehrere internationale Hersteller im Bereich der Raumfahrt sagten zu, dass nötige Komponenten für das Projekt lieferbar seien. Mars One erwartet, Komponenten u. a. von folgenden Firmen nutzen zu können:

SpaceX
Thales Alenia Space
ILC Dover

Paragon Space Development Corporation
Surrey Satellite Technology
Astrobotic Technology

MDA



Abb.62

MARS ONE

Human Settlement on Mars in 2023



Abb.63

05.16.4 Ablaufplan

Der Plan sieht vor, im Jahr 2016 einen Kommunikationssatelliten in der Mars-Umlaufbahn zu stationieren und im Jahr 2023 die ersten Menschen auf der Planetenoberfläche landen zu lassen. Im Anschluss sollen im Abstand von jeweils zwei Jahren weitere Gruppen von Astronauten auf dem Mars landen:

2013: Für das Auswahlverfahren der ersten, vierköpfigen Crew haben sich nach Angaben des Veranstalters 202.586 Menschen beworben. Mindestens 2782 davon haben die Bewerbungsgebühr entrichtet und können damit in die nächste Auswahlrunde kommen. Mars One wird auch diejenigen Interessenten, die sich nicht für die nächste Runde qualifizieren, weiterhin Bewerber nennen. Am 30. Dezember 2013 wurden 1058 Bewerber darüber unterrichtet, dass sie die zweite Auswahlrunde erreicht hätten.

Aug. 2014: 706 Bewerber haben den geforderten medizinischen Check eingereicht und werden nun von einem Team persönlich begutachtet.

2014: Die ersten 40 Astronauten sollen ausgewählt werden. Ein Nachbau der Marssiedlung soll zu Trainingszwecken auf der Erde errichtet werden.

2015: Das Training der Astronauten beginnt.

2018: Eine Versorgungsmission mit 2,5 t Ausrüstungsgegenständen (z. B. Solarzellen) soll mit einer modifizierten Dragon-Kapsel von SpaceX zum Mars gesendet werden. Außerdem wird der erste Kommunikationssatellit gestartet, um ihn in einer Umlaufbahn um den Mars zu stationieren.

2020: Ein Mars-Rover soll eingesetzt werden, um den Standort für die Siedlung auszuwählen.

2023: Fünf weitere Dragon-Module sollen in Betrieb genommen werden, um eine bewohnbare Siedlung zu schaffen.

2024: Eine Falcon Heavy-Rakete von SpaceX soll mit der ersten Gruppe von vier Marskolonisten starten.

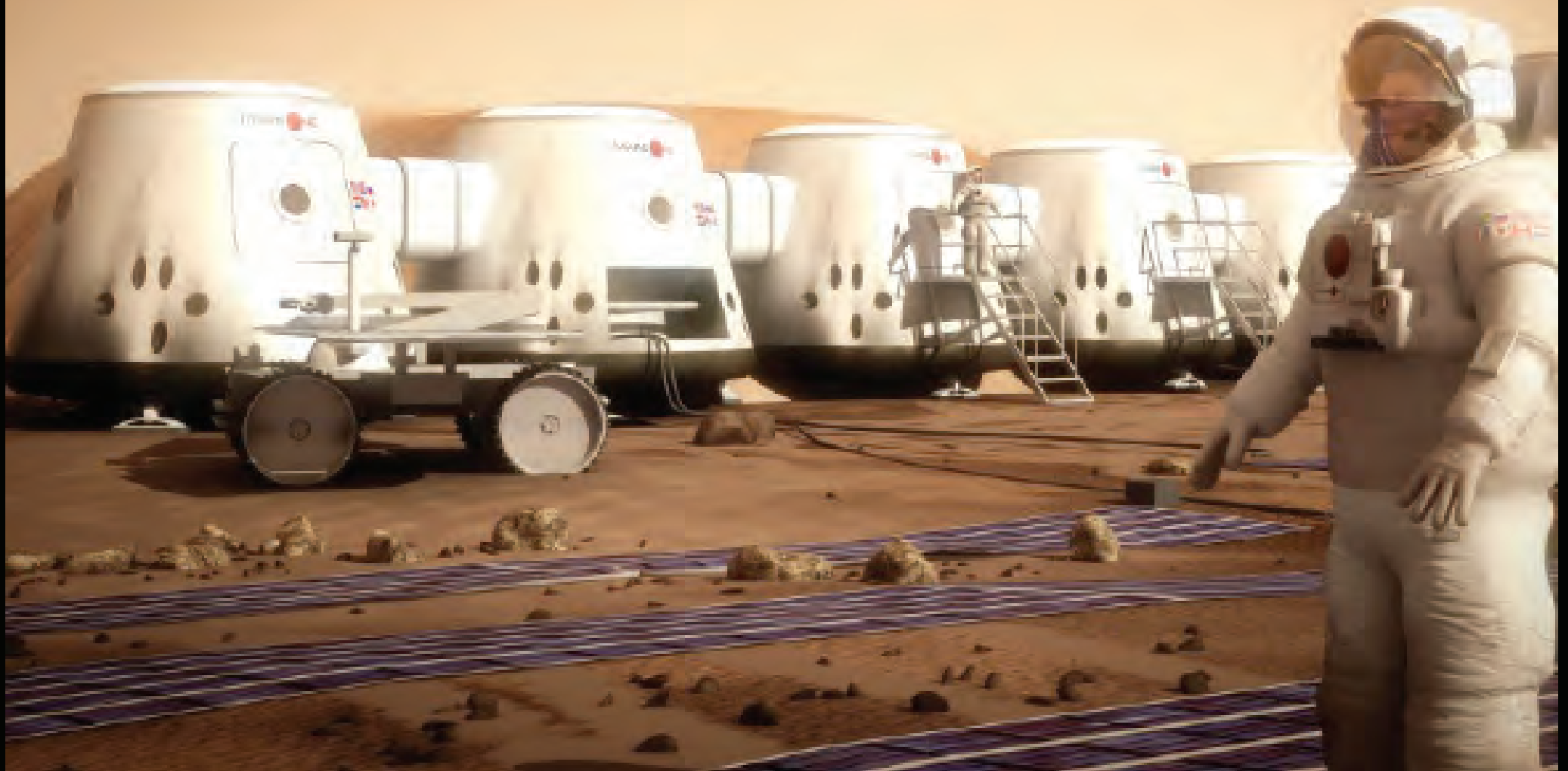
2024: Fünf weitere Dragon-Module sollen in Betrieb genommen werden, um eine bewohnbare Siedlung für die nächsten Kolonisten zu schaffen.

2025: Die ersten Kolonisten sollen auf dem Mars ankommen.

2027: Eine zweite Gruppe von vier Kolonisten soll auf dem Planeten eintreffen.

Etwa in jedem zweiten Jahr erlaubt die Planetenkonstellation einen weiteren Transport von Mensch und Material zum Roten Planeten. Die Siedlung soll immer weiter ausgebaut werden.

Abb.64: „Mars One“ wird von Raumfahrtexperten, Wissenschaftlern und Multimillionären unterstützt. Jeder Teilnehmer bezieht eine 50 Quadratmeter große Wohneinheit, in der man sich ohne Raumanzug aufhalten können soll. Mit der Erde sind sie vernetzt, auch Internet soll es geben – aber keine Rückkehr.



05.16.5 MARS ONE: One-Way-Ticket zum roten Planeten?

Im vergangenen Jahrhundert sind Menschen erstmals auf dem Mond gelandet. In diesem Jahrhundert werden Menschen zum ersten Mal ihre Füße auf den Planeten Mars setzen – zumindest sehen dies durchaus realistische Pläne diverser Raumfahrtorganisationen.

Die Szenarien für Reisen zum Mars lassen sich in zwei sehr unterschiedliche Kategorien einteilen: Entweder es wird nach der Visite auf dem Roten Planeten eine Rückkehr der Raumfahrer zur Erde eingeplant oder es ist lediglich ein deutlich preiswerterer One-Way-Flug vorgesehen. Es gibt heftige Diskussionen darüber, ob ein Reise ohne Rückkehrmöglichkeit ethisch vertretbar ist. Es bedeutet schließlich, dass diese Menschen auf dem Mars sterben werden.

Bereits in zehn Jahren will die niederländische Stiftung „Mars One“ vier Freiwillige ohne Rückkehrmöglichkeit zum Nachbarplaneten entsenden. Nach 210 Tagen Flugzeit sollen sie im Jahr 2025 auf dem Mars landen und dort vorab installierte Module beziehen.

Bei der amerikanischen Nasa oder der europäischen Esa wird bei den Plänen für bemannte Reisen zum Mars von vornherein auch der Rücktransport der Astronauten zur Erde eingeplant – so wie seinerzeit bei den Apollo-Flügen zum Mond.

Natürlich ist eine Mission mit Rückflugticket sehr viel aufwendiger und teurer als ein One-Way-Flug, bei dem kein Raumfahrzeug mit Treibstoff für die Rückreise benötigt wird. Doch selbst für den „Mars One“-Flug werden Kosten von mindestens sechs Milliarden Dollar kalkuliert. Die sollen in erster Linie durch den Verkauf von TV-Rechten eingespielt werden.

05.16.6 Einsame Helden einer kosmischen Big-Brother-Show

Die einsamen Menschen auf dem Mars wären dann gleichsam die Helden einer kosmischen Big-Brother-Fernsehshow. Das dürfte nicht den Geschmack aller treffen und man ahnt schon lange vor dem Eintreten einer solchen Situation, wie bei zu Ende gehenden Lebensmittel- oder Wasservorräten darüber gestritten werden wird, ob man auch das Sterben von Menschen auf dem Mars live übertragen darf.

Das Wort „live“ ist in diesem Zusammenhang allerdings nicht ganz wörtlich zu verstehen. Aufgrund der großen Distanz von Erde und Mars beträgt die Laufzeit von Funksignalen zwischen den beiden Planeten zwischen 3 und 22 Minuten – trotz Lichtgeschwindigkeit.

Abb.65: So stellt sich die Nasa die Zukunft auf dem Mars vor: Zwei Astronauten erkunden das Umfeld ihrer Station auf dem Roten Planeten



DER FLUG ZUM MARS

Was also auf irdischen Flachbildschirmen zu sehen sein könnte, hat sich da draußen auf dem Mars schon vor einiger Zeit abgespielt. Aus dem gleichen Grunde sind fließende „Telefon“-Gespräche zwischen Mars- und Erdbewohnern unmöglich.

Der technische Aufwand einer Marsmission ist groß. Doch bereits vor einem halben Jahrhundert war klar, dass eine Reise zum Roten Planeten grundsätzlich machbar ist. Nasa-Vordenker Wernher von Braun legte bereits 1952 eine detaillierte Konzeptstudie mit dem Titel „Das Marsprojekt“ vor.

Zehn im Erdorbit zusammengebaute Raumschiffe mit je sieben Mann Besatzung sollten sich demnach auf die Reise zum Mars machen – und zwar mit Rückkehroption zur Erde.

Damit war von Braun seiner Zeit weit voraus, doch die grundsätzliche technische Machbarkeit eines Marsprojektes war damit schon damals gezeigt worden. Zahlreiche andere Konzepte bauen seitdem auf von Brauns Berechnungen auf und auch die Science-Fiction-Branche entdeckte das Thema: Filme wie „Total Recall“, „Ghosts of Mars“ oder die Buchtrilogie „Red Mars“, „Blue Mars“, „Green Mars“ gehen ganz selbstverständlich von einer Besiedlung des Nachbarplaneten aus.

Tatsächlich hat der Rote Planet bislang noch keinen menschlichen Besuch erhalten – dafür aber von Robotern. Mehrere von der Nasa zum Mars entsandte Rover haben in den vergangenen Jahren fantastische Fotos von seiner Oberfläche zur Erde gefunkt. Sie haben Marsgestein analysiert und geologische Messungen durchgeführt.

Die vom Marsroboter „Sojourner“ gefunkten Panoramabilder haben den Mars in das Bewusstsein vieler Zeitgenossen gerückt. Die Botschaft ist klar: da gibt es in unmittelbarer kosmischer Nachbarschaft einen Planeten, der unserem Heimatplaneten in vieler Hinsicht sehr ähnlich ist. Jedenfalls bietet er zumindest festen Boden unter den Füßen, vergleichsweise gemäßigte Temperaturen sowie den Hauch einer Atmosphäre.

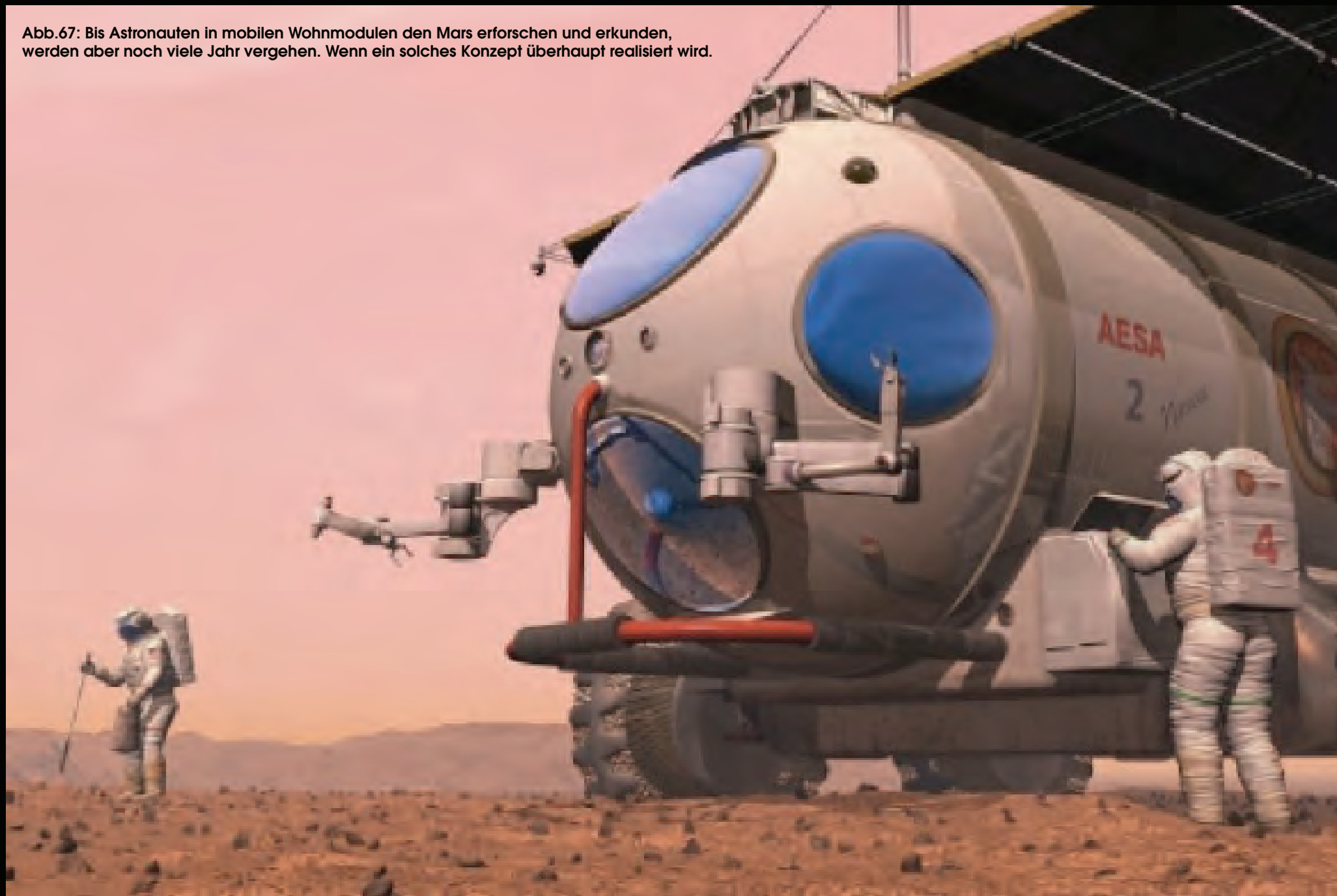
Die Sensoren der Rover konnten sogar nachweisen, dass es früher einmal Flüsse auf dem Mars gegeben haben muss. Wie viel gefrorenes Wasser sich heute noch im Marsboden befindet, ist eine spannende Forschungsfrage. Nicht nur, weil das viel über die Entwicklung des Planeten Mars verraten würde, der einst noch sehr viel erdähnlicher und lebensfreundlicher gewesen sein muss.

Wenn sich das Wasser auf dem Mars erschließen und nutzen ließe, bräuchte es nicht von der Erde mitgebracht werden. Derzeit gehen die Wissenschaftler der Nasa davon aus, dass der Marsboden rund zwei Prozent Wasser enthält, das durch die Zufuhr von Wärme freigesetzt werden könnte.



Abb.66: Auch das scheint möglich: Auf dem Roten Planeten könnten die Erdlinge ihre Ernährung durch Zucht von Obst und Gemüse in Gewächshäusern sichern

Abb.67: Bis Astronauten in mobilen Wohnmodulen den Mars erforschen und erkunden, werden aber noch viele Jahr vergehen. Wenn ein solches Konzept überhaupt realisiert wird.



DER FLUG ZUM MARS

Auch bei einer Mission mit eingeplanter Rückreise müssten die Astronauten längere Zeit auf dem Roten Planeten verbringen. Grund dafür sind die unterschiedlichen Umlaufzeiten der Planeten Erde und Mars, deren Distanz zwischen rund 55 und 400 Millionen Kilometern schwankt.

Um ein günstiges Rückreisefenster zu erwischen, müssten die Mars-Astronauten mindestens 300 Tage auf dem Roten Planeten bleiben. Starts in Richtung Mars sind wiederum aus Gründen der Bahngeometrie nur alle zwei Jahre praktikabel. Mit An- und Abreise sowie dem Aufenthalt auf dem Roten Planeten wird eine Marsmission mindestens zweieinhalb Jahre dauern.

Neben den technischen Herausforderungen und dem Sicherstellen der Ernährung für so einen langen Zeitraum sind insbesondere die medizinischen und psychologischen Aspekte von großer Relevanz. In einem Zeitraum von zweieinhalb Jahren kann auch ein zuvor „kerngesunder“ Mensch durchaus ernsthaft erkranken.

05.16.7 Knochen- und Muskelschwund machen Astronauten zu schaffen

Die medizinische Versorgung in einem Raumschiff oder auf dem Mars kann aber immer nur sehr eingeschränkt möglich sein. Außerdem ist von Langzeitaufhalten in der Raumstation bekannt, dass die Schwerelosigkeit zu Knochen- und Muskelschwund führt und das Immunsystem schwächt.

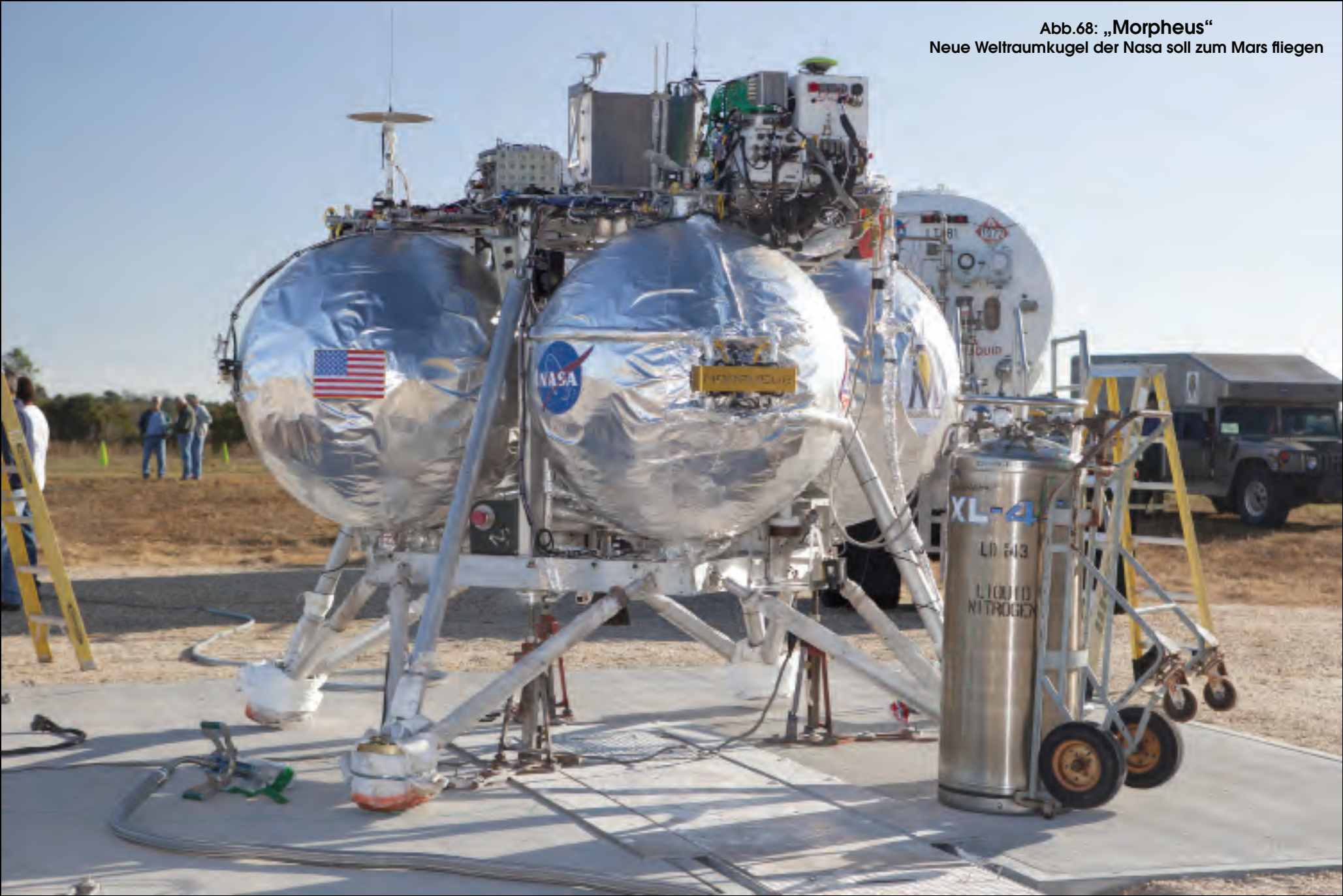
Nach einer Rückkehr von der Internationalen Raumstation zur Erde mag es nicht so schlimm sein, wenn ein Astronaut zunächst ein Bisschen wacklig auf den Beinen steht. Auf dem Mars, der nur 38 Prozent der Erdanziehungskraft besitzt, soll er jedoch alleine herumlaufen und Forschungsarbeiten durchführen.

Wie man sich auch unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit körperlich fit halten kann, ist eins der zahlreichen Forschungsprojekte des deutschen Astronauten Alexander Gerst, der sich gegenwärtig an Bord der Internationalen Raumstation aufhält. Er bleibt rund ein halbes Jahr im All, was nahezu dem Hinflug zum Mars entspricht. Seine Arbeit liefert also eines von vielen Mosaiksteinen, die nötig sind, um irgendwann die Reise zum Mars wagen zu können.

Was es psychologisch bedeutet, monatelang auf engstem Raum mit anderen Menschen zusammenzuleben und zu arbeiten, lässt sich bereits auf der Erde gut erforschen. Bereits mehrfach gab es Experimente, bei denen Reisen zum Mars in einem abgeschlossenen Gebäudekomplex simuliert worden sind.

Beim europäisch-russischen Projekt „Mars-500“ wurden sechs Männer 500 Tage lang in einem „Raumschiff“ mit 180 Quadratmeter Gesamtfläche in der Nähe von Moskau eingeschlossen. Eine Erkenntnis dieses Menschenversuchs: bereits der durch die lange Isolation und die Enge an Bord entstehende Stress schwächt das Immunsystem. Dazu bedarf es nicht erst der Schwerelosigkeit.

Abb.68: „Morpheus“
Neue Weltraumkugel der Nasa soll zum Mars fliegen



DER FLUG ZUM MARS

Die gewonnenen psychologischen Erkenntnisse sind von Bedeutung, wenn es darum geht, Crews für Langzeitflüge zusammenzustellen. Bei „Mars One“ werden von den mindestens 18 Jahre alten Raumfahrern lediglich „gute Gesundheit, soziale Kompetenz und gute Kenntnisse des Englischen“ erwartet.

Die Nasa entwickelt derzeit im Hinblick auf bemannte Missionen zum Mars das sogenannte Raumschiff „Orion“. Dabei handelt es sich um eine Kapsel, von der Form ähnlich der Apollo-Kapsel für die Mondflüge im 20. Jahrhundert, die allerdings Platz für bis zu sechs Astronauten haben soll. Der erste, natürlich unbemannte Testflug einer Orion-Kapsel soll noch in diesem Jahr erfolgen.

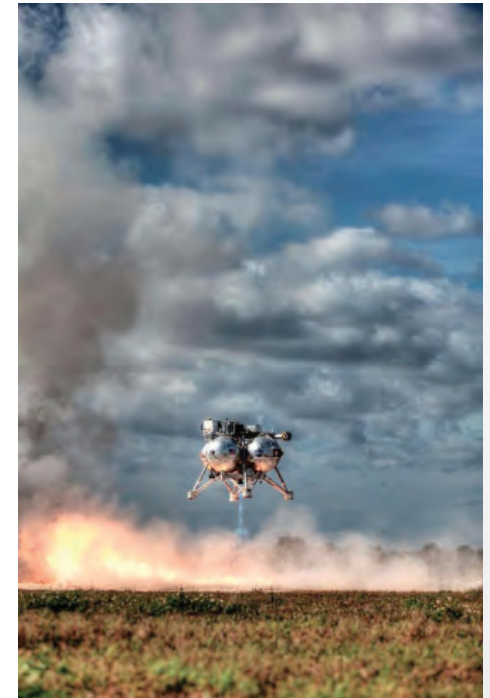


Abb.69



Abb.70

05.17 Robert Zubrin

Robert Zubrin (* 19. April 1952) ist ein US-amerikanischer Raumfahrt-Ingenieur, Publizist und Befürworter des bemannten Marsflugs. Zubrin war bis Anfang 1996 bei Lockheed Martin (vorher bei Martin Marietta) beschäftigt und gründete danach die Firma Pioneer Astronautics.

05.17.1 Engagement für den Marsflug

Zubrin schlug 1990 einen Missionsplan namens Mars Direct vor, der mit vorhandener Technologie kostengünstiger und sicherer sein soll als bisherige Missionsvorschläge. Unter dem Motto Mars to Stay wirbt der Autor dafür, Freiwillige dauerhaft auf dem Mars anzusiedeln. 1998 gründete er die Mars Society, die sich als Nicht-Regierungsorganisation für eine bemannte Marsmission einsetzt.

05.17.2 Robert Zubrin will mit bestehender Technologie bereits in zehn Jahren auf dem Mars landen

Bemannte Marsflüge sind kompliziert, weil der Treibstoff für die Rückreise schon beim Hinflug mitgeschleppt werden muß. Das führt zu riesigen Raumschiffen, die erst im All zusammengebaut und betankt werden können. So würde zunächst der Bau einer gewaltigen Montagestation im Erdorbit nötig, was die Kosten exorbitant erhöht und alle Pläne utopisch scheinen läßt.

Der Plan „Mars Direct“ des US-Amerikaners Dr. Robert Zubrin kommt ohne derartige Infrastruktur aus. Zunächst landet ein unbemanntes Raumfahrzeug, aus dem eine chemische Fabrik und ein 100-Kilowatt-Atomreaktor herausrollen. Aus mitgebrachtem Wasserstoff und dem Kohlendioxid der Marsatmosphäre wird damit vor Ort Treibstoff produziert. Erst danach setzt die vierköpfige Besatzung mit einem zweiten Gefährt auf, steigt in das nun frisch aufgetankte erste Schiff um und kehrt mit diesem zur Erde zurück.

Mittlerweile ist schon die nächste nuklear betriebene Treibstofffabrik angekommen. Eine Mission folgt der anderen. „Mars Direct“ kostet laut Zubrin bloß ein Zehntel des NASA-Budgets, erlaubt einen wesentlich längeren Aufenthalt der Crew, kommt mit existierenden Technologien aus und ist bereits in zehn Jahren realisierbar. Der ehemalige Chefingenieur der Firma „Martin Marietta Astronautics“ stellte sein Konzept der NASA 1990 vor, erntete damit jedoch geteilte Reaktionen.

Die vermeintlichen Gründe hierfür schildert Zubrin in seinem Buch „Unternehmen Mars“, dessen englische Originalausgabe in den USA für Diskussionen sorgte.



Abb.71: Robert Zubrin

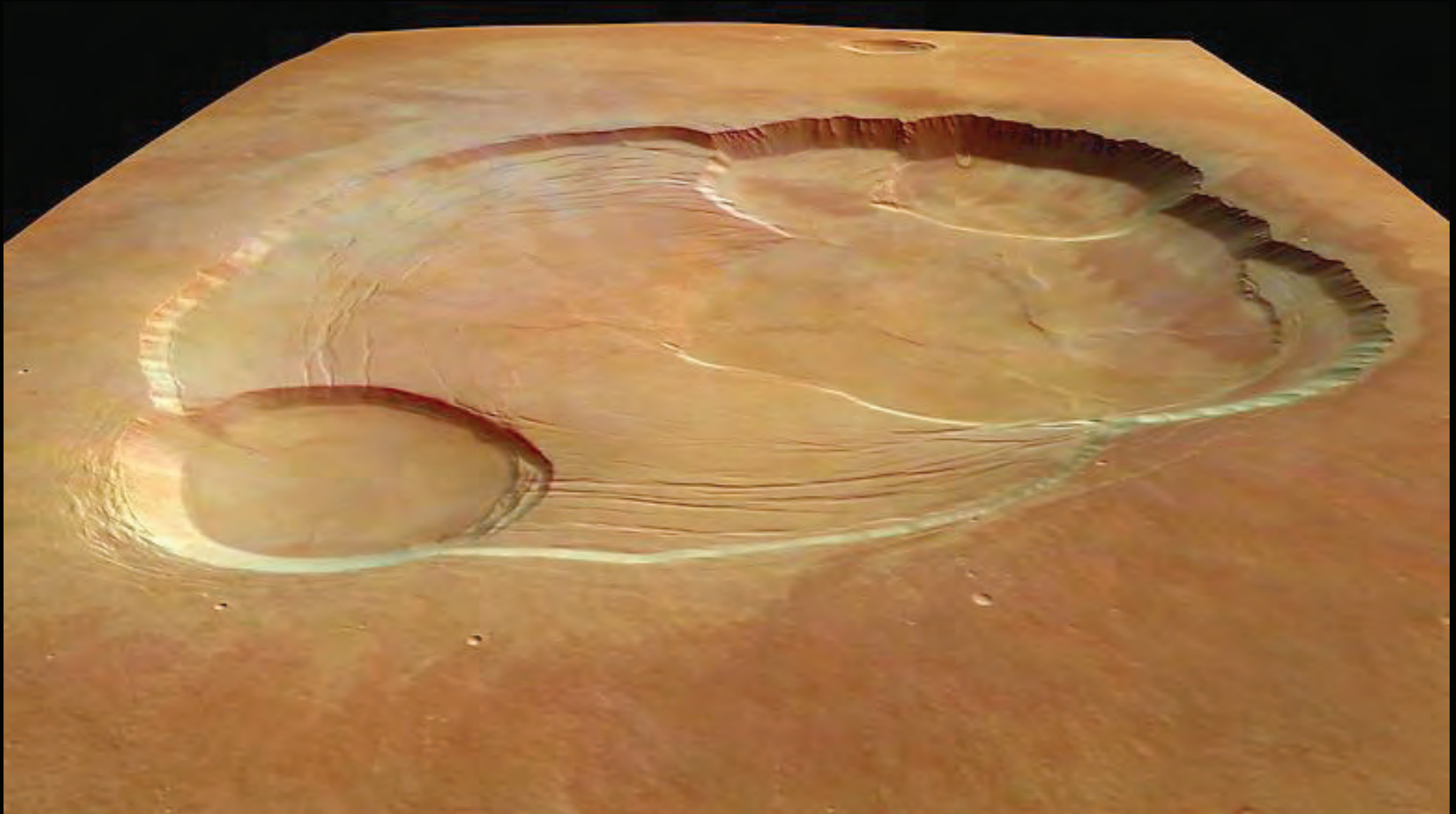


Abb.72: Auch Vulkane gibt es auf dem Mars, und zwar mächtige. Der Olympus Mons - hier im Bild sein Krater - ist 22 Kilometer hoch. Damit ist er der größte Berg unseres Sonnensystems.

DER FLUG ZUM MARS

Berichtet er darin doch auch von Strategien, mit denen Firmen, Politiker und Wissenschaftler das Raumfahrtprogramm in ihrem Sinn zu beeinflussen suchen. Die erste Hälfte des Werks nützt Zubrin zur Werbung für sein „Mars-Direct“-Konzept. In der zweiten widmet er sich visionär, aber fundiert, mittelfristigen Strategien zur Besiedlung des Mars. Dabei läßt er aus den zurückgelassenen Schiffen seiner „Mars Direct“-Missionen eine ständig bewohnbare Basis wachsen. Dort werden Nahrungsmittel, Kunststoffe, Keramik, Glas und Metalle hergestellt. Wie das technisch geht, erläutert er ebenso, wie er über den zukünftigen Immobilienmarkt auf Mars und das Lohnniveau seiner Siedler spekuliert.

Schließlich befaßt er sich mit langfristigen Möglichkeiten zur Verwandlung des roten Planeten in eine erdähnliche Welt - Stichwort: „Terraforming“. Ein gewaltiger Brennspiegel erwärmt die Südpolkappe um 4°C und bringt ihr Eis zum Verdampfen.

Das freigesetzte Kohlendioxyd verdichtet die dünne Marsatmosphäre, bewirkt stärkeren Treibhauseffekt und sorgt für gemütliche Temperaturen. Bakterien und FCKWs, zu deren Produktion 5000 Megawatt nötig sind, helfen nach. Marssiedler können sich dann bereits ohne Schutzanzug bewegen. Haben widerstandsfähig Pflanzen die Lufthülle erst mit Sauerstoff angereichert, fällt auch das Tragen der Sauerstoffmaske weg. „Niemand wird den neuen Mars betrachten, ohne sich unendlich stolz zu fühlen, ein Mensch zu sein“, verspricht Zubrin.

Während der Amerikaner über passende Monatsnamen für einen Marskalender nachdenkt, fallen dem Leser grundsätzlichere Fragen ein. Ist die Menschheit, die beim Schutz der Erde versagt, überhaupt schon so weit, sich über den nächsten Planeten herzumachen? Was geschähe mit den möglichen, primitiven Lebensformen auf dem Mars, die jetzt als Ansporn zu seiner Erforschung dienen? Dürfte man sie dem Untergang weihen, nur um sich bequemere Bedingungen auf dem roten Planeten zu schaffen? Und wer entscheidet dies alles? Solche Probleme interessieren weder Zubrin noch Mitautor Richard Wagner, der als Wissenschaftsjournalist für die Verständlichkeit des Werks sorgt.

Das Autorenteam zeigt Liebe zum Detail. Um so mehr vermißt man näheres zu den Atommeilern, ohne die Zubrins Direktflüge nicht funktionieren können. Es bleibt ausschließlich dem Leser überlassen, über die Risiken nachzudenken, die der automatische Betrieb solcher Anlagen unter harschen Marsbedingungen birgt. Auch die großräumigen Kontaminationen, die ein Absturz der strahlenden Fracht über dem Erd- oder Marsboden zur Folge hätte, bleiben unerwähnt.



Abb.73: Dieses Bild wurde im Mars-Sommer aufgenommen. Es zeigt Wassereis am Boden eines Kraters in der Nähe des Nordpols, in der Tiefebene Vastitas Borealis. Kohlendioxid-Eis war zu dieser Zeit schon verschwunden. Das Eis ist - so das Ergebnis früherer Messungen - wahrscheinlich nur einige Dezimeter dick.

DER FLUG ZUM MARS

Noch ist offen, ob und wann Menschen tatsächlich den Marsflug wagen werden. Daher fügen die Autoren immer wieder euphorische Vergleiche mit dem Zeitalter der Entdecker und dem Pioniergeist amerikanischer Siedler ein, machen das Werk zum Aufruf, den roten Planeten entschlossen und rasch zu erobern. Denn auch Kolumbus, so argumentiert Zubrin, wäre nicht weit gekommen, hätte er mit seiner Expedition erst auf die Erfindung des Dampfschiffes gewartet.

Buch:
Robert Zubrin und Richard Wagner: Unternehmen Mars. Der Plan, den roten Planeten zu besiedeln. Heyne 1997, 448 Seiten.

05.17.3 Mars to Stay

Unter dem Motto Mars to Stay ist der Vorschlag gemacht worden, dass die ersten zum Mars gesandten Astronauten für unbegrenzte Zeit auf dem Planeten bleiben sollten. Dadurch könnten die Kosten des Marsfluges verringert und eine ständige Besiedlung des Mars gewährleistet werden. Besonders entschieden setzt sich der ehemalige Apollo-Astronaut Buzz Aldrin für diesen Vorschlag ein. Er tat sich mehrfach mit dem Wahlspruch „Forget the Moon, Let’s Head to Mars!“ („Vergesst den Mond! Auf zum Mars!“) hervor. Auch die Mars Society, die Mars Homestead Foundation und die Mars Artists Community haben Initiativen für Mars to Stay begründet. Das Konzept einer Mars-to-Stay-Mission ist zum ersten Mal 1990 beim Workshop Case for Mars VI während einer Präsentation mit dem Titel One Way to Mars durch George Herbert systematisch geschildert worden.

Der Vorschlag

Zunächst würden sechs Astronauten zum Mars fliegen. Daraufhin könnten über fünf Jahre hinweg 24 weitere Siedler folgen, so dass sich selbständig eine Marskolonie entwickeln würde. Die Oberfläche des Mars bietet alle Rohstoffe, die notwendig sind, um eine menschliche Gemeinschaft auf Dauer zu erhalten. Der Mars ist in dieser Hinsicht gerade auch dem Mond überlegen. Deshalb erscheint eine dauerhafte Siedlung auf dem Mars als der fruchtbarste Weg, um sicherzustellen, dass die Menschheit sich zu einer Raumfahrt-treibenden Art entwickelt und sich über mehrere Himmelskörper ausbreitet. Es wird angenommen, dass eine ständige Mars-Kolonie von ursprünglichen dreißig auf vierzig Pioniere anwachsen könne, wenn Fabber und In-vitro-Fertilisation zum Einsatz kommen.

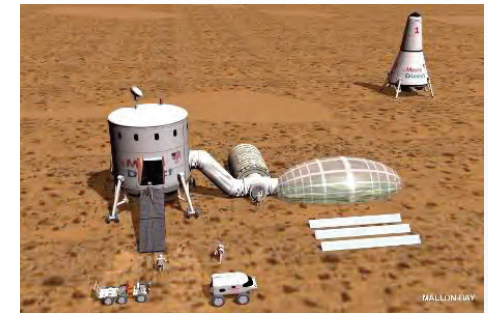


Abb.74: So ähnlich könnte eine erste bemannte Marsmission aussehen.

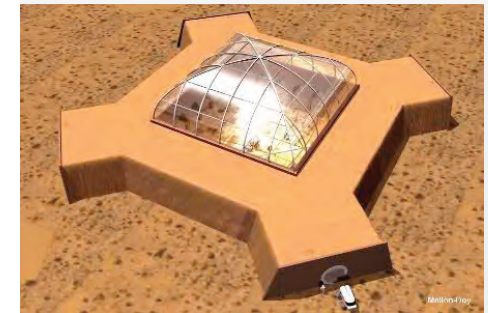


Abb.75

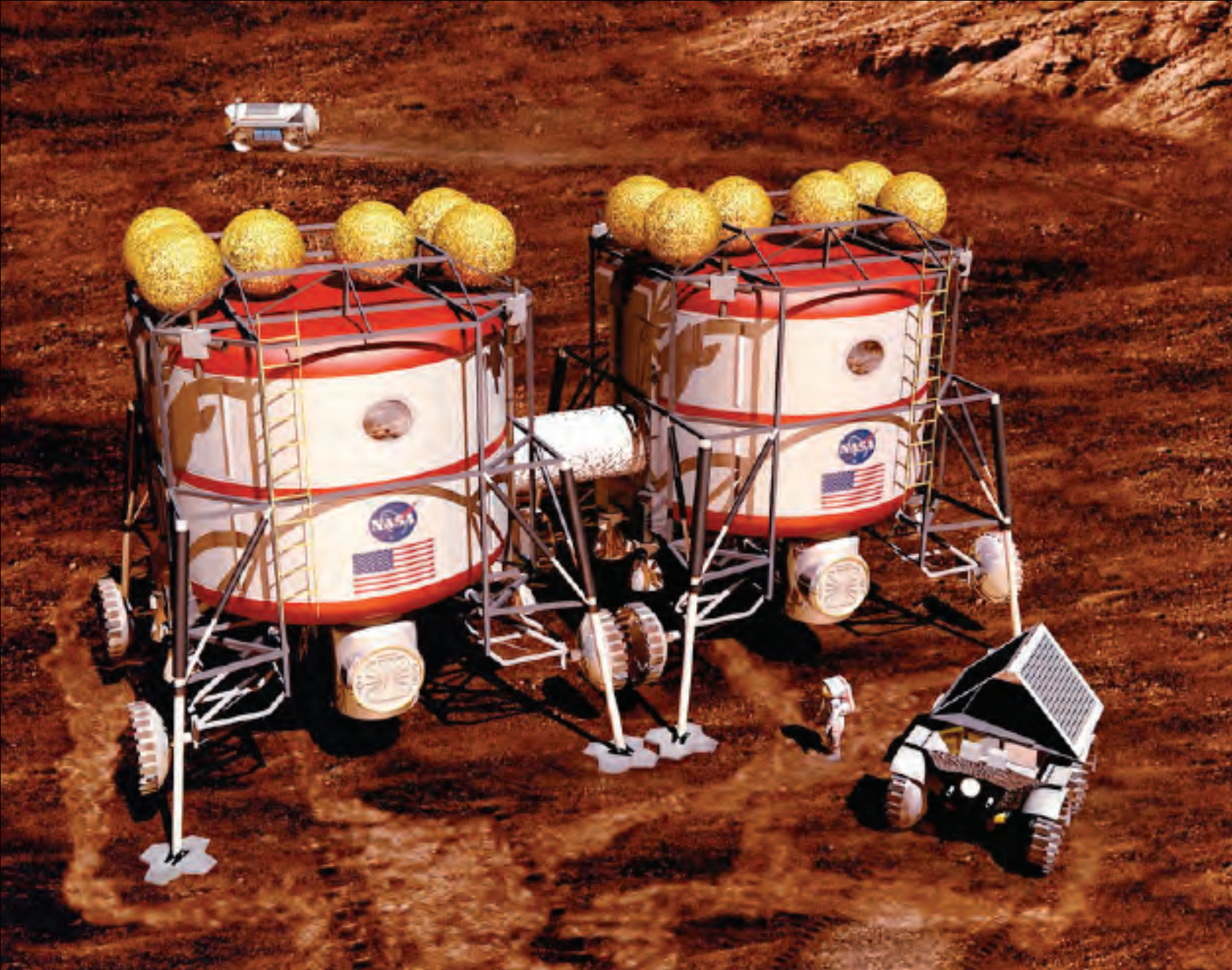


Abb.76: Künstlerische Vision einer Wohnanlage auf dem Mars (John Frassanito and Associates für die NASA, 1993)

DER FLUG ZUM MARS

Gemäß der Initiative von Buzz Aldrin würde ein entsprechendes Programm zur Erforschung des Mars in längeren Zeitabschnitten Astronauten in Anspruch nehmen:

- 30 Jahre alt: ausgewählten Pionieren wird angeboten, bei der Besiedlung des Mars zu helfen
- 30–35 Jahre alt: Training und soziale Akklimatisation als Grundlagen für spätere langwährende Abgeschlossenheit und Kommunikation mit Zeitverzug
- 35 Jahre alt: Fahrt dreier Ehepaare zum Mars, gefolgt von einem Dutzend oder mehr weiteren Ehepaaren innerhalb der folgenden Jahre
- 35–65 Jahre alt: Ausbau geschützten unterirdischen Lebensraumes; künstliche Befruchtung gewährleistet genetische Vielfalt
- 65 Jahre alt: den Siedlern der ersten Generation wird zur Wahl gestellt, ob sie auf die Erde zurückkehren oder ihren Lebensabend auf dem Mars verbringen wollen

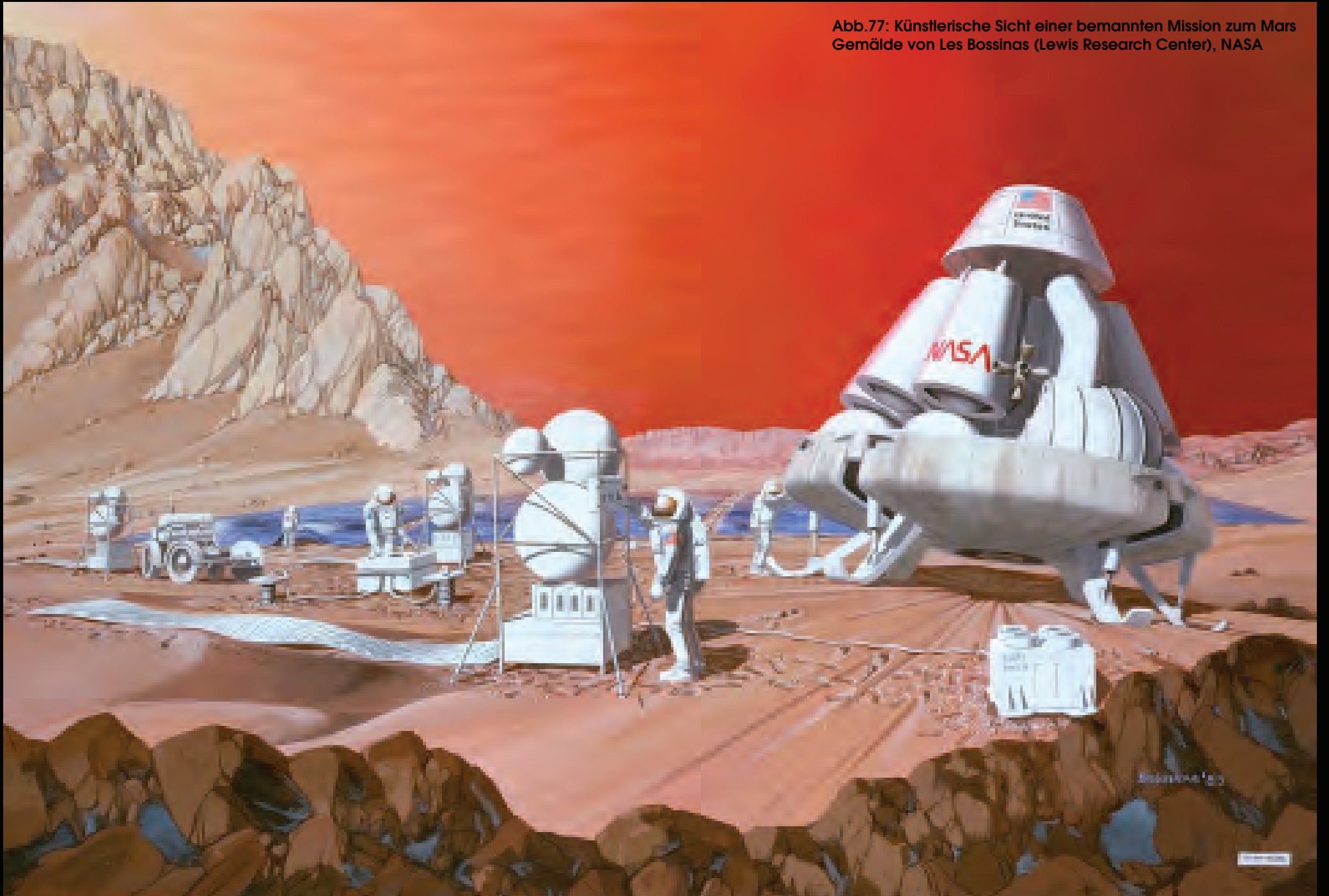
Aldrin kommentiert sein Konzept mit den Worten: „(...) wer weiß, zu welchem Fortschritt es kommen wird. Die erste Generation kann dort in den Ruhestand gehen, oder wir können sie vielleicht zurückbringen.“

Entwicklung und Bestand der Siedlung

Die ersten Forschungsreisenden setzen in Umlaufbahnen und auf zerstreuten Landeplätzen (in bedeutender Entfernung von der Hauptsiedlung) Ausrüstungsgegenstände ab, damit spätere Reisen zum Mars leichter und mit geringeren Risiken unternommen werden können, da mit einer gewissen Sicherheit auf Ersatzteile zurückgegriffen werden kann, falls es bei der Überfahrt oder bei der Landung zu Pannen kommt.

Ausgedehnte unterirdische, unter Druck gestellte, Wohnanlagen würden den ersten Schritt zu einer menschlichen Besiedlung hin darstellen. Robert Zubrin merkt in seinem Werk Mars Direct an, dass derartige Wohnanlagen in Ebenen oder in Hängen aus leicht herzustellenden Mars-Ziegeln im Stile römischer Atrien errichtet werden können. Nach dieser anfänglichen Phase des Aufbaues erster Wohnanlagen könnten auf der Marsoberfläche strahlungshemmende und abnutzungsresistente geodätische Kuppeln aus Hartplastik aufgebaut werden, die als dauerhafter Wohnraum und zur Aufzucht von Pflanzen dienen könnten. Damit würde auch eine heimische Industrie aufleben, die aus den örtlichen Rohstoffen ohne nennenswerte Schwierigkeiten Kunststoffe, Keramik und Glas herstellen könnte.

Abb.77: Künstlerische Sicht einer bemannten Mission zum Mars
Gemälde von Les Bossinas (Lewis Research Center), NASA



DER FLUG ZUM MARS

Das längerfristige Unternehmen, den Mars zu vererden (zu terraformen), setzt zunächst eine Zeit der globalen Erwärmung voraus, während derer der marsianische Regolith eine Atmosphäre freisetzt und ein Wasserkreislauf in Gang kommt. Zubrin beschreibt drei Wege des globalen Erwärmens und unterstellt, dass sie am besten in einer gegenseitigen Wechselwirkung erfolgreich sein dürften: Weltraumspiegel, die die Marsoberfläche aufheizen; Fabriken auf dem Boden, die der Atmosphäre Halogenkohlenwasserstoffe zuführen; die Aussaat von Bakterien, die Wasser, Stickstoff und Kohlenstoff verstoffwechseln und dabei Ammoniak und Methan freisetzen (diese Gase würden der globalen Erwärmung vorarbeiten). Während der Mars vererdet wird, kann die Siedlung kräftig voranschreiten.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse von The Case for Mars wird eingeräumt, dass jegliche marsianische Kolonie für Jahrhunderte zu einem gewissen Teil von der Erde abhängig bleiben müsste. Zubrin bringt aber vor, dass der Mars trotzdem ein profitables Investitionsfeld werden könnte, weil auf ihm konzentrierte Vorkommen von Metallen vorliegen könnten, die von ähnlichem oder größerem Wert als dem des Silbers sind und dem jahrtausendelangen Schürfen des Menschen haben entgegen können, so dass man sie jetzt mit Reingewinn auf der Erde verkaufen könnte, und weil die marsianischen Wasservorkommen fünfmal so viel Deuterium enthalten wie die irdischen, so dass hier die marsianische Gewinnung eines ausgesprochen teuren nuklearen Brennstoffes lohnend werden könnte. Wer auf den Mars auswandert, könnte angesichts dessen mit einer gewissen Sicherheit darauf rechnen, dort einer industriellen Tätigkeit nachgehen zu können, so dass angenommen wird, dass der Mars durch hohe Löhne Siedler stark anziehen könne. Arbeitskräftemangel und hohes Lohnniveau auf dem Mars könnten im Zuge dessen zum Motor sowohl sozialer wie technologischer Entwicklungen der Zukunft werden.

Risiken

Zubrin unterstellt, dass die kosmische Strahlung und die Schwerelosigkeit keine unzumutbar großen Gefahren seien und das Krebsrisiko durch einen längeren Aufenthalt im Weltraum nur geringfügig zunehme. Es wird vermutet, dass sich nach der Ankunft auf dem Mars die Muskulatur und das Immunsystem fast völlig wieder erholen werden. Gefahren durch das Einbringen extraterrestrischer Stoffe scheinen sich nicht zu ergeben, da es auf dem Mars keine Wirts-Organismen gibt, in denen sich etwaige Viren hätten entwickeln können.

Dem Ansinnen, zunächst auf dem uns näheren Mond für eine Eroberung des Mars zu trainieren, stellt Zubrin entgegen: „Es ist letzten Endes viel einfacher, aus einer niedrigen Erdumlaufbahn zum Mars zu reisen als vom Mond, und diesen dabei als einen Vorposten zu benutzen, stellt eine zwecklose Vergeudung von Ressourcen dar.“ Der Mond könne oberflächlich als ein geeigneter Ort erscheinen, um Techniken für die Erforschung und die Besiedlung des Mars zu erüben, unterscheidet sich von diesem aber grundsätzlich, da er keine Atmosphäre, keine der marsianischen ähnliche Geologie und mit einer wesentlich längeren Rotationsperiode auch wesentlich stärkere Temperatur-Schwankungen aufweise. Antarktika, irdische Wüstengebiete und genau regulierte Vakuumkammern leicht zugänglicher irdischer NASA-Zentren stellen dagegen bei geringeren Kosten um einiges bessere Trainings-Stätten dar.

Abb.78: Mars Direct Habitat



05.17.4 Mars Direct

Der faszinierende Plan des Mars-Forschers Robert Zubrin, um eine bemannte Marsmission extrem kostengünstig, schnell und sicher durchzuführen.

In der Welt der Science Fiction spielt der Mars oftmals eine wichtige Rolle. Seit je her übt der rote Planet eine Faszination auf die Menschen aus. Doch wie sieht es in der Realität aus - ist eine bemannte Erforschung des Mars wirklich eine Aufgabe, die in den Bereich von Science Fiction gehört?

Viele Leute denken, ein Flug zum Mars sei Aufgabe zukünftiger Generationen und unfinanzierbar. Beide Argumente sind nicht einfach so von der Hand zu weisen. Bis 1990 hielt man an den konventionellen Ideen für eine erste Forschungsmission zum Mars fest. Diese Ideen stammten teilweise noch aus den 50er und 60er Jahren.

Alle Konzepte sahen in etwa ähnlich aus. Zuerst errichtet man im Orbit eine Art Schiffswerft (eine große Raumstation mit einem gigantischen Trockendock zum Bau des Schiffes). Dort wird dann ein riesiges Raumschiff (mit über 1.000 Tonnen Masse!! Vergleich: ein Space Shuttle wiegt etwa 70 Tonnen!) gebaut. Dazu bräuchte man eine enorme Montagecrew im Orbit; folglich auch Versorgungseinrichtungen für diese Crew sowie Wohnraum im Orbit. Wenn man sich die voraussichtlichen Kosten von 100 Milliarden DM für den Bau der ISS ansieht wird einem schnell klar, dass die Kosten für eine solche Marsmission ins Unermesslich schießen würden. Die benötigte Raumstation wäre um vieles größer. Manche Entwürfe sahen sogar vor, zuerst eine Basis auf dem Mond zu errichten um dort die auf dem Mars einzusetzenden Technologie zu testen. Gegebenenfalls sollte das Raumschiff auf dem Mond auftanken, um dann von dort zum Mars aufzubrechen.

Als Reiseroute wollte man die Opposition zwischen Erde und Mars nutzen. Die Zeit eines Hinfluges beträgt in diesem Fall 180 Tage, die Zeit für den Rückflug 430 Tag. Aufgrund der Startfenster plante man nur eine Zeit von 30 Tagen auf der Oberfläche ein. Außerdem hätte nur ein Teil der Crew wirklich auf dem Mars landen können, das Raumschiff wäre im Orbit geblieben. Dadurch wäre aber die auf der Oberfläche verfügbare Masse an Gütern sehr gering gewesen. Im sogenannten „90-Day Report“ schätzte man die Kosten für so eine Marsmission, die scherzhaft „Battlestar Galaktica“-Konzept genannt wurde, auf 450 Milliarden Dollar. Der Zeitraum um alle erforderlichen Technologien zu entwickeln wurde auf mindestens 30 Jahre angesetzt. Der Schock, den diese Zahlen im Kongress auslösten, machte jegliche Chancen auf eine Marsmission zunichte.

Im Angesicht dieser Kosten würde jeder vernünftige Mensch sich gegen so ein Projekt aussprechen. Doch man sollte sich die Umstände unter denen diese Pläne entstanden sind näher ansehen. Auf das Projekt wirkten viele Entscheidungsträger aus zahlreichen Institutionen mit. Jeder wollte das Projekt so haben, dass Technologien seines Institutes zum Einsatz kommen.

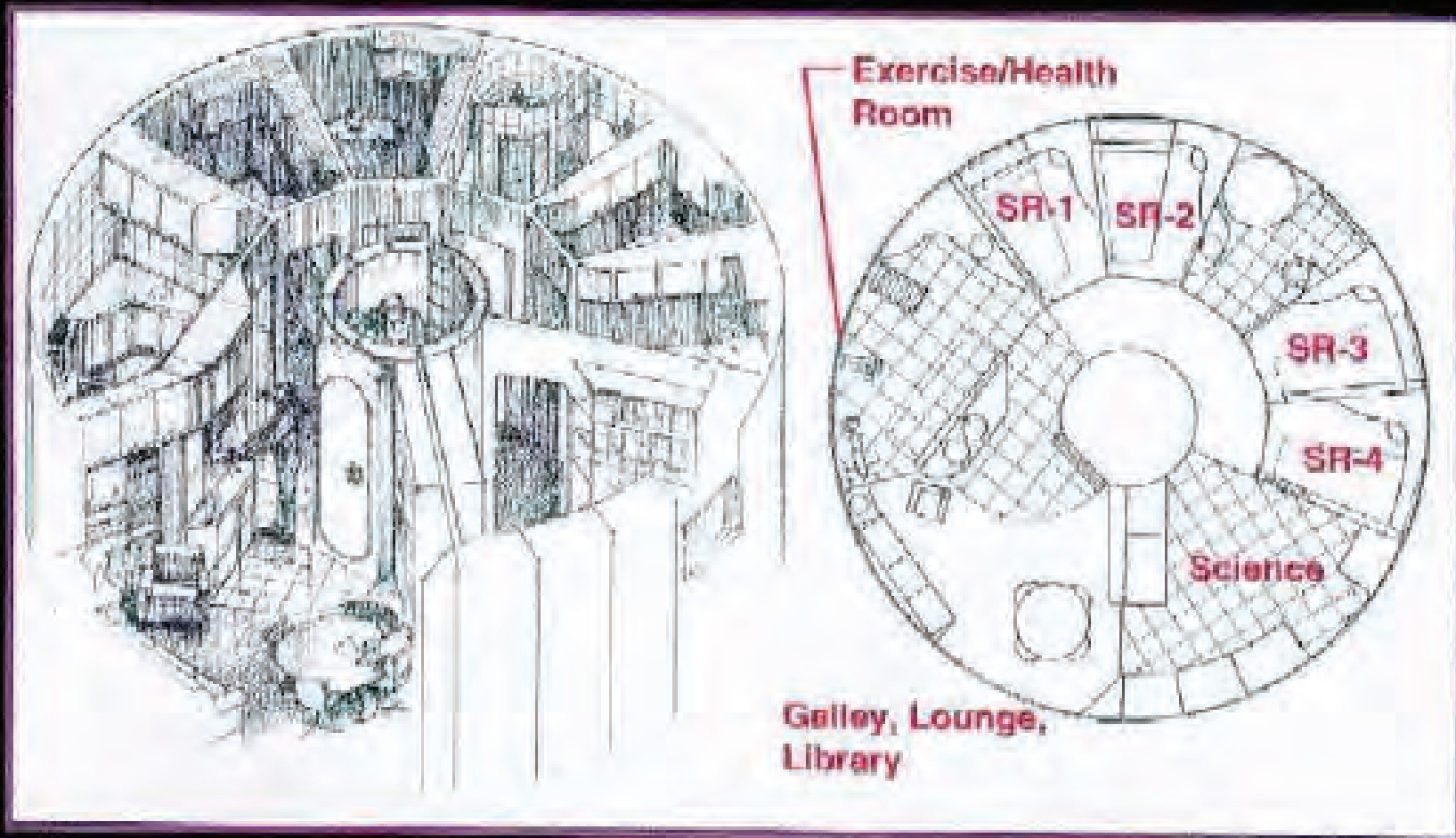


Abb.79: Mars Direct Transfer and Surface Habitation Unit

DER FLUG ZUM MARS

Teams mit dem Aufgabenbereich Raumstationen machten deutlich, wie „unverzichtbar“ eine riesige Raumstation für einen Marsflug ist. Personen mit dem Aufgabengebiet Mond wollten um jeden Preis eine Mondbasis haben, damit von dort die Flüge zum Mars starten. Antriebsspezialisten drängten einen riesigen nuklearen Antrieb auf, usw. Hier wird ganz klar, wo das Problem lag. Jeder wollte das Projekt in eine bestimmte Richtung (die beste für ihn) bringen. Dadurch ging die ursprüngliche Zielsetzung verloren. Bei Kosten von 450 Milliarden Dollar, einer Zeit von 30 Jahren um dann lediglich 30 Tage auf der Oberfläche zu verbringen springt mir die Ineffizienz dieses Vorhabens ins Auge.

Robert Zubrin, ein anerkannter Forscher mit dem Fachgebiet Mars dachte kritisch über die Schwächen bisheriger Konzepte nach und legte deren absurde Natur offen. Einige - aus meiner Sicht - sehr überzeugende Gedanken Zubrins:

- Um das Marsraumschiff zum Mond zu bringen bräuchte man mehr Treibstoff, als würde es aus dem Erdorbit direkt zum Mars fliegen. D.h. selbst wenn auf dem Mond jede Menge Treibstoff vorrätig wäre, würde es absolut keinen Sinn machen zuerst zum Mond zu fliegen. Bedenkt man, dass der Treibstoff dort erst mühsam her gestellt werden muss erscheint der Vorschlag einer Mondbasis als Startort noch absurder;
- Es ist sehr ineffizient tausende Tonnen zum Mars zu fliegen, wenn auf der Oberfläche letztendlich kaum Masse vorhanden ist;
- Man braucht keineswegs eine orbitale Werft, da man ein kleines Schiff direkt von der Erde starten könnte ohne es im Orbit zu bauen;
- Die Montage von Hitzeschilden ist sehr umständlich. Im Erdorbit eine ausreichende Präzision zu erreichen ist sehr, sehr schwer;
- Ein großes Raumschiff wäre schwer wiederverwertbar. Man müßte die Hitzeschilde nach jedem Flug warten. Dies ist wie gesagt im Orbit sehr schwer. Die Kosten für ein solches Raumschiff würden sich erst nach hundert Flügen rechnen. Man sollte bedenken, dass sich nur etwa alle zwei Jahre ein Startfenster öffnet. Es ist wohl mehr als naiv zu glauben, dass ein solch hochtechnisches Raumschiff zuverlässig über hunderte Jahre arbeitet.

Diese und noch viele andere Gedanken führten Zubrin zu Entwicklung von „Mars Direct“. Lassen Sie mich diesen Plan kurz beschreiben. Zuerst startet von der Erde ein Rückkehrschiff (ERV - Earth Return Vehicle) zum Mars. Dieses wird von einer Trägerrakete mit der Stärke einer Saturn V (diese wurden bei den Apollo-Missionen eingesetzt) zum Mars gebracht. Dort angekommen aktivieren sich ein kleiner Nuklearreaktor (80 bis 100 KW) und eine chemische Fabrik.



Abb.80: Künstlerische Darstellung des Starts einer bemannten Mission.

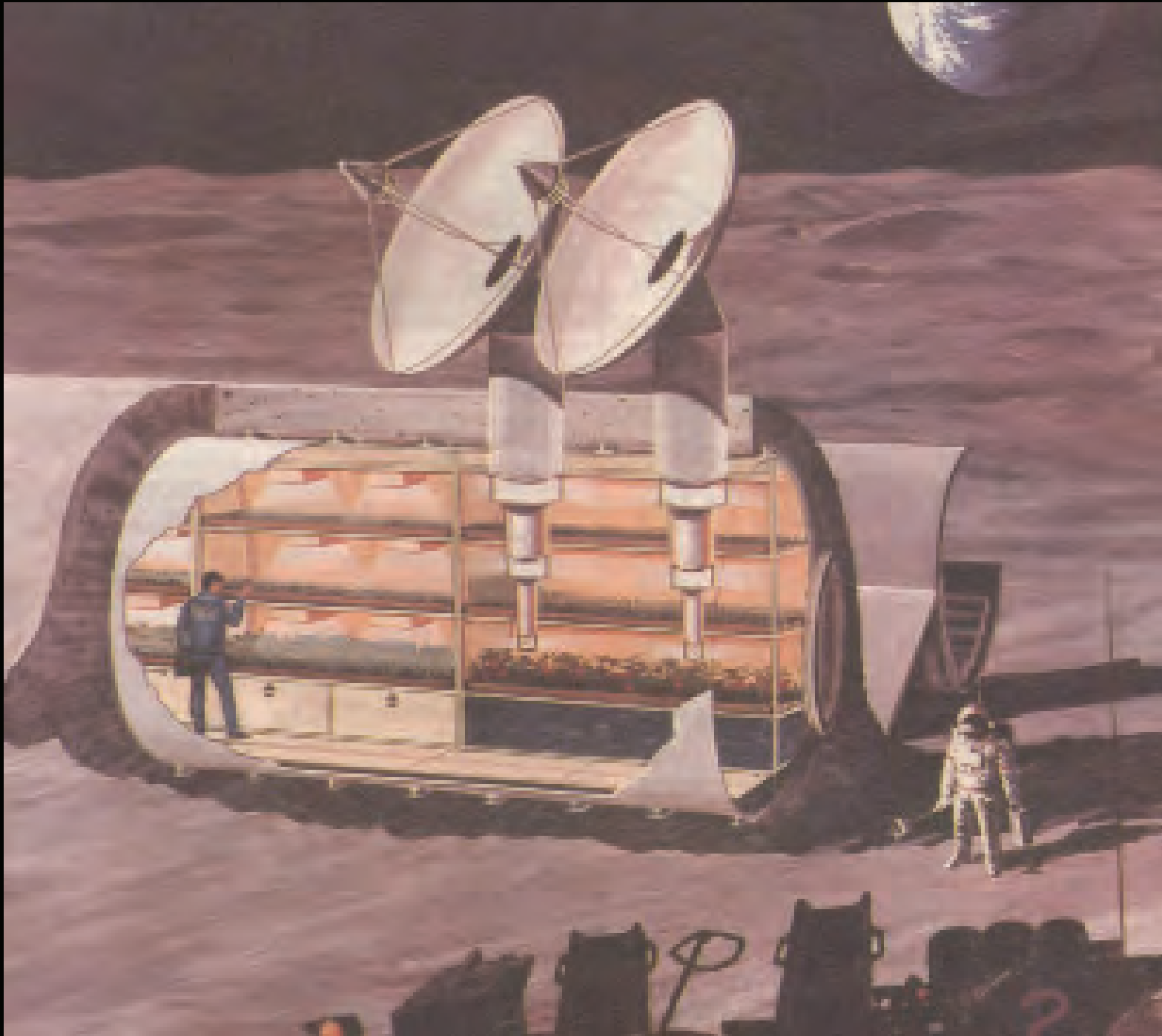


Abb.81: Lockheed company conception with using of light pipes and parabolic mirrors

DER FLUG ZUM MARS

Diese chemische Fabrik ist der Schlüssel zur einer günstigen Marsmission. Die Luft auf dem Mars besteht zu 95 Prozent aus Kohlendioxid. Mit dem Import von nur 6 Tonnen (!) Wasserstoff von der Erde ließen sich in chemischen Reaktionen Methan (besteht aus Kohlenstoff und Wasserstoff) sowie Sauerstoff herstellen. Man hätte den Treibstoff für die Rückkehr, Sauerstoff und Wasser für die Forscher. Auch könnte der Treibstoff in einem Marsrover verwendet werden. Erst wenn das ERV aufgetankt ist startet von der Erde die Crew zum Mars. Diese fliegt mit einem „Hab“, das wie das ERV von einer einzigen Trägerrakete gestartet wird. Nach 180 Tagen Flug am Mars angekommen, landet dieses Hab und dient als Wohnung und Forschungsstation. Sobald sich das nächste Startfenster öffnet, nach etwa 550 Tagen auf der Oberfläche, steigen die Forscher in das ERV und fliegen in 180 Tagen zur Erde zurück. Diese Variante wäre wesentlich effektiver als ein „Battlestar Galactica“-Modell. Die Kosten lägen bei 40 bis 50 Milliarden Dollar. Alle Technologien sind entweder heute schon verfügbar, oder könnten ohne große Probleme in den nächsten Jahren entwickelt werden. Das Projekt wäre innerhalb von zehn Jahren realisierbar.

Auf der Oberfläche hätten die vier Forscher dann die Möglichkeit umfangreiche Forschungen durchzuführen. Sie hätten mehr Material zu Verfügung als bei einer herkömmlichen Mission. Diese Mission ist ebenfalls sehr sicher, weil sie erprobte Technologien einsetzt und über sehr viele Backups verfügt. Mit einem Druckrover, dem Hab und dem ERV stehen drei primäre Lebenserhaltungssysteme zur Verfügung. Die chemische Fabrik produziert viel mehr Sauerstoff als die Crew verbrauchen kann. Im ERV stehen genug Vorräte zum Überleben der Besatzung zur Verfügung. Sollte das ERV funktionsuntüchtig seien wäre es kein Problem ein zweites ERV von der Erde zu starten um die Crew dann zur Erde zurückzubringen. Zwar müssten in dem Fall die Wasserrationen gekürzt werden, doch Lebensgefahr für die Forscher bestände nicht. Es würde den Rahmen dieses Focus sprengen auf alle Details (Abbruchmöglichkeiten, Rationseinteilungen, Technik der Lebenserhaltung, genauer Ablauf der chemischen Prozesse usw.) einzugehen.

Bleibt die Frage offen, wozu zum Mars? Auch darauf kennt Zubrin eine Antwort. Uns interessiert die Frage ob es Leben auf dem Mars gibt. Diese Erkenntnisse werden entscheidend zu unserem zukünftigen Weltbild beitragen. Sollte auf dem Mars wirklich Leben existieren (oder existiert haben) wäre es nicht mehr zu leugnen, dass die Entstehung von Leben ein Vorgang ist, der überall (unter den geeigneten Bedingungen) im Universum stattfindet. Die Erde wäre nicht mehr so einzigartig, wie sie viele gerne sehen wollen. Doch langfristig gehen Zubrins Gedanken weiter. Auf dem Mars gibt es die idealen Standortfaktoren für eine menschliche Siedlung. Alle Rohstoffe einer industriellen Gesellschaft können dort gewonnen werden. Mit seinen großen Deuteriumvorräten hat der Mars ein Exportprodukt, das in Zukunft die Energieversorgung der Menschheit sichern könnte - Deuterium ist für Kernfusion unentbehrlich. Zubrins Ideen gehen in seinem Buch „The Case for Mars“ noch weit über eine erste Forschungsmission hinaus. Ich möchte mit diesem Bericht aber nicht näher auf weitere Ideen Zubrins eingehen.

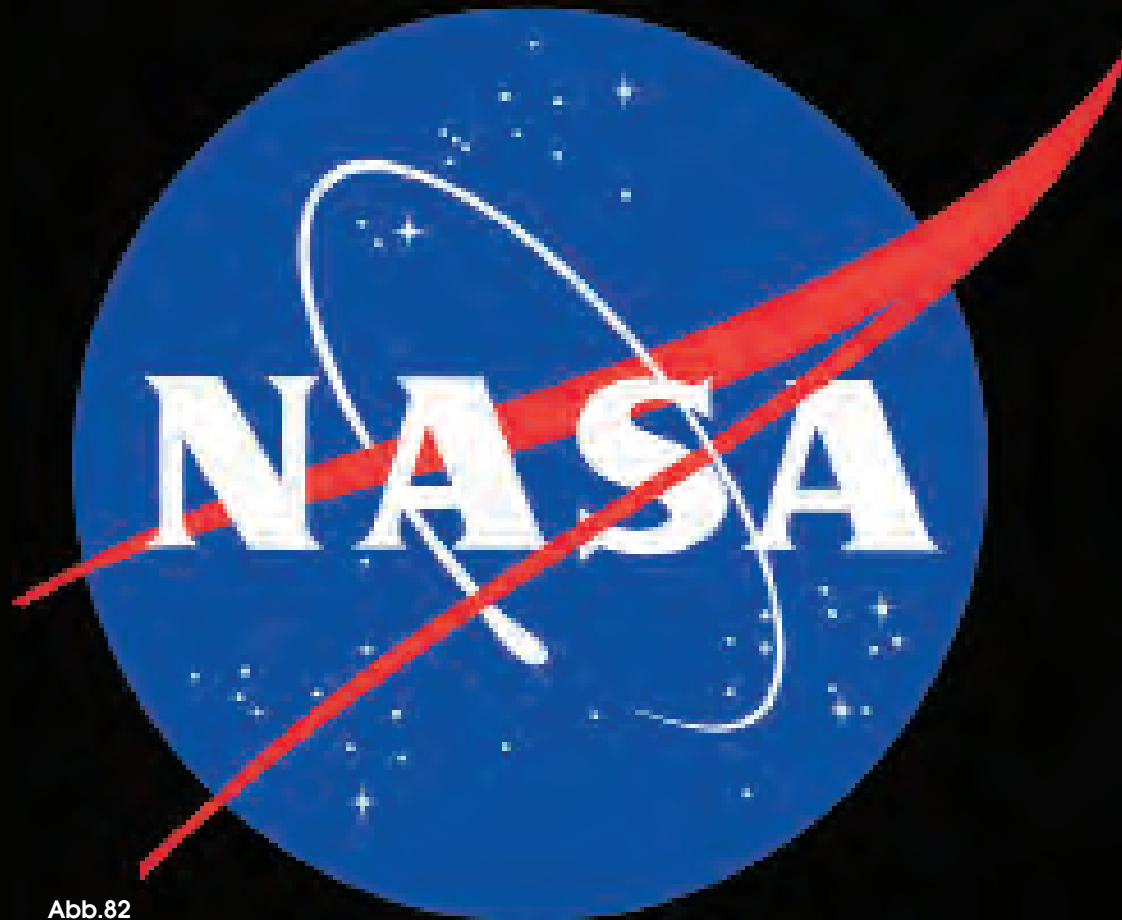


Abb.82

06

WELTRAUM-
ORGANISATIONEN



Abb.83

SPACE FORMATIONS



Abb.84: NASA Aerial view of the building

06.1 NASA (National Aeronautics and Space Administration):

- Die Nationale Luft- und Raumfahrtbehörde: 1958 gegründete zivile US-Bundesbehörde für Luft- und Raumfahrt.
- Der Hauptsitz befindet sich in Washington, D.C.
- Alle Projekte zu neuen Technologien seit den 1990er Jahren wurden letztendlich eingestellt.
- Die NASA erteilte am 16. September 2014 den Auftrag an die US-amerikanischen Unternehmen Boeing und SpaceX, bis 2017 eine Raumfähre für die bemannte Raumfahrt zu bauen. Die NASA will hiermit die gegenwärtige Abhängigkeit von der russischen Raumfahrt beenden.
- Die NASA gab am 4. Dezember 2006 bekannt, dass eine ständig besetzte Mond-Basisstation in Planung sei.
- NASA plante einen bemannten Flug im Jahr 2035 zum Planeten Mars. Das neue bemannte Raumfahrzeug Multi-Purpose Crew Vehicle (MPCV) sollte auf Konstruktionen basieren, die ursprünglich für das Orion-Kapsel-System für die Mondbasis vorgesehen waren.

06.2 BIGELOW AEROSPACE

- Raumfahrtunternehmen aus Las Vegas, Nevada.
- Raumstationsmodulen mit entfaltbarer Aussenhaut
- 1999 von Robert Bigelow gegründet (500 Millionen US-Dollar) Robert Bigelow ist ein Millionär und besitzt eine Hotelkette.
- 2004 erwarb Bigelow Aerospace die Rechte an der "Transhab - Technologie" der NASA = Konzept für aufblasbare Wohnmodule im Weltraum.
- Die Habitate werden im entsprechenden Orbit aufgeblasen.
- Die entfaltbaren Module haben eine flexible äußere Hülle, die beim Start zusammengefaltet ist, Im Weltraum vergrößert das Modul sein Volumen und bietet den Raumfahrern bzw. Weltraumtouristen so mehr Platz, um dort zu leben und zu arbeiten.



Abb.85:
Bemannte Raumfahrtprogramme
der NASA:

- Mercury-Programm
- Gemini-Programm
- Apollo-Programm
- Skylab
- Space Shuttle
- Internationale Raumstation (ISS)
- Constellation (eingestellt 2010)



Abb.86: BIGELOW AEROSPACE building



Abb.87

06.3 ESA

Die Europäische Weltraumorganisation, französisch Agence spatiale européenne (ASE), englisch European Space Agency (ESA) ist eine internationale Weltraumorganisation mit Sitz in Paris. Sie wurde am 30. Mai 1975 mit dem Übereinkommen zur Gründung einer Europäischen Weltraumorganisation gegründet, das für die zehn Gründungsstaaten jedoch erst am 30. Oktober 1980 in Kraft getreten ist.

Die Gründung der Organisation bezweckt eine bessere Koordinierung der europäischen Raumfahrtaktivitäten mit dem Ziel einer nachhaltigen Stärkung der europäischen Raumfahrtaktivitäten, um den technologischen Rückstand gegenüber Raumfahrtnationen wie Russland, damals UdSSR, und den USA auf Grund der immensen Anstrengungen beider Länder schrittweise aufzuholen und auszugleichen. Sie hat 20 Mitgliedstaaten und beschäftigte 2006 1.905 Mitarbeiter (2005: 1.901).

Die ESA ist die Nachfolgeorganisation der europäischen ELDO, ESRO und der Europäischen Fernmeldesatelliten-Konferenz (CETS). Wie diese beschränkt sie sich gem. Art. II ihres Statuts in ihren europäischen Projekten zur Weltraumerforschung und -nutzung auf „ausschließlich friedliche Zwecke“.

Die Mehrzahl der EU-Staaten ist an der ESA beteiligt. Daneben engagieren sich dort auch die Schweiz und Norwegen. Die ESA kooperiert zunehmend mit der EU sowie den nationalen Raumfahrtagenturen insbesondere Deutschlands und Frankreichs.

Die ESA ist gemeinsam mit der NASA Gründungsmitglied des Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS).

Generaldirektor der ESA ist seit 2003 Jean-Jacques Dordain; seine Amtszeit wurde im Juni 2010 vom ESA-Rat bis Juni 2015 verlängert.



Abb.88

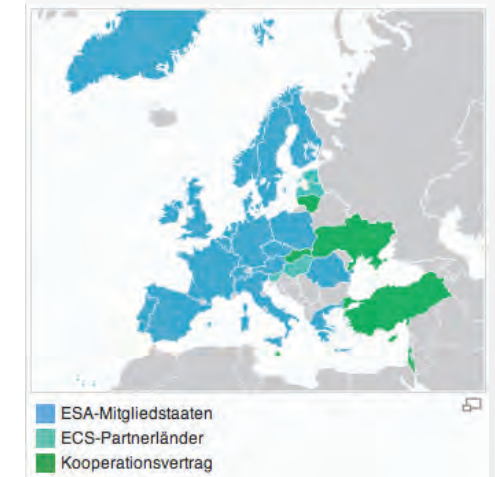
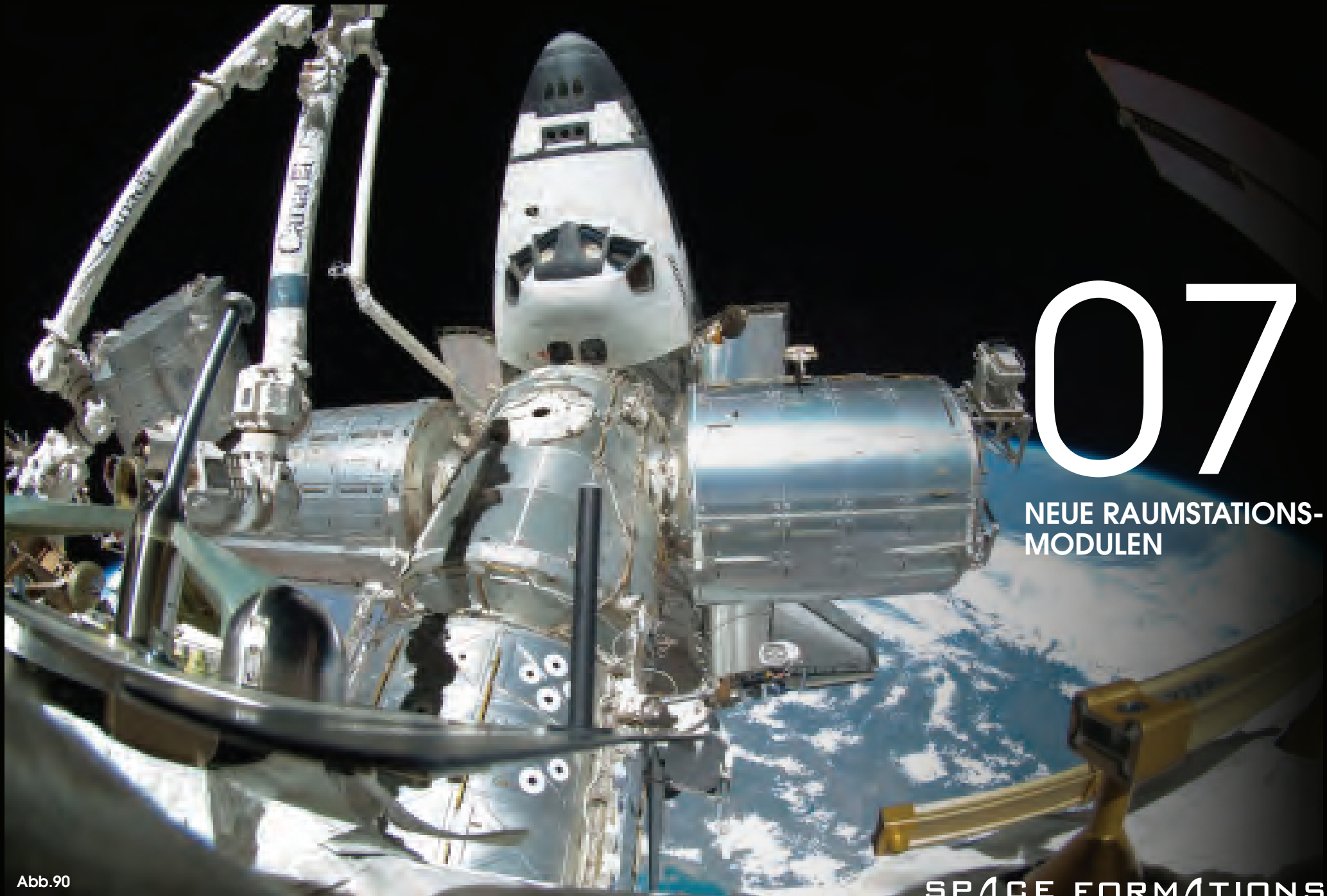


Abb.89



07

NEUE RAUMSTATIONS- MODULEN

Abb.90



Abb.91: The Echo 2, constructed and launched in the early 1960's



Abb.92: An early 24-foot (7.3m) inflatable space station module from 1961

NEUE RAUMSTATIONSMODULEN

- Die ersten zwei Module Genesis 1 & 2 dienten der Erprobung der Technologie. Am 12. Juli 2006 wurde „Genesis 1“ ins Weltall transportiert. Er umkreist die Erde auf einer Umlaufbahn in 550 Kilometern Höhe, einer Bahnneigung von 64 Grad und soll fünf Jahre funktionsfähig bleiben. An Bord befinden sich unter anderem auch Motten und Schaben, mit denen die Dichtheit der Hülle getestet werden soll. Das darauf folgende Galaxy-Modul wurde aus Kostengründen und aufgrund der erfolgreichen Erprobung von Genesis 1 & 2 eingestellt.

- Das Sundancer Modul soll 2014 gestartet werden und als Ausgangsbasis für den Stationsausbau dienen. Nach dem erfolgreichen Start soll ein Knotensegment gestartet werden, an dem ein zweites Sundancer-Modul und das BA-330-Modul andocken können. Der Knoten und die drei Module ergeben dann den Raumstationskomplex.

Module Type	Module Names	Volume	Flight Date	Launch Vehicle	Status
Genesis Pathfinder	Genesis I	11.5 m ³ (410 cu ft) ^[33]	July 12, 2006 14:53 UTC	Dnepr	Launch successful, on orbit ^[34]
Genesis Pathfinder	Genesis II	11.5 m ³ (410 cu ft) ^[33]	June 28, 2007 15:02 UTC	Dnepr	Launch successful, on orbit ^[35]
Galaxy	Galaxy	16.7 m ³ (590 cu ft)	Cancelled	N/A	Launch cancelled, tests on ground ^[29]
Sundancer	Unknown	180 m ³ (6,400 cu ft)	Cancelled	Unknown	launch cancelled, replace by BA 330 ^[36]
BEAM	Unknown	16 m ³ (565 cu ft) ^[37]	2015 ^[11]	SpaceX Dragon	In Development under a \$17.8 million NASA contract. ^[10]
BA 330	Unknown	330 m ³ (11,700 cu ft)	2016 ^[38]	Unknown	In design; mockup built
BA 2100	Olympus	2,100 m ³ (74,200 cu ft)	Unknown	Unknown	Proposed

Transportsysteme

Die Fähigkeit der unbemannten Raumfahrt besitzen derzeit einige Nationen, wie USA, Russland, europäische Staaten, Japan, China und Indien. Die Vielzahl der Angebote an verfügbaren Trägersystemen für Satellitenstarts wirkt sich positiv auf die Preisentwicklung aus. Die Befähigung der bemannten Raumfahrt besitzen hingegen nur wenige Nationen. Nach der Einstellung des Space Shuttle Programms wird Russland die einzige Nation mit einem bemannten Zugang zum All sein (eventuell könnte noch China hinzugezählt werden). Dies führt zu einem Monopol, dass die Preisentwicklung negativ beeinflusst. Obwohl Bigelow Aerospace in einigen Jahren eventuell eine eigene Raumstation vorweisen kann, ist der Zugang zu dieser noch nicht gesichert.



Abb.94: Genesis I

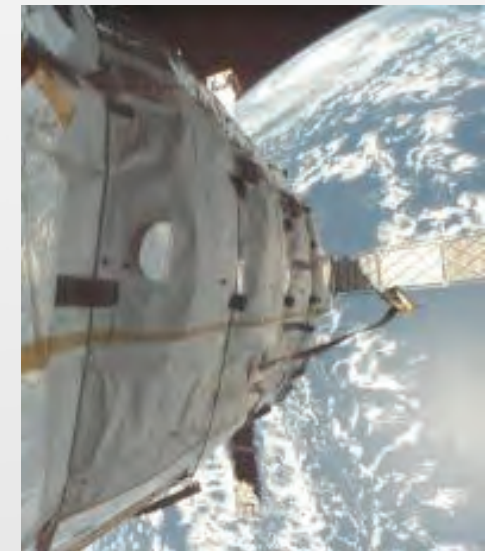


Abb.95: Genesis II

Abb.93



Abb.96: Artist's conception of Transhab from the 1990's

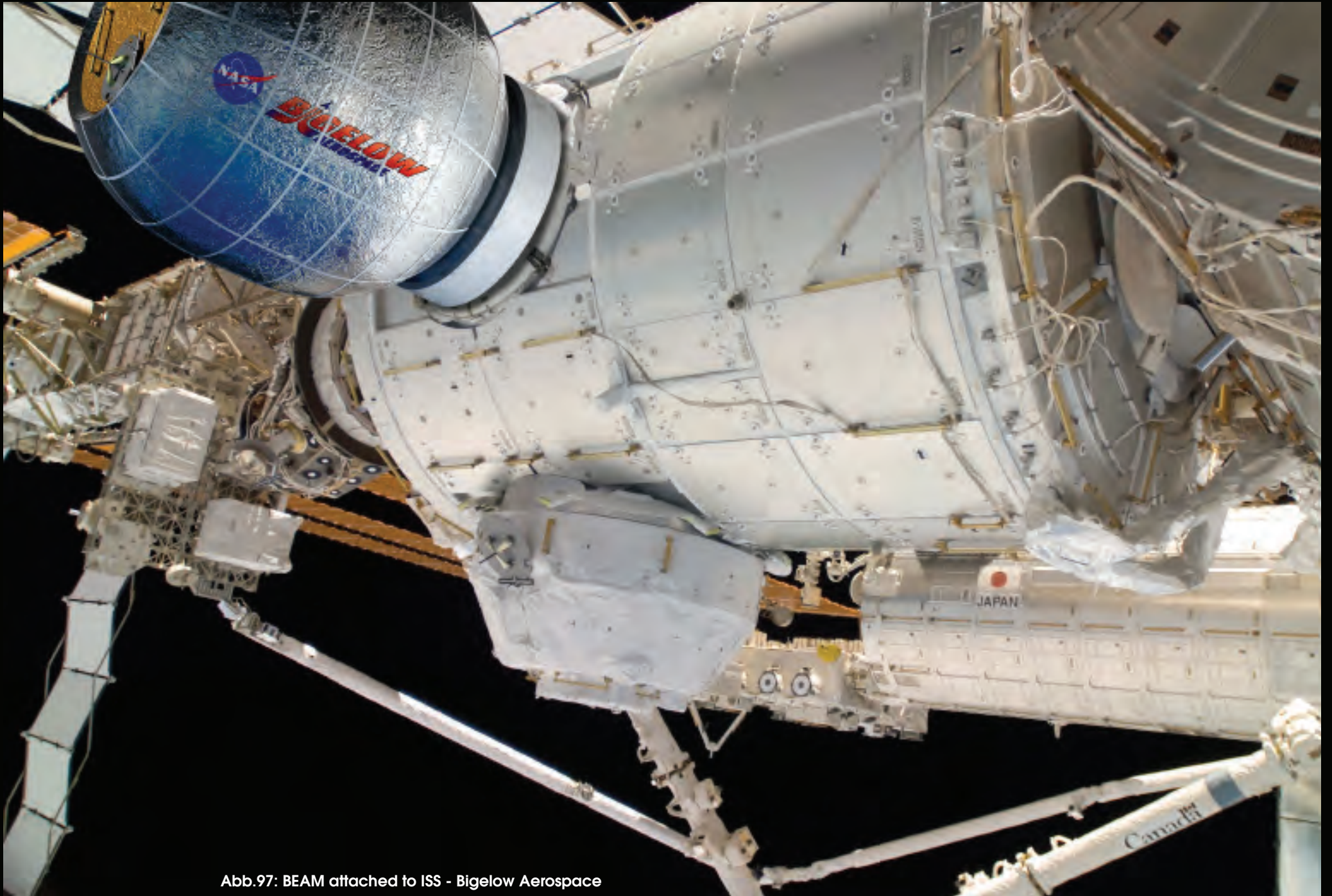


Abb.97: BEAM attached to ISS - Bigelow Aerospace

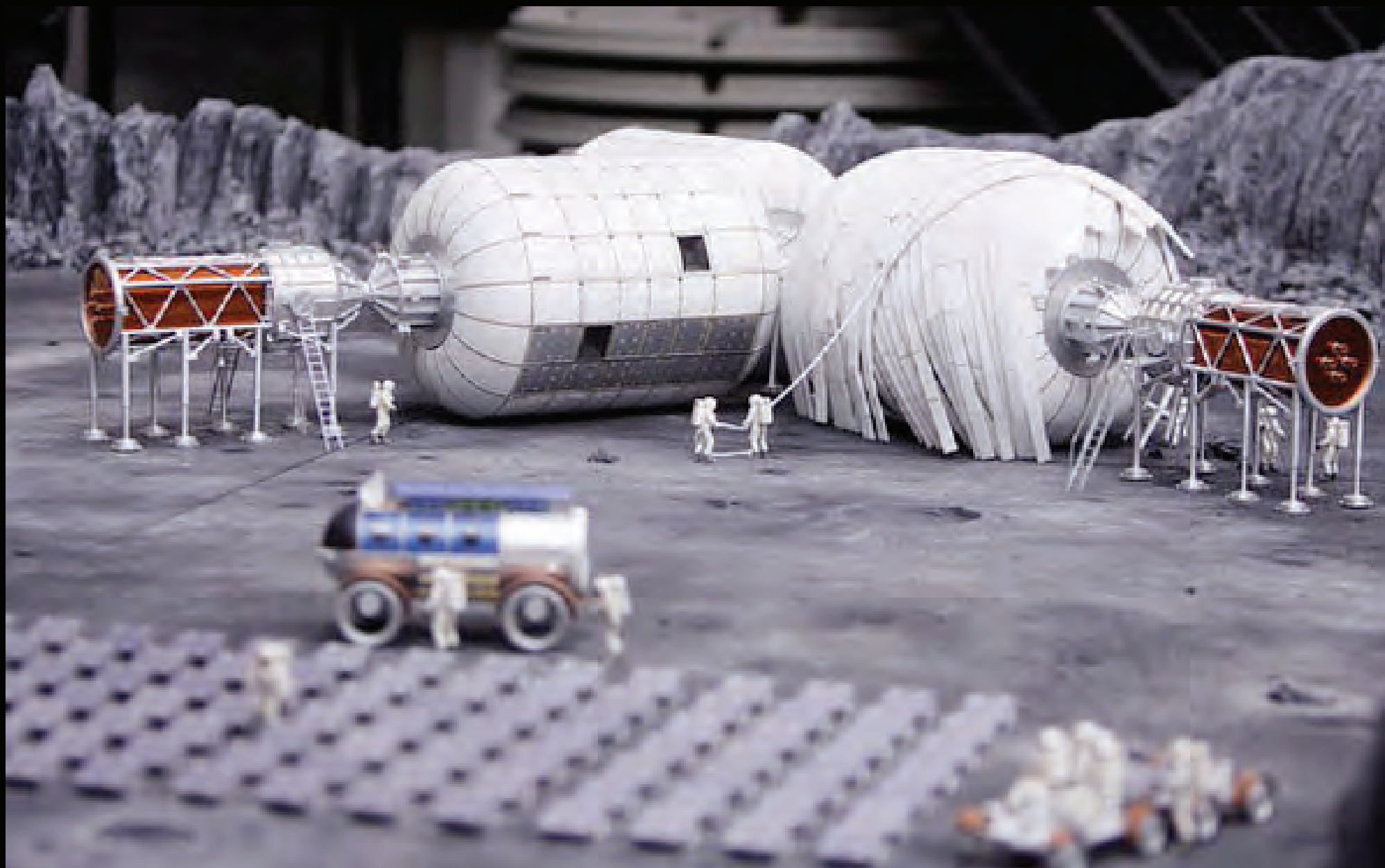


Abb.98: A model moon base designed by Bigelow Aerospace, with inflatable modules

07.1 Konzeptetwurf BIGELOW AEROSPACE

Die NASA, genauer gesagt das Johnson Space Center, leistete mit dem TransHab Programm wichtige Vorarbeit in diesem Bereich. Das TransHab war ursprünglich als zusätzliches Wohnmodul für die Internationale Raumstation (ISS) gedacht, doch als die Kosten der Raumstation immer mehr außer Kontrolle gerieten, musste das Projekt aufgegeben werden.

Ein anderer Grund war der, dass das TransHab-Modul bei bemannten Flügen zum Mond oder zum Mars hätte Verwendung finden können. Einige Politiker witterten einen Versuch der NASA, gewissermaßen über die Hintertür für solche zukünftigen Missionen benötigte Technologie zu entwickeln und strichen die Gelder, da die Raumfahrtbehörde zu diesem Zeitpunkt strikte Anweisungen hatte, ihre bemannten Aktivitäten auf den erdnahen Weltraum zu beschränken. Doch die Mühe scheint nun doch nicht vergebens gewesen zu sein:

Im Rahmen eines Kooperationsabkommens stellt die NASA Bigelow Aerospace ihr Know-how zur Verfügung. Außerdem hat die Firma der Raumfahrtbehörde größere Summen gezahlt, um Patente auf die TransHab-Technologie zu erwerben.

Für November 2005 plant man bei Bigelow Aerospace einen ersten Prototypen namens Genesis Pathfinder mit einer Falcon V-Trägerrakete ins All zu schicken. Es wird der erste Flug der Falcon V-Rakete sein, die von SpaceX, einer ebenfalls neugegründeten, in Kalifornien ansässigen Raumfahrtfirma, entwickelt wird. Zur Zeit ist man bei SpaceX noch vollauf damit beschäftigt, Falcon I, eine kleinere Vorläuferrakete, für ihren Jungfernflug auf die Startrampe zu bringen, der in der zweiten Jahreshälfte 2004 stattfinden soll.

Im April 2006 soll dann ein zweites Pathfinder-Modul starten, diesmal mit einer konvertierten russischen Interkontinentalrakete, der SS-18. Dazu fehlt zwar derzeit noch die benötigte Genehmigung vom amerikanischen Außenministerium, doch bei Bigelow ist man zuversichtlich, dass es in dieser Hinsicht keine größeren Probleme geben wird.

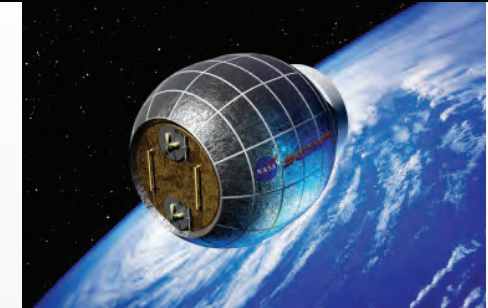


Abb.99: Artist rendering of the The Bigelow Expandable Activity Module (BEAM) which will be sent to the ISS in 2015.

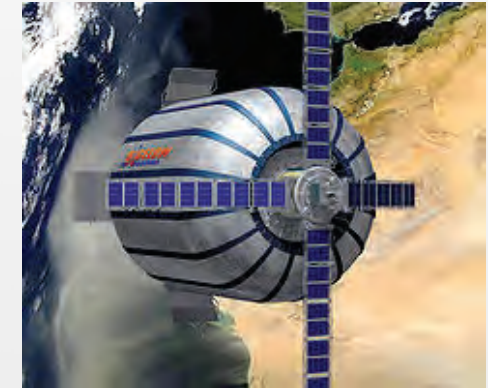
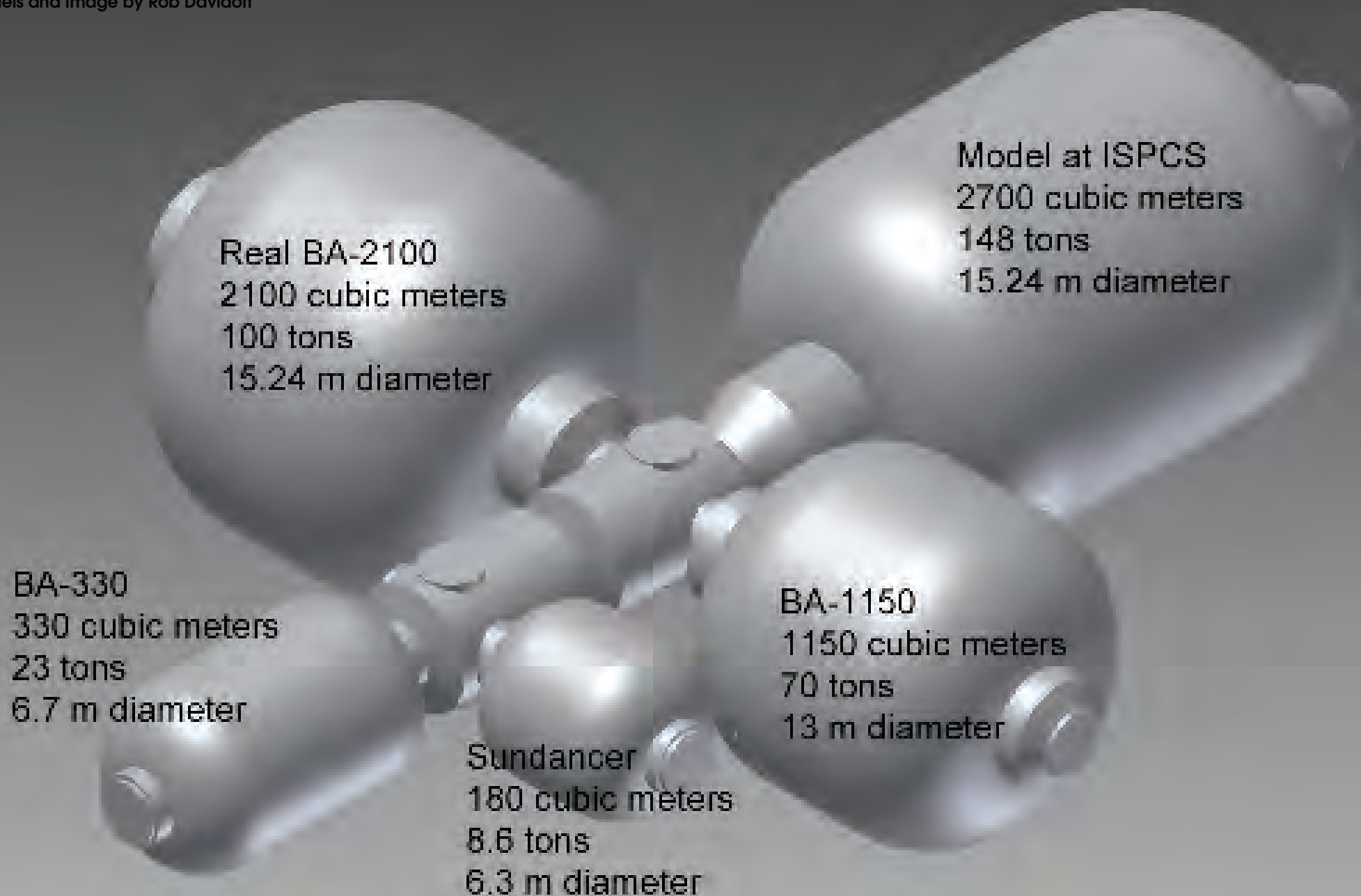


Abb.100: Bigelow Aerospace's planned first full-scale module is the Sundancer



Abb.101: Sundancer module

Abb.102: Comparison image of AutoCad Inventor models of various Bigelow inflatable modules
Models and Image by Rob Davidoff



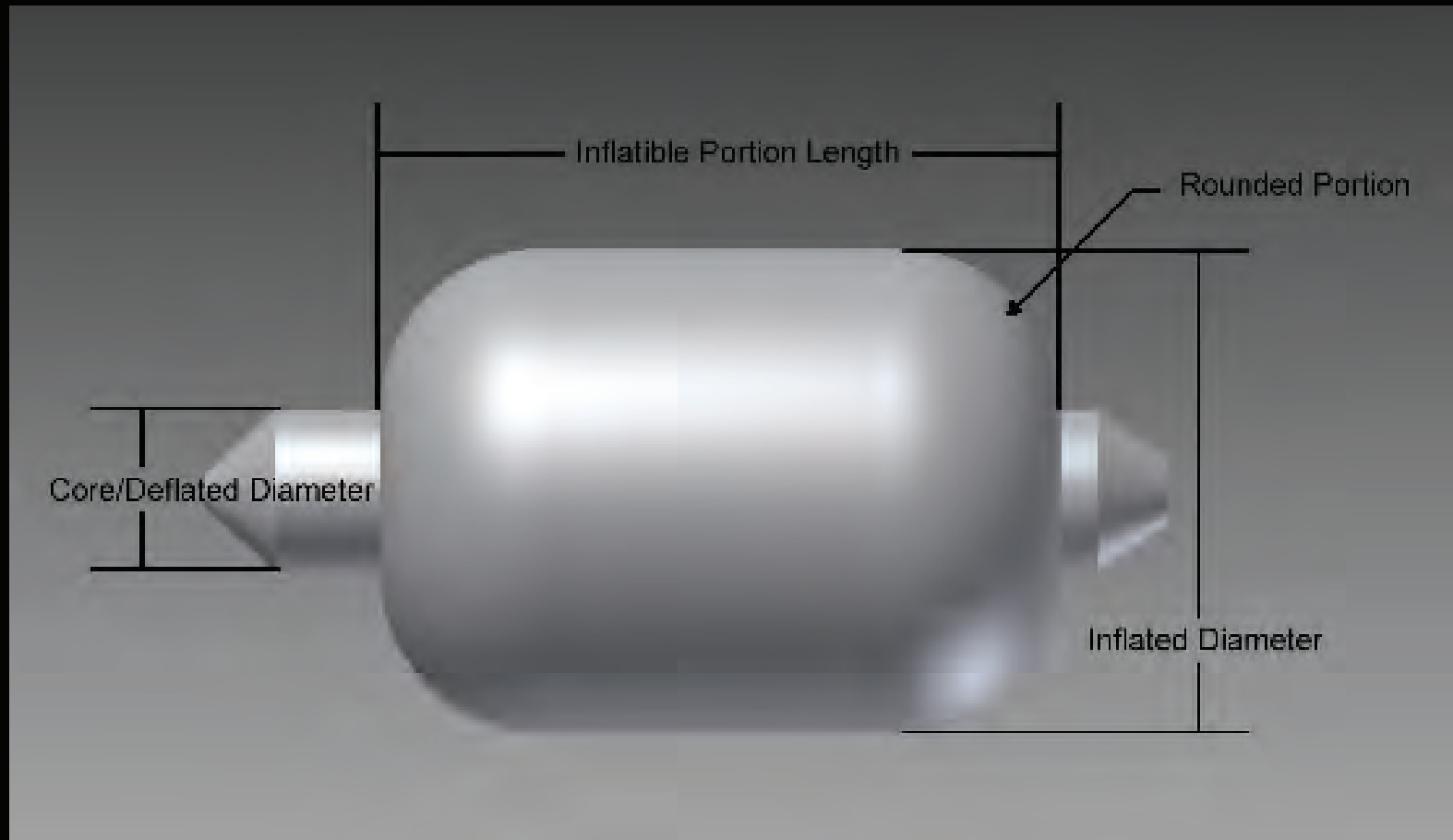


Abb.103: Reference Dimensions of Bigelow Inflatable Modules - Model and image created by Rob Davidoff



Abb.104: Artist rendering of Station Alpha with four BA 330s (1340M3 volume) and three SpaceX Dragons attached.

NEUE RAUMSTATIONSMODULEN

Schließlich hofft man, mit den so gesammelten Erkenntnissen in der Lage zu sein, das Nautilus-Modul zu entwickeln.

Dieses wird etwa dreimal so groß wie die Genesis Pathfinder-Module sein (13,7 Meter lang und 6,7 Meter im Durchmesser, gut 20 Tonnen schwer) und könnte schließlich als Weltraumhotel dienen oder auch zur Durchführung von Experimenten in der Schwerelosigkeit zu erschwinglichen Preisen.

Sollte Bigelow erfolgreich sein und irgendwann gegen Ende des Jahrzehnts die erste privat finanzierte Raumstation ins All schießen, ständen die NASA und alle anderen staatlichen Raumfahrtorganisationen etwas blamiert da. Schließlich hat Robert Bigelow nur einen winzigen Bruchteil der finanziellen Ressourcen zur Verfügung. Sein Erfolg wäre also eine klare Demonstration, dass der private Sektor in der Lage ist, die Dinge schneller, billiger und besser zu bewerkstelligen als staatliche Institutionen, sogar im Weltraum.

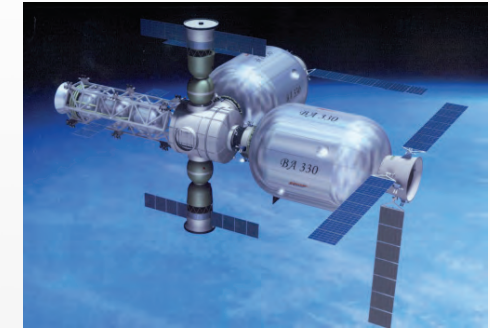


Abb.105:
Konzeptentwurf der Raumstation von
Bigelow Aerospace



Abb.106: Full-scale model of the BA
330 inflatable space habitat, as seen at
Bigelow Aerospace's Las Vegas facilities



Abb.107: Closeup of the BA2100 module

07.2 BA 330 "Nautilus"

- Für 6 Leute gedacht
- 330m³ Volumen
- Mit den Solaranlagen und Radiatoren ist das Modul 13,7m lang. Das eigentliche aufblasbare Segment = 9,5m lang, DM 6,7m.
- Für den nötigen Antrieb für Bahnkorrekturen wird viel Wasserstoff und wenig Sauerstoff ausgestoßen. Somit benötigt man für den Antrieb und die Lebenserhaltungssysteme nur Wasser, da in dem Modul selber Wasser Dank Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird.
- Die dicke Schale des Moduls schützt die Crew vor Trümmern und radioaktiver Strahlung.

07.3 BA 2100

- Für 16 Leute gedacht
- 2100m³ Volumen
- 17,8m lang; 12,6m hoch
- Labor Räume (Kommando- und Kontrollstation)
- Kleines Lazarett & Raum für Erholung



Abb.108: Bigelow Aerospace's Alpha Station, composed of two BA330's

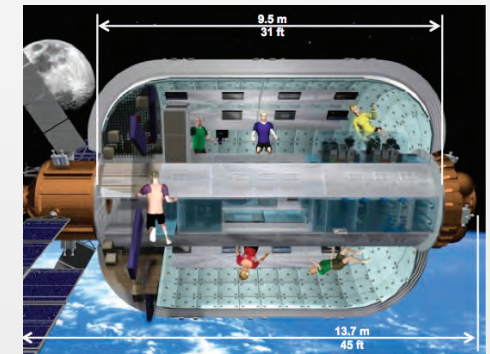


Abb.109: BA 330



Abb.110: Bigelow „BA-2100“ Model at ISPCS 2010



08

ISS - RAUMSTATION

Abb.111

Abb.112



Die Internationale Raumstation ist eine bemannte Raumstation, die in internationaler Kooperation betrieben und ausgebaut wird.

Die Pläne für eine große internationale Raumstation gehen bis in die 1980er Jahre zurück.

Die Station war damals unter den Namen Freedom oder Alpha in Planung.

Die ISS befindet sich seit 1998 im Bau und ist zurzeit das größte künstliche Objekt im Erdorbit.

Sie kreist aktuell in ca. 416 km Höhe mit einer Bahnneigung von $51,6^\circ$ ca. alle 91 min um die Erde und hat eine maximale Abmessung von etwa $110\text{ m} \times 100\text{ m} \times 30\text{ m}$ erreicht.

08.1 Beteiligte Länder

Die ISS ist ein gemeinsames Projekt der US-amerikanischen NASA, der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos, der europäischen Raumfahrtagentur ESA, sowie der Raumfahrtagenturen Kanadas (CSA) und Japans (JAXA).

In Europa sind die Länder Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien, die Niederlande, Norwegen, Schweden, die Schweiz und Spanien beteiligt. Im Jahre 1998 wurde dazu ein entsprechendes Abkommen für den Bau der Raumstation unterschrieben.

Brasilien hat mit den USA ein separates Abkommen über die Nutzung der ISS. Die Volksrepublik China hat ihren Wunsch einer Beteiligung an der ISS ausgesprochen, ist aber bisher am Veto der USA gescheitert, weshalb China aktuell an einer eigenen Raumstation arbeitet. Die Raumfahrtagenturen Indiens und Südkoreas haben ebenso eine mögliche Beteiligung an der ISS angekündigt.



Abb.113

Maße im Endausbau	
Spannweite:	109 m
Länge:	97,9 m
Tiefe:	27,5 m
Rauminhalt:	910 m ³
Masse:	455 t

Abb.114

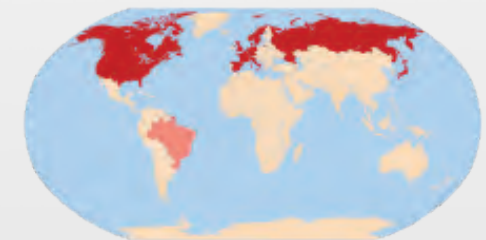


Abb.115:
Direkt an der ISS beteiligte Länder (dunkelrot) sowie über NASA-Verträge beteiligte Länder (hellrot)

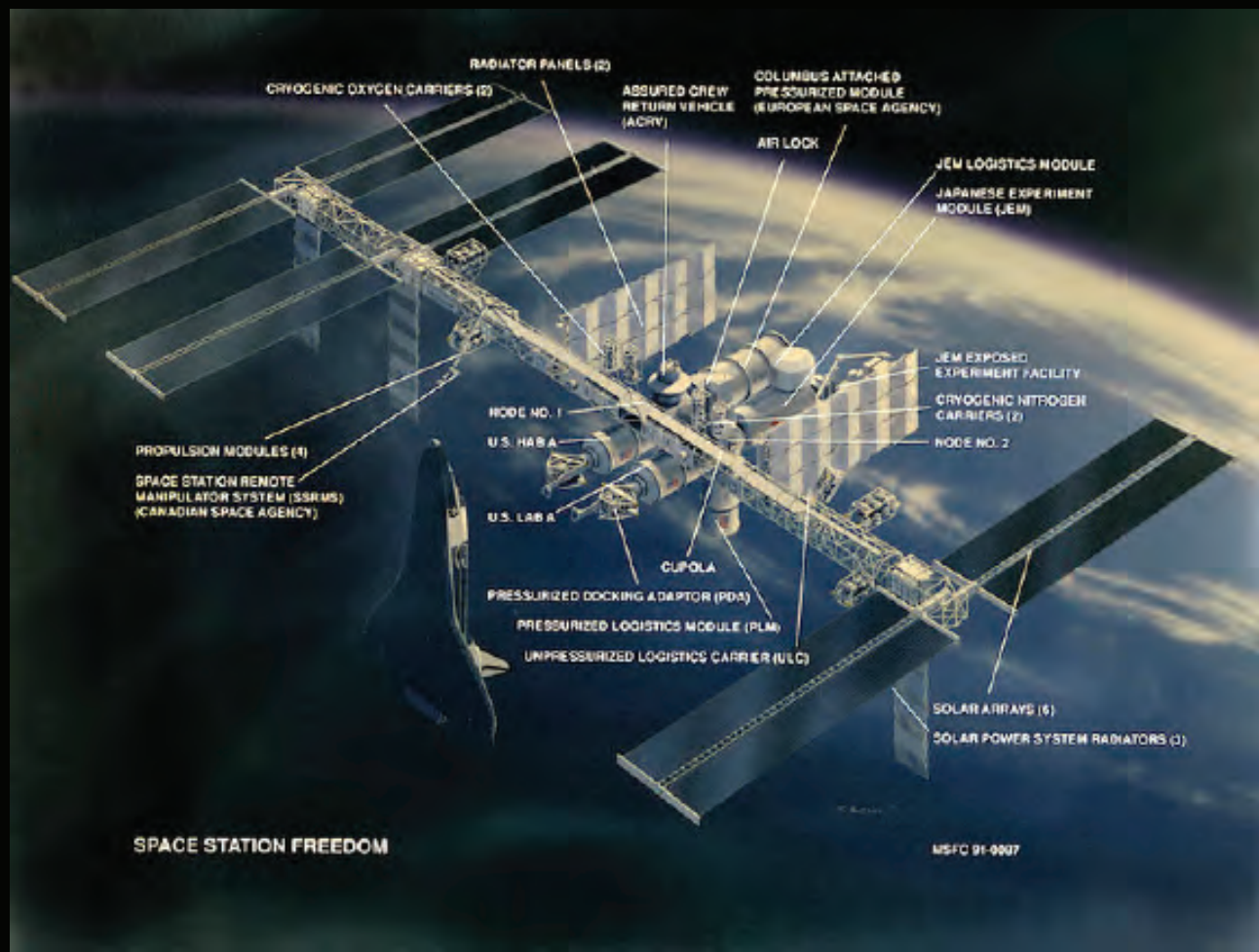


Abb.116: Die geplante US-Raumstation Freedom

08.2 Vorgeschichte

Erste Ideen für eine dauerhaft bewohnte Station im Weltall kamen bei der NASA schon sehr früh auf. Zu Beginn der 1960er Jahre, also noch lange vor der ersten Mondlandung, dachte man an eine Raumstation, die von etwa zehn bis zwanzig Personen bewohnt sein sollte. Nach dem Abschluss des Apollo-Programms wandte man sich konkreter dem Bau von Raumstationen zu, um den Anschluss an die Sowjetunion nicht zu verlieren, die 1971 mit Saljut 1 ihre erste Raumstation gestartet hatte. So wurde im Jahre 1973 die US-amerikanische Station Skylab gestartet, die insgesamt 171 Tage bewohnt war. Danach wandten sich die US-Amerikaner jedoch der Entwicklung des Space Shuttles zu, während die Sowjetunion sechs weitere Saljut-Stationen und vor allem die modulare Raumstation Mir in die Umlaufbahn brachte und enorme Erfahrung mit Langzeitflügen sammeln konnte.

Nach dem Erstflug des Space Shuttles im Jahre 1981 rückte das Konzept einer Raumstation wieder in den Blickpunkt, weil diese nach Ansicht der NASA-Strategen der nächste logische Schritt in der Raumfahrt sei. Im Mai 1982 wurde im NASA-Hauptquartier die Space Station Task Force geschaffen. Im Januar 1984 kündigte der damalige US-Präsident Ronald Reagan in Anlehnung an den Aufruf Kennedys zur Mondlandung an, es sei das nationale Ziel, eine ständig bemannte Raumstation innerhalb eines Jahrzehnts zu bauen. Die Kosten für eine solche Station wurden damals auf acht Milliarden US-Dollar geschätzt. Ein Jahr später wurde entschieden, die Station zusammen mit internationalen Partnern zu bauen. Daraufhin schlossen sich die ESA sowie Kanada und Japan dem Projekt an. Im Jahre 1988 wurde die geplante Station von Reagan auf den Namen Freedom getauft.

Nach dem Ende des Kalten Krieges wurde eine engere Zusammenarbeit der NASA mit Russland möglich. Das ursprüngliche Freedom-Projekt wurde gekürzt, weil die Kosten der geplanten Raumstation explodierten, und in Space Station Alpha umbenannt. 1993 unterzeichneten Russland und die USA ein Abkommen über zehn Shuttle-Flüge zur russischen Raumstation Mir sowie über Langzeitaufenthalte einiger US-Astronauten auf der Mir, später bekannt als das Shuttle-Mir-Programm. Die NASA zahlte dafür 400 Millionen US-Dollar. Dies markierte die erste Zusammenarbeit der beiden Raumfahrtmächte seit dem Apollo-Sojus-Test-Projekt im Jahre 1975.

Unter US-Präsident Bill Clinton wurde dann das Projekt einer großen Raumstation im November 1993 zusammen mit Russland neu aufgelegt – Russland steuerte die Pläne der geplanten Mir-2-Station bei. Auf US-amerikanischer Seite wurde der Name Alpha vorgeschlagen, der jedoch von Russland abgelehnt wurde, da die Mir-Station die erste Raumstation war – Alpha ist der erste Buchstabe des griechischen Alphabets. Bis 1998 schlossen sich 13 weitere Länder dem Projekt an: 11 der ESA-Staaten (Großbritannien war Mitunterzeichner des Vertrages, stieg jedoch später aus), Japan und Kanada. Zudem unterzeichnete Brasilien im Oktober 1997 mit den USA einen separaten Vertrag über die Nutzung der Raumstation, die nun den Namen International Space Station (ISS) trägt. Im Jahr darauf begann mit dem Start des russischen Fracht- und Antriebmoduls Sarja (Sonnenaufgang) der Aufbau der Station.

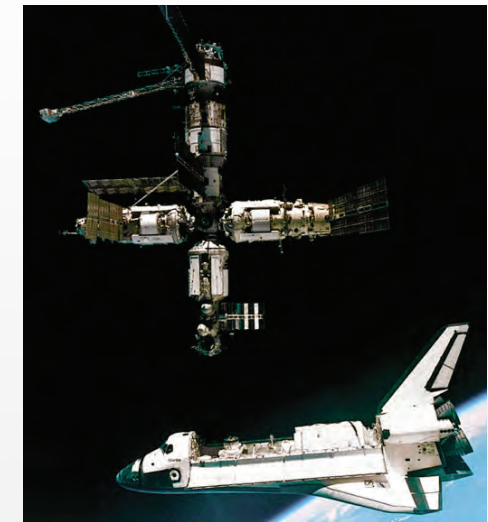


Abb. 117: Das Shuttle-Mir-Programm als Vorläuferprojekt der ISS



Abb.118: Bauzustand August 2005

08.3 Aufbauchronik

Wie die russische Raumstation Mir ist die ISS modular aufgebaut. Einzelne Baugruppen werden von Trägerraketen und Raumfähren in die Umlaufbahn gebracht und dort zusammengesetzt. Dazu sind rund 40 Aufbauflüge nötig. Insgesamt 37 Shuttleflüge wurden bis zur Ausmusterung der Raumfähren Mitte 2011 durchgeführt. Der amerikanische Teil der Station ist fertig aufgebaut und geht in den Routinebetrieb über. Der Rest wurde und wird von den unbemannten russischen Trägerraketen Proton und Sojus durchgeführt.

Die ISS hat zurzeit eine Masse von 450 Tonnen bei einer Länge der Gitterstruktur von 109 Metern und einer Breite der Solarmodule von 73 Metern. Die endgültige Spannweite ist seit der Installation der ersten Solarzellen bereits erreicht. Damit ist sie die größte Raumstation, die bisher gebaut wurde.

08.4 Mögliches Ende der Station

Nach derzeitig gültigen Vereinbarung zwischen den ISS-Partnern wird die Station bis 2020 betrieben. Für einen Betrieb darüber hinaus gibt es Überlegungen, Entscheidungen stehen aber noch aus. Sollte die Station nicht mehr weiter betrieben werden, ist ein gezielter Wiedereintritt in die Erdatmosphäre über dem Südpazifik geplant. Damit soll unter anderem Weltraumschrott vermieden werden, es stellt aber auch sicher, dass die Reste der Station über unbewohntem Gebiet niedergehen. Der dazu notwendige Bremschub soll von zwei nacheinander angekoppelten Transportraumschiffen vom Typ Progress kommen, die hierzu allerdings modifiziert werden müssten.

Am 8. Januar 2014 gab die NASA bekannt, dass die Station nach Absprache mit den internationalen Partnern bis mindestens 2024 weiter betrieben werden soll. Wegen des sich entwickelnden Konfliktes in der Ostukraine stellte sie im Mai 2014 die Kooperation mit Roskosmos zum Teil ein, für den ISS-Betrieb waren jedoch keine Abstriche geplant. Daraufhin erklärte Russlands Vizeregierungschef Dmitri Rogosin am 13. Mai 2014: „Wir wollen die Ressourcen auf andere perspektivische kosmische Projekte richten.“ Das russische ISS-Segment könne nach 2020 allein betrieben werden, „aber das amerikanische nicht unabhängig vom russischen“. Ohne Russland müssten die Amerikaner ihre Astronauten „mit dem Trampolin zur ISS bringen“.

Technisch wäre ein Betrieb der ISS bis 2028 denkbar.

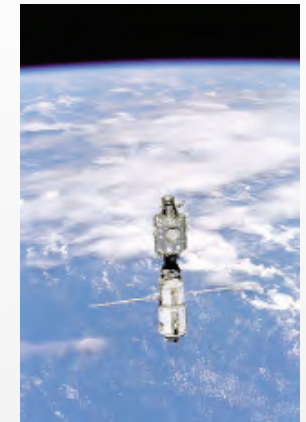


Abb.119:
Die ersten Bestandteile der ISS kurz nach dem Baubeginn 1998: das russische Kontrollmodul Sarja und der US-amerikanische Verbindungsknoten Unity, aufgenommen durch das Space Shuttle Discovery.



Abb.120: Grafik der ISS nach ihrer geplanten Fertigstellung (Stand Juni 2006)



Abb.121

08.5 Versorgung

Die Versorgung der Besatzung mit Lebensmitteln, Frischwasser, Kleidung, Sauerstoff sowie Ersatzteilen und wissenschaftlichen Experimenten wurde bis März 2008 ausschließlich durch russische Progress-Frachter und US-amerikanische Space Shuttles sichergestellt.

Von April 2008 bis August 2014 stand hierfür zusätzlich das europäische Automated Transfer Vehicle (ATV) zur Verfügung. Im September 2009 erfolgte der Erstflug des japanischen Versorgungsschiffes H-2 Transfer Vehicle (HTV) zur ISS, 2012 der des Frachters Dragon und 2013 der des Frachters Cygnus (Raumtransporter).

08.5.1 Progress

Die russischen Progress-Transportraumschiffe stellen die Grundversorgung für die Station sicher. Die von dem Sojus-Raumschiff abgeleiteten unbemannten Transporter sind in der Lage, bei durchschnittlich vier Flügen pro Jahr die ISS allein zu versorgen, sofern sie nur von zwei Personen bewohnt wird. Dies musste während des Flugverbots der Shuttle-Flotte nach dem Columbia-Absturz 2003 durchgeführt werden. Bei höherer Startfrequenz können auch größere Besatzungen versorgt werden.

Die Raumschiffe sind nicht wiederverwendbar. Nach dem Andocken an einem Port am russischen Teil der Station werden die rund 2,5 Tonnen Fracht und Treibstoff zur Station transferiert. Anschließend wird Progress mit Müll gefüllt, nach mehreren Monaten wieder abgekoppelt und in der Erdatmosphäre zum Verglühen gebracht.

Ein Nachteil der Progress-Raumschiffe ist der kleine Durchmesser der Verbindungsluken, weshalb sperrige Nutzlasten und Ersatzteile (wie z. B. Gyroskope) nicht von Progress angeliefert werden können. Russland setzt für Transporte zur ISS die Progress-Versionen Progress M, Progress M1 und Progress M1M ein. Die ersten beiden Versionen wurden bereits zur Versorgung der Raumstation Mir verwendet und unterscheiden sich im Wesentlichen lediglich im Anteil des Treibstoffes, der mitgenommen werden kann. Progress M1M wurde erstmals am 26. November 2008 eingesetzt und hat eine deutlich höhere Nutzlastkapazität.



Abb. 122: Jeff Williams bei der Arbeit im Destiny-Labor

08.6 Besatzungen

Die Raumstation ist seit dem 2. November 2000 permanent besetzt. Die jeweiligen Langzeitbesatzungen tragen die Bezeichnung „ISS-Expedition“ und eine fortlaufende Zahl. Zunächst starteten jeweils drei Raumfahrer (Kommandant und zwei Bordingenieure) gemeinsam zur ISS, um für sechs bis sieben Monate dort zu bleiben. Die Langzeitbesatzungen wurden anfangs jeweils durch Shuttle-Missionen ausgetauscht. Nach dem Unglück des Space Shuttles Columbia am 1. Februar 2003 standen die Space Shuttles längere Zeit nicht mehr für die Versorgung der Station zur Verfügung. Die Besatzungsgröße wurde deshalb ab der ISS-Expedition 7 auf zwei Personen reduziert und der Besatzungsaustausch wurde auf Sojus-Raumschiffe umgestellt. Mit der Shuttle-Mission STS-121 wurde der Deutsche Thomas Reiter im Juli 2006 als erster ESA-Raumfahrer zu einem Langzeitaufenthalt auf die ISS gebracht. Damit hatte die Station wieder drei Besatzungsmitglieder. Seitdem wurden zwei Raumfahrer durch Sojus-Raumschiffe ausgewechselt, der Dritte wurde jeweils per Space Shuttle zur Station bzw. zurück zur Erde gebracht. Seit der Rückkehr von Nicole Stott mit STS-129 wird der Mannschaftsaustausch ausschließlich über Sojus-Raumschiffe abgewickelt.

Mit der Ankunft von Sojus TMA-15 am 29. Mai 2009 begann die ISS-Expedition 20. Damit befanden sich erstmals sechs Besatzungsmitglieder dauerhaft auf der ISS und es standen entsprechend zwei Sojus-Raumschiffe für eine eventuelle Evakuierung der Station zur Verfügung. Die NASA schätzt die Wahrscheinlichkeit für eine Evakuierung innerhalb eines Zeitraumes von sechs Monaten mit 1:124 ab (2008). Eine Übersicht über alle Langzeitbesatzungen gibt die Liste der ISS-Expeditionen.

Die ersten zwölf Expeditionen bestanden ausschließlich aus russischen und US-amerikanischen Raumfahrern. Seit ISS-Expedition 13 absolvierten regelmäßig auch einzelne Astronauten der ESA, JAXA und CSA einen Langzeitaufenthalt auf der ISS. Neben den Langzeitbesatzungen haben bereits zahlreiche andere Raumfahrer aus den verschiedenen Nationen die ISS besucht. Während ihr Sojus-Raumschiff bzw. das Space Shuttle an der ISS angekoppelt war, arbeiteten deren Besatzungen für etwa ein bis zwei Wochen auf der ISS und kehrten anschließend zurück.

Insgesamt haben bereits 211 Personen die ISS besucht, davon absolvierten (bzw. absolvieren) 89 einen oder mehrere Langzeitaufenthalte. Sieben Besucher waren Weltraumtouristen, die sich für je etwa zwanzig Millionen US-Dollar einen Flug mit einem Sojus-Raumschiff gekauft haben und sich jeweils ungefähr eine Woche auf der Station aufhielten, einer davon, Charles Simonyi, sogar bereits zwei Mal. Eine alphabetische Übersicht gibt die Liste der Raumfahrer auf der Internationalen Raumstation, eine chronologische Übersicht bietet die Liste bemannter Missionen zur Internationalen Raumstation.

Die längste Mission war die ISS-Expedition 14 mit 215 Tagen, 8 Stunden und 22 Minuten und 48 Sekunden. Sie bedeutete den US-Rekord für Michael López-Alegría.

Am 29. März 2013 flog die Besatzung der Mission Sojus TMA-08M das erste Mal in der Rekordzeit von knapp sechs Stunden zur ISS, bislang waren dafür zwei Tage nötig.

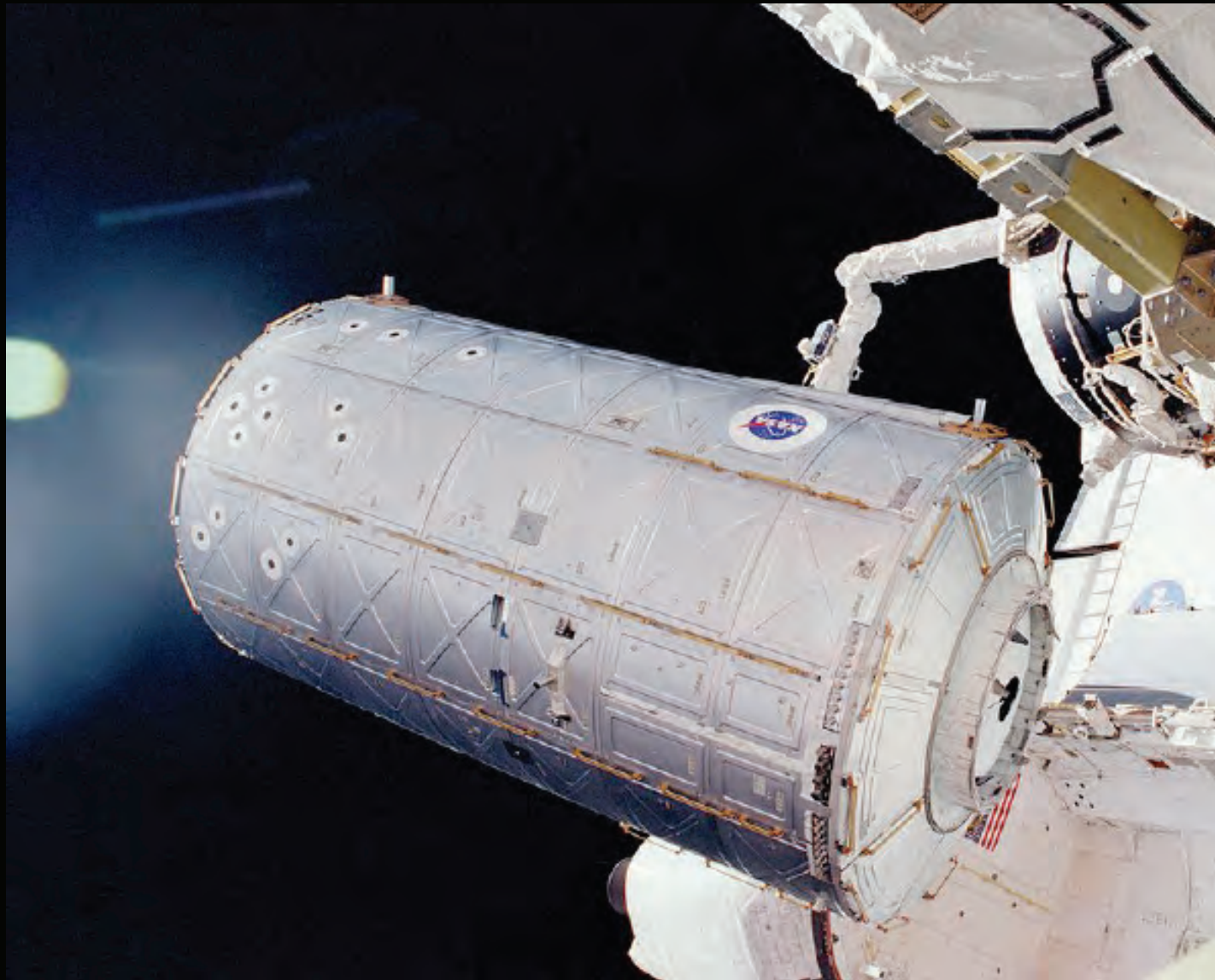


Abb.123: Das Modul Destiny während des Anbaus an die Station

08.7 Besonderheiten

Anlässlich seines Rückflugs zur Erde wurden am 12. Mai 2013 im Internet eine vom kanadischen ISS-Kommandanten Chris Hadfield eingesungene Coverversion von David Bowies Space Oddity und ein auf der Raumstation gedrehtes Musikvideo veröffentlicht. Innerhalb von vier Tagen wurde dieser Clip über zwölf Millionen Mal angesehen.

08.8 Module

Grundsätzlich unterscheidet man unter Druck stehende und nicht unter Druck stehende Module. Sämtliche Module, die von den Astronauten zum Wohnen, Schlafen und zur Arbeit benutzt werden, stehen unter Druck, da Menschen im Vakuum nicht überleben können. Das Lebenserhaltungssystem an Bord sorgt für eine Atmosphäre, die der irdischen entspricht (21 Prozent Sauerstoff, 78 Prozent Stickstoff, 1014 Hektopascal Druck). Zu den unter Druck stehenden Modulen zählen zum Beispiel das US-amerikanische Destiny-Labor oder das russische Modul Sarja. Solarzellen oder Gitterstrukturen stehen nicht unter Druck.

08.8.1 Wohn- und Arbeitsmodule, zum Beispiel:

Sarja

Sarja (russisch für „Morgenröte“) war das erste Modul der ISS. Es wurde von Russland gebaut und gestartet, aber von der NASA finanziert. In der ersten Ausbaustufe stellte es Strom sowie die Möglichkeiten zur Navigation zur Verfügung. Heute wird es als Frachtmodul für die Zwischenlagerung von Ausrüstungsteilen verwendet. Seit August 2012 dient der kugelförmige Kopplungsknoten Sarjas als Stützpunkt für den russischen Kran Strela-2.

Unity

Der Unity-Verbindungsknoten (Node 1) (engl. für Einigkeit, Eintracht) verbindet den russischen Teil über einen Adapter mit dem Rest der Station und verfügt über insgesamt sechs Kopplungsstützen. Teilweise wird der Knoten auch als Stauraum für Nahrungsmittel genutzt, wenn kurz nach der Ankunft von Progress-Frachtern im Sarja-Modul nicht ausreichend Platz ist.

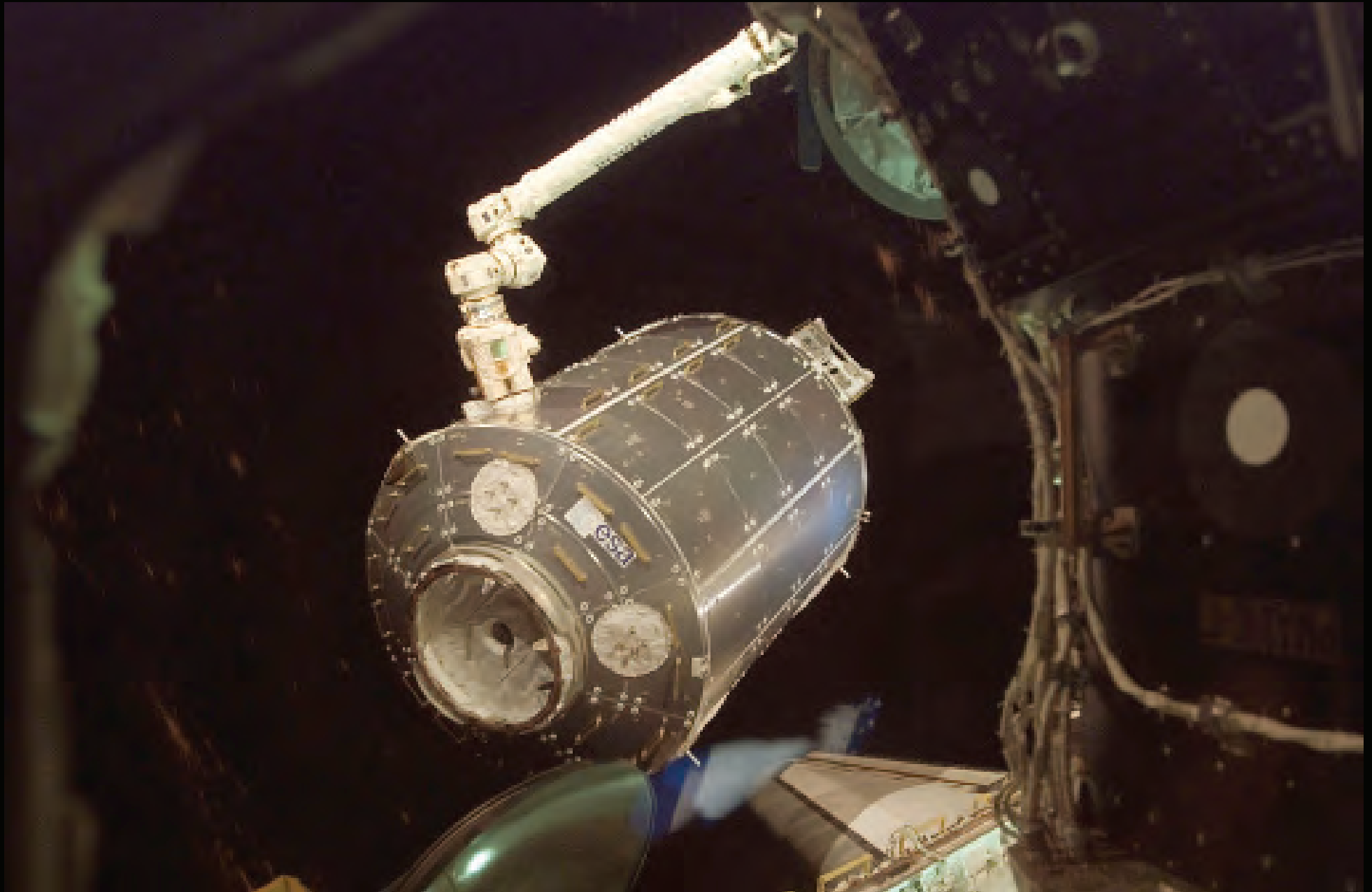


Abb.124: Columbus wird aus der Ladebucht der Atlantis gehievt.

Swesda

Swesda (russisch für „Stern“) ist das russische Wohn- und Servicemodul der Station. Es beinhaltet Steuereinrichtungen, Lebenserhaltungssysteme, hygienische Einrichtungen, Küche, Trainingsgeräte und mehrere Wohnkabinen. Am hinteren Kopplungsstutzen von Swesda docken Sojus-Raumschiffe und Progress-Frachter, sowie auch das europäische ATV an.

Destiny

Das Destiny-Modul (engl. für Schicksal, Vorsehung) ist das US-amerikanische Labormodul der ISS. Es bietet insgesamt Platz für 24 Racks, die für Experimente, Steuerungseinheiten oder als Stauraum genutzt werden können. Im Labor werden Experimente auf den Gebieten Mikrogravitation, Lebenswissenschaften, Biologie, Ökologie, Erdkunde, Weltraumforschung und Technologie durchgeführt.

Quest

Quest (engl. für Streben, Suche) ist die US-amerikanische Luftschleuse der ISS. Sie ermöglicht das Verlassen der Station in US-amerikanischen Raumanzügen für Wartungs- und Reparaturarbeiten außerhalb der ISS. In der Luftschleuse werden auch die US-amerikanischen Raumanzüge sowie Werkzeuge für den Außenbordeinsatz gelagert.

Pirs

Pirs (russisch für Pier) oder Stikowoi Otsek 1 (SO 1) ist die russische Luftschleuse. Sie wird für Ausstiege in russischen Orlan-Anzügen benutzt. Im Gegensatz zu Quest kann Pirs jedoch auch als Kopplungsadapter für anfliegende Sojus-Raumschiffe oder Progress-Frachter genutzt werden.

Harmony

Harmony (Node 2) (engl. für Harmonie, Eintracht) ist ein Verbindungsknoten, der am Destiny-Modul andockt ist. Er bietet weitere Anschlussmöglichkeiten für das Kib-Modul, das Columbus-Modul sowie für MPLM-Module bzw. HTV-Transporter. Es verfügt über acht Racks, die zur Versorgung der Station mit Luft, Elektrizität und Wasser dienen sowie andere lebensnotwendige Systeme enthalten oder als Stauraum fungieren.

Columbus

Columbus ist das europäische Labormodul der ISS. Es enthält Platz für insgesamt zehn Racks, die unter anderem für Experimente der Material- und Biowissenschaften sowie der Flüssigkeitsforschung genutzt werden sollen.

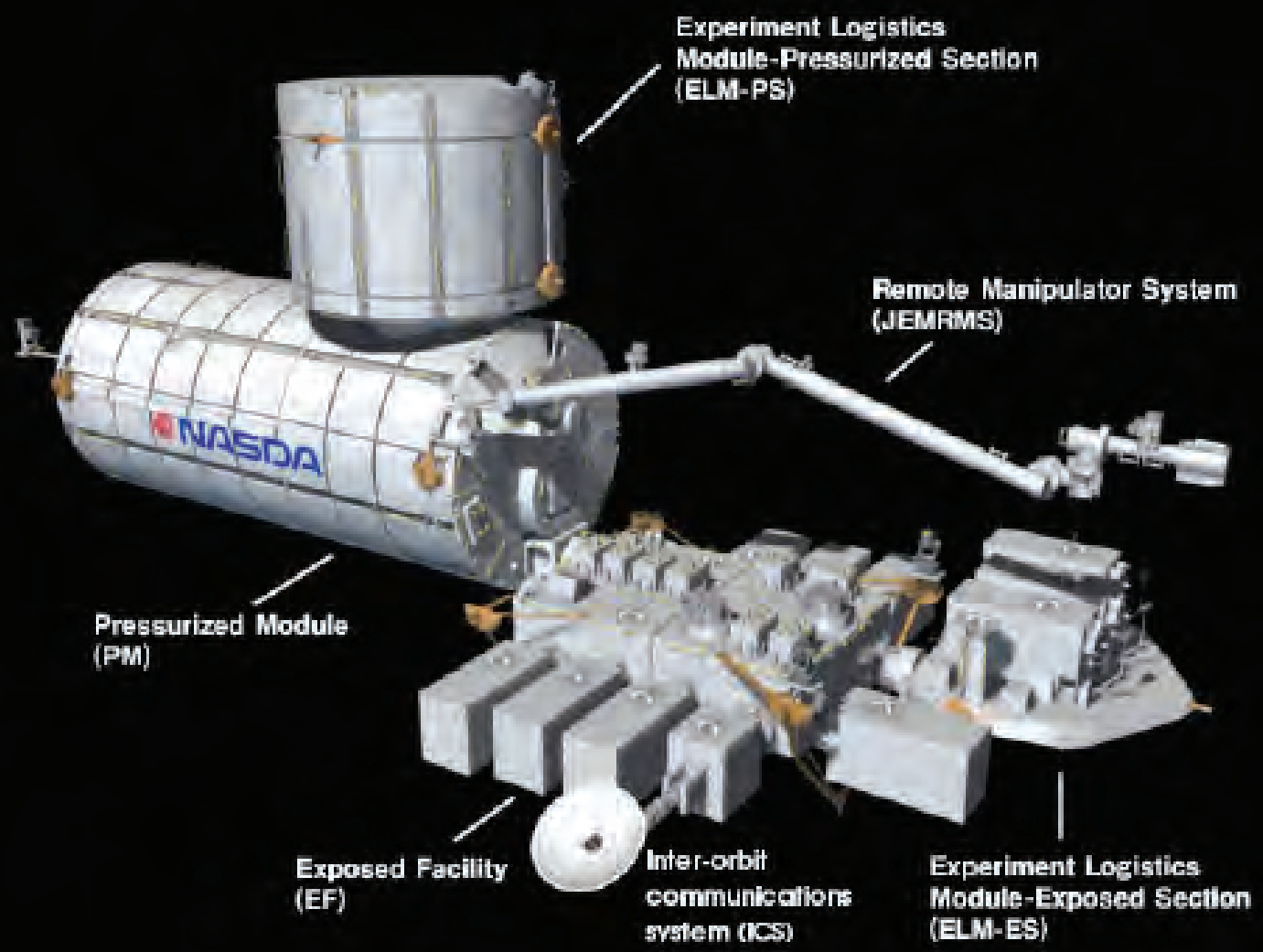


Abb.125: Die Kibo-Komponenten (Illustration)

Kibo

Der japanische Beitrag zur ISS heißt Kibo (japanisch für „Hoffnung“). Das System besteht aus vier Modulen, die mit den Missionen STS-123, STS-124 und STS-127 ins All gebracht wurden.

Das Experiment Logistics Module (ELM) steht unter Druck und ist am Zenitpunkt von Kibo angekoppelt. Es kann jedoch mit Fracht gefüllt werden und wie ein MPLM mit dem Space Shuttle zur Erde gebracht werden, wurde aber für den ständigen Aufenthalt im All an Kibo konzipiert.

Das Pressurized Module (PM); das unter Druck stehende Hauptmodul ist etwa so groß wie das US-amerikanische Destiny-Labor – es wiegt insgesamt knapp 16 Tonnen. Am Ende des Moduls befindet sich eine kleine Druckluke, um Experimente von der Plattform zu bergen oder dort anzubringen.

Das Remote Manipulator System (JEMRMS) ist der zehn Meter lange Roboterarm, mit dem Experimente auf die Plattform gebracht werden können oder von dort geborgen werden. Er besteht aus einem Hauptarm für größere Massen und einem Spezialarm, der am großen Arm angedockt werden kann. Der Spezialarm kann nur kleine Massen bewegen, dies dafür aber mit einer sehr hohen Genauigkeit.

Tranquility

Tranquility (engl. für Ruhe) ist ein Verbindungsknoten, der am Unity-Verbindungsknoten angedockt ist. Er enthält Systeme zur Wasser- und Luftaufbereitung, zusätzlichen Stauraum sowie Koppelungsstutzen zum Andocken von weiteren Modulen. Tranquility wurde zusammen mit der Aussichtsplattform Cupola im Februar 2010 mit der Shuttle-Mission STS-130 zur ISS gebracht.

Cupola

Cupola (ital. für Kuppel) ist ein mehrteiliges Aussichtsfenster mit einem Durchmesser von knapp 3 Metern und einer Höhe von 1,5 Metern. Cupola hat 6 große seitliche Fenster sowie ein großes Mittelfenster mit 80 Zentimetern Durchmesser. Cupola wurde im Februar 2010 zur ISS gebracht und am Nadir-Dockingport Tranquilitys befestigt.

08.8.2 Nicht unter Druck stehende Module, zum Beispiel:

Canadarm2

Der Roboterarm der Station wird (in Anlehnung an den Canadarm des Shuttles) Canadarm2 oder SSRMS (Space Station Remote Manipulator) genannt. Der Arm kann eine Masse von bis zu 100 Tonnen bewegen und wird vom Innern des Destiny-Labors aus gesteuert. Dazu stehen vier Kameras zur Verfügung – direkter Blickkontakt ist also nicht notwendig. Seit der Installation Cupolas kann der Roboterarm auch von dort aus bedient werden. Der Arm ist nicht an einer festen Stelle der Station montiert, sondern kann mit einem von mehreren Konnektoren, die über die ganze Station verteilt sind, befestigt werden. Dazu hat der Arm an beiden Enden eine Greifmechanik. Zudem kann der Arm auf den Mobilien Transporter gesetzt und so auf Schienen die Gitterstruktur entlangfahren werden.



Abb.126: Tranquility und Cupola an der ISS



Abb.127: Astronauten fotografieren die Erde im Modul Cupola



Abb.128: ISS nach Installation des Elements S0



Abb.129: Astronaut Steve Robinson wird während der STS-114 vom Canadarm2 getragen.

Solarmodule

Neben den kleineren Solarzellen an den russischen Modulen, die vor allem zu Baubeginn genutzt wurden, hat die ISS vier große Solarelemente. Diese sind an den Elementen P6 und P4 auf der linken bzw. S6 und S4 auf der rechten Seite angebracht. Die Elemente können um zwei Achsen gedreht werden, um immer optimal auf die Sonne ausgerichtet zu sein.

Strela

Strela bezeichnet zwei Kräne russischer Bauart, die im Rahmen von Außenbordeinsätzen für Materialtransporte und zum Transport von Raumfahrern benutzt werden. Anfangs waren beide Kräne am Modul Pirs befestigt, im Jahr 2012 wurden Strela-1 zum Modul Poisk und Strela-2 zum Lagermodul Sarja versetzt. Mit rund 18 Metern Reichweite ist Strela in der Lage, einen Großteil des russischen Segmentes der Station zu erreichen.

Exposed Facility (EF)

Eine Plattform für Experimente im freien Weltraum. Sie gehört zum japanischen System Kibo, ist an der Stirnseite des Pressurized Module befestigt und kann mit einer recht großen Zahl von Experimenten bestückt werden. Die Plattform wurde im Juli 2009 mit der Shuttle-Mission STS-127 zur Station gebracht.

Alpha-Magnet-Spektrometer (AMS)

Das Alpha-Magnet-Spektrometer-Experiment (AMS) ist die Bezeichnung für einen modernen Teilchendetektor zur Untersuchung der kosmischen Höhenstrahlung, der am 19. Mai 2011 mit STS-134 an der ISS angebracht wurde.

08.8.3 Künftige Module - frühestens 2015, zum Beispiel:

Nauka

Das russische Labormodul Nauka (MLM, für Mehrzweck-Labor-Modul) soll Ende 2015 (ursprünglich geplant Ende 2011) mit einer Proton-M-Rakete zusammen mit dem European Robotic Arm zur ISS gebracht werden. Das Modul soll sowohl Platz für wissenschaftliche Experimente bieten, als auch Lagerräume und Räume für die Mannschaft enthalten. Es soll außerdem über Triebwerkssysteme verfügen, die zur Lagekorrektur der Station eingesetzt werden können. An der Außenseite werden das ESA-Manipulatorsystem European Robotic Arm (ERA), ein Radiator und eine Experimentierschleuse montiert.



Abb.130: Rasswet (Vordergrund) und die seitlich angebrachten Kräne Strelas am alten Standort am Andockmodul Pirs.



Abb.131

European Robotic Arm (ERA)

Der European Robotic Arm ist ähnlich wie Canadarm2 ein Roboterarm. Er verfügt im Gegensatz zum Canadarm2 jedoch über Greifmechanismen, die für den russischen Teil der ISS ausgelegt sind. Der Arm hat eine Länge von über 11 m und kann bei einer Eigenmasse von 630 kg mit einer Genauigkeit von unter 5 mm etwa 8 Tonnen Nutzlast positionieren. Der European Robotic Arm soll die Einsatzzeit bei Außenarbeiten (EVA) verringern und verschiedene Aufgaben halb- und vollautomatisch durchführen.

Pritschal (UM)

Aufgrund der vertraglichen Verlängerung der Betriebsdauer der Internationalen Raumstation bis mindestens 2020 plant Russland die Erweiterung seines Segments um zwei oder drei weitere Module, die ursprünglich für die nächste Generation von Raumstationen entwickelt werden sollten. Im Januar 2011 wurden Bau und Start eines kugelförmigen Verbindungsmoduls genehmigt. Das Uslowoi Modul (UM) ist kugelförmig, bietet einen Rauminhalt von etwa 14 Kubikmetern und hat eine Masse von 4 Tonnen. Es ist mit sechs Kopplungsstützen rundum ausgestattet und soll am Nadir von Nauka angedockt werden. Hier stehen dann fünf Kopplungsstellen für zusätzliche Module sowie unbemannte oder bemannte Raumschiffe zur Verfügung.



Abb.132: MLM mit installiertem ERA

08.8.4 Gestrichene Module und Projekte, zum Beispiel:

Habitation Module

Das Habitation Module sollte ein etwa zehn Meter langes Modul sein, das nur zum Wohnen gedacht war. Zu ihm gehörten vier Schlafdecken, eine Dusche sowie eine Küchennische.

Forschungsmodule (Research Modules)

Die Forschungsmodule sollten einen großen Teil des russischen Labortraktes ausmachen. Zu den Forschungsgebieten gehörten Geowissenschaft, Astronomie, Biologie und Medizin. In den ersten Planungen war von drei Modulen die Rede, 1998 gab es nur noch zwei Module, die jedoch in den Plänen von September 2001 ebenfalls fehlten. Mittlerweile sollen neben zwei Miniforschungsmodulen (MIM 1 Rasswet, 2010 und MIM 2 Poisk, 2009) sowie dem umgebauten MLM Nauka (2014) ein bis zwei große Forschungsmodule einer neuen Generation gebaut und ab 2016 Teil der ISS werden.

Centrifuge Accommodations Module

Das Centrifuge Accommodations Module (CAM) sollte regelbare Schwerkraft für Experimente zur Verfügung stellen. Das Modul hätte zum US-amerikanischen Segment der Station gehört, wurde jedoch von Japan im Gegenzug für den Transport des Kibo-Moduls zur ISS gebaut. Wegen fehlender Mittel wird dieses Modul von der NASA aber nicht mehr zur ISS gebracht.



Abb.133: Solarpaneele des russischen Stationsteils

Crew Return Vehicle (X-38)

Die X-38 ist ein flügelloser Lifting Body (Auftriebskörper), der im Notfall die Evakuierung der Internationalen Raumstation ermöglichen sollte. Der Gleiter bietet Platz für sieben Personen und ist mit einer Antriebseinheit zum Verlassen der Umlaufbahn ausgestattet. Es war geplant, dass ständig ein solches Crew Return Vehicle (zu deutsch: Mannschafts-Rückkehrfahrzeug) an der ISS angedockt ist. Wegen zu hoher Kosten wurde die Entwicklung des X-38 jedoch 2002 eingestellt. Die Evakuierungsmöglichkeit wird zum jetzigen Zeitpunkt durch die Sojus-Raumschiffe sichergestellt. Nach dem Erhöhen der Besatzung auf sechs Personen sind es zwei solcher Raumschiffe. Weil eine Sojus-Landekapsel maximal drei Personen befördern kann, wird die ISS die ursprünglich geplante Besatzungsstärke von sieben Raumfahrern nicht erreichen können. Die offizielle Bezeichnung für den Prototyp des Fahrzeuges, der mehrmals in der Atmosphäre geflogen ist, lautet zwar X-38, oft spricht man jedoch einfach von dem „Crew Return Vehicle“, obwohl diese Bezeichnung auch allgemein für Rettungsfahrzeuge dieser Art verwendet wird.

08.9 Energieversorgung

Die Stromversorgung der Raumstation geschieht ausschließlich über Sonnenenergie. Der US-amerikanische Teil der ISS verfügt über 16 Solarpaneele. Diese sind in acht sogenannten Photovoltaic Modules (PVMs) zu je zwei Elementen zusammengefasst, die durch Rotationsgelenke auf die Sonne ausgerichtet werden. An beiden Enden des „Rückgrats“ der ISS befinden sich jeweils zwei Module; auf der Backbordseite sind es die mit P4 und P6 bezeichneten Elemente und an Steuerbord S4 und S6.

Die acht Solarelemente arbeiten unabhängig voneinander. Während ein Teil des Stroms zur Speicherung in die Akkumulatoren (Nickel-Wasserstoff-Zellen) geleitet wird, geht der andere Teil direkt zu den zahlreichen Verbrauchern. Dazu wird der Strom über vier MBSU-Verteiler (Main Bus Switching Units) geleitet. Um eine gleichmäßige Energieversorgung auf der gesamten Station zu gewährleisten, kann eine MBSU über Kreuzschaltungen mit jeder anderen MBSU verbunden werden.

Zwei Paneele speisen einen Verteiler, der die Stromleitungen splittet und vier Leitungen ausgibt, die die Energie in DDCU-Gleichstromrichtern (Direct current-to-Direct Current Converter Units) herunterregeln. Anschließend wird die elektrische Energie durch ein verzweigtes Leitungsnetz an jedes Element des US-amerikanisch basierten Teils der ISS verteilt. Die Photovoltaik-Module erzeugen eine Spannung von 160 Volt (Primary Power), die Verbraucher auf dem US-Teil der Station arbeiten jedoch mit 124 Volt Gleichspannung (Secondary Power) und einige Geräte auch mit 28 Volt.



Abb.134:
Der Rettungsgleiter X-38 während eines Testfluges

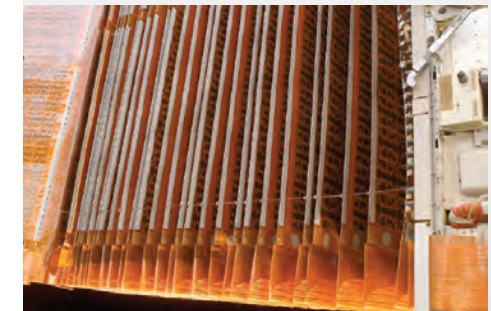


Abb.135: Ein Solarelement der ISS in der Nahaufnahme



Abb.136

Der russische Teil der Station verfügt über mehrere Solarzellenpaneele, die klassisch direkt an den größeren Modulen befestigt sind. Sie sind nur um eine Achse drehbar. Die Sonnenenergie des russischen Teils der Raumstation wird in Nickel-Cadmium-Akkus gespeichert, wobei alle Geräte mit 28 Volt Gleichspannung arbeiten. Über Konverter kann elektrische Energie zwischen den US-amerikanischen und russischen Systemen ausgetauscht werden.

Die Ausrichtung der Solarelemente hat einen relativ hohen Einfluss auf den Luftwiderstand der Station. Durch den Nachtgleitmodus kann der Widerstand im Mittel um 30 % reduziert werden und pro Jahr etwa 1000 kg Treibstoff eingespart werden.

08.10 Kühlung

Überschüssige Wärmeleistung von bis zu 106,8 kW kann über das Kühlsystem in den Weltraum abgegeben werden. Dazu dienen zwei Arten von Radiatorengruppen:

Das zentrale **Heat Rejection System (HRS)** mit zwei dreireihigen Kühlgruppen befindet sich auf den zentralen Strukturen S1 und P1. Jede Kühlgruppe strahlt maximal 35 kW über die 24 Kacheln auf einer Gesamtfläche von 22 m × 10 m ab und hat eine Masse von 3,7 Tonnen.

Die **Photovoltaic Radiators (PVR)** befinden sich zusätzlich zu den Solarzellen auf den Elementen P4, P6, S4 und S6. Sie strahlen je 9 kW über sieben Kacheln auf einer Fläche von 13 m × 3,4 m ab und haben eine Masse von 0,8 Tonnen.

Beide Typen wurden bei Lockheed-Martin hergestellt und zusammengefaltet mit dem Space Shuttle in den Weltraum gebracht. Als Kältemittel dient flüssiges Ammoniak.

Bei russischen Modulen sind Wärmetauscher und Radiatoren überwiegend in die Modulstruktur integriert.



Abb.137: Abstrahler und Solarpanel



Abb.138

08.11 Datenübertragung

Die Datenübertragung und der Sprechfunkverkehr mit dem Kontrollzentrum erfolgen für den US-basierten Teil der Station über das TDRS-Netz über S-Band (192 kbps) und Ku-Band (bis 300 Mbps). 2014 gelangt auch ein experimentelles Laserkommunikationssystem auf die Station. Die Kommunikation mit Astronauten während Außenbordeinsätzen sowie dem Shuttle wird über ein UHF-System hergestellt.

Der russische Teil der Station benutzt überwiegend direkte Funkverbindungen zu Bodenstationen oder Systeme des US-amerikanischen Segments, um mit dem russischen Kontrollzentrum in Moskau zu kommunizieren. 2012 und 2013 wurde auch ein experimentelles Lasersystem verwendet. In Zukunft soll das dem TDRS ähnliche Lutsch-Netz wieder installiert werden. Die Starts der ersten beiden Satelliten erfolgten 2011 und 2012, ein dritter ist für die nächste Zeit geplant.

Im Sommer 2008 konnten Internetnutzer aus Polen, Deutschland, Österreich und Kanada über den polnischen Instantmessenger Gadu-Gadu erstmals in Kontakt mit den Astronauten auf der ISS treten. Damit entstand erstmals eine öffentliche Verbindung über das Internet ins Weltall. Die Aktion war zum 30. Jahrestag des ersten Weltraumflugs eines Polen, des Kosmonauten Mirosław Hermaszewski, initiiert worden.

ARISS

Das ARISS-Projekt (englisch Amateur Radio on the International Space Station für Amateurfunk auf der Internationalen Raumstation) dient zur Realisierung von Kontakten zwischen Amateurfunkstellen auf der Erde, vor allem Schulen und Astronauten auf der ISS über Amateurfunk. Die erste Phase von ARISS fand bereits im ersten Modul der ISS Sarja statt, sodass bereits zwei Jahre nach dessen Start der erste Schulkontakt durch den Astronauten William Shepherd am 21. Dezember 2000 durchgeführt werden konnte. Auf diesem befindet sich auch der APRS-Digipeater. Im Rahmen der ARISS Phase 2 wurden während verschiedener Außenbordeinsätze am Swesda-Modul mehrere Antennen für Kurzwelle, VHF, UHF sowie das L-Band installiert. Für die Amateurfunkstelle im Columbus-Modul wurden im Oktober 2007 an dessen Mikrometeoritenschutzschild Antennen für das S- und L-Band installiert.

08.12 Kosten

Wie viel das Projekt insgesamt kosten wird, ist umstritten. Nachdem die NASA beim Anfangsbetrag von 40 Milliarden US-Dollar diverse Korrekturen nach oben vornehmen musste, gibt sie heute keine neuen Kostenschätzungen mehr heraus. Nach Angaben der ESA werden sich die Gesamtkosten auf etwa 100 Milliarden Euro belaufen. Darin enthalten sind Entwicklung, Aufbau und die ersten zehn Jahre der Nutzung. 8 Milliarden Euro davon entfallen auf die Länder der ESA.



Abb.139

08.13 Beobachtung der Station von der Erde aus

Die ISS erreicht eine scheinbare Helligkeit von bis zu etwa -5 mag, das heißt, sie erscheint bei günstiger Phase, und wenn sie nahe am Zenit vorbeizieht, von der Erde aus etwa 25-mal heller als der hellste Stern namens Sirius mit $-1,44$ mag (zum Vergleich: Die Venus, der hellste Planet, kann bis zu $-4,7$ mag hell werden).

Mit den weiteren Modulen, die in Zukunft noch andockt werden, erhöht sich die reflektierende Fläche der Station, so dass die ISS noch etwas höhere Helligkeitsklassen erreicht.

Die ISS ist jeweils periodisch zu bestimmten Zeiten im Jahr von Mitteleuropa aus am Himmel zu sehen: zunächst während zwei bis drei Wochen nahezu täglich in der Morgendämmerung, dann, nach einigen Tagen (hier abhängig von der Jahreszeit) Pause, zwei bis drei Wochen in der Abenddämmerung. Nach knapp zwei Monaten wiederholt sich diese Abfolge. Die genauen Zeitpunkte für eine optimale Sicht sowie u. a. die jeweilige Himmelsrichtung des Auftauchens sind online abrufbar.

Unter optimalen Sichtbedingungen ist die noch mehrere tausend Kilometer entfernte ISS bereits am Horizont sichtbar. Beim Überflug ist die nur wenige hundert Kilometer entfernte ISS ohne Hilfsmittel als zügig vorbeiziehender sehr heller Punkt auszumachen. Durch die fehlenden Positionslichter kann sie nicht mit einem Flugzeug verwechselt werden. Bei günstiger Dämmerungsphase kann der Überflug bis zu sechs Minuten lang verfolgt werden, bis die ISS in den Erdschatten eintaucht.

Die Beobachtung mit einem Teleskop ist ausgesprochen schwierig. Die Achsklemmungen der Montierung müssen gelöst sein und das Teleskop muss per Hand nachgeführt werden. Zur Beobachtung empfiehlt sich eine geringe Vergrößerung (großes Gesichtsfeld) sowie ein Überflug der ISS im Zenit (geringste Entfernung zum Teleskop).

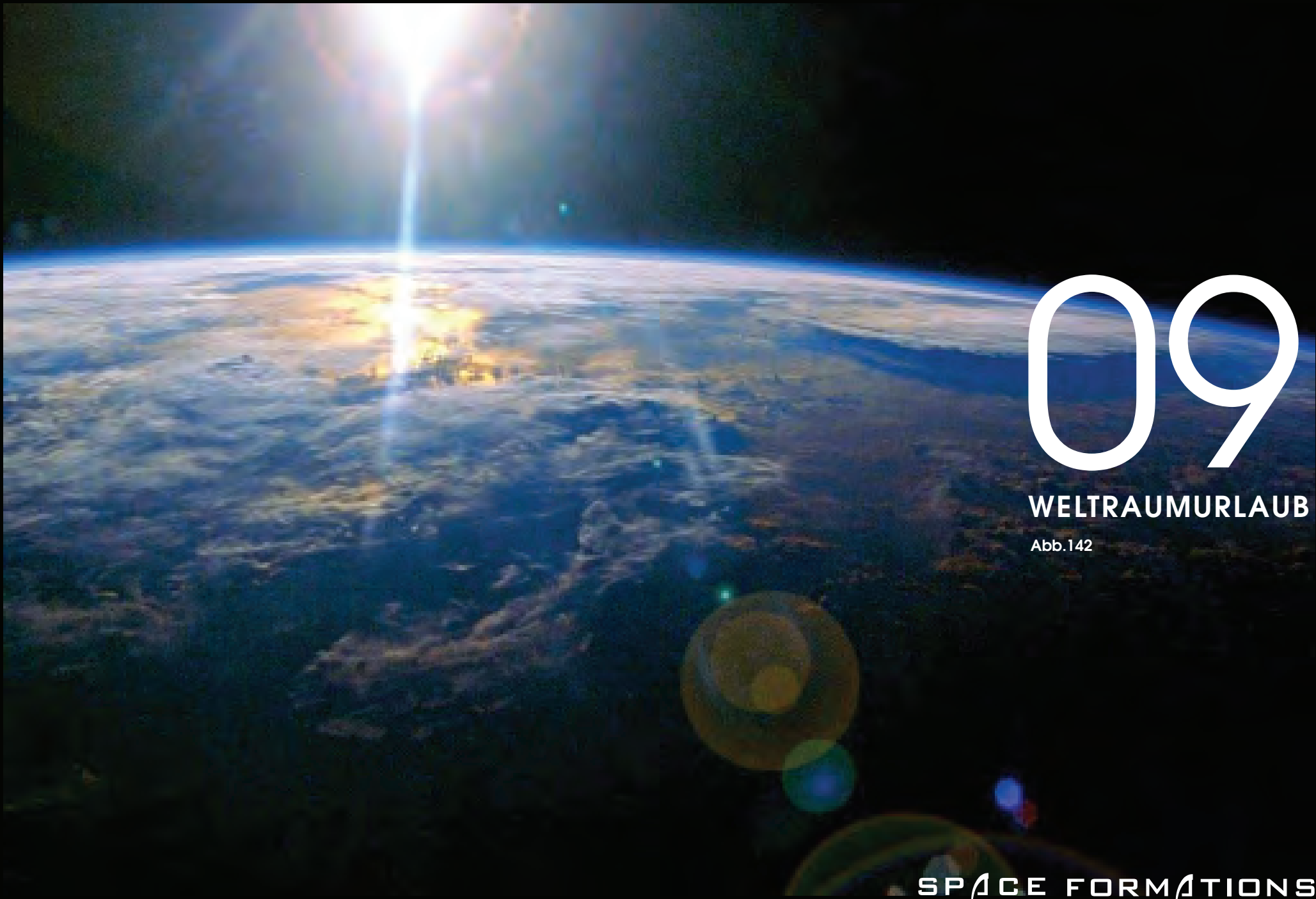
Spektakulär sind vor allem Beobachtungen bei Vorbeifügen oder Querungen in der Nähe des Mondes oder vor der Sonne.



Abb.140:
Langzeitbelichtetes Foto (20 s) der ISS von der Erde aus (scheinbare Helligkeit von $-4,5$ mag)



Abb.141:
Links oben das japanische Frachtschiff HTV-1 kurz vor dem Andocken an die ISS, aus den Niederlanden fotografiert



09

WELTRAUMURLAUB

Abb.142

Abb.143



09.1 Wann kann das Weltraumhotel gebucht werden?

Pläne für Weltraumhotels gibt es seit Jahren. Spätestens seit den ersten touristischen Flügen zur Internationalen Weltraumstation ISS wird der Gedanke auch mit realistischen Plänen verfolgt. Es wurden Überlegungen angestellt an der ISS einen kommerziellen Anbau anzubringen, der einige Übernachtungsgelegenheiten für zahlende Besucher enthält.

Es gibt aber auch Firmen, die ein komplett eigenständiges Weltraumhotel nur für die touristische Nutzung planen. Das dürfte auch wesentlich sinnvoller sein, als Touristen in einem milliardenteuren wissenschaftlichen Institut zu beherbergen, nur weil dieses zufällig im Weltraum unterwegs ist.

09.1.1 Bigelow Aerospace plant aufblasbare Module

Einen ganz eigenen Ansatz verfolgt die Firma Bigelow Aerospace bei den Planungen für ein Weltraumhotel. Dort setzt man auf aufblasbare Module, die die Transportkosten ins Weltall ganz erheblich reduzieren könnten. Mit Genesis I und Genesis II hat Bigelow Aerospace bereits zwei Testmodule ins All geschickt, die seither Tausende von Erdumrundungen hinter sich gebracht haben und Bilder und Daten zur Erde funken, mit denen die Funktionsfähigkeit aller technischen Einrichtungen überprüft wird. Genesis II hat 22 Kameras an Bord, mit denen alle Teile des Satelliten, mit ca. drei Meter Durchmesser, beobachtet werden. Die bisherigen Ergebnisse lassen aufhorchen. Alle konstruktiven Elemente haben den Weltraumgegebenheiten standgehalten, die Energieversorgung über Solarzellen funktioniert einwandfrei. Sogar die NASA interessiert sich mittlerweile für die Weltraumstation in Leichtbauweise.

09.1.2 Realisierung 2015 - ist das realistisch?

Trotz der vielversprechenden Erfolge von Bigelow und anderen bei der Erforschung alternativer, kommerzieller Möglichkeiten, ein Weltraumhotel zu bauen, dürfte es etwas zu optimistisch sein, mit einer Realisierung 2015 zu rechnen. Alle Erfahrung zeigt, dass die Entwicklung wirklich weltraumtauglicher Einrichtungen doch wesentlich mehr Zeit in Anspruch nimmt, als vorher angenommen wird. Da die Sicherheit der Touristen und der begleitenden Astronauten oberstes Gebot sein muss, werden noch viele Testdurchgänge notwendig sein, um für derartige Raumflüge auch eine Genehmigung zu bekommen.

Dann erst kann ein kommerzieller Satellit für Weltraumtouristen gebaut werden.



Abb. 144



Abb. 145



Abb. 146



Abb.147: Astronauten in Schwerelosigkeit bei Parabelflügen

09.2 Schwerelosigkeit bei Parabelflügen erleben

Parabelflüge dienen früher ausschließlich für wissenschaftlichen Zwecken. Durchgeführt werden solche Flüge, um Astronauten auf Weltraumeinsätze vorzubereiten oder um Experimente unter Bedingungen der Schwerelosigkeit durchzuführen. Erzeugt wird der Zustand der Schwerelosigkeit im Inneren eines Flugzeuges dadurch, dass für einen kurzen Zeitraum von etwa 25 Sekunden die Triebwerke ausgeschaltet werden und sich das Flugzeug während dieser Zeitspanne daher im freien Fall befindet. Das Abschalten der Triebwerke erfolgt während des Steigflugs.

Genau wie beispielsweise ein geworfener Ball fliegt das Flugzeug dann mit abgeschalteten Triebwerken auf einer parabelförmigen Bahn, der die Parabelflüge ihre Bezeichnung verdanken. Wenn in diesem Zusammenhang bisweilen von "simulierter" oder "scheinbarer" Schwerelosigkeit die Rede ist, so ist das schlicht falsch. Die Schwerelosigkeit auf einem Parabelflug ist echt und unterscheidet sich physikalisch nicht von der Schwerelosigkeit in einem Raumschiff, das die Erde umkreist. Während eines Parabelflugs werden mehrere Parabeln geflogen, die gesamte Dauer der Schwerelosigkeit beträgt also einige Minuten, abhängig von der genauen Anzahl der geflogenen Parabeln.

09.2.1 Das spezielle Reiseerlebnis im umgebauten Airbus A300

Mittlerweile können Parabelflüge von Jedermann als spezielles Reiseerlebnis gebucht werden. Besondere Anforderungen an die körperliche Fitness werden dabei nicht gestellt, lediglich Personen mit starkem Bluthochdruck sollten aus Sicherheitsgründen auf dieses Erlebnis verzichten. Gleiches gilt selbstverständlich bei akuten Erkrankungen mit einer erheblichen Beeinträchtigung der Bewegungsfähigkeit. Ein europäischer Anbieter von Parabelflügen ist das französische Unternehmen Novespace, das für diese Flüge einen speziell umgebauten Airbus A300 einsetzt. Das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) nutzt das gleiche Airbus Modell für seine wissenschaftlichen Parabelflüge.

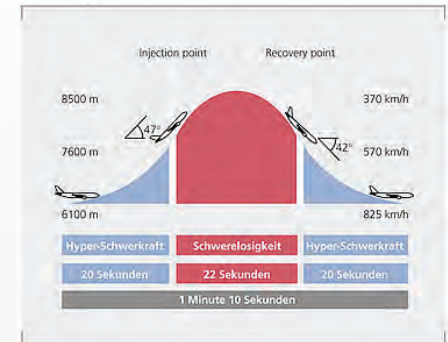


Abb.148: Ablauf eines Parabelflugs



Abb.149: Airbus A300 ZERO-G

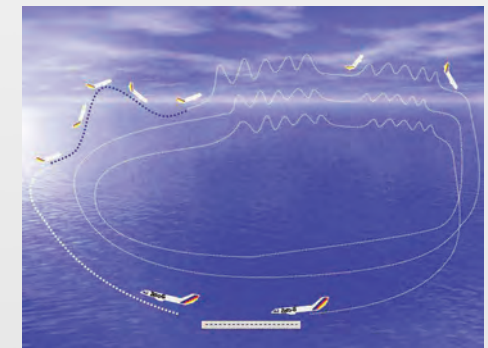


Abb.150: 31 Parabeln mit dem ständigen Wechsel der Beschleunigungen zwischen 0 bis fast 2g



Abb.151: Der Hobby-Astronaut und Künstler Michael Najjar beim Parabelflug in Russland, auf dem er Schwerelosigkeit erlebt hat.



Abb.152: Beim Flug im Kampfjet wird Michael Najjar mit siebenfacher Erdanziehungskraft in den Sitz gepresst.



Abb.153: Scaled Composites' SpaceShip Two, aka the Virgin Spaceship (VSS)

09.3 Flug ins All: Unternehmen, die das ermöglichen

Wer einen Flug ins All unternehmen möchte, der wird durch einen Blick auf seinen Kontostand erst einmal ermitteln müssen, welche Art von Raumflug er sich leisten kann. Die unterste Stufe eines Fluges, mit dem man schon ein gewisses Weltraumfeeling erreichen kann, ist ein Parabel- oder Zero Gravity Flug. Dabei fliegt ein speziell ausgestattetes Flugzeug eine parabolische Flugbahn, an deren Spitze man für kurze Zeit schwerelos im Flugzeug schweben kann. Solche Flüge sind schon in der Größenordnung ab 5000 Euro zu haben. Mehrere Anbieter arbeiten derzeit daran sogenannte suborbitale kommerzielle Weltraumflüge anbieten zu können. Einen suborbitalen Flug ins All unternehmen Sie dann, wenn Sie eine Höhe von 100 Kilometern überschritten haben. Suborbital heißt der Flug, weil diese Höhe nicht ausreicht, eine Erdumlaufbahn zu erreichen.

09.3.1 Das Unternehmen Space Adventures

Touristen, die echte Weltraumflüge, inklusive eines Besuchs der Internationalen Weltraumstation ISS, erleben durften, wurden alle von der amerikanischen Firma Space Adventures ins All geschickt. In Zusammenarbeit mit russischen Partnern schickte Space Adventures 2001 Dennis Tito als ersten Touristen ins All. Er bezahlte dafür 20 Millionen Dollar. Auch eine Frau hat dieses Erlebnis inzwischen verwirklicht: Anouseh Ansari besuchte 2006 die ISS und bezahlte dafür 16 Millionen Euro. Space Adventures plant, seinen Kunden, die einen Flug ins All unternehmen möchten, sogar eine Mondumrundung zu ermöglichen.

09.3.2 Das Unternehmen Virgin Galactic und sein Space Ship Two

Der Milliardär und Abenteurer Richard Branson hat das Unternehmen Virgin Galactic gegründet, um ein Raumfahrzeug für suborbitale Flüge zu entwickeln. Der Raumgleiter wird von einem Trägerflugzeug bis in ca. 14.000 Meter Höhe getragen, dort ausgeklinkt und fliegt mit Raketenantrieb bis in eine Höhe von über 100 Kilometern. Mit dem Vorgängermodell Space Ship One war es 2004 gelungen zwei solche Flüge durchzuführen. Space Ship Two hat 2010 seinen ersten Testflug absolviert und steht ab 2012 für Touristen zur Verfügung, die einen Flug ins All unternehmen wollen.



Abb.154



Abb.155

SPACE
FORMATIONS

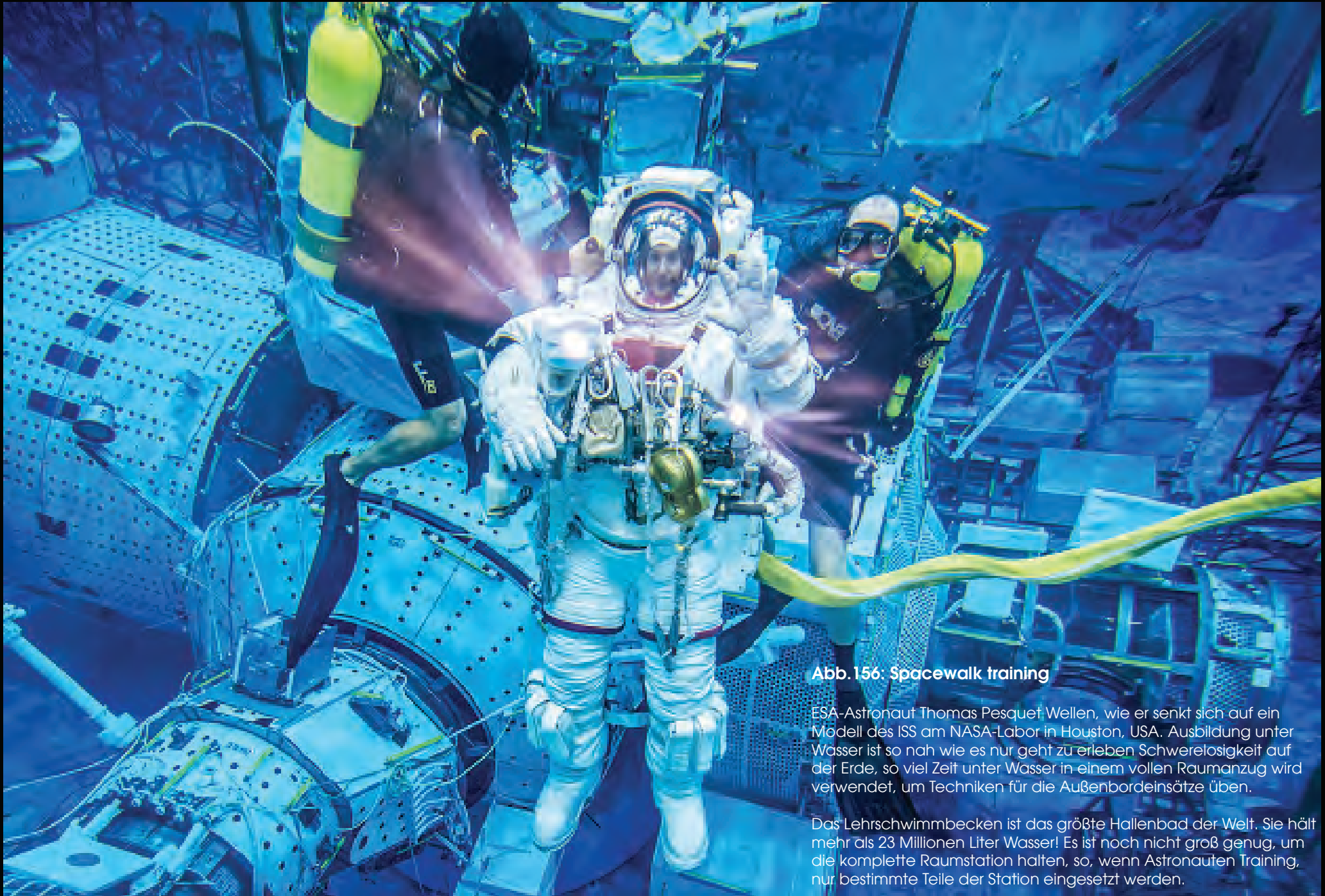


Abb. 156: Spacewalk training

ESA-Astronaut Thomas Pesquet Wellen, wie er senkt sich auf ein Modell des ISS am NASA-Labor in Houston, USA. Ausbildung unter Wasser ist so nah wie es nur geht zu erleben Schwerelosigkeit auf der Erde, so viel Zeit unter Wasser in einem vollen Raumanzug wird verwendet, um Techniken für die Außenbordeinsätze üben.

Das Lehrschwimmbekken ist das größte Hallenbad der Welt. Sie hält mehr als 23 Millionen Liter Wasser! Es ist noch nicht groß genug, um die komplette Raumstation halten, so, wenn Astronauten Training, nur bestimmte Teile der Station eingesetzt werden.

09.4 Gibt es einen Markt für Flüge ins All?

Der Flug ins All war bis vor wenigen Jahren ein Privileg, das nur wenigen Menschen vorbehalten war. Neben einer speziellen Ausbildung und besonderen körperlichen Voraussetzungen waren auch besondere staatsbürgerliche Eigenschaften gefragt, wollte man als Astronaut den heimischen Planeten verlassen. Seit dem die Eroberung des Weltalls nicht mehr nur an die militärischen und wissenschaftlichen sowie politischen Interessen der Raumfahrernationen gekoppelt ist, haben sich zunehmend auch touristische Unternehmungen dem Flug ins All gewidmet.

09.4.1 Reisen ins All für Jedermann

Die ersten Gastflüge für Touristen ins All waren nicht nur äußerst spektakulär, sondern vor allem unerschwinglich teuer. So waren es zunächst gut betuchte Weltraumfanatiker, die ohne wissenschaftlichen oder militärischen Aspekt die Reise in den Weltraum begleiten konnten. Nachdem sowohl die Fluggeräte als auch deren Ausstattung zunehmend an den Touristenflug angepasst wurden, ist es heute für viele Menschen möglich, den Flug ins All zu wagen. Die notwendigen Finanzen vorausgesetzt. Mittlerweile sind es etwa 15.000 Touristen, die jährlich für einen Flug ins All erwartet werden. Eine steigende Tendenz ergibt sich aus den sinkenden Preisen für solche Kurztrips in den Weltraum und aus dem Interesse der Betreiber, möglichst viele Menschen in den reizvollen Genuss einer solchen Reise zu bringen.



Abb.157

09.4.2 Wichtig sind die gesundheitlichen Voraussetzungen

Trotz der besseren Ausstattung der Fluggeräte für solche Touristenreisen ins All und des zunehmenden Komforts müssen die Weltraumreisenden über bestimmte gesundheitliche Voraussetzungen verfügen. So ist besonders die Beschwerdefreiheit des Herz-Kreislaufsystems eine der wichtigsten Voraussetzungen. Die körperlichen Belastungen eines Kurzfluges ins Weltraum sind bis heute nicht zu unterschätzen. Auch auf die psychische Gesundheit der Interessenten wird geachtet. Leute, die ohnehin schon Flug- oder Höhenangst haben oder sich nur unter Schwierigkeiten in engen Räumen aufhalten können, sind für einen Flug ins All sicherlich nicht die bevorzugte Klientel. Eine allgemein gute körperliche Verfassung und eine zumindest normale körperliche und psychische Belastbarkeit sind Grundvoraussetzungen für eine kurze Reise ins All.



Space Training for the Small Fry

• Rocks, spins and rolls galore are here for the two-to-niners in the *Space-Trainer*. Riding this home gym is fun, exciting and safe. Play indoors or out, on or off the stand. \$29.95 delivered prepaid in 48 states; slightly higher elsewhere. Made by Gene O'Fallon & Sons, Dept. HMG, 636 Grant St., Denver 3, Colo.

Abb.158

SPACE
FORMATIONS

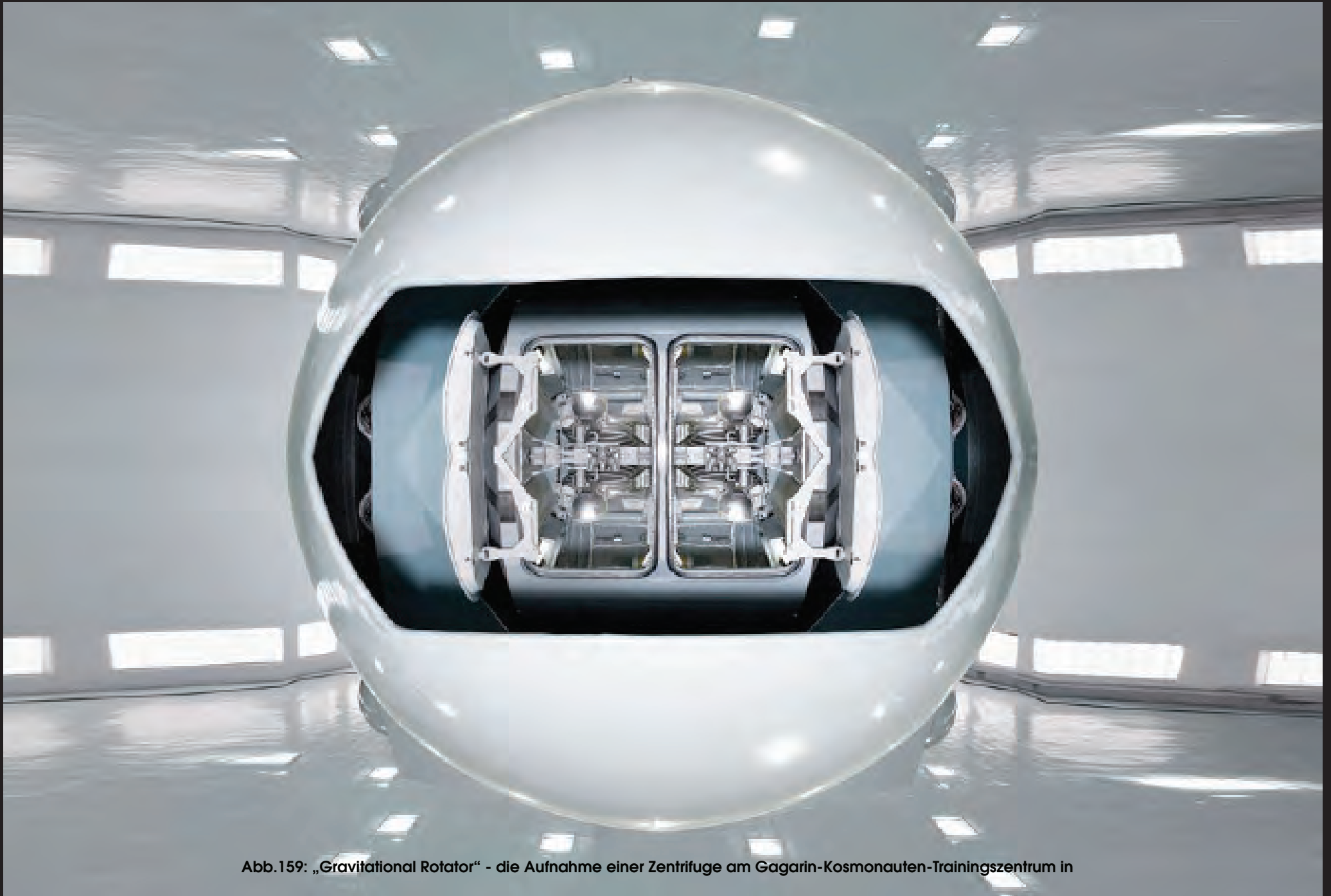


Abb.159: „Gravitational Rotator“ - die Aufnahme einer Zentrifuge am Gagarin-Kosmonauten-Trainingszentrum in



Abb.160: Sieht aus wie ein Raumschiff - ist aber eine Kurzarm-Zentrifuge, die man bis zu 45-mal pro Minute um die eigene Achse dreht. Das soll die Belastungen des Weltraumtourismus auf den menschlichen Körper erforschen.



Abb.161

09.5 Was kostet ein Flug ins All?

Wer sich den Traum vom Weltraumflug erfüllen will, der fragt sich natürlich, welche Kosten auf ihn zukommen. Die ersten Weltraumtouristen, die die Internationale Weltraumstation ISS besucht haben, bezahlten dafür um die 16 Millionen Euro. Solche Summen können sich natürlich nur die wenigsten Menschen leisten. Es gibt aber durchaus Möglichkeiten, für weniger Geld zumindest in den Genuss eines Weltraumtrainings zu kommen oder das Gefühl der Schwerelosigkeit zu testen. Mit einem Parabelflug in einem dafür geeigneten Flugzeug lässt sich für kurze Zeit die Schwerelosigkeit erleben und solche Flüge gibt es schon ab ca. 5 000 Euro.

09.5.1 Voraussichtliche Kosten für einen Mondflug

Was der derzeit teuerste geplante, kommerzielle Flug ins All kosten wird, beziffert die Firma Space Adventures auf 100 Millionen Dollar. Zusammen mit russischen Partnern planen die Pioniere des Weltraumtourismus einen Flug anzubieten, bei dem ein Profikosmonaut mit zwei zahlenden Gästen zum Mond fliegt, diesen umrundet und wieder zur Erde zurückkehrt. Wer das Erlebnis Raumflug hier auf der Erde einmal testen will für den bieten sich verschiedene Möglichkeiten. Für 90 000 Dollar kann man ein siebentätiges Training absolvieren, wie es auch Profiastronauten durchlaufen. Dieses Angebot umfasst einen professionellen Gesundheitscheck für Astronauten, Training im Sojussimulator, Training der Schwerelosigkeit im Wassertank, und viele weitere Stationen aus dem Trainingsprogramm der Profis. Verschiedene einzelne Trainingselemente aus diesem Programm sind für Preise ab 5 000 Dollar auch einzeln zu buchen.

09.5.2 Kommerzielle Flüge ins All im suborbitalen Bereich

Verschiedene Anbieter arbeiten an Angeboten für Raumflüge im suborbitalen Bereich. Suborbital bedeutet, dass man zwar in den Weltraum in über 100 Kilometer Höhe vordringt, aber nicht so hoch fliegt, dass eine Erdumlaufbahn erreicht werden kann. Was ein solcher Flug ins All kosten wird, beantwortet die Firma Virgin Galactic mit 200.000 Dollar. Mit einer Anzahlung von 20.000 Dollar kann man sich bereits jetzt in eine Warteliste eintragen lassen.



Abb.162



Abb.163



10

ASTRONAUTEN
ZENTREN



Abb.165

10.1 Europäische Astronautenzentrum (EAC)

Das Europäische Astronautenzentrum (EAC) mit insgesamt mehr als 100 Mitarbeitern wurde 1990 gegründet und befindet sich am östlichen Stadtrand von Köln. Zum Personal gehören auch Experten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), der Französischen Raumfahrtorganisation (CNES) und der Industrie.

Das EAC wird seit Mitte 2012 vom ESA-Astronauten Frank De Winne geleitet und spiegelt Europas Positionierung in der bemannten Raumfahrt wider. Durch kontinuierliche Fortschritte in den vergangenen Jahrzehnten hat sich das EAC mittlerweile als Exzellenzzentrum etabliert.

Dort findet auch die Auswahl und das vorbereitende Training von Raumfahrern statt. Darüber hinaus hat es sich als medizinisches und physiologisches Fachzentrum für Weltraummissionen einen Namen gemacht. Während der Flugvorbereitung und der eigentlichen Mission leistet das EAC Unterstützung für die Astronauten und ihre Familien.

10.1.1 Trainingsprogrammen für bemannte Flüge zur Internationalen Raumstation ISS

Die Aktivitäten am EAC umfassen, neben der Auswahl von neuen ESA-Astronauten, auch ihre Missionsberufung sowie die Planung, Vorbereitung und Durchführung von Trainingsprogrammen für bemannte Flüge zur Internationalen Raumstation ISS.

Im EAC trainieren die Astronauten und das mit der Flugüberwachung beauftragte Bodenpersonal den Betrieb sämtlicher europäischer Komponenten der ISS. Darunter gehören beispielsweise das Columbus-Raumlabor und die Steuerungssysteme des Automatischen Transferfahrzeuges ATV.

Das gewissenhafte Training aller Beteiligten war mit dem erfolgreichen Andocken des ersten ATV namens Jules Verne im April 2008 belohnt worden. Die nachfolgenden drei ATV-Missionen Johannes Kepler, Edoardo Amaldi und Albert Einstein sind ebenfalls dank des Trainings im EAC erfolgreich verlaufen. Die ISS-Mannschaft übte vor ihrem Flug zur Internationalen Raumstation mit den Experten vor Ort am EAC in Köln ausführlich das anspruchsvolle Kopplungsmanöver.

Zusätzlich bündelt das EAC die gesamte Öffentlichkeitsarbeit für den Bereich der Bemannten Raumfahrt. Dazu organisiert es Bildungsprogramme und kooperiert mit der Industrie in der Durchführung von Experimenten in der Schwerelosigkeit.

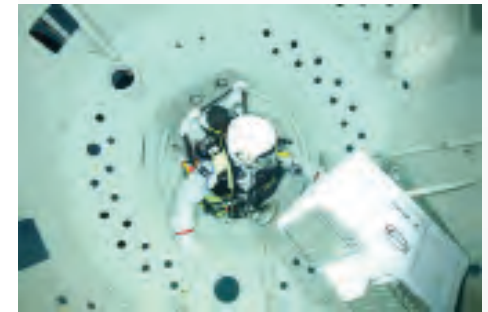


Abb.166:
Alexander Gerst taucht in das Innere
des Modul-Mockups



Abb.167: „Space Programm“ im Europäischen Astronautenzentrum, Köln

10.1.2 Geschichte

Nach seiner Gründung im Jahr 1990, waren zunächst drei ESA-Astronauten am EAC stationiert, die bereits im Jahre 1978 für die 1983 geplante erste Spacelab-Mission mit dem US Space Shuttle ausgewählt worden waren. An der ersten Skylab-Mission nahm der deutsche Astronaut Ulf Merbold teil. Wubbo Ockels aus den Niederlanden flog mit der Spacelab D1-Mission im Jahr 1985. Der Schweizer Claude Nicollier absolvierte seine erste Mission auf dem Space Shuttle STS-46 im Jahr 1992. Claude Nicollier nahm mit STS-61 im Jahre 1993, STS-75 (1996) und STS-103 (1999) an drei weiteren Weltraummissionen teil. Nicollier war auch der erste Europäer, der während einer Shuttlemission einen Weltraumspaziergang durchführte.

Im Jahre 1998 entschieden sich die ESA-Mitgliedsländer dazu, ihre nationalen Astronauten in einem gemeinsamen Astronautenkörper zusammenzuführen. Vier Jahre später, als dieser Prozess abgeschlossen war, bestand die Gruppe aus 16 ESA-Astronauten. Die Aufstellung eines gemeinschaftlichen Astronautenkörpers sollte die kollektive Identität Europas verkörpern. Heute ist das EAC die Heimatbasis für 12 ESA-Astronauten.

10.1.3 Fortschritte in der europäischen Weltraumpräsenz

Seit den Anfangsjahren des EAC ist die Anzahl der Raumflüge europäischer Astronauten, die vom EAC aus unterstützt wurden, kontinuierlich gewachsen. Trotz der eingeschränkten Flugkapazitäten zur ISS zwischen 2003 bis 2005 als Folge der Columbia-Katastrophe, war es der ESA weiterhin möglich, Astronauten mit Sojus-Raum- schiffen zur Internationalen Raumstation zu fliegen.

Auf diese Weise ist es gelungen den Fortschritt in der Weltraumforschung mittels einer europäischen Weltraum- präsenz sicherzustellen. Dies geschah in Zusammenarbeit mit anderen europäischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Ein Jahr nach der Wiederaufnahme des Flugbetriebes durch die Space Shuttle-Flotte im Jahr 2005, hat Europas Engagement in der bemannten Raumfahrt mit zwei Raumflügen einen historischen Moment erlebt:

Der deutsche Astronaut Thomas Reiter war der erste Europäer, der an einer Langzeitmission zur ISS teilnahm. Er verbrachte im Rahmen der ISS-Expeditionen 13 und 14 als Flugingenieur nahezu sechs Monate in der Erd- umlaufbahn, um den Betrieb der Raumstation sicherzustellen und wissenschaftliche Forschungsexperimente durchzuführen.

Christer Fuglesang aus Schweden flog im Dezember 2006 mit einem Space Shuttle zur ISS um wichtige Au- ßenbordarbeiten durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt befand sich Reiter noch immer auf der ISS. Sie kehrten gemeinsam mit STS-116 zur Erde zurück. Das war das erste Mal, in der bis dahin achtjährigen Geschichte der ISS, dass sich zwei Europäer zur gleichen Zeit an Bord der Internationalen Raumstation aufgehalten hatten.



Abb.168: Das Europäische Astronauten- zentrum in Köln



Abb.169: Frank de Winne und André Kuipers trainieren im EAC

Abb.170: Europäische Astronautenzentrum, Köln



10.1.4 Gegenwärtige Aktivitäten

Mit dem Jahr 2007 begann für Europa die bisher intensivste Periode in der bemannten Raumfahrt. Der Italiener Paolo Nespoli brachte mit seinem Raumflug auf dem Space Shuttle STS-120 im September 2007 das in Europa gebaute Verbindungsmodul Node 2 zur Internationalen Raumstation. Die Montage von Node 2 war die Voraussetzung dafür, dass später mit dem Columbus-Raumlabor eine der wichtigsten ESA-Komponenten an die ISS angebaut werden konnte.

Bei der STS-122-Mission, unter anderem mit Beteiligung des Deutschen Hans Schlegel und des Franzosen Léopold Eyharts, ist im Februar 2008 das Columbus-Modul in der Space Shuttle-Nutzlastbuchse transportiert worden.

Schlegel nahm an einem Teil der mit dem Flug verbundenen Außenbordarbeiten teil. Seine Arbeit war entscheidend für die Montage des Columbus-Labors an den Verbindungsknoten Node 2. Eyharts war der erste Europäer, der nach dem Anbau von Columbus eine Langzeitmission auf der ISS flog. Während seines Aufenthaltes an Bord aktivierte er das Columbus-Modul und führte darin die ersten wissenschaftlichen Experimente in der Schwerelosigkeit für das europäische Forschungsprogramm durch.

10.1.5 Die neue ESA-Astronautenklasse

Im Laufe der Zeit wurde durch die intensive Arbeit des Europäischen Astronautenzentrum auf dem Gebiet der bemannten Raumfahrt eine einzigartige fachliche, technische, operationelle und wissenschaftliche Expertise aufgebaut, wie sie sonst nirgendwo in Europa zu finden ist. Um dies für die Zukunft Europas zu erhalten, hat das EAC im Mai 2009 nach einem einjährigen Auswahlprozess sechs neue Astronauten ausgewählt. Die neuen ESA-Astronautenklasse hatte ihre Grundausbildung am 1. September 2009 am EAC begonnen. Am 22. November 2010 erhielten die neuen Astronauten ihr Diplom, das sie zur Teilnahme an künftigen ESA-Weltraummissionen befähigt.

Seit dem Start von Columbus ist die ESA dazu in der Lage, jedes Jahr einen Astronauten auf die ISS zu entsenden. Es ist geplant, diesen Rhythmus bis zum Jahr 2015 und darüber hinaus beizubehalten.

Auch in Zukunft werden das Leben und die Arbeit auf der ISS ein erfolversprechender Weg sein, um Europa auf die künftige Exploration des Mondes und des Mars in enger Zusammenarbeit mit unseren internationalen Partnern vorzubereiten.



Abb.171:
Im EAC befindet sich ein Schwimmbecken, das 17 m x 22 m groß ist und eine Tiefe von 10 m hat. Dort werden unter schwerelosigkeitsähnlichen Bedingungen Außeneinsätze im All geübt. Hierfür werden Modelle großer Raumstationsmodule in das Becken gelassen.



Abb.172:
Internationale Astronautenkandidaten im EAC



Abb.173



Abb.174

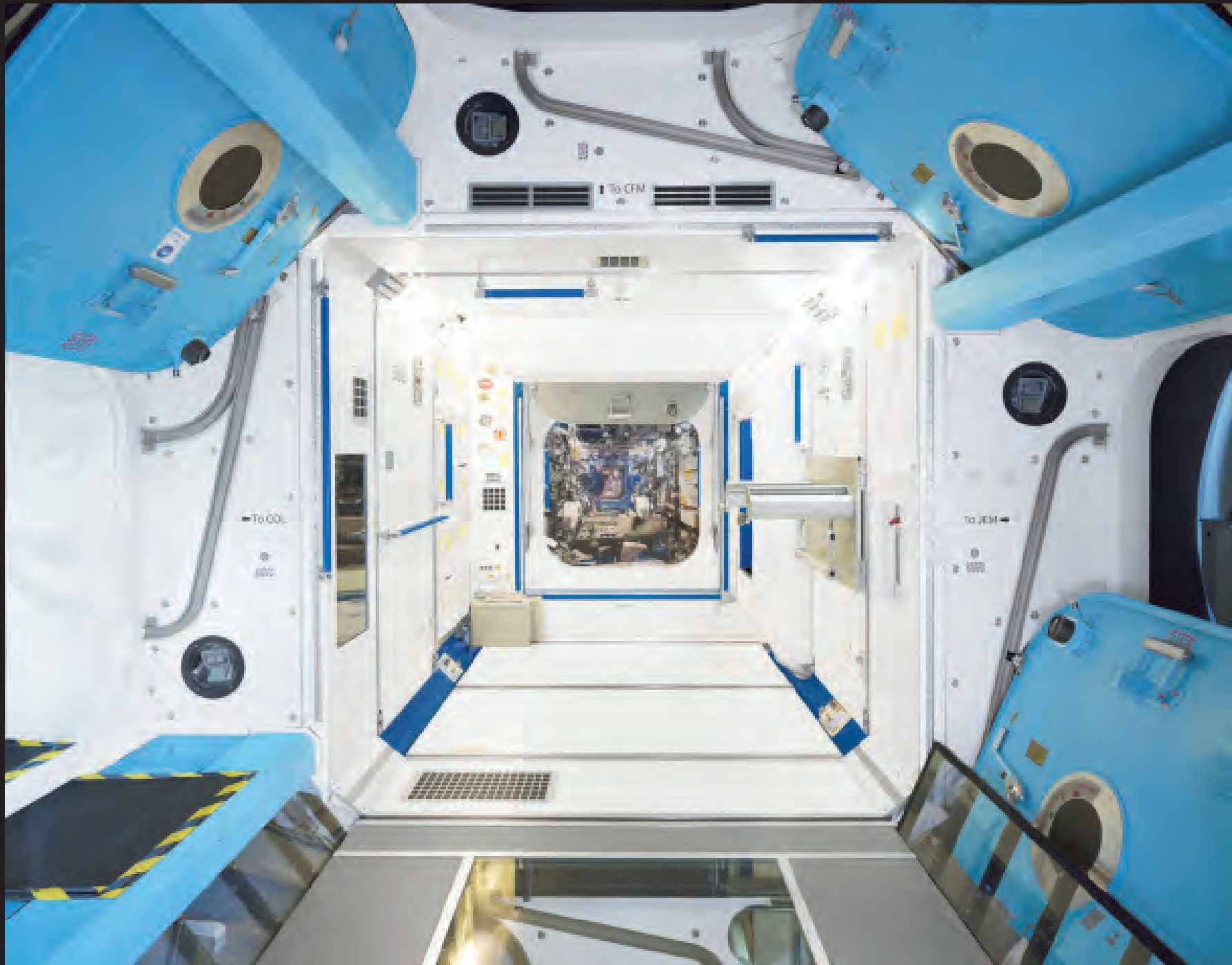


Abb.175
184

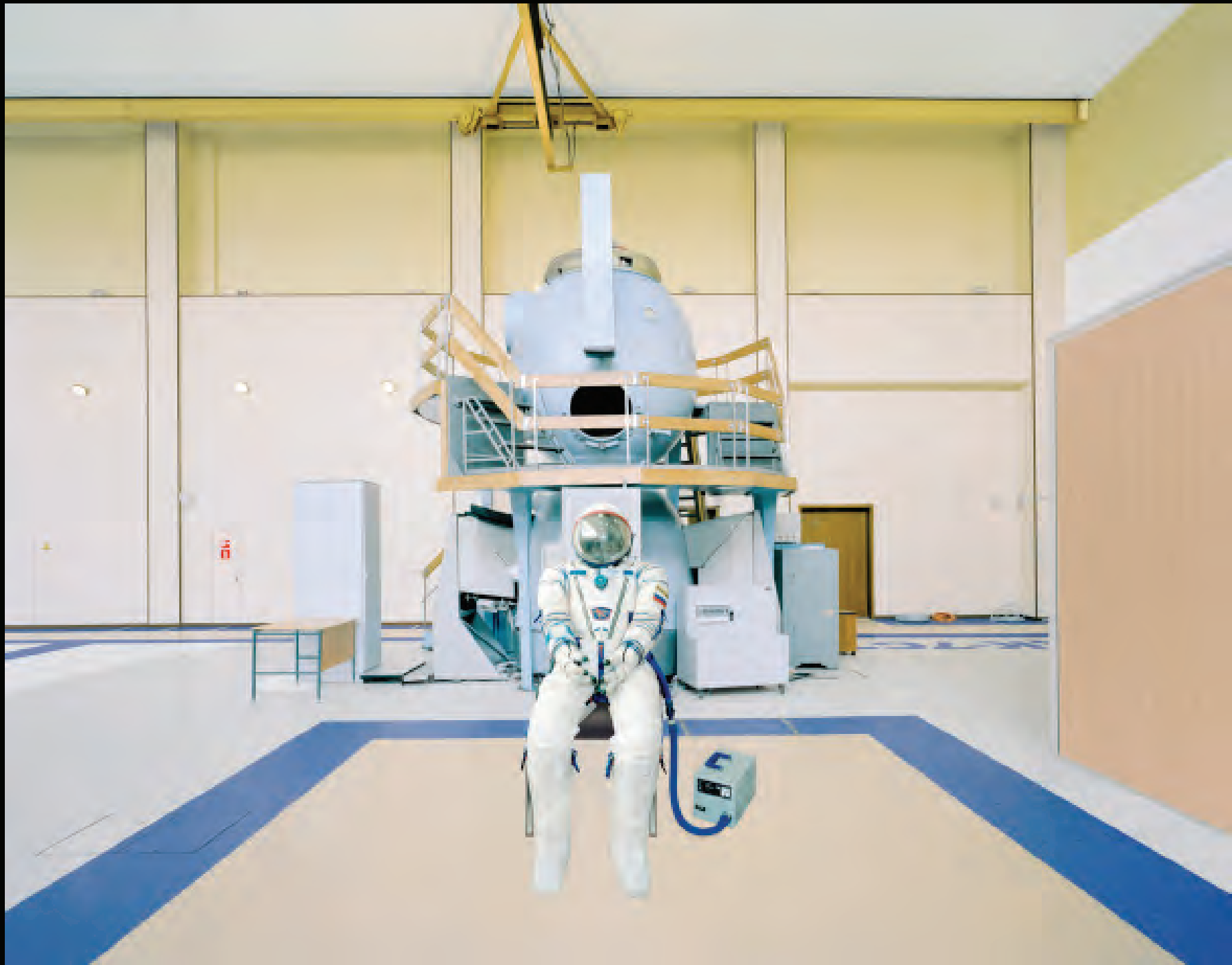


Abb.176



Abb.177: Luftaufnahme des Johnson Space Centers

10.2 Lyndon B. Johnson Space Center

Das Lyndon B. Johnson Space Center (JSC) koordiniert seit 1961 das bemannte Raumfahrtprogramm der USA. Es befindet sich in Houston (Texas) und ist eine Einrichtung der NASA.

Das JSC beherbergt das Mission Control Center (MCC) – der Funk-Rufname ist „Houston“, der Sitz des JSC –, von dem seit Gemini 4 im Juni 1965 alle bemannten Raumflüge geleitet werden. Zuvor lag die Führung beim Langley Research Center in Virginia, wo seit November 1958 die sogenannte Space Task Group untergebracht war. Diese war mit der Durchführung des Mercury-Programms beauftragt worden.

Heute werden vom MCC aus die Flüge zur Internationalen Raumstation überwacht. Außerdem befindet sich am JSC das Ausbildungszentrum der US-Astronauten. Insgesamt werden auf dem 655 Hektar großen Areal mehr als 14.000 Mitarbeiter beschäftigt.

10.2.1 Geschichte

Als US-Präsident John F. Kennedy im Mai 1961 das nationale Ziel ausgab, innerhalb eines Jahrzehnts einen Menschen zum Mond zu schicken und wieder sicher zurück zur Erde zu bringen, suchte die NASA nach einem Standort für ein neues Zentrum. Es sollte das Apollo-Programm der Raumfahrtbehörde bündeln und koordinieren.

Im August 1961 beauftragte NASA-Chef James E. Webb eine vierköpfige Gruppe unter der Leitung von John F. Parsons mit der Auswahl des passenden Geländes für die Space Task Group. 23 Standorte wurden bestimmt und jeder während einer zweiwöchigen Inspektionsreise besucht. Danach waren noch neun Gebiete im Rennen.

Das Parsons-Team favorisierte die MacDill Air Force Base in Tampa (Florida). Houston und ein Materialdepot in Benicia (Kalifornien) belegten die nächsten Plätze. Als die US-Luftwaffe ihre MacDill-Basis doch nicht, wie zunächst beabsichtigt, schließen wollte, fiel die Wahl für das neue NASA-Zentrum auf Houston und wurde von Direktor Webb am 19. September 1961 bekanntgegeben. Nur drei Tage später reisten die ersten Vertreter der US-Raumfahrtbehörde nach Texas.

Als Gründungsdatum des Manned Spacecraft Center (MSC), wie das JSC ursprünglich genannt wurde, gilt der 24. Oktober 1961. An dem Tag bezog eine kleine NASA-Delegation einige Räume – zwei leerstehende Kleidungsäden – im Gulfgate Shopping Center im Osten der Stadt. Houston war über die Entscheidung der NASA, ihr neues Zentrum in der texanischen Metropole anzusiedeln, so begeistert, dass örtliche Firmen in kürzester Zeit und unentgeltlich die Räume in Büros umwandelten. Einige Stewardessen von Continental Airlines wurden sogar als Empfangsdamen ausgeliehen.



Abb.178



Abb.179: Texas



Abb.180: Blick in den Shuttle-Kontrollraum

ASTRONAUTENZENTREN

Das MSC wurde auf einem ungenutzten Gelände errichtet, das die Rice University der NASA schenkte. Bis dahin hatten Rinderherden auf den 400 Hektar gegrast. Das Land befindet sich im Südosten von Houston, im Bezirk Clear Lake, dem ehemaligen Vorort Clear Lake City, der 1977 eingemeindet wurde. Außerdem erwarb die NASA ein 240-Hektar-Gelände, um eine direkte Anbindung an die Autobahn zu haben. Zusammen mit einem brachliegenden Ölbohr-Grundstück verfügte die Raumfahrtbehörde über 655 Hektar Land.

Um so schnell wie möglich Bedienstete nach Houston umzusiedeln und mit der Arbeit zu beginnen, während auf dem neuen Areal das MSC errichtet wurde, mietete man ein halbes Dutzend Büroräume und Gebäude von Firmen. So funktionierte man die Studios der University of Houston, in denen das interne Fernsehprogramm produziert wurde, zur Computerzentrale um und der Maschinenpark kam bei einer Getränkefirma unter. Die meisten Mitarbeiter wurden in den Baracken des alten Air-Force-Flugplatzes Ellington Field einquartiert. Um sich zurechtfinden zu können, benutzten sie Lagepläne, auf denen die verschiedenen provisorischen Standorte eingetragen waren.

Das MSC nahm am 1. März 1962 seinen Betrieb (in den gemieteten Gebäuden) auf, als der Direktor der neuen NASA-Einrichtung, Robert R. Gilruth, seine Büros bezog. Nach einem knappen Jahr, die das Konstruktionsbüro für die Entwürfe benötigte, wurden im Dezember 1962 die Aufträge zum Bau der ersten elf Gebäude vergeben. Insgesamt standen der NASA 60 Millionen US-Dollar im ersten Jahr für das MSC zur Verfügung. Nach einem Jahr waren die neuen Gebäude fertiggestellt und 2.100 NASA-Mitarbeiter bezogen ihre Räume.

Alleine der Bau des MCC hatte umgerechnet 2,7 Milliarden Euro gekostet.

Am 17. Februar 1973 erhielt das MSC zu Ehren des ehemaligen US-Präsidenten Lyndon B. Johnson seinen heutigen Namen.



Abb.181



Abb.182



Abb.183





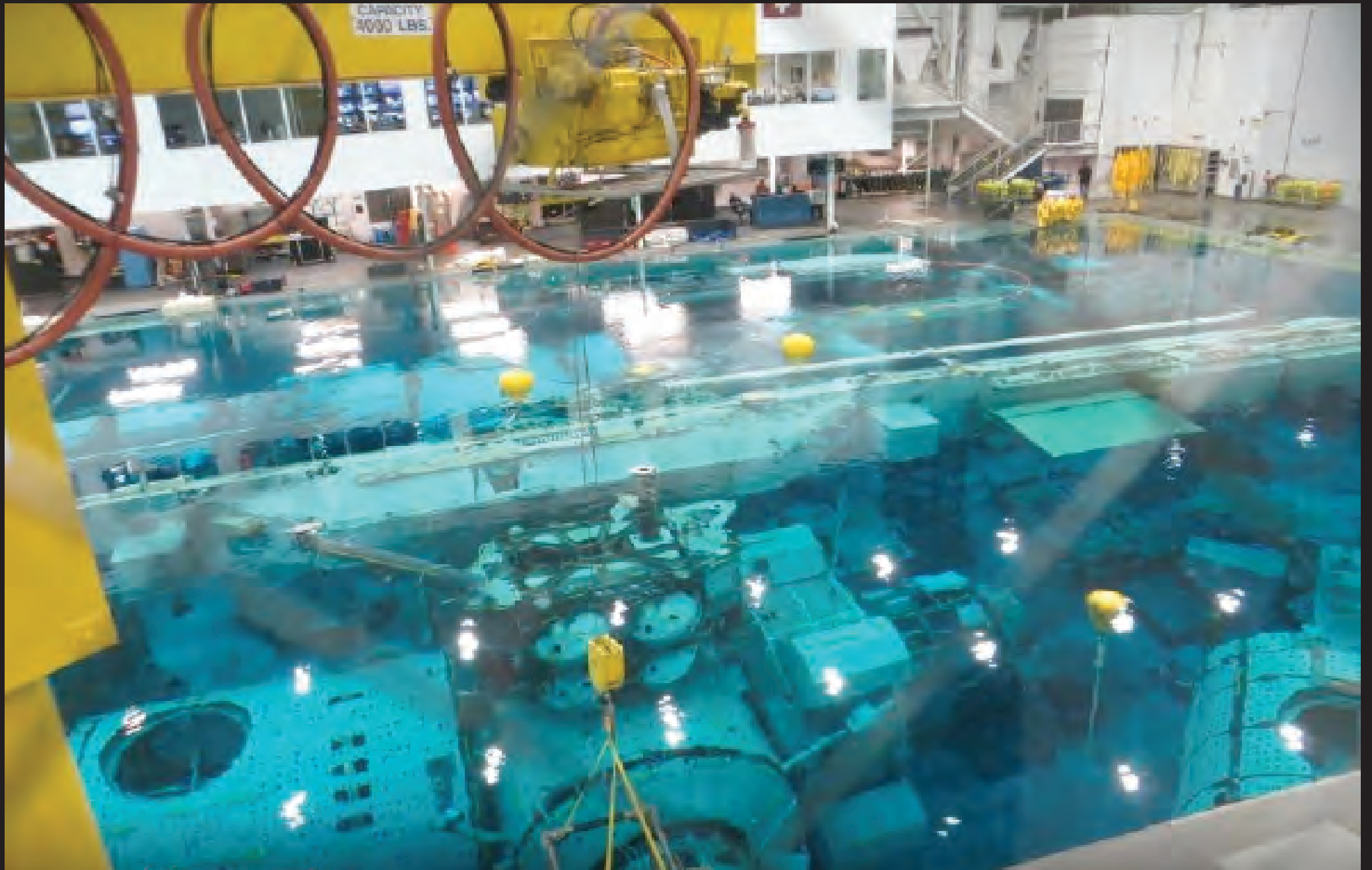


Abb.186









Abb. 190: This picture shows the main simulator hall at Star City. In the foreground is the old docking simulator, in the distance is the new sim for the next-generation Soyuz that will be operational soon. In between lie the relics of several generations of Soyuz development since the early 1960's.

10.3 Swjodny Gorodok (Sternenstädtchen)

Swjodny Gorodok (Sternenstädtchen), in manchen Publikationen auch Sternenstadt, englisch Star City; offizieller Name bis 2009, Sakryty wojenny gorodok ist eine geschlossene Siedlung städtischen Typs in der Nähe der Stadt Schtscholkowo nordöstlich von Moskau in Russland. Der Ort hat 6332 Einwohner (Stand 14. Oktober 2010).

In Swjodny Gorodok befindet sich das Ausbildungszentrum der russischen (und früher sowjetischen) Kosmonauten, das Juri-Gagarin-Kosmonautentrainingszentrum (Transliteration: Zentr Podgotowki Kosmonawtow imeni Ju. A. Gagarina, Abk. ZPK). Seit den 1960er-Jahren werden hier alle Kosmonauten auf ihre Flüge ins All, z. B. zur Raumstation ISS, vorbereitet. So steht im Kosmonauten-Trainingszentrum die weltgrößte Zentrifuge, die 1980 gebaut wurde und bei deren Benutzung bei einer Zahl von 36 Umdrehungen pro Minute bis zu 12 g auf den Fahrer wirken können.

Außerdem befindet sich auf dem Trainingsgelände ein Wasserbecken (12 m tief, 20 m breit), in dem sich anhand eines Modells Reparaturen in der Schwerelosigkeit trainieren lassen. Zur Simulation von technischen Ausfällen stand früher auch ein (trockenes) 1:1-Modell eines Teils der MIR bereit, das nun nur noch als Ausstellungsstück dient.

In Swjodny Gorodok war und ist auch immer noch der russische Geheimdienst aktiv. Während der Zeit der Sowjetunion war das „Sternenstädtchen“ streng von der Außenwelt abgeschirmt. Auch heute noch ist es von einer Mauer umzogen und von einem Wald begrenzt. Ins Innere der Stadt führen nur Wege vorbei an Militärkontrollen. Ein Durchlass ist für gewöhnlich nur mit einem Passierschein möglich, den nur Anwohner oder angemeldete Gäste besitzen.

In Swjodny Gorodok leben viele der russischen Kosmonauten mit ihren Familien. Für die Familien der Kosmonauten wurden mehrere Seen künstlich angelegt. Außerdem gibt es einen Supermarkt und eine Schule, die eine Partnerschaft mit der Friedrich-August-Genth-Gesamtschule in Wächtersbach (Hessen) unterhält.

Informationen und Bilder erreichen die Öffentlichkeit seit der Öffnung insbesondere durch den Weltraumtourismus.

Swjodny Gorodok besitzt einen größeren Flughafen (Militärflugplatz Tschkalowski).



Abb.191: Lage im Westteil Russlands



Abb.192: Lage in der Oblast Moskau



Abb.193: These components can be used during hydrolab EVA training to simulate the presence of components of the space station. These pieces are no longer used because they model part of the Mir station, which was de-orbited in 2001.



Abb. 194: This disused component was part of the training equipment used for cosmonauts who flew to the Mir station. It would be submerged in a giant pool, and the cosmonauts would practice spacewalking around it, avoiding the rocket thrusters and the antennae.



Abb.195



Abb.196: Die weltgrößte Zentrifuge simuliert die Beschleunigungskräfte



Abb.197: Mars Society: Mars Arctic Research Station FMARS. Auf dem Fahnenmast weht die Mars-Trikolore.

10.4 Simulation bemannter Missionen auf der Erde

Bei der Vorbereitung bemannter Missionen spielen Simulationen der Missionsbedingungen und -aktivitäten jedes einzelnen an der Mission Beteiligten vor Beginn der eigentlichen Mission und unter möglichst wirklichkeitsnahen Bedingungen eine ausschlaggebende Rolle. Ein bekanntes Beispiel ist die Simulation von Aktivitäten im freien Weltraum in riesigen Wasserbecken zur Simulation der Schwerelosigkeit. Auf die seit Beginn der Raumfahrt üblichen Umweltsimulationstests an Trägern und Einrichtungen wird hier nicht eingegangen.

10.4.1 Simulationsziele

Simulationen für bemannte Systeme sollen bis ins kleinste Detail alle während der Mission auftretenden Betriebsarten, Arbeitsabläufe, Arbeitsbedingungen und Gegebenheiten der speziellen Mission nachbilden. Sie dienen nicht etwa nur dem Nachstellen der Mission, sondern sollen auch frühzeitig Hinweise ergeben zur richtigen Auslegung des gesamten Raumfahrtsystems.

Ein bemanntes Raumfahrtsystem besteht aus einer Reihe von Elementen, die alle eine bestimmte Funktion haben.

Einige davon sind ähnlich wie bei unbemannten Missionen:

1. die Raumfahrzeuge, die Ausrüstung und (bei bemannten Systemen) Mannschaft zum und vom Ziel transportieren
2. die am Ziel (Mond, Mars, ...) für die Forschungsaufgaben erforderlichen Voraussetzungen für das Erreichen der wissenschaftlichen Zielsetzungen der Mission
3. die Bodeneinrichtungen zur Kontrolle der Mission (Kontrollzentren, Sende- und Empfangseinrichtungen)
4. das Bodenpersonal, das zur Vorbereitung und Begleitung der Mission benötigt wird
5. operationelle Prozeduren, die jeden Schritt einer Mission genau festlegen
6. Arbeits- und Reparaturanweisungen für den Fall von Störungen oder unvorhergesehenen Vorkommnissen



Abb.198: Mars Society: Mars Arctic Research Station FMARS Ausflug

Für bemannte Missionen kommen aber noch weitere die Mannschaft betreffende Elemente dazu:

1. Trainingseinrichtungen am Boden und während der Mission
2. die Mannschaft selbst und deren Auswahl
3. die Sicherheit der Mannschaft.
4. die am Ziel (Mond, Mars,...) für die Forschungsaufgaben erforderlichen Infrastrukturen für das tägliche Leben, den Transport und die wissenschaftliche Arbeit die am Ziel (Mond, Mars,...)
5. eine genaue Planung und Überwachung aller Aktivitäten der Mannschaft während der gesamten Mission
6. die Erfordernisse und Abläufe des täglichen Lebens während der Mission
7. die Überwachung und Steuerung der Interaktionen zwischen den Mannschaftsmitgliedern während der Mission („Faktor Mensch“)
8. eine besonders intensive Gesundheitsvorsorge und -Fürsorge, da viele der unter den Bedingungen auf dem Mars möglicherweise auftretenden Beschwerden und Beeinträchtigungen auf der Erde nicht simuliert werden können und auch nicht unter den erdnahen Bedingungen auf der ISS. Die Ursache von Erkrankungen kann in ganz anderen Bereichen zu suchen sein, als es auf der Erde erprobt und üblich ist. Dazu gehören z.B. auch psychosomatische Einflüsse, die sich aufgrund der Isolation, des begrenzten täglichen Lebensraums und der geringen Mannschaftsgröße ergeben. Auch ander trivial erscheinende Aspekte der Gesundheitsfürsorge sind erschwert: was tut man bei Verschlechterung des Sehvermögens von Mannschaftsmitgliedern? Auch hier können unter den Bedingungen auf dem Mars und bei eine Missionsdauer von bis zu drei Jahren und mehr Probleme auftreten, für die man Lösungen vor Ort finden muss.

Alle oben aufgeführten Elemente eines bemannten Raumfahrtssystems müssen während der gesamten Missionsdauer den Erfordernissen der geplanten Mission entsprechend miteinander funktionieren, also auch entsprechend am Boden im Zusammenspiel simuliert werden.

Die Aufzählung der zu berücksichtigenden Systemelemente zeigt, dass mehr als die Hälfte der aufgeführten Systemelemente (7 bis 13) sich auf die Mannschaft bezieht. Das macht deutlich, weshalb bemannte Systeme so viel komplexer und umfangreicher sind als unbemannte.

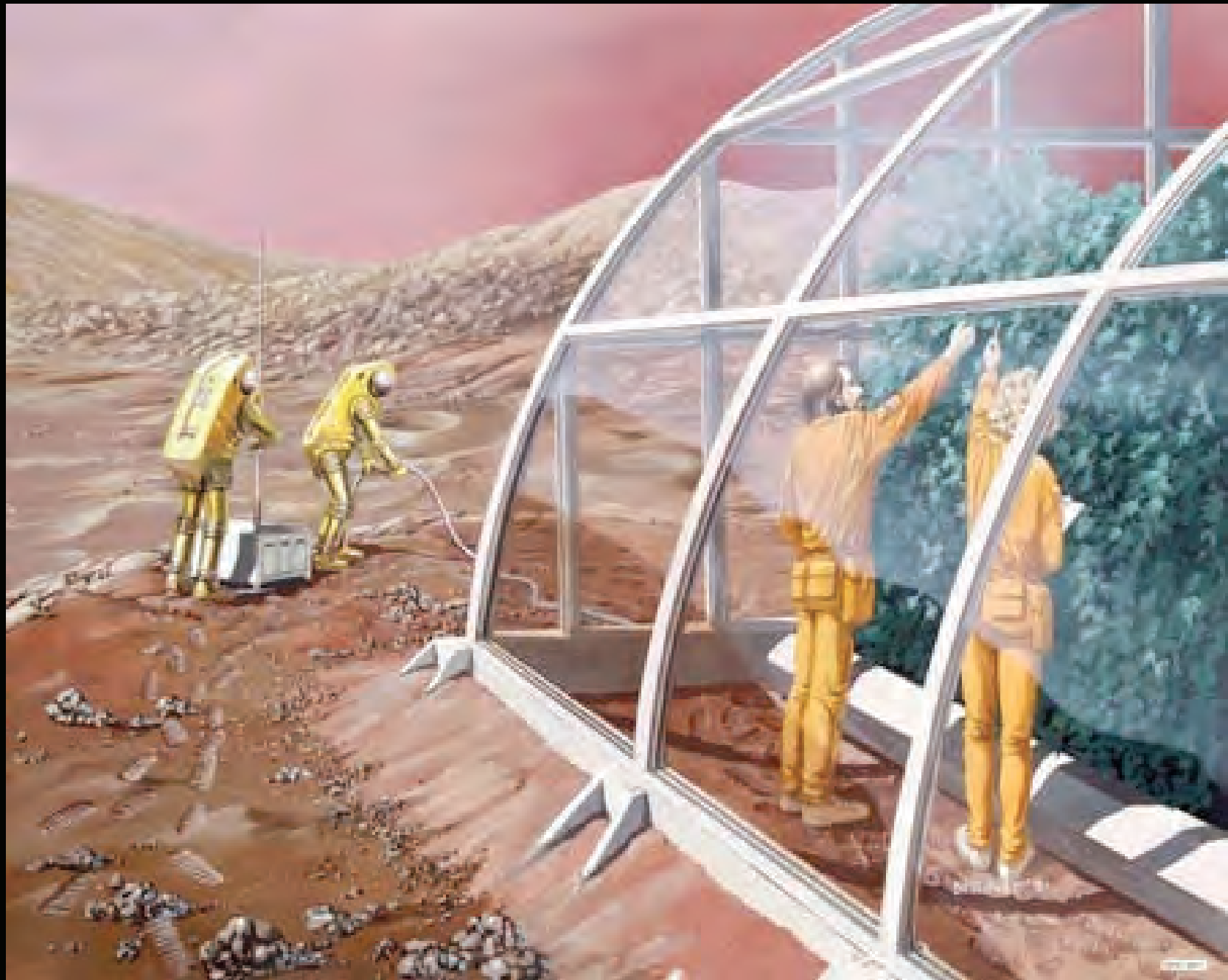


Abb.199

Bemannte System müssen nämlich eine Reihe von Anforderungen erfüllen, die für unbemannte gar nicht oder in geringerem Umfang anwendbar sind, aber den technischen Aufwand für eine bemannte Mission weitgehend bestimmen.

Wesentliche zu berücksichtigende Gegebenheiten sind:

1. Ein bemanntes Raumfahrzeug ist technisch ungleich komplexer durch die Anforderungen an die Sicherstellung einer den Bedingungen auf der Erde vergleichbaren Lebensumgebung:

- die Bereitstellung der Atemluft in einem relativ kleinen geschlossenen System
- deren ständige Aufbereitung
- Einhaltung einer konstanten Temperatur und Luftfeuchtigkeit
- erträgliche Lärmbelastung
- Wohn- und Schlafmöglichkeiten
- Ernährung
- Hygiene
- Zerstreuungsmöglichkeiten
- Trainingsmöglichkeiten zum Erhalten der körperlichen Fitness unter Schwerelosigkeit
- medizinische Vorsorge und Versorgung

2. Die Zuverlässigkeitsstandards und Methoden der unbemannten Raumfahrt reichen für bemannte Systeme nicht aus. Deshalb wurden im Verlauf der bemannten Programme hierfür spezielle eigene Kriterien, Anforderungen, Tests und Simulationen entwickelt, die den technischen Aufwand des Systems gegenüber unbemannten Raumfahrzeugen erhöhen.

Dabei wird folgender Ansatz verfolgt, der auch für Mond- und Marsmissionen Gültigkeit behalten wird:

- in sehr umfangreichen Analysen des gesamten Systems werden alle infrage kommenden Störfälle bestimmt, die den Menschen gefährden könnten

- dabei wird zwischen verschiedenen Gefährdungsgraden unterschieden, etwa von „unangenehm, aber relativ harmlos“ bis zu „Totalverlust der Mannschaft“ in mehreren Abstufungen

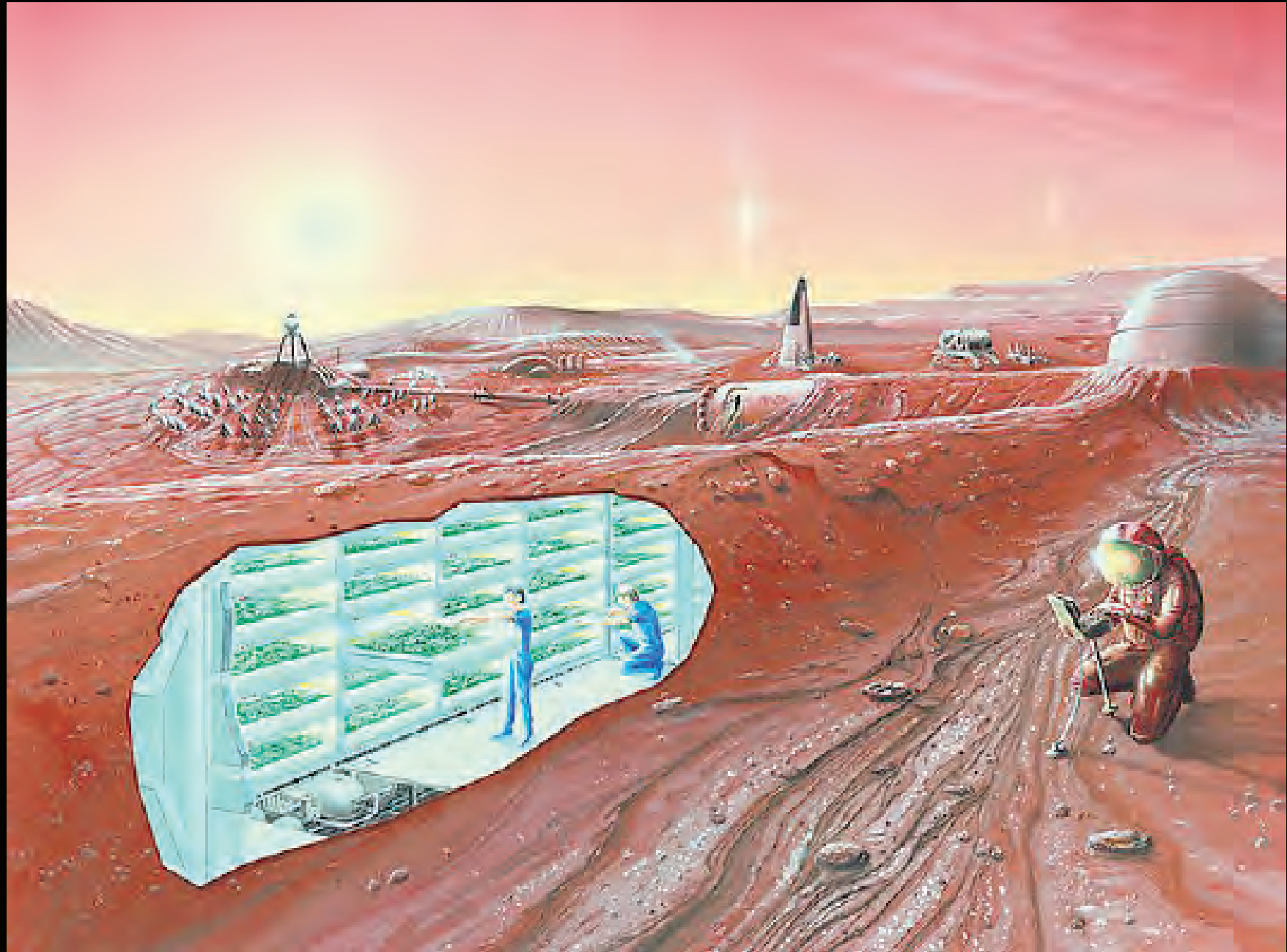


Abb.200: Stephen Hawking redet von menschlichen Kolonien auf dem Mars, und auch Apollo-Astronaut Buzz Aldrin setzt sich für den „Mars to Stay“ ein. Schon in naher Zukunft, so das Konzept, sollen auf dem Roten Planeten die ersten Siedlungen entstehen. So wird es offenbar Zeit, sich dort einmal umzuschauen.

ASTRONAUTENZENTREN

- entsprechend dieser Klassifizierung muss dann jeder einzelne gefundene mögliche Störfall in der Wahrscheinlichkeit seines Auftretens bewertet und dann durch zusätzliche technische Maßnahmen je nach Gefährdungsgrad beseitigt beziehungsweise auf eine vorgegebene sehr niedrige Wahrscheinlichkeit seines Eintretens reduziert werden

- unter anderem müssen gegebenenfalls Systeme oder Komponenten, deren Ausfall den Verlust der Mannschaft bedeutete, dreifach redundant ausgeführt werden. Es müssen auch mögliche Bedienfehler berücksichtigt werden. Wiederum muss hier jede einzelne im Betrieb auftretende Funktion bestimmt und auf ihre Auswirkungen auf die Sicherheit hin untersucht werden.

Übrigens müssen auch unbemannte Fahrzeuge Sicherheitsvorgaben der bemannten Raumfahrt erfüllen, die mit bemannten in Berührung kommen, also zum Beispiel auch das ATV !

Für bemannte Träger ist es aus Gewichtsgründen unmöglich, mehrfache Redundanzen des Antriebs und der Landesysteme vorzusehen. Deshalb müssen dort Redundanzen durch entsprechend sichere Rettungssysteme für die Mannschaft ersetzt werden. Auch das ist kann aber nicht für die gesamte Flugphase sichergestellt werden.

Die CHALLENGER und COLUMBIA Unfälle führten zum Verlust der Mannschaft, weil in diesen Flugphasen eine Rettung nicht möglich bzw. mit einem untragbar hohen Aufwand verbunden gewesen wäre.

Schließlich erhöhen sicherheitsrelevante Tests und Simulationen den gesamten Testaufwand für bemannte Systeme erheblich.

3. Auswahl und Training der Astronauten

4. die dazugehörigen Einrichtungen, die wiederum getestet werden müssen vor ihrer Nutzung.



11

RAUMFAHRER TRAININGS- PROGRAMM

Abb.201



Abb.202: Das Kunstwerk „Liquid Gravity“ (202 x 132 cm) zeigt Michael Najjar im Wassertank von Swjosdny Gorodok nahe Moskau.

11.1 10 Tage Raumfahrer- Trainingsprogramm

Bisher haben insgesamt nur sechs Menschen die Internationale-Raum-Station als Touristen besucht, zuletzt Charles Simonyi in den Jahren 2007 und 2009.

Wann auch immer es möglich werden sollte, ins All zu fliegen, kann man schon jetzt ein einmaliges Abenteuer erleben und sich mit der Teilnahme an einem Kosmonauten Trainingsprogramm den Herausforderungen stellen, die Astronauten zu meistern haben.

Bei einem zehntägigen Kosmonauten-Training im Gagarin-Kosmonauten-Training-Center im Sternenstädtchen bei Moskau werden Kenntnisse und Fertigkeiten erworben, die bisher allein Raumfahrern vorbehalten waren, und man wird sich den Belastungen aussetzen, die bei einem Raumflug auf einem zukommen.

Detailliertes Programm

Erster Tag

Ankunft in Moskau, Einchecken im Hotel, Stadtrundfahrt in Moskau (Stationen sind unter Anderem der Rote Platz, das Lenin-Mausoleum, der Alexander Garten, die Basilius Kathedrale, das GUM Einkaufszentrum, das Neujungfrauen Kloster, das Weisse Haus, der Poklonnaya Hügel und die Arbat-Straße).

Zweiter Tag

Exkursion im Gagarin Kosmonauten Training Center (GCTC). Man lernt das Ausbildungszentrum kennen und hört einen einführenden Vortrag über die Geschichte der Raumfahrt. Weiterhin finden erste medizinische Untersuchungen statt.

Dritter Tag

Am Morgen hört man einen Vortrag über psychologische Aspekte der Raumfahrt. Es finden weitere ärztliche Untersuchungen statt, mit denen die Spezialisten des GCTC die körperliche Belastbarkeit für auf die zukommenden Trainingsmaßnahmen getestet.

Vierter Tag

Am Vormittag hört man im Planetarium einen Vortrag über die wichtigsten Grundsätze der Raumfahrt. Am Nachmittag beginnt die praktische Ausbildung mit dem Sojus-TM Simulator. Dabei wird die Aufgabe sein, sich als Pilot mit dem Sojus-Raumschiff an die ISS anzudocken.



Abb.203



Abb.204



Abb.205

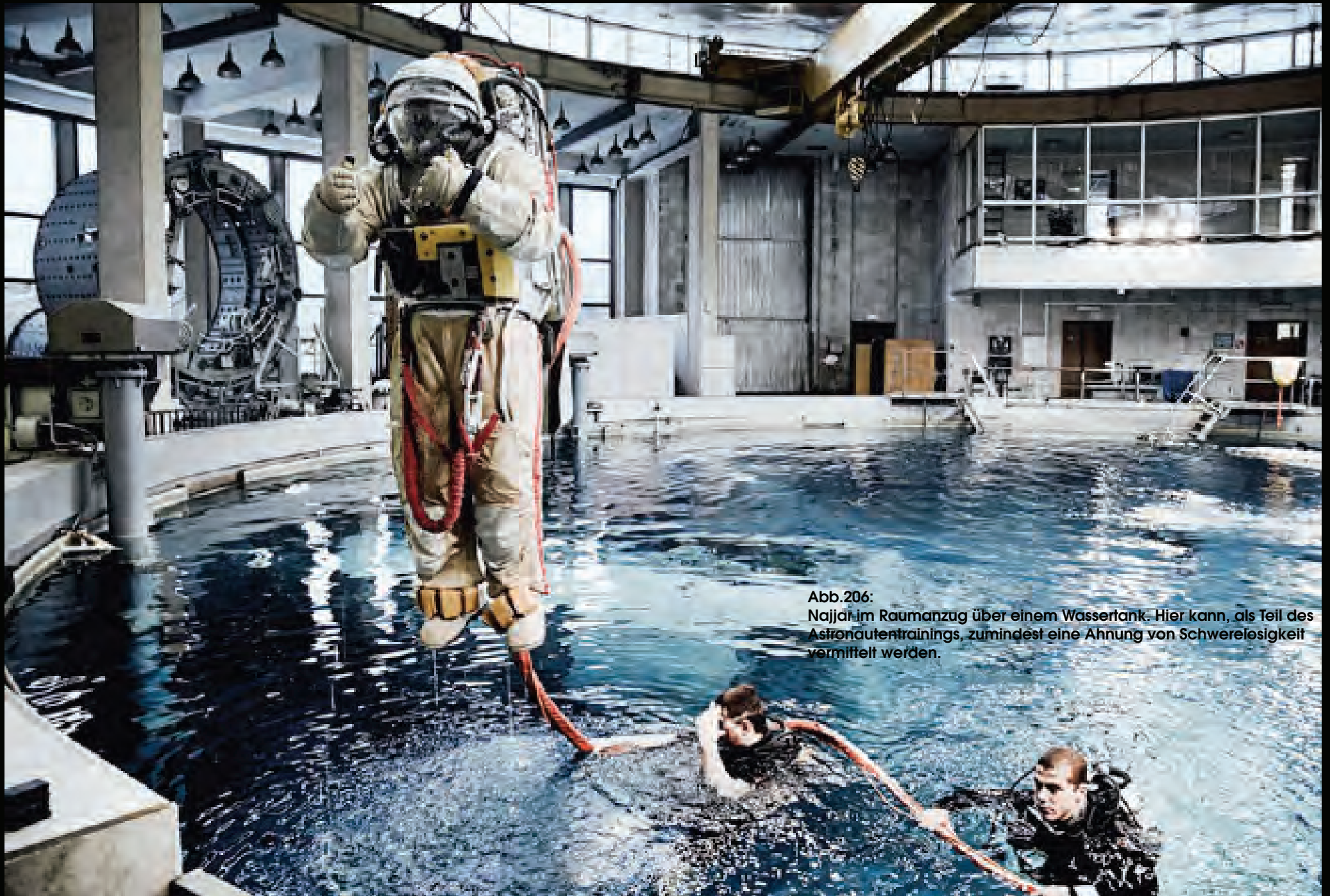


Abb.206:
Najjar im Raumanzug über einem Wassertank. Hier kann, als Teil des Astronautentrainings, zumindest eine Ahnung von Schwerelosigkeit vermittelt werden.

Fünfter Tag

Am Morgen findet die Ausbildung in der Zentrifuge statt. Damit wird die Belastbarkeit praktisch erprobt und Start und Flug in den Weltraum simuliert. Das Training in der TSF-18 Zentrifuge hat folgende Phasen:

- 1) Einarbeitung Rotation; Dauer bis zu 3 Minuten, max. 4 G auf Rumpf
- 2) Flug auf Umlaufbahn; Dauer bis zu 9 Minuten, max. 4 G am Rumpf
- 3) Aufstieg der Sojus-Rakete; Dauer bis zu 4 Minuten, max 4 G in Richtung Brust und Rücken

Am Nachmittag wird ein echtes Weltraum-Essen zubereitet und probiert. Am Abend erhält man von den Mitarbeitern des Trainingszentrums ausführliche Anleitungen zum Zero-G Flug am nächsten Tag.

Sechster Tag

Die Schwerelosigkeit wird bei einem sogenannten Parabelflug mit einer Iljuschin 76 MDK simuliert. Beim Aufstieg auf die Gipfelhöhe von etwa 6.000 Meter entstehen dabei Kräfte von 2G. Beim „Kippen“ der Maschine vom Aufstiegs- zum Sinkflug befinden sich Flugzeug und Passagiere dann für etwa 25 Sekunden im freien Fall und sind schwerelos. Während des Null-Gravitation-Fluges werden zehn Parabeln geflogen, so dass man insgesamt über vier Minuten dieses einzigartige Gefühl spürt.

Siebenter Tag

Überlebenstraining. Die Ausbildung beginnt mit einem Vortrag über grundlegende Überlebensregeln bei einer Notlandung. Anschließend findet ein Outdoor-Training mit einem professionellen Survival-Trainer des GCTC statt. Man lernt unter anderem wie man Kontakt mit einem Rettungs-Team aufnehmen und ein Lager für die Ausrüstung der Sojus-Kapsel baut, und, wo man im Wald etwas Essbares finden könnte.

Achter Tag

Bei einer Exkursion zum Mission Control Center (MCC) wird über die Geschichte des MCC informiert und in seine Arbeitsweise und Strukturen eingewiesen. Mit etwas Glück erlebt man während dessen live die Kommunikation mit der ISS-Besatzung.

Am Nachmittag besucht man das Monino Luftwaffe Museum mit einer Sammlung von mehr als 37.000 Exponaten zur Geschichte der Luftfahrt von 1909 bis zum heutigen Tag.

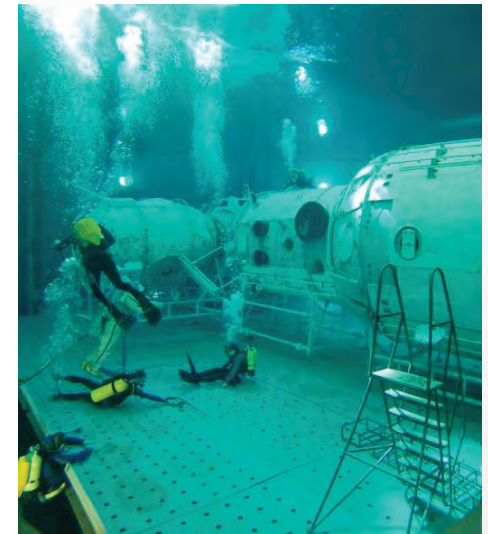


Abb.207

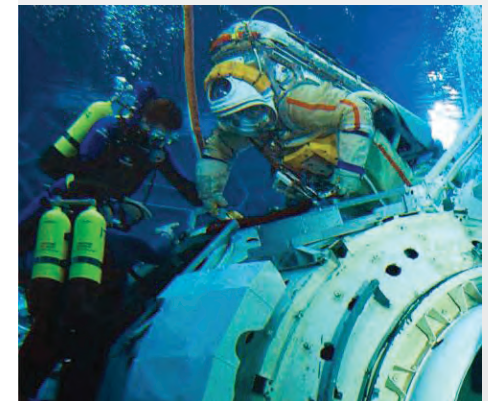


Abb.208



Abb.209

Neunter Tag

An diesem Tag findet das Training im Hydro-Space Labor statt. In riesigen Wassertanks werden Außenbordeinsätze im Weltall simuliert. Nach einer ausführlichen Einweisung klettert man in Ihren Orlan Raumanzug, der am Boden ein Gewicht von etwa 125 Kilogramm hat. Dann wird man mit einem Kran ins Hydrolab-Becken abgelassen.

Am Nachmittag wird man an verschiedenen Simulatoren üben das Sojus-Raumschiff in allen Phasen des Fluges zu steuern, in Standard, Nicht-Standard und Notsituationen.

Zehnter Tag

Zum entspannenden Abschluss besucht man das von Sergeij Koroljow, dem russischen Wernher von Braun, begründete Kosmonauten Museum. Nach umfangreicher Erneuerung wurde es 2009 wieder geöffnet und zeigt auf einer Ausstellungsfläche von 8.500 Quadratmetern verschiedene Raketen, die russische Raumfähre Buran, Sojus-Kapseln, Raumanzüge, Werkzeuge und vieles mehr rund um den Aufbruch der Menschheit ins Weltall.



Abb.210



Abb.211



12

Raumanzüge & Raumfahrtnahrung

Abb.212

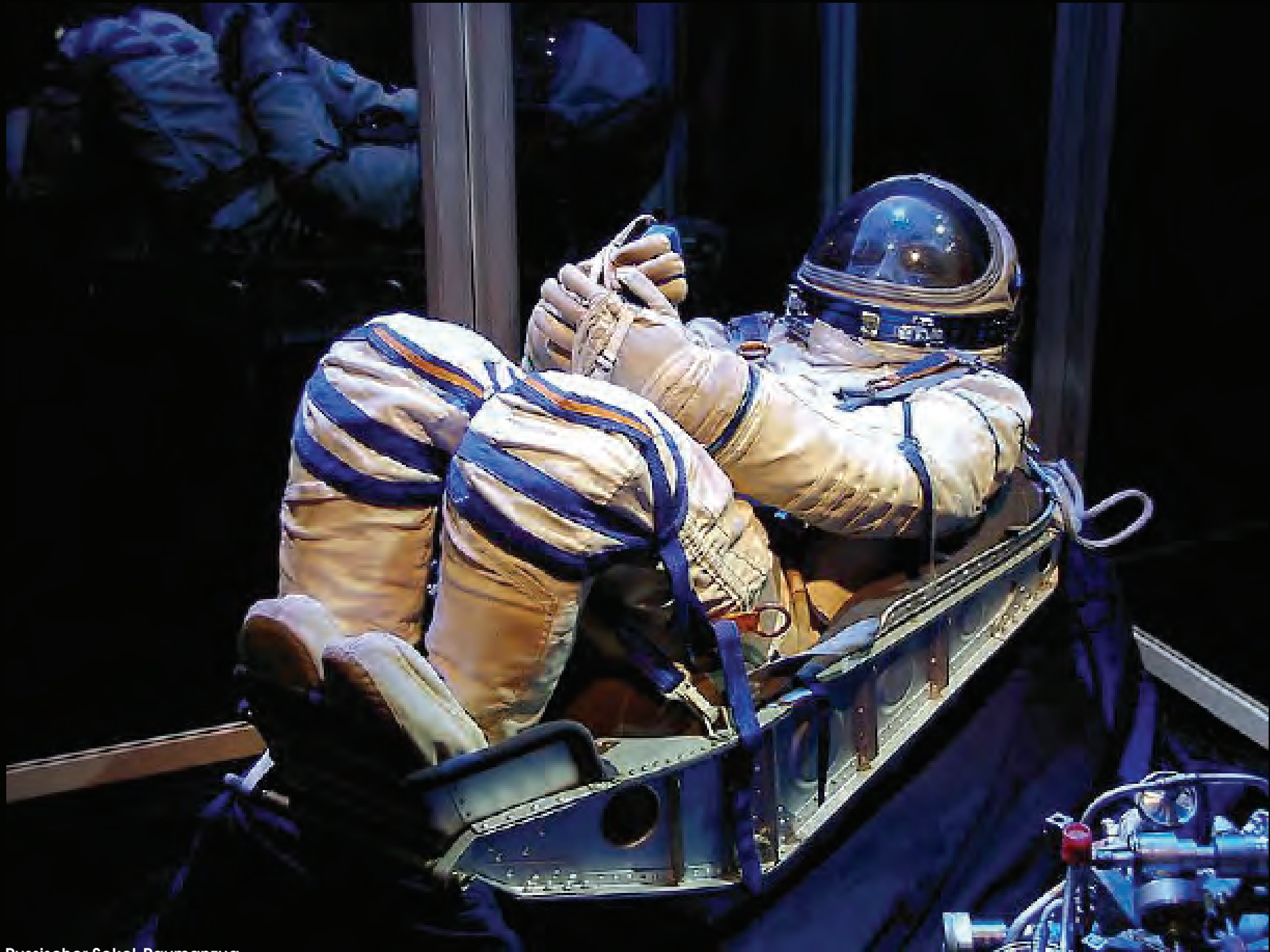


Abb.213: Russischer Sokol-Raumanzug

12.1 Raumanzüge

Der Raumanzug ist ein gasdichter Schutzanzug für Raumfahrer, der im Vakuum des Weltraums die Vitalfunktionen (insbesondere die Atmung) seines Trägers sichert, indem er sich unter Überdruck setzt. Ein an den Anzug angeschlossenes oder in den Anzug eingebautes Sauerstoffgerät entfernt das vom Träger ausgeatmete Kohlendioxid und ersetzt es durch Sauerstoff.

12.1.1 Einsatzgebiete

Bei den Raumanzügen können folgende Einsatzgebiete unterschieden werden:

Retungsanzüge: Man wird von der Besatzung nur innerhalb des Raumfahrzeugs bei gefährlichen Manövern wie während des Starts, der Kopplung und der Landung des Raumfahrzeugs getragen, um bei einem Versagen der Druckkabine des Fahrzeugs die Sauerstoffzufuhr zu sichern. Man schützt also die Besatzung nur für kurze Zeit. Ab einer Höhe von 12.000 m muss 100 % Sauerstoff mit Überdruck geatmet werden, um einen ausreichend hohen Partialdruck zu erreichen, um eine Sauerstoffsättigung des Blutes zu erzielen.

Auch Piloten sehr hoch fliegender (Militär-)flugzeuge (beispielsweise der Lockheed U-2 oder Lockheed SR-71) sowie Stratosphärenspringer tragen Raumanzüge. Beispiele sind der russische Sokol-Anzug für Insassen von Sojus-Raumschiffen und der orangefarbene ACES-Raumanzug für Space-Shuttle-Besatzungen.

Raumanzüge: für Außerbordaktivitäten (englisch extra-vehicular activity, EVAs). Bei Arbeiten im Weltraum außerhalb des Raumfahrzeugs bzw. der Raumstation werden meist Raumanzüge mit mobiler Sauerstoffversorgung auf dem Rücken des Trägers getragen. Man muss über spezielle Isolierfunktionen, Schutzschichten gegen Mikrometeoriten und ein Klimasystem zur Stützung der Körpertemperatur verfügen.

Solche Anzüge werden bei der NASA als Extravehicular Mobility Units (EMUs) bezeichnet. Neben dem US-amerikanischen EMU (das von der ISS aus benutzt werden kann) gehören die russischen Anzüge der Orlan-Familie in diese Gruppe. Eine gebräuchliche russische Bezeichnung für einen Raumanzug ist Skaphander.



Abb.214:
Astronaut Bruce McCandless bei EVA
während STS-41-B



Abb.215

12.1.2 Struktur eines Raumanzugs

Jeder Raumanzug besteht aus zahlreichen Schichten verschiedener Textilien, Kunststoffe und häufig auch Metalle. In der innersten Schicht sind Schläuche eingelegt, durch die kaltes Wasser gepumpt wird, damit der Raumfahrer in seinem Anzug nicht überhitzt. Darüber befindet sich eine Schicht Neopren, die gasdicht, aber flexibel ausgeführt ist, und so den Überdruck halten kann.

Damit sich der Anzug im Vakuum nicht übermäßig aufbläht und den Raumfahrer unbeweglich macht, wird der Druck im Anzug im Vergleich zur Erdatmosphäre so weit wie physiologisch möglich gesenkt. Zudem ist die Neoprenschicht von einer weiteren kräftigen Textilschicht umgeben. Die äußeren Anzugsschichten bestehen aus widerstandsfähigen feuerhemmenden Aramidfasern. Raumanzüge für Außenbordarbeiten sind zudem an der Außenseite mit Aluminium oder anderen Stoffen beschichtet, um Sonnenstrahlung zu reflektieren. Diese beiden Außenschichten schützen den Träger auch vor Mikrometeoriten und Strahlung.

Der Kopf des Raumfahrers steckt in einem nahezu kugelförmigen Helm, der gasdicht an den Raumanzug angeschlossen und mit einem klappbaren Visier gegen die aggressive UV-Strahlung der Sonne (der Raumfahrer befindet sich jenseits der Ozonschicht) versehen ist. Meist im Rumpfbereich befinden sich die Anschlüsse für Sauerstoff, Abluft, Kühlwasser und Kommunikationssysteme.

12.1.3 Zukunft

Für spätere Missionen Richtung Mond oder Mars sind die heute verwendeten Raumanzüge wegen ihrer hohen Masse und ihrer schlechten Beweglichkeit im aufgeblasenen Zustand kaum geeignet. Ursprünglich (beispielsweise von Fachleuten der NASA) vorgeschlagen wurden hier Anzüge, die ähnlich einer Rüstung und einem Panzertauchanzug aus steifen, bruchfesten Kunststoffteilen mit Gelenken dazwischen aufgebaut sind. Aus Gründen des Gewichtes und der Beweglichkeit ist diese Lösung jedoch nicht optimal.

Am Massachusetts Institute of Technology befindet sich eine alternative Konstruktion namens Bio Suit in Entwicklung: ein hauteng gespannter elastischer Ganzkörperanzug aus Latex mit eingebetteten Nanokunststoffplatten zum Schutz vor Mikrometeoriten und Sonnenstrahlung, der den Körper des Trägers an der Expansion hindert. Lediglich der Helm wird wie gewohnt unter Druck gesetzt.



Abb.216: Raumanzug, getragen während der Apollo-15-Mission



Abb.217:
Anstoßen mit unidentifizierbarem Brei: Astronauten auf der Raumstation haben trotzdem ihren Spaß. Wohl der allgemeinen Gaudi wegen, nicht wegen der Gaumenfreuden.

12.2 Raumfahrtahrung

Gefriertrocknung: Bei diesen Verfahren werden die Speisen mit Hilfe von Maschinen dehydriert, das bedeutet, ihnen wird Wasser entzogen. Der Prozess läuft folgendermaßen ab: Zuerst werden die Lebensmittel schockgefroren. Danach setzt die Maschine sie einem Unterdruck aus, wobei das Eis sublimiert:

Es verdampft, ohne flüssig zu werden. Durch das „Dehydrieren“ verringert sich die Größe und Gewicht der Speisen deutlich. Die Verstaung an Bord ist kein Problem mehr. Die Nahrung bleibt über einen längeren Zeitpunkt haltbar. Vakuumverpackt sogar einige Jahre. Wasser wird einfach an Bord der Raumstation in einer Art Küchenschrank wieder Heiß oder Kalt in einer bestimmten Menge beigefügt.

Zu Essen gibt es natürlich aber auch nach Ankunft eines Progress Transporters frisches Obst.

Zur Zeit befinden sich ca. über 100Stk. an verschiedener Raumfahrtahrung in der Sammlung. Von Snack`s wie Kekse, Schokolade, Marmelade in Beuteln, versch. Dosennahrung, Hauptgerichte und Getränke. Von der Anfangszeit der russischen Raumfahrt bis zur ISS, aber auch Apollo, Skylab und Shuttle Nahrung sind in der Sammlung zu finden. Teilweise in Alubeuteln oder in durchsichtigen Plastikbeuteln.

„Ich habe Kameraden von mir gesehen, die schwebten in der Schwerelosigkeit ihren Essensbrocken hinterher, als wären sie Haifische auf der Jagd nach Beute.“ Das berichtete einmal der erfahrene US-Astronaut R. Mike Mullane, der mehrfach mit den Raumtransportern „Discovery“ und „Atlantis“ im All war. Tatsächlich ist das Essen auf der Umlaufbahn kein reines Vergnügen – selbst wenn die haifischartige Nahrungsaufnahme eher die Ausnahme ist.

Das beginnt schon damit, dass jeder Bestandteil einer Mahlzeit erst einmal an einer Art Minitankstelle „aufgetankt“ werden muss. Denn die meisten Gerichte sind dehydriert: Ihnen wird auf der Erde das Wasser entzogen, weil sie auf diese Weise viel kompakter werden und weniger Platz in Anspruch nehmen. Jedes Gericht ist in Plastik verpackt.

Der Astronaut bringt es zur sogenannten „hydration station“. Dort durchsticht eine hohle Nadel das Plastik und schießt wie eine Wasserpistole Wasser in jene Masse, zu der sich Fleisch, Kartoffeln, Gemüse, Erdbeeren oder andere Speisen durch den Trocknungsvorgang am Erdboden jeweils verwandelt haben. Dann muss der Astronaut die so entstandene Masse noch im Plastikbehälter ordentlich durchkneten. Danach schiebt er den aufbereiteten Brei nicht etwa in die Mikrowelle. Das nämlich könnte eine hochbrisante Mahlzeit geben. Denn ein Mikrowellenherd würde unter Umständen die gesamte Elektronik an Bord außer Gefecht setzen. So kommt ein kleiner Elektroofen zum Einsatz, der den Essensbrei im Plastikbehälter mit Heißluft erwärmt.



Abb.218



Abb.219



Abb.220

RAUMANZUGE & RAUMFAHRTNAHRUNG

Danach ist es endlich so weit. Der Astronaut holt die erwärmte Speise aus dem Ofen und öffnet mit einer Schere die Abdeckung seiner Plastikpackung. Er muss den Brei nicht zwangsläufig aus der Packung saugen. Essen mit Messer und Gabel ist im Prinzip möglich – die soßenklebrige Konsistenz soll dafür sorgen, dass nichts vom Mahl unkontrolliert entfliecht und in der Ausrüstung an Bord verschwindet.

Der Astronaut lässt sich überraschen, was er bekommt. „Manchmal war beim besten Willen nicht mehr zu erkennen, was man da eigentlich essen sollte“, erinnerte sich der belgische Astronaut Frank de Winne auf einer Pressekonferenz in Köln an seinen Aufenthalt auf der „Internationalen Raumstation“ (ISS), „man musste daher dann erst einmal auf dem Plastikbehälter nachlesen, was man da so vor sich hatte.“

Schon das Prozedere des Aufbereitens zeigt, dass von dem Stimulus, den eine Mahlzeit am Erdboden normalerweise mit sich bringt, in der Schwerelosigkeit doch einiges verloren geht. Umso größer sind die Anstrengungen am Erdboden, dem entgegenzuwirken. So versucht man in jüngster Zeit, bei der Weltraumkost immer wieder einmal mit dem Einsatz von Spitzenköchen Highlights zu setzen. Italienische und französische Asse der Zunft waren bereits am Werke.

Jetzt schreitet auch, wie berichtet, Deutschlands Spitzenkoch zur Tat. Der Drei-Michelin-Sterne-Koch Harald Wohlfahrt, Chef der „Schwarzwaldstube“ in Baiersbronn, will die Astronauten mit Kalbsbäckchen, Gemüse in Balsamico-Sauce mit weißem Bohnenpüree und Zwetschgenkompott erfreuen. Doch auch sein Meisterwerk muss sich den Weltraumregeln beugen. Es wird zwar nicht dehydriert im Plastikbehälter angeliefert, allerdings auch nur in einem Gefäß, in dem Sterneköche ihre Produkte sonst weniger gern präsentieren: Die deutsche Spitzenspeise reist in der Konservendose ins All und wird aus ihr gelöffelt.

Dabei muss auch das „Space-Food“ aus dem Schwarzwald den Vorschriften der Nasa für Weltraumnahrung genau entsprechen. Kaloriengehalt, Nährwert, Nährstoffe und Keimfreiheit müssen stimmen. Eine besondere Nährstoffzusammensetzung benötigen Astronauten aber nicht – nur ausgewogen muss es sein.

Ein eher psychologisches als physiologisches Problem – es gibt ja Vitaminzusätze – ist das Fehlen von frischem Obst. Nur selten und in kleinen Mengen bringt das die Sojus herauf. Auch einen Kühlschrank gibt es nicht an Bord. Aber sonst versucht die US-Luft- und Raumfahrtbehörde alles, um Astronauten eine optimale, abwechslungsreiche und wohlschmeckende Nahrung zu bieten. Sie unterhält dazu schon seit Langem ein ganzes Laboratorium, das „Space Food Systems Laboratory“ im Johnson Space Center in Houston.

Gerade in Situationen, in denen man kaum Anregungen von der Außenwelt bekomme, sei das Essen auch von größter psychologischer Wichtigkeit, meint die Chefin des Labors, Emilce Vest. „Das Essen gibt uns sowohl gefühlsmäßig als auch chemisch Anregung. Außerdem schätzen wir auch sehr, dass die gemeinsamen Mahlzeiten das Zusammengehörigkeitsgefühl der Mannschaft im Weltraum stärken.“



Abb.221: Raumfahrt-Nahrung



13

Prominente Passagierliste & Ersten Touristen im All

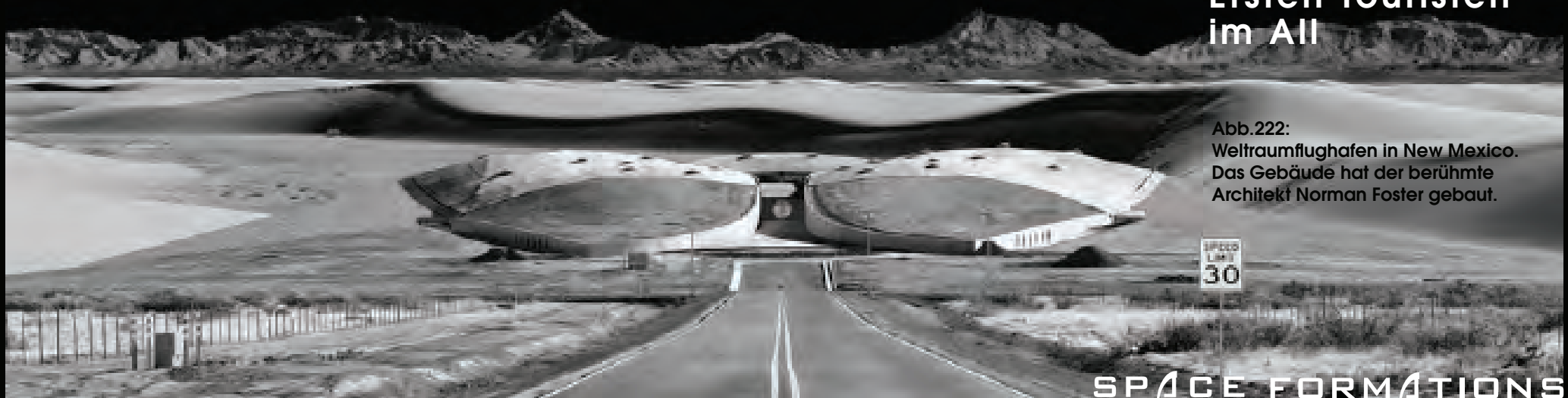


Abb.222:
Weltraumflughafen in New Mexico.
Das Gebäude hat der berühmte
Architekt Norman Foster gebaut.





Abb.223

13.1 DENNIS TITO

Dennis Anthony Tito ist ein US-amerikanischer Unternehmer. International bekannt wurde er 2001 als der erste Weltraumtourist in der Raumfahrtgeschichte.

1991 trat Tito das erste Mal an die damalige Sowjetunion heran, als diese ihre Raumstation Mir für (zahlende) ausländische Besucher öffnete. Vorreiter war der japanische Fernsehjournalist Toyohiro Akiyama, der Ende 1990 einige Tage an Bord verbrachte. Dessen Arbeitgeber hatte für die Exklusivberichterstattung annähernd 30 Millionen US-Dollar bezahlen müssen.

Für Titos Raumflug gestalteten sich die Verhandlungen zeitweise schwierig, da die Ansprechpartner in Zeiten des sowjetischen Umbruchs fehlten. Ab Mitte der 1990er Jahre fehlte dem neuen Eigentümer (Russland) das Geld, die Mir-Station weiter zu betreiben. Gleichzeitig entstanden in den USA die ersten Pläne für eine neue Raumstation, die Internationale Raumstation (ISS). Als ersten Schritt initiierte man das Shuttle-Mir-Programm, welches die Mir noch einige Jahre am Leben hielt. Ende 1998 wurde das erste Modul der ISS in die Erdumlaufbahn geschossen und im Frühjahr 2001 wurde Mir zum Absturz gebracht.

Im Juni 2000 wurde Titos Name erstmals im Zusammenhang mit dem Thema Weltraumtourismus öffentlich. Die niederländische MirCorp, die kurzzeitig die russische Raumstation kommerziell betrieb, gab bekannt, dass ein US-amerikanischer Geschäftsmann und ehemaliger Raumfahrtingenieur der erste Tourist auf der Mir sein könne. Um zu zeigen, wie ernst es ihm war, hatte Tito indessen ein Sperrkonto über 20 Millionen US-Dollar eingerichtet. Bis zu seinem Flug zur ISS hatten Tito und Russland einige Widerstände bei den anderen Partnern der ISS zu überwinden. Es wurde befürchtet, dass der Ablauf der sich noch im Aufbau befindlichen Station gestört werden würde, und der Besuch eines Touristen auf der ISS zu gefährlich sein könne. Vor allem die NASA war lange Zeit gegen einen Flug Titos. Russland berief sich jedoch darauf, dass auf dem Flug der ersten Gastmannschaft noch ein Platz frei sei, den man nach eigenem Ermessen vergeben könne. Hilfreich war außerdem, dass es sich bei Tito nicht um einen reinen Amateur handelte, da dieser lange als Raumfahrtingenieur gearbeitet hatte und seit Sommer 2000 erfolgreich am Kosmonautentraining teilnahm.

Zusammen mit den zwei Kosmonauten Mussabajew und Baturin brach Tito am 28. April 2001 mit Sojus TM-32 auf. Zwei Tage später erreichten sie die Raumstation. Dort wurden sie von der ISS-Expedition 2 begrüßt, die Anfang März mit STS-102 angekommen war. Tito hielt sich die meiste Zeit im Swesda-Modul auf, er lernte aber auch alle anderen Sektionen kennen. In den US-Bereichen wurde er wie vereinbart von mindestens einem Astronauten „eskortiert“. Nach sechs arbeitsreichen Tagen an Bord verabschiedeten sich die drei Besucher, stiegen in die Sojus-TM-31-Kapsel und landeten Anfang Mai in der Steppe von Kasachstan. Die gesamte Flugdauer betrug 7 Tage und 22 Stunden.

Nach dem Flug erklärte Tito, er wolle nicht noch einmal ins All fliegen. Es sei ein beeindruckendes Erlebnis gewesen und er wäre gern länger im Weltraum geblieben. Ein Kindheitstraum hätte sich damit erfüllt.



Abb.224



Abb.225



Abb.226: Ansari im Zvezda Service Module

13.2 Anousheh Ansari

Geschäftsfrau und Ingenieurin, erste weibliche Weltraumtouristin

Anousheh Ansari wurde 1966 in Machad im Iran geboren. 1982 wanderte sie in die USA aus, wo sie zunächst Elektrotechnik und Informatik studierte. Später setzte sie ihr Studium in Washington DC fort, wo sie 1992 ihren Abschluss in Elektrotechnik machte. Ein Jahr später gründete sie mit ihrem Mann und dessen Bruder die Internetfirma tti (telecom technologies incorporated).

Im Jahr 2000 verkauften die drei ihre Firma für 550 Millionen US-Dollar und gründeten mit dem Erlös eine neue Firma, Prodea Systems. Anousheh Ansari träumt seit ihrer Kindheit davon, einmal in ihrem Leben in den Welt- raum zu fliegen.

Mit ihrer Firma Prodea Systems unterstützte sie 2004 die X-Prize Foundation, einen Wettbewerb, der private Flü- ge ins Weltall stimulieren wollte. Der Preis wurde anschliessend in Ansari X-Prize umbenannt.

Zitate aus dem Film:

„Ich war immer besessen von der Idee, eines Tages ins All zu fliegen. Ich hatte sogar einen Plan B! Falls ich sterbe, ohne im All gewesen zu sein, sollte mein Mann meine Asche in den Weltraum senden... Zumindest ein bisschen davon! Bereits als Kind wollte ich auf dem Balkon meiner Grosseltern schlafen, den wunderbaren Sternenhimmel ansehen... Das Weltall faszinierte mich. Die Geheimnisse, die es birgt. Ich sagte zu meinen Eltern: „Eines Tages fliege ich da drauf!“

„Manchmal werde ich kritisiert, weil ich so viel Geld ausgabe... für einen Traum. Aber... Was darf ein Traum kosten? Ist er ein Monatsgehalt wert oder zwei? Lohnt es sich, einen Arm dafür zu verlieren? Oder dafür zu sterben? Ich würde es auch machen, wenn es eine Reise ohne Rückkehr wäre, wenn ich mein Leben verlieren würde. Ich bin bereit, jeden Preis zu zahlen, um ins All zu fliegen.“



Abb.227



Abb.228

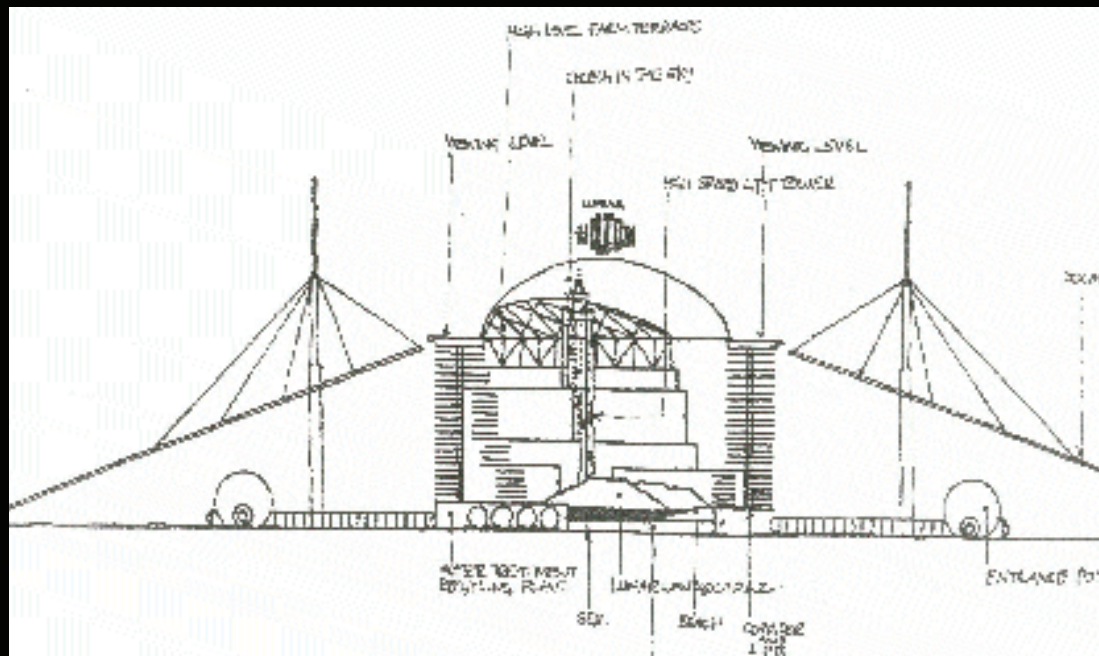
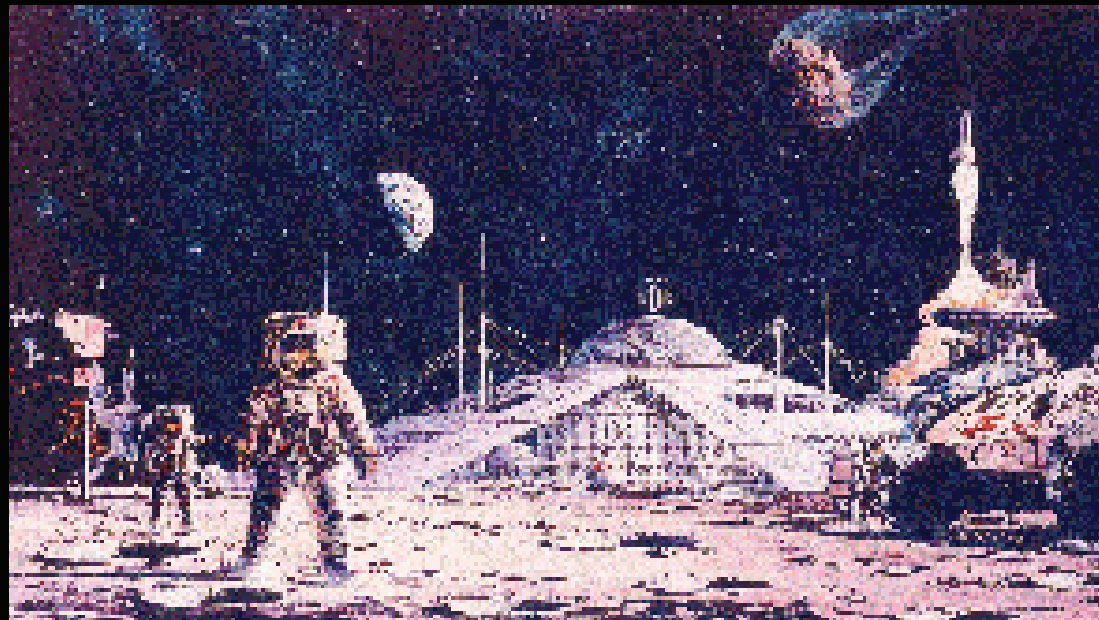


Abb.229:
Peter Instons erste Grob-Skizze

13.3 PARIS HILTON

Paris Hilton plant einen Trip ins All. Für umgerechnet 150.000 Euro hat die Hotelerbin die Reise bei einer Raumfahrtfirma gebucht. Da es keine Toiletten an Bord gibt, wird Miss Hilton Windeln tragen müssen.

Trotz des Preises von 150.000 Euro wird Paris Hilton bei dieser Reise nicht viel Komfort erwarten können. Die 25-jährige Hotelerbin habe einen Trip ins All bei der Raumfahrtfirma von Virgin-Chef Richard Branson gebucht, berichtet der Internetdienst „Femalefirst.co.uk“. Allerdings hat die Firma ihren Flugbetrieb noch gar nicht aufgenommen. Vermutlich werde die Millionärstochter den Ausflug zu den Sternen angesichts des mangelnden Komforts ohnehin ein wenig enttäuschend finden, hieß es in dem Bericht: An Bord des Raumschiffes werde es keine Toiletten geben, deshalb müsse jeder Passagier Windeln tragen.

„Ich glaube nicht, dass sie sich umfassend informiert hat - die Realität ist nicht ganz das, was sie sich unter Spaß vorstellt“, zitiert „Femalefirst.co.uk“ einen Vertrauten der Firma. Hilton habe sich wohl nach dem Genuss von Science-Fiction-Filmen für die Reise ins All entschieden.

Im letzten Jahr hat der britische Milliardär Richard Branson sein eigenes privates Raumfahrtunternehmen Virgin Galactic gegründet. Die ersten Raumflüge sollen 2008 starten, werden aber so genannte Suborbitalflüge sein. Dabei könnten die Passagiere bis zur Grenze der Erdatmosphäre in rund hundert Kilometern Höhe aufsteigen, die Schwärze des Alls zumindest sehen und die Schwerelosigkeit fühlen.

Eine herausragende Rolle im Wettlauf um das erste Mondhotel nimmt das „Lunar Hilton Hotel“ ein. Im Jahr 1958 wurde im Zusammenhang mit der Berichterstattung zu einem Event die Idee eines Mondhotels ins Leben gerufen wurde und geistert seitdem in regelmäßigen Abständen immer wieder durch die Medien. Es ist dabei nicht klar auszumachen, ob die Pläne verwirklicht werden sollen oder ob es sich um eine clevere Marketingidee handelt.

13.3.1 Lunar Hilton Hotel

Mitte des nächsten Jahrhunderts soll auf dem Mond ein Luxushotel entstehen. Was wie ein April-Scherz anmutet und vielleicht momentan nur wie ein abgehobener Marketing-Gag wirkt, könnte aber irgendwann Realität werden. Zumindest liegen die ersten Bauskizzen für das milliardenschwere Projekt bereits vor, für das Hilton bislang immerhin schon 300.000 Dollar investiert hat.

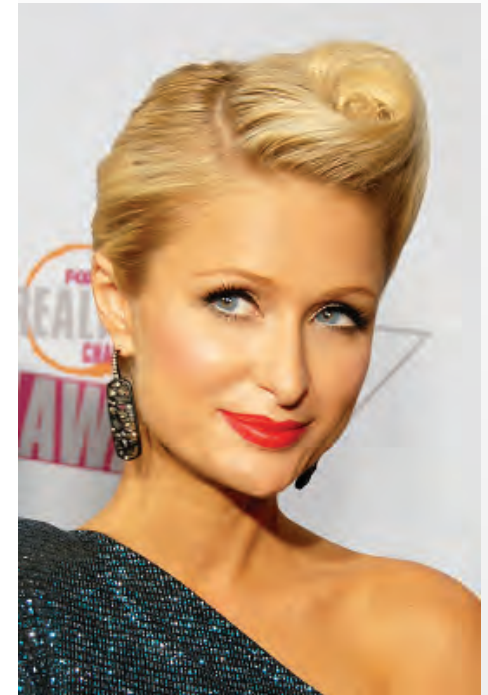


Abb.230: Paris Hilton

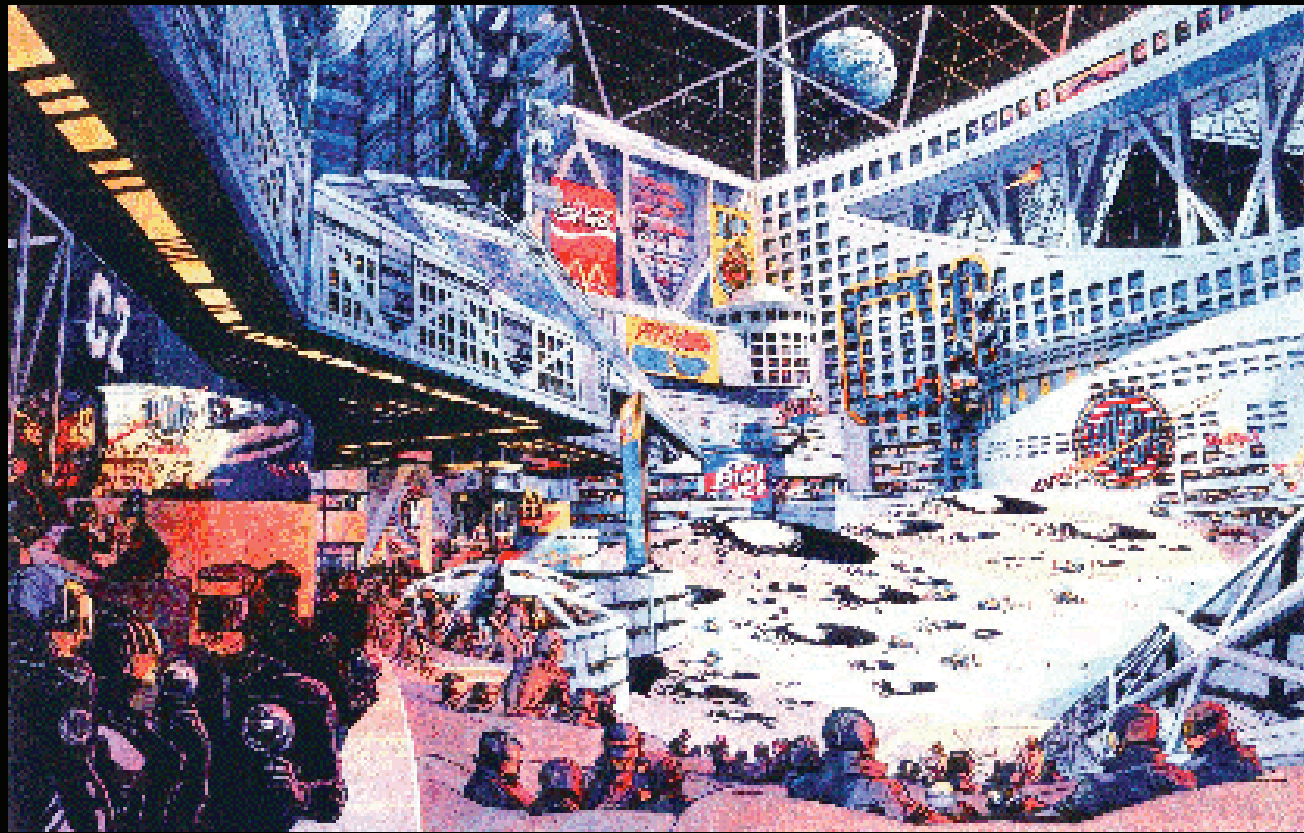


Abb.231

PARIS HILTON: Lunar Hilton Hotel

Obgleich einige hinter dem Lunar-Hilton-Projekt nur einen cleveren Marketing-Gag vermuten, plant der Präsident von Hilton International, Peter George, ernsthaft für die Zukunft: „Schon in absehbarer Zeit wird es auf dem Mond mehrere Hotels geben. Wir von Hilton wollen dabei die ersten sein - das ist beste Hilton-Tradition.“ Indes hält der Weltraumtourismusexperte Dr. Michael Reichert vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln diesen Zeitplan für utopisch: „Lunar Hilton wird wohl länger auf sich warten lassen. Momentan ist es noch reine Science Fiction. Doch 2050, wenn die bemannte Raumfahrt kosteneffektiver geworden ist, könnte der Zeithorizont des Plans realistischer sein.“

Derweil hat die ausländische Konkurrenz nicht geschlafen. Schon seit längerem liegen konkrete Pläne, Modelle und Computersimulationen anderer Unternehmen zur flächendeckenden Besiedelung des Mondes vor. So etwa das futuristisch anmutende Projekt der großen japanischen Baufirmen Shimizu und Nishimatsu Corporation. Danach sollen Mitte des nächsten Jahrhunderts auf dem Mond exorbitant große Kolonien errichtet werden, die über 10.000 Menschen Platz bieten. Hierbei spielen nicht allein touristische, sondern auch geologische Motive eine tragende Rolle. Denn der Erdsatellit ist nicht nur mit Kratern, sondern auch mit riesigen Rohstoffvorkommen gesegnet. Hier lagern reichhaltige Bodenschätze, die später einmal zum lunaren Exportschlager avancieren könnten. Kein Wunder, dass die Japaner in das Projekt bislang 75 Millionen Mark investiert haben.

ei alledem wirkt der Mond auf den ersten Blick nicht gerade wie ein künftiges, lukratives Ferienparadies. Dies hängt damit zusammen, dass ihm eine Atmosphäre fehlt. So sind hier Temperaturschwankungen von plus 137 bis minus 190 Grad Celsius Normalität; Sonnenauf und -untergänge finden im 2-Wochen-Rhythmus statt; Mondnächte und Lunartage wechseln somit turnusgemäß alle 14 Tage. Hinzu kommt die ständige Gefahr von Meteoriden, die, wenn sie auf Gebäude lautlos einschlagen, eine verheerende Wirkung hätten.

Dass Peter Inston im März letzten Jahres überhaupt zum Bleistift greifen konnte, verdankt er der Raumsonde Lunar Prospector Sie entdeckte Anfang 1998 an den Mondpolkappen Indizien für ein riesiges zu Eis erstarrtes Wasserreservoir. Das so dringend für den Bau und die Versorgung des Hotels benötigte Wasser stand mit einem Male zur Verfügung. Doch nach ihrem gezielten Absturz im Juli 1999 fand die Sonde unverhofft keinen einzigen Hinweis mehr für die Existenz von „Mondwasser“.

Trotzdem zeigt sich Inston zuversichtlich:

„Viele Menschen würden gerne ihren Urlaub auf dem Mond verbringen. Besonders dann, wenn Luxus und Komfort gewährleistet sind. Auf Lunar Hilton wird dies der Fall sein.“



Abb.232: Erdaufgang



Abb.233

Abb.234



PARIS HILTON: Lunar Hilton Hotel

Aber eben dies wird nach Ansicht von Dr. Reichert kaum zu realisieren sein: „Die ersten Touristen auf dem Mond werden nicht so komfortabel wie auf dem Lunar Hilton, sondern eher auf Raumstationsniveau untergebracht sein.“

Während Inston sich im Optimismus übt, glaubt zumindest die Mehrheit der deutschen Bevölkerung nicht an das von Jules Verne verklärte Reiseziel Mond. Einer Umfrage des Wiesbadener Meinungsforschungsinstitutes Gallup zufolge sind immerhin für 59 Prozent der Deutschen kommerzielle Flüge zum Mond in den nächsten 25 Jahren reine Fiktion. Doch früher oder später werden die ersten Touristen den Mond frequentieren, so Reicherts Prognose. Wohl deshalb nimmt die raumfahrtorientierte Wirtschaft den Traum vom Ferienausflug in den Weltraum durchaus ernst. Seit dem Ende des Kalten Krieges, seitdem die Auftragslage in der Luft- und Raumfahrtindustrie rapide abgenommen und sich die Zahl der dort Beschäftigten um die Hälfte halbiert hat, sucht sie nach neuen Märkten. Hierfür scheint der Weltraumtourismus bestens geeignet, lockt er doch zugleich auch solvente Kunden an. „Gelingt es, die Transportkosten um den Faktor 100 zu reduzieren“, so Dr. Reichert, „hat der Weltraumtourismus tatsächlich eine realistische Chance. Solange sich aber ein Ticket zum Mond im Millionenbereich bewegt, ist ein solches Projekt unrentabel.“

Wenn das Lunar Hilton Hotel seine Pforten öffnet, werden Shuttle-Flüge und Hotelaufenthalte im Orbit längst touristische Normalität sein. Dann könnte die ungewöhnliche Idee des Reiseveranstalters Thomas Cook fruchten. Seit 1954 bietet die englische Hauptzentrale Reservierungen für Reisen zum Mond an.

Wer die nötige Geduld mitbringt, kann sich dort in ein „Moonregister“ eintragen und erhält zugleich ein Mondzertifikat in Gestalt einer Urkunde. Gegenwärtig sind auf der „deutschen“ Warteliste schon über 8000 Mondsüchtige registriert. Dabei ist es gewiss kein Zufall, dass es die Reisegesellschaft Thomas Cook war, die diese ganz und gar ernstgemeinte Aktion initiierte. Denn ihr historisches Vorbild, mit dessen Namen sie sich schmückt, legte bereits 1841 eine überraschende Weitsicht an den Tag, als es schrieb: „Ich bin fest davon überzeugt, dass es bald möglich sein wird, das organisierte Reisen bis an die Grenzen des bewohnten Erdballs auszudehnen. Und sicher werden wir eines Tages sogar Tickets verkaufen für Passagiere in fliegenden Maschinen. Und wer weiß, vielleicht sogar zum Monde, hin und zurück.“

ann genau jedoch dies stattfindet, wann Pauschaltouristen den Mondstaub aufwirbeln, steht in den Sternen. Bis die ersten „Erdlinge“ das lunare Urlaubsparadies anfliegen, bis die ersten irdischen Globetrotter zu lunaren Moontröttern geworden sind, werden zuvor mit Sicherheit noch viele Vollmonde durchs Land ziehen.



Abb.235: Mondzertifikat



Abb.236: © Reuters, EPA, AP

13.4 Niki Lauda: "Für den Flug ins All würd ich alles geben!"

Der kleinste Fehler, und ein Mensch zerbröseln zu interstellarem Staub. Beschädigte Hitzeschilder, defekte Dichtungsringe, offene Ventile. Es sind Lappalien, die zwischen Erfolg und Scheitern einer Mission entscheiden, zwischen Held und Heldentod.

28. Jänner 1986, das Space-Shuttle „Challenger“ explodiert, sieben Kosmonauten kommen ums Leben.

1. Februar 2003, die US-Raumfähre „Columbia“ bricht auseinander, sieben Menschen verunglücken.

Die Endlichkeit des Lebens trifft auf die Unendlichkeit des Universums. Aber Angst? Er doch nicht. „Null!“, sagt Niki Lauda. „Ich will auf jeden Fall in das Weltall! Am liebsten sofort.“

Und mit diesem Wunsch steht er nicht alleine da. Tom Hanks will hinauf in die Unendlichkeit, Brad Pitt ebenso wie seine Angelina Jolie. Absurde Science-Fiction ist das längst nicht mehr, schon ab 2014 soll der All-Tourismus im großen Stil starten. Aber was erwartet die Urlauber dort oben überhaupt? Eines gleich vorweg: So harmlos wie ein Welt-raum-Spaziergang klingt, ist er nicht.

Gerade Langzeit-Reisende haben kein leichtes Leben im All –trotz (oder gerade wegen) der Schwerelosigkeit. Mit einem Mal ist oben nicht mehr oben und unten nicht mehr unten, die Orientierung ist völlig dahin. Die Folge ist eine Art Seekrankheit, nur Abertausende Kilometer entfernt von jedem Ozean. Es sind auch die gleichen Medikamente, die der Betroffene einnehmen muss. Ist dieses Problem gelöst, kommt auch schon das nächste. Laut Untersuchungen nimmt in jedem Monat Schwerelosigkeit die Knochendichte um ein 1% ab. Nach einer längeren Zeit im All wäre das Skelett eines Astronauten dünn wie Glas. Auch hier helfen nur Tabletten. Die gleichen, die Frauen in den Wechseljahren schlucken müssen. Ohne Training auf speziellen Geräten würden die Muskeln der All-Besucher übrigens ähnlich rasch verkümmern wie bei Komapatienten.

Dann ist da noch die Sache mit den Herzrhythmusstörungen. Immer wieder klagen Astronauten über Schmerzen in der Brust, weil der wichtigste Muskel des Menschen ohne Erdanziehungskraft eben anders schlägt als mit. Überhaupt macht der Körper eine irre Veränderung durch. In der Schwerelosigkeit werden die Menschen sogar größer, weil sich die Wirbel ausdehnen, bis zu 8cm die Statur urplötzlich. Zu erwähnen wäre noch die kosmischen Strahlungen,

Windelpflicht bei Aussenmissionen, winzige Toilettensitze, und dann erst die Heimkehr. Der Mensch gewöhnt sich rasch an das Leben im All, muss dann aber auch erst wieder das auf der Erde erlernen. Doch diese Gefahr reicht vielen nicht aus. Einer will es noch actionsreicher:

Im Oktober lässt sich Extremsportler Felix Baumgartner mit einem Ballon 36.000 Meter in die Stratosphäre bringen und springt dann mit einer Geschwindigkeit von 1100 km/h zurück auf die Erde.



Abb.237:
Per Rakete ins All - der Traum vieler.
Für die KRONE Zeitung schlüpfte Lauda zur Probe in einen echten Raumanzug der Russen.



Abb.238

13.5 Felix Baumgartner

Am 14. Oktober 2012 ist Felix Baumgartner endgültig zur Legende geworden. Als erster Mensch hat er an diesem Tag im freien Fall die Schallmauer durchbrochen und dabei zwei Weltrekorde aufgestellt (höchste bemannte Ballonfahrt, höchste Absprung). Red Bull Stratos war ein Sprung in die Geschichtsbücher – aber nicht der erste Superlativ des Österreichers.

Der 43-Jährige war der erste Mensch, der den Ärmelkanal ohne motorisierte Hilfe in der Luft überquerte – mit einem Wingsuit als Träger-Rakete. Er absolvierte den vermutlich schwierigsten B.A.S.E.-Jump aller Zeiten – in den 190 Meter tiefen flaschenförmigen Höhlenschacht der Mamethöhle im kroatischen Velebitgebirge. Er stürzte sich von den höchsten Gebäuden und spektakulärsten Spots der Welt. Seine bevorzugten Absprungrampen: die Petronas-Türme in Kuala Lumpur; der rechte Arm der Christusstatue in Rio de Janeiro; die 390,2 m hohe äußeren Beobachtungsplattform der 91. Etage des 509 m hohen Taipei 101-Wolkenkratzers in der Hauptstadt Taiwans; oder die Puente de las Américas, die Nord- und Südamerika verbindet!

Das Markenzeichen des gebürtigen Salzburgers, der Maschinenschlosser und Mechaniker lernte, ist die Zahl 502, die er auch als Tattoo am Rücken trägt. Es ist seine Registrierungsnummer bei der American B.A.S.E. Association aus dem Jahr 1998. Jenem erlauchten Club dürfen nur jene beitreten, die alle vier Objekttypen nachweislich gesprungen sind: Building (Gebäude), Antenna (Antenne), Span (Brücke) und Earth (Klippen).

13.5.1 Sprung aus der Stratosphäre

Baumgartner stieg am 14. Oktober 2012 von der Walker Air Force Base bei Roswell, New Mexico (USA) mit einem Heliumballon in einer Druckkapsel in die Stratosphäre auf, um mit Schutzanzug und Fallschirm abzuspringen. Nach dem Sprung reichte er drei Eckdaten bei der FAI zur Anerkennung als Weltrekord ein:

Der mit 38.969,4 m höchste Absprung eines Fallschirmsprungs. Dieser Rekord wurde zuvor mit 31.333 m von Joseph Kittinger gehalten. Kittinger stellte diesen Rekord am 16. August 1960 im Rahmen des Projekt Excelsior auf.

Der mit 36.402,6 m tiefste freie Fall. Dieser Rekord wurde zuvor mit 24.500 m von Jewgeni Andrejew gehalten, der ihn 1962 bei Wolsk aufstellte.

Die mit 1357,6 km/h größte im freien Fall erreichte Geschwindigkeit ohne Stabilisierungsschirm. Den bisherigen Rekordwert von 864 km/h hatte Baumgartner im Juli 2012 aufgestellt.



Abb.239

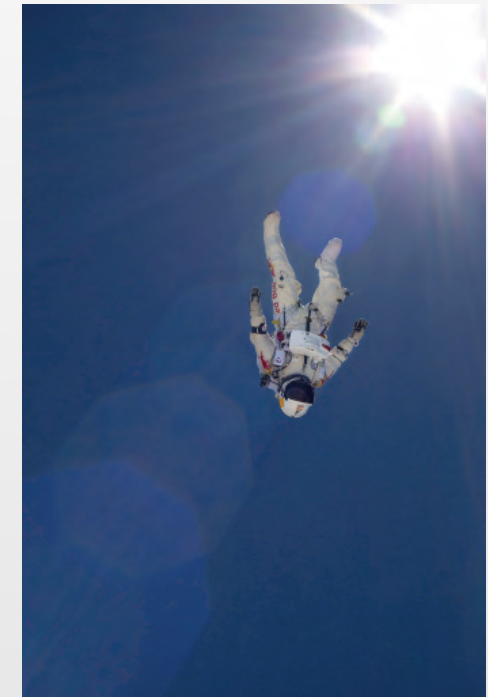


Abb.240



Abb.241

Stratosphärensprung bezeichnet einen Fallschirmsprung aus der Stratosphäre, also einen Absprung von außerhalb der je nach Breitengrad bis in etwa 8 bis 18 Kilometer Höhe reichenden Troposphäre. Im englischen Sprachraum hat sich in Abgrenzung zum Ausdruck „Sky diving“ für das Fallschirmspringen der Ausdruck „Space diving“ etabliert, obwohl der Beginn des Weltraums (engl. space) durch die Fédération Aéronautique Internationale (FAI) bei der Kármán-Linie in 100 Kilometern festgelegt wurde.

Ein Stratosphärensprung unterscheidet sich erheblich von einfachen Fallschirmsprüngen. Zunächst ist die erforderliche Höhe nicht mit einem Flugzeug erreichbar, weshalb stattdessen ein Heliumballon zum Einsatz kommt. Darüber hinaus benötigt der Springer in der Umgebung der Stratosphäre zum Schutz einen Raumanzug.

13.5.2 Geschichte

Die Geschichte der Stratosphärensprünge geht eng einher mit der Entwicklung der Luft- und Raumfahrt in den 1950er Jahren, durch die die ersten Sprünge aus der Stratosphäre zu Forschungs- und Entwicklungszwecken initiiert wurden. Bekannt wurde insbesondere das US-amerikanische Projekt Excelsior, in dessen Verlauf Joseph Kittinger in den Jahren 1959 und 1960 drei Sprünge absolvierte und dabei mehrere Rekorde aufstellte.

Stratosphärensprünge wurden in dieser Zeit aber auch von sowjetischen Raumfahrtpionieren absolviert, so zum Beispiel 1966 von Swetlana Sawizkaja und Jewgeni Andrejew, der 1962 den bis dahin längsten freien Fall absolvieren konnte (Kittinger hatte einen Steuerschirm benutzt). Andrejew sprang am 1. November 1962 gemeinsam mit Pjotr Dolgow. Die Sprünge dienten dem Test der Ausstiegsvorrichtung und der Raumanzüge der Wostok-Kapsel. Dolgow zog sich beim Ausstieg ein Leck im Raumanzug zu und kam durch den Druckverlust ums Leben.

Nachdem Nicholas Piantanida 1966 bei Rekordversuchen, die erstmals weniger Forschungs- als massenmedialen Zwecken dienten, ums Leben gekommen war, wurden erst mit Beginn der 2000er-Jahre neue Versuche unternommen, die Rekorde aus den 1960er-Jahren zu überbieten. Größere Bekanntheit erreichten insbesondere die Versuche von Michel Fournier in den Jahren 2002, 2003 und 2008, die jedoch scheiterten. Erfolgreich endete dagegen im Jahr 2012 das Projekt Red Bull Stratos mit dem österreichischen Springer Felix Baumgartner.



Abb.242: 1960 sprang Kittinger bei Excelsior III aus einer Höhe von über 30 km

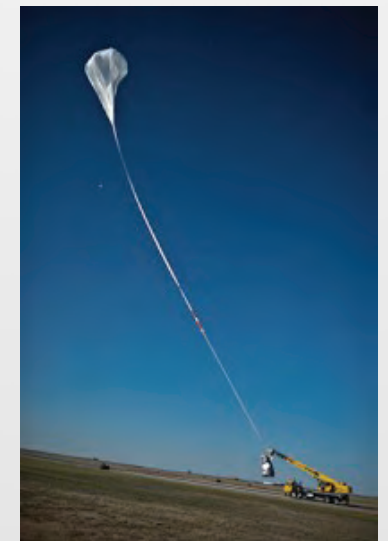


Abb.243



Abb.244



Abb.245



14

SAFETY FIRST

Abb.246



Abb.247: Aufnahme, kurz nachdem die Challenger explodiert ist.

Bis jetzt haben die Vereinigten Staaten zwei tödliche Unfälle während des Fluges beide erlebt mit dem Space Shuttle:

Der Challenger Launch Katastrophe im Jahr 1986 und der Break-up of Columbia beim Wiedereintritt in 2003. Russland verlor ein Kosmonaut und seiner Kapsel wegen einer Fehlfunktion Fallschirm-System in 1967, und eine Besatzung von drei durch ein Leck in der Druckkabine beim Wiedereintritt in 1971.

Einige andere Unfälle während des Fluges leicht zu Todesfällen geführt haben. Die Besatzung der Apollo 13 machte es kaum wieder zu Hause leben nach einem Sauerstofftank Explosion auf ihrem Weg zum Mond im Jahr 1970. In 1975 wurde die Besatzung von Sojus-18 wurden aus ihren fallende Rakete, bereits bei 192 km (119 Meilen) Höhe, durch ihre Flucht Raketen gespeichert.

Auch im Jahr 1983 die Kosmonauten auf Bord Sojus T-10 knapp dem Tod entgangen, als Notausstieg Raketen ihr Raumschiff zog weg von der Rakete, die auf der Startrampe explodiert war.

Mit einer Gesamtfläche von etwa 240 Menschen Weltraummissionen to date, der Durchschnitt der tödlichen Unfälle 1 pro 60 Flüge. Dies ist extrem hoch, wenn die kommerzielle Luftfahrt im Vergleich: unter ein Flugzeug in den Urlaub fahren stellt für Sie nur eine 1 in 2 Millionen Wahrscheinlichkeit nicht der Ankunft am Zielort lebendig. Auch Fallschirmspringen ist sehr sicher im Vergleich mit nur etwa einem tödlichen Unfall pro 100.000 Sprünge. Messe Weltraumtourismus wird wahrscheinlich eine Sicherheit fast auf das Niveau der heutigen Verkehrsflugzeugen, sonst wird der Markt zu klein sein. Nicht viele Menschen werden komfortabel macht eine Raumfahrt, die mehr als 10.000-mal gefährlicher als Fliegen auf einem Verkehrsflugzeug ist. Darüber hinaus würden die Versicherungsprämien prohibitiv hoch sein.

Die aktuellen Trägerraketen sind riskant, weil in den Raum mit der heutigen Technologie zu bekommen müssen wir diese Maschinen, um ihre limits schieben. Raketentriebwerke arbeiten bei extrem hohen Drücken, um eine ausreichende Schubkraft, die wiederum die schwere Lasten auf den Launcher zu generieren. Dies wäre nicht so schwer zu verkraften, wenn Trägerraketen konnte schwer gemacht und stark werden, wie Panzer. Um jedoch eine nützliche Nutzlast in den Orbit befördern, müssen Trägerraketen sehr leicht sein und sind daher ziemlich fragil. Zum Beispiel hatte der Atlas-Rakete, die die ersten amerikanischen Astronauten in den Orbit gestartet wie eine dünne metallische Haut, ohne Innendruck würde es unter seinem eigenen Gewicht zerdrückt haben. Es war wie ein Soda können, die kann ziemlich load, wenn sie voll zu behandeln, kann aber leicht zerquetscht, wenn sie leer sind.



Abb.248: Space shuttle Challenger



Abb.249: The space shuttle Columbia is seen breaking up during re-entry, photographed from an Apache helicopter,

SAFETY FIRST

Auch, um das Gewicht möglichst gering zu halten, Trägerraketen selten aus der gleichen Menge an Backup-Systeme als ein großes Flugzeug zu profitieren. Wenn ein Motor auf einem launcher in einem frühen Stadium in die Flucht schlägt, ist die Mission verloren. Am besten kann die Crew den unvermeidlichen Absturz, indem eine Art von Flucht-System, sondern drehte sich um und fliegen zurück zur Basis wie eine Fehlfunktion Flugzeug nicht möglich ist zu entkommen.

Starten beinhaltet auch riesige Mengen von extrem gefährlichen, explosiven Treibmittel. Der Space Shuttle-Feststoffraketen sind notorisch unsicher. Sie ähneln riesigen Knallkörper, mit einem Kern aus Festtreibstoff statt Tanks mit flüssigem Brennstoff und Oxidationsmittel. Ein Riss in der festen Treibladungskorn in diesen Booster könnte zu schnellen buming, Überdruck und einer verheerenden Explosion führen. Es gibt nichts, was irgendjemand tun, um eine solche Katastrophe zu verhindern, sobald die Booster haben gezündet hätte, denn wie ein Feuerwerk, sie nicht ausgelöscht werden kann.

Die Tatsache, dass der Shuttle-Feststoffraketen, im Gegensatz zu Flüssigtreibstoff-Systemen können nicht gedrosselt oder heruntergefahren werden bedeutet auch, dass das Space Shuttle keine Flug-abort Möglichkeiten hat, während sie in Betrieb sind. Wenn eine oder mehrere der flüssigen Eigenantrieb Hauptmotoren fehlt, kann der Shuttle fliegen zurück nach seiner Markteinführung site, I und anderswo in der Welt, oder brechen Sie zu einer niedrigeren Umlaufbahn als geplant, aber erst nachdem die beiden Boostern haben ausgebrannt. Davor gibt es kein Entrinnen.

Ein weiteres Risiko-Erhöhung Punkt ist aufgrund ihrer erweiterbar Natur, Zerbrechlichkeit und hohen Kosten, die können moderne Trägerraketen nicht Testflüge in großem Ausmaß sein.

Eine neue Art der Rakete wird in der Regel für einsatzbereit erklärt, nach nur ein oder zwei Testflüge, während typischerweise 1.000 Testflüge mit einer einzigen Ebene gemacht werden, bevor ein neues Flugzeug geht in Betrieb Prototypen von neuen Flugzeugen kann allmählich in höhere Lagen und Geschwindigkeiten während der Testphase geschoben werden, aber für Trägerraketen ist dies in der Regel nicht möglich. Rockets entweder noch stehen auf der launch Pad, oder fliegen den ganzen Weg in den Weltraum, es gibt keine Möglichkeiten dazwischen. Die erste Space Shuttle Flug des kompletten Systems musste auch eine vollständige Mission zu sein, mit einem Standard-Start-, Bahn Reentry und einer Besatzung an Bord.

Vor dem ersten Flug Space Shuttle Columbia, hatten die Vereinigten Staaten nie eine so große spaceplane gestartet oder geflogen man zurück aus dem Orbit. Alles musste einwandfrei ersten Mal (und glücklicherweise tat).



Abb.250: CNN: Columbia Accident



Abb.251: Space Shuttle Columbia

Individuelle Raketen können nicht testen überhaupt geflogen sein; bauen Sie sie, und Sie starten sie. Sie können nicht ein Startprogramm frisch aus der Produktion für einen Testflug, bevor Sie es auf einer echten Mission. Die Zuverlässigkeit und Sicherheit einer Trägerrakete vor allem auf das, was aus früheren Starts, robust Qualitätskontrolle und Prüfverfahren learned abhängen. Ausrüstung kann getestet werden, während der Launcher ist immer noch auf dem Boden, sondern, wie die Systeme betreiben wird während des Fluges nicht garantiert werden kann. Im Gegensatz dazu einzelne kommerzielle Flugzeuge aus der Fabrik in der Regel machen ein paar Testflüge, um sicherzustellen, dass alles funktioniert wie vor der Übergabe an den Kunden erwartet wird.

Wegen all dieser sind zukünftige Weltraumtouristen wahrscheinlich an Bord von Flugzeugen-like, wiederverwendbare spaceplanes anstatt entbehrlich Raketen fliegen. Während stufenweise Testkampagnen ähnlich denen der kommerzielle oder militärische Flugzeuge, könnte spaceplanes viel gründlicher als gewöhnliche, entbehrlich Raketen getestet werden. Sie hätten höhere Sicherheitsreserven und Backup-Systeme, und ermöglichen eine sichere Abbrüche während der gesamten Einführungsphase. Der Space Shuttle mit seinen verschiedenen abort Szenarien, ist teilweise ein Raumgleiter, aber immer noch abhängig von Verbrauchsmaterialien Raketentechnik.

Der Trick besteht darin, die relative Einfachheit der Verbrauchsmaterialien Raketen mit der Zuverlässigkeit und Sicherheit von Flugzeugen zu kombinieren, um am Ende mit einem sicheren, wirtschaftlichen Trägerrakete. Allerdings, wenn sie nicht gut ausgebildet sind, könnte spaceplanes am Ende kombiniert die Unzuverlässigkeit von Verbrauchsmaterialien Trägerraketen mit der Komplexität von anspruchsvollen Flugzeuge.

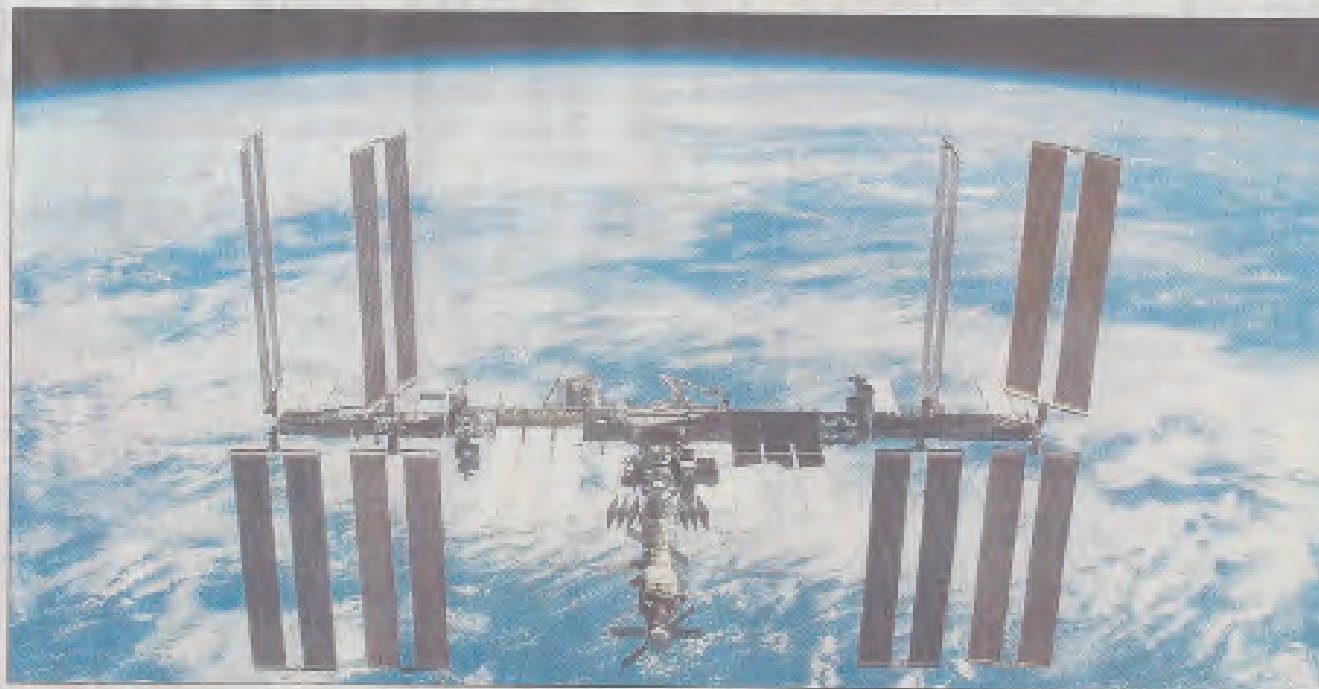
Einmal in der Umlaufbahn, besteht die Gefahr weniger unmittelbar, einfacher zu mildern, aber dennoch immer da. Die gravierendsten Raum Gefahren sind Auswirkungen von Meteoriten und Weltraummüll sowie on-board Brände.

Normalerweise sind Meteore in der Erdumlaufbahn selten und die Chance auf ein Schlagen ein Raumschiff ist klein. Manchmal jedoch, bewegt sich unser Planet durch eine Wolke von diesen Brocken aus Metall und Stein, wodurch spektakuläre Displays von Feuerwerkskörpern als Meteore bum in der Atmosphäre, sondern erhöht auch die Chance einer Kollision mit einem Raumschiff. In der Vergangenheit haben Satelliten Meteor Stürme zerstört worden.

Glücklicherweise sind die Umlaufbahnen der Meteor Swanns um die Sonne gut kartiert, so dass mit Crew Raumsonde auf dem Boden gehalten werden, wenn ein fällig ist.



Abb.252:
Durch Weltraumschrott zerstörten
Navigationssatelliten



Raumstation ISS muss Weltraummüll ausweichen

Um einen Zusammenstoß mit einem Stück Weltraumschrott zu vermeiden, hat die Internationale Raumstation ISS (unser Bild) ihre Position um einen halben Kilometer verändert. Die Wahrscheinlichkeit einer Kollision habe zwar nur bei ei-

nem Tausendstel Prozent gelegen, teilte das russische Flugleitzentrum nahe Moskau gestern mit. Vorsichtshalber seien aber für drei Minuten die Triebwerke angeworfen worden. Derzeit arbeiten drei Kosmonauten sowie drei US-Astronau-

ten an Bord der Station in rund 350 Kilometern Höhe. Heute soll ein unbemannter russischer Raumfrachter vom Typ Progress mit Ausrüstung, Nahrungsmitteln, Wasser und Sauerstoff zur ISS starten. Die Ankunft ist für Samstag geplant. Foto: dpa

Abb.253

Meteors sind natürlich, aber Weltraummüll kann auch Scherben-up-Satelliten, Flocken von Raumfahrzeugen Farbe und Müll aus Raumstationen geworfen bestehen.

Es gibt sogar ein Handschuh fliegen irgendwo herum, von einem Astronauten, wenn er die Luke für einen Weltraumspaziergang eröffnet verloren.

Eine kleine Flocken aus Stahl von 0,05 Gramm bewegt sich in die entgegengesetzte Richtung kann ein Raumschiff mit der gleichen Menge an kinetischer getroffen: Small Trümmer von nur wenigen Millimetern kann eine verheerende Auswirkung Energie wegen der hohen Umlaufgeschwindigkeiten zu tun haben Energie als 5-kg brick bei 90 Kilometer pro Stunde.

Die Abschirmung auf den meisten Raumfahrzeuge und Raumstationen stoppen können kleine Stücke von Debris bis 1 Zentimeter im Durchmesser. Große Brocken Junk größer als 10 Zentimetern, wie leere Raketenstufen und tote Satelliten werden durch Radar vom Boden verfolgt. Ihre Umlaufbahnen daher sind wohlbekannt, so Satelliten und Crew Raumfahrzeug in sicheren Bahnen platziert werden, um Kollisionen zu vermeiden.

Die wirklich gefährlichen Stücke sind die zwischen 1 und 10 Zentimeter im Durchmesser, da sie in der Lage zu durchdringen eines Raumfahrzeugs Außenhülle sind, aber zu klein, um verfolgt werden. Das Risiko der Begegnung ein in erdnahen Orbit ist jedoch sehr gering, da die meisten Schmutz wird sich durch den Luftwiderstand und bums in der Atmosphäre nach ein paar Jahren in der Umlaufbahn verlangsamt.

Die meisten modernen erdnahe Satelliten entwickelt, um ihre letzte Menge an Treibmittel zu bremsen verwenden und fallen zurück auf die Erde, so dass eine saubere Bahn hinter sich. Raketenstufen nun auch entlüften ihre verbleibenden Treibstoffs zu Explosionen im Raum zu vermeiden, und die Schaffung von Tausenden von kleinen, nicht nachvollzogen Stücke. Kein Crew Raumschiff oder Raumstation hat jemals ernsthaft durch Meteore oder Trümmer beschädigt, obwohl ihre Fenster und Sonnenkollektoren viele winzige Einschlagkrater zeigen nach einiger Zeit in der Umlaufbahn. Zukünftige Weltraumtourismus Fahrzeuge müssen in sauberen Bahnen gelegt und durch ausreichende Abschirmung abgedeckt werden, um ein ausreichendes Maß an In-Orbit-Sicherheit zu erreichen. Weltraumtourismus Fahrzeugen und Raum Hotels erfordern anspruchsvolle Brandmelde-und Löschanlagen, und offene Feuer und das Rauchen wird sicherlich verboten werden.

Ein einfacher Weg, um ein Feuer zu löschen im Raum ist, die Luke zu öffnen und entpacken Sie die Raumfahrzeuge. Natürlich ist dies nur eine Option, wenn alle an Bord trägt einen Raumanzug oder den Teil, der auf feuern kann vom Rest des Raumschiffs und entlüftet geschlossen individuell ist. Diese letzte Möglichkeit kann in großen Raum hotels verwendet werden; mit allen Verschleiß Raumanzüge die ganze Zeit ist nur sinnvoll bei kurzen Flügen und Transfers zu einem Raum Station.



Abb.254: Ein Stück Weltraumschrott hat das Solar-Max-Experiment der NASA glatt durchschlagen.



Abb.255: Fireball



Abb.256: Meteor Crater, Arizona



15

STRAHLUNG

Abb.257

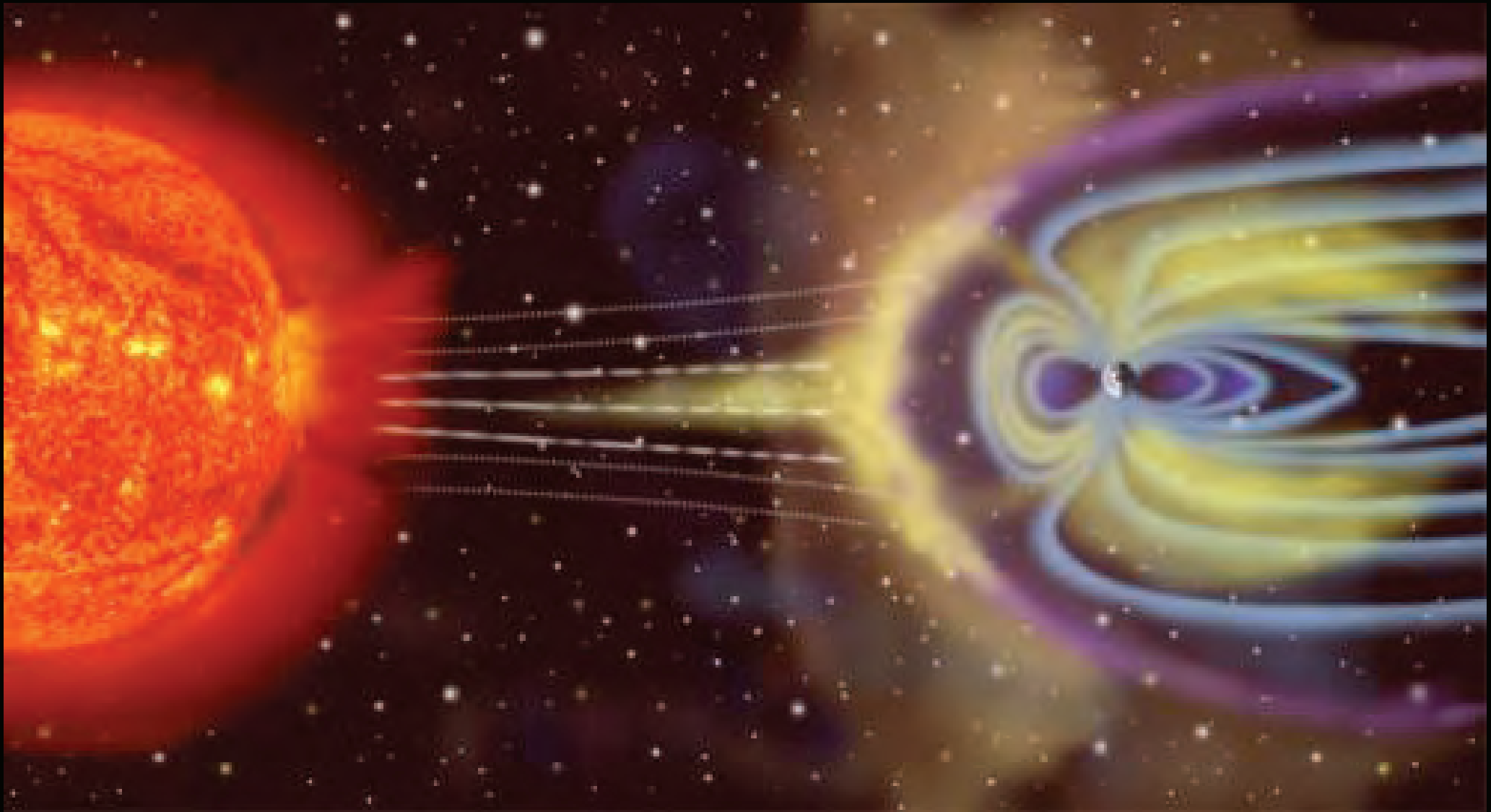


Abb.258: This is a NASA illustration of the effect of solar energy output on the Earth magnetosphere.

15.1 Einleitung

Raumsonden sind höheren Strahlungsmengen ausgesetzt als wir hier auf der Erde.

In der Raumfahrt wird fast ausschließlich die Nicht-SI Einheit rad, bzw. wegen der hohen Dosen meistens das krad verwendet. Ich habe dies übernommen, da sie spätestens beim Studium weiterführender Dokumente über das krad stolpern werden und es wenig Sinn macht dann hier die SI Einheit Gray zu verwenden, welche in der Fachliteratur unüblich ist. Definiert ist die Dosis krad (SI) wie folgt:

Die Dosis die ein Siliziumdetektor (daher das SI) unter einem 2.2 cm dicken halbkugelförmigen Schutzschild empfängt. Es ist eine gemessene Größe die abhängig von der Art der Teilchen, ihrer Energie abhängt. Eine Totaldosis von 150 krad heißt z.B. Das die Hardware spezifiziert ist diese Dosis zu überleben. Natürlich ist die Dosis in Gray oder anderen SI Einheiten in der Raumsonde stark abhängig von der Abschirmung und den Teilchen. Die SI Einheiten für die Dosis sind dagegen Gray oder Rad.

Bei der Wirkung auf Organe muss man zwischen den einzelnen Strahlungsarten differenzieren, da sie unterschiedlich stark eindringen können. Vergleicht man die Strahlungsbelastung für den Menschen von verschiedenen Quellen so benutzt man als Einheit das Sievert.

1 Sievert (Sv) entspricht in SI Einheiten einem Gray, jedoch enthält es Korrekturfaktoren für den Vergleich verschiedener Strahlungsraten, so dass man verschiedene Strahlungsbelastungen z.B. durch Röntgenstrahlen und Protonen vergleichen kann. Photonen und Elektronen haben z.B. den Korrekturfaktor 1, während Alpha-Teilchen den Korrekturfaktor 20 haben. Bei Neutronen hängt er von der Energie ab, doch kommen diese wegen ihrer Halbwertszeit von etwas über 9 Minuten nicht in der Strahlung vor von der wir hier sprechen.



Abb.259: Ein in Deutschland gebautes Satelliten-Trio hat heute Mittag seinen Weg in die polare Erdumlaufbahn angetreten. In den kommenden vier Jahren werden die drei identischen Satelliten das Erdmagnetfeld, das in den letzten 150 Jahren immer schwächer geworden ist, erstmals präzise vermessen.

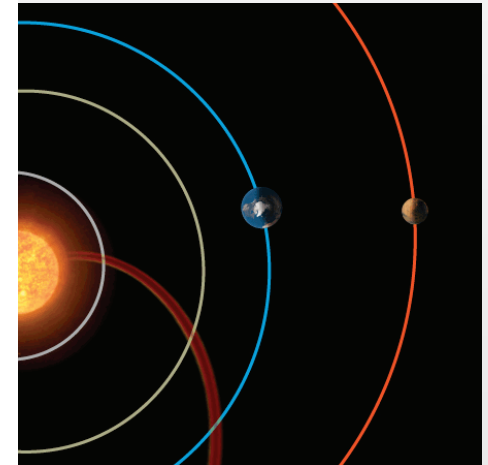


Abb.260: Im Januar 2008 erreichte eine ko-rotierende Wechselwirkungsregion von Sonnenwindströmen nacheinander die Erde und den Mars. Dabei konnten verschiedene Raumsonden die Verlustraten von Sauerstoffionen bei den beiden Planeten bestimmen.

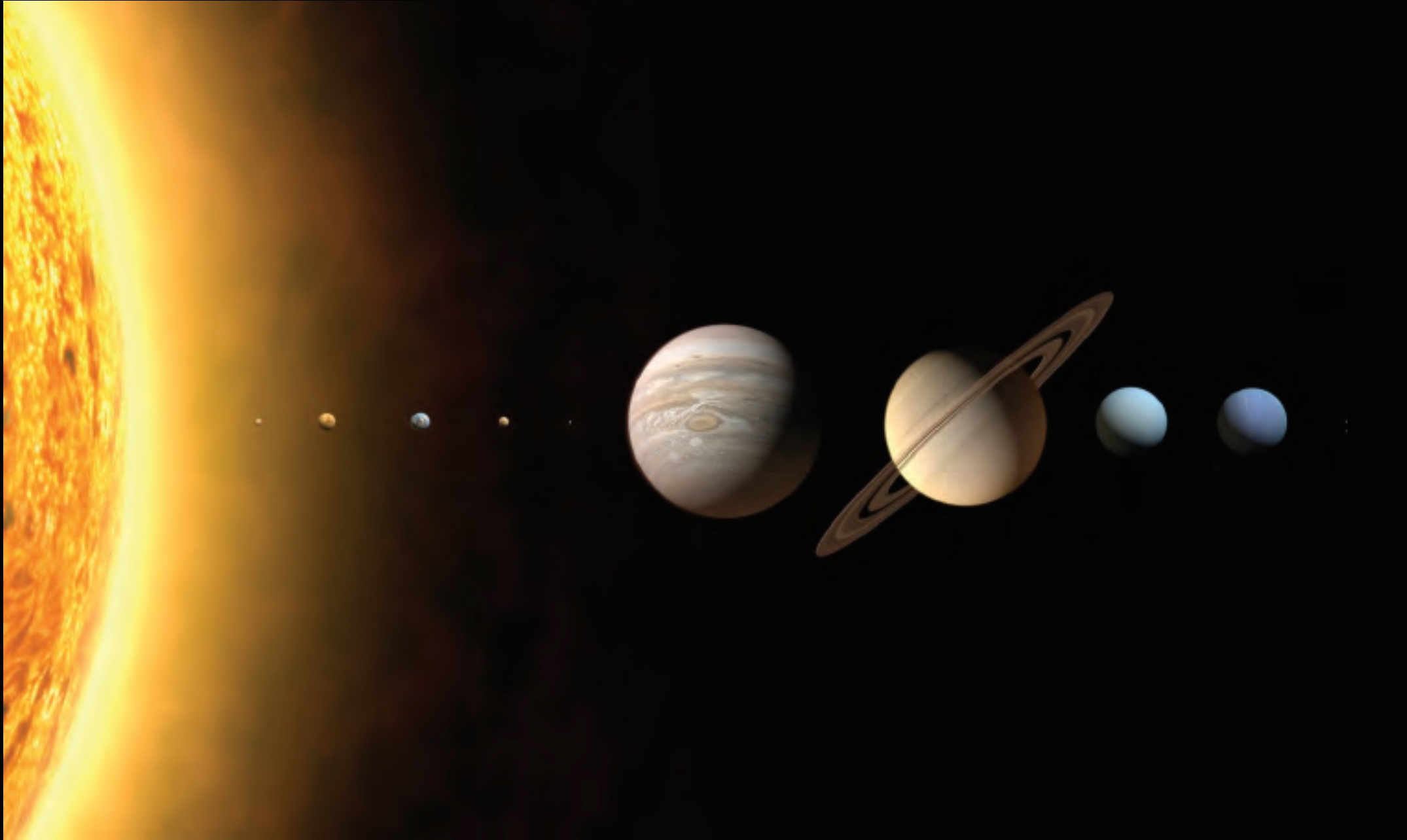


Abb.261

15.2 Schutz auf der Erde vor Strahlenbelastung

Auf der Erde ist man durch zweierlei Mechanismen vor der Strahlung geschützt: Zum einen durch das Magnetfeld der Erde und zum zweiten durch die Atmosphäre.

Das Magnetfeld der Erde ist der äußere Schutzgürtel. Protonen und Elektronen sind elektrisch geladene Teilchen die natürlich durch ein Magnetfeld aus ihrer Bahn abgelenkt werden. Sie bewegen sich entlang der Magnetfeldlinien und senden dabei Bemsstrahlung aus. Der Sonnenwind beeinflusst das Magnetfeld jedoch auch, indem er es komprimiert: Es bildet sich auf der sonnenzugewandten Seite eine Schockfront in 60.000-100.000 km Entfernung von der Erde aus, auf der sonnenabgewandten Seite wird es zu einem Schweif auseinander gezogen der sich weit über die Mondbahn in den Raum erstreckt.

Auf der Erde besteht der Van Allen Gürtel aus zwei Segmenten. Einem inneren, beginnend in etwa 1000 km Höhe mit einem Maximum zwischen 3000 und 6000 km Höhe bestehend aus Protonen und einem äußeren beginnend in 20.000 km Höhe bis zu 45.000 km Höhe mit einem Maximum bei 250000 km Höhe, bestehend hauptsächlich aus Elektronen. In diesen Gürteln ist die Strahlenbelastung höher als im freien Weltraum, weil sie praktisch die Teilchen aus einem größeren Gebiet einfangen. Verlassen können die Teilchen die Gürtel wenn sie durch Zusammenstöße soviel Energie erhalten haben, dass es ihnen gelingt die Gürtel wieder zu verlassen oder sie soweit abgebremst werden, dass sie auf die Atmosphäre auftreffen. Das gilt für alle Strahlungsgürtel im Sonnensystem. Es gilt dabei: Je stärker das Magnetfeld des Planeten ist, desto ausgedehnter sind die Gürtel.

Die Atmosphäre schützt uns als zweite Barriere vor Teilchen und energiereicher Strahlung. Teilchen treffen auf die obere Atmosphäre und werden dort recht effektiv absorbiert. Dies geschieht schon in großen Höhen von 100-200 km. Sie bewirken durch die Zusammenstöße mit den Atomen der Hochatmosphäre, dass diese schneller werden und sich so die Atmosphäre ins All ausdehnt. Das bewirkt eine größere Abbremsung von Satelliten und hatte z.B. das vorzeitige Verglühen von Skylab als Folge. Ein Nebeneffekt sind die Polarlichter.

die Atmosphäre schützt uns auch vor energiereicher kosmischer Strahlung, die ja aus energiereichen Photonen und nicht aus geladenen Teilchen besteht. Gegen Gamma und Röntgenstrahlung kann ein Magnetfeld keinen Schutz bilden, da diese Strahlung nicht durch Magnetfelder zu beeinflussen ist.



Abb.262: Die Aufnahme vom Shuttle aus zeigt das diese Polarlichter in großer Höhe entstehen.



Abb.263

15.3 Strahlungsbelastung im Erdorbit

Niedrig fliegende Satelliten wie Erdbeobachtungssatelliten, aber auch die ISS und andere bemannte Missionen bewegen sich unterhalb des Van Allen Strahlungsgürtels. Sie profitieren von dem Schutz durch das Erdmagnetfeld. Trotzdem ist die Strahlenbelastung deutlich höher als auf dem Erdboden, da zum die Erdatmosphäre fehlt, welche zusätzlich Teilchen absorbiert und vor allem die kosmische Strahlung absorbiert.

Sowohl in einem niedrigeren Orbit wie auch im Van Allen Gürtel unterliegt die Strahlung sehr großen Schwankungen. Bedingt durch die langfristige und kurzfristige Veränderung der Sonnenaktivität. im Van Allen Strahlungsgürtel kann es durch seine Akkumulationswirkung Spitzenwerte von bis zum 1000 fachen Normalwert geben, die jedoch nur über wenige Stunden erreicht werden.

Die lebenslange beruflich bedingte Strahlenbelastung in Deutschland sollte nach den Arbeitsschutzverordnungen bei 400 mSv liegen. Es sind aber Ausnahmegenehmigungen möglich. Der Tod in kurzer Zeit tritt bei einer Strahlung von 80.000 mSv ein. Ein Astronaut an Bord des Space Shuttles bekommt in einer Woche in etwa dieselbe Strahlendosis ab, wie ein Pilot eines Verkehrsflugzeuges in 3 Monaten, wenn er täglich 7 Stunden lang in 10 km Höhe ist.

15.4 Heutiger Stand des Strahlungsschutzes bei Satelliten

Mikroelektronik wird bei Satelliten vor der Strahlung geschützt. Das fängt schon bei der Herstellung an. Mikroprozessoren, Speicherbausteine und andere Teilchen entspringen einer strahlengehärteten Produktlinie. Die Maßnahmen bestehen zum einen in Fertigungsschritten die eine geringe Anfälligkeit gegenüber Strahlung haben. Bei Mikroprozessoren z.B. die Silicon on Insulator (SOI) Technologie. Zum anderen liest man spezielle Bausteine aus, welche nach Tests strahlungsresistenter als normale Typen sind. Von Vorteil ist, dass auch das Militär Interesse an solchen Bausteinen hat, die oftmals auch unter extremeren Temperaturbedingungen arbeiten können.

Des weiteren kann man Bauteile wählen die weniger empfindlich sind als normale Bausteine. So bestehen heutige Speicherchips aus CMOS RAM, welches relativ anfällig gegenüber Strahlung ist. Vielfach wird in Raumsonden zumindest der Arbeitsspeicher als SRAM aufgebaut. SRAM hat eine deutlich niedrigere Integrationsdichte. Ein Bit wird nicht in einem Transistor mit einem angeschlossenen Kondensator, sondern in einer Zelle von 6-8 Transistoren gespeichert. SRAM braucht erheblich mehr Platz pro Bit und ist erheblich teurer als CMOS-DRAM. Die Caches von Prozessoren bestehen z.B. aus SRAM. Dafür ist es deutlich strahlungstoleranter als CMOS RAM.

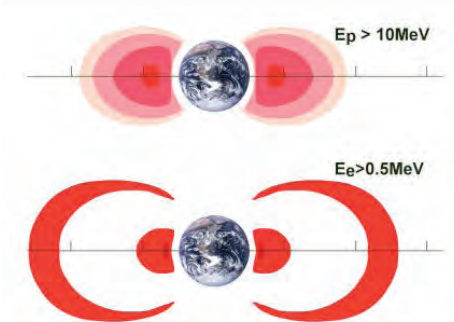


Abb.264



Abb.265: Whirlpool Galaxy

STRAHLUNG

Ein EEPROM ist auch weniger empfindlich. Das Western Digital W28C256 32 KBit x 8 EEPROM hat z.B. eine Strahlungsresistenz von 300 krad. 300 krad gelten für einzelne Bauteile als das Minimum um es „Radiation hardened“ zu bezeichnen (darunter ist es Radiation tolerant). Strategic Radiation hardened nennt man es wenn es mehr als 1 Mrad (SI) überlebt (strategic, weil dieselben Anforderungen wie für den Weltraum natürlich auch an Elektronik gestellt wird, die Kernexplosionen in der Nähe überstehen sollen). Für komplette Systeme, die natürlich aus mehr als einem Baustein bestehen sind die Anforderungen geringer, da die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls mit steigender Bausteinzahl ansteigt.

Darüber hinaus kann man natürlich Bausteine schützen, entweder direkt den Baustein selbst oder die gesamte Elektronik abschirmt, entweder durch Aluminium oder Tantalschilde, oder effektiver zumindest als Strahlenschutz, aber anfälliger gegenüber Erschütterungen, ist boriertes Glas. Bor ist ein sehr guter Strahlungsschutz mit einem sehr effizienten Einfangsquerschnitt für Neutronen.

Eine weitere Möglichkeit ist es mit den Fehlern zu leben und ihre Folgen gering zu halten. RAM kann man mit Fehlerkorrekturinformationen versehen wie z.B. ECC Prüfsummen. Fortgeschrittene ECC Techniken die mehr als 1 Bit pro Byte speichern, können Fehler nicht nur erkennen, sondern auch korrigieren. Man kann ganze Baugruppen redundant auslegen oder bei Speicher Überkapazitäten verbauen. Zuletzt können Überwachungszeitgeber feststellen ob ein Prozessor noch aktiv ist und ihn gegebenenfalls neu starten. Normalerweise wird dann jedoch die gesamte Raumsonde in einen sicheren Status gebracht, da man nicht weiß ob andere Systeme ebenfalls gelitten haben.

Folgende Einflüsse werden unterschieden:

Single-Event upsets (SEU): Ein einzelnes Ereignis, das vorübergehend das System „außer Tritt“ bringt. Das ist zu meist eine verfälschte Information in einem Bit beim Speicher oder ein verfälschtes Ergebnis bei einer Rechenoperation. Nachdem das Bit korrigiert ist, arbeitet das System normal weiter. Beim Lesen aus dem RAM kann es auch sein, dass es beim nächsten Lesen verschwunden ist.

Single-event latchup (SEL): Ein hochenergetisches Teilchen kann bei der PNPN Technologie einen Kurzschluss zwischen zwei Transistoren verursachen, der bestehen bleibt, solange der Baustein an der Stromversorgung hängt. Beim Abschalten dieser und Neustart ist das SEL überwunden. Insbesondere CMOS RAM ist sehr empfindlich gegenüber SEL.

Single-event transient (SET): Ein Hochenergetisches Teilchen kann einen Stromstoß induzieren, der durch die gesamte Schaltung wandert. Die Folgen sind die gleichen wie bei einer elektrostatischen Entladung. Der Baustein kann permanent beschädigt werden.

Es gibt noch einige weitere Fachbegriffe für Schädigungen, die jedoch dann begrenzt sind auf bestimmte Technologien wie MOSFET oder N-Kanal MOS Transistoren und daher nicht so gängig sind.

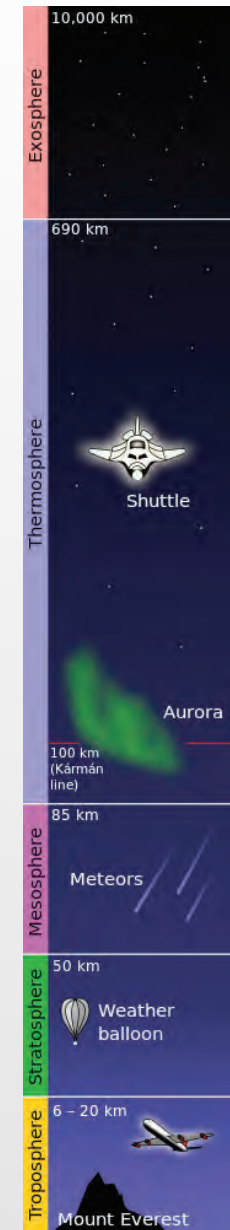
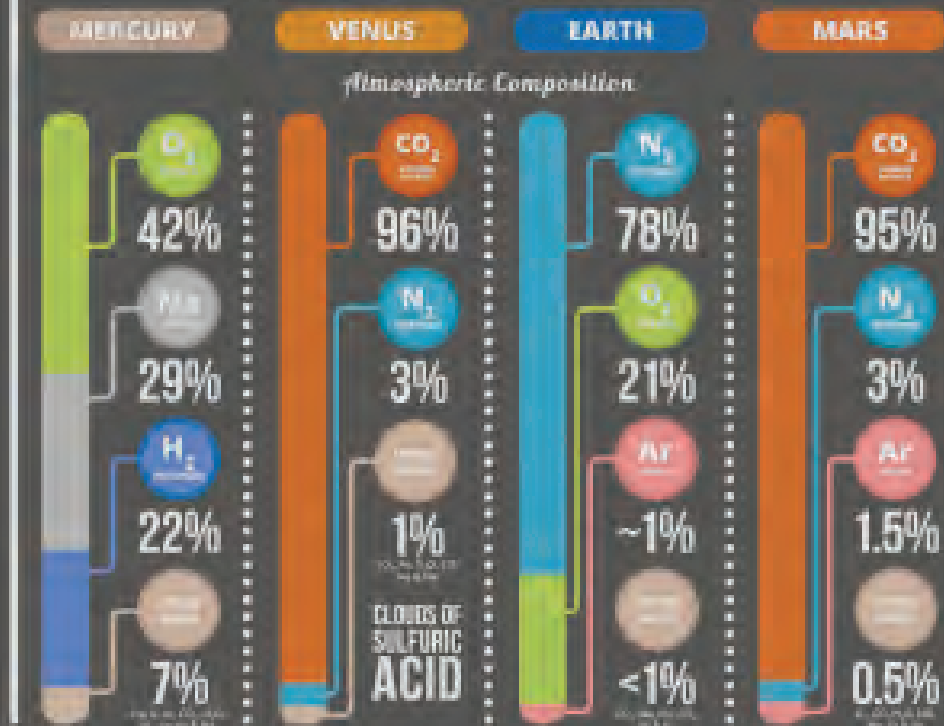


Abb.266

ATMOSPHERES OF THE SOLAR SYSTEM



The Terrestrial Planets



The Gas Giants

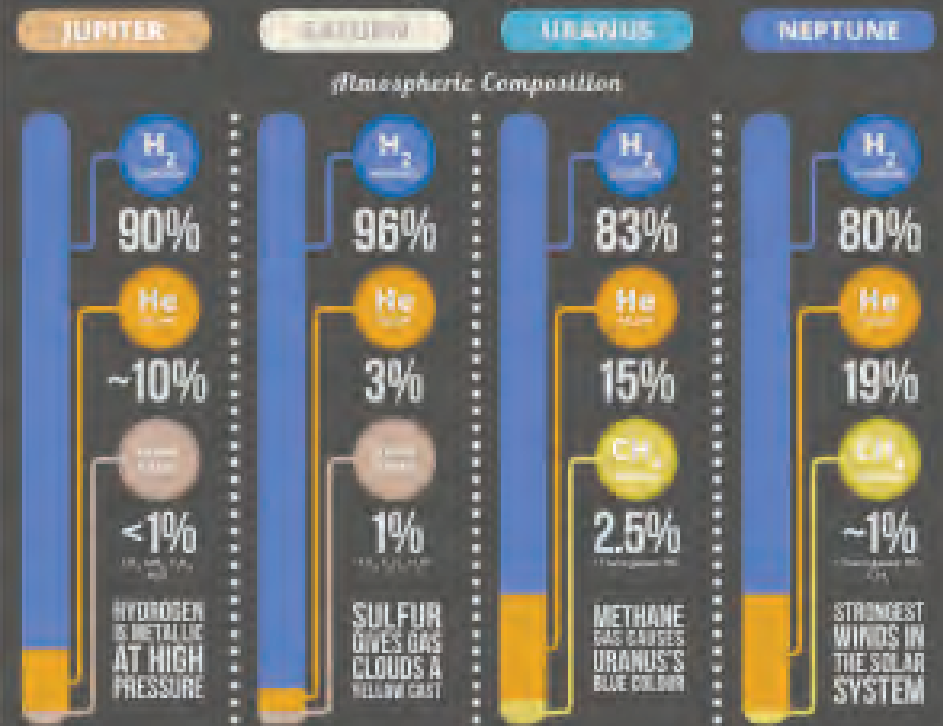


Abb.267

Note: Planet sizes are not to scale. Also, Mercury's atmosphere is not an atmosphere in the strict sense of the word, as it is a billion times thinner than Earth's.

15.5 Strahlungsgehärtete Elektronik

Kommerziell verfügbare Technologie ist strahlungsresistent bis zu einer Dosis von 5-10 krad. Das sind immerhin 5-10 mal höhere Dosen als sie für den Menschen tödlich wären. 5-10 krad entsprechen 50-100 Gray oder 50-100 Sievert, also ein vielfaches der Strahlendosis die ein Satellit pro Jahr in einem erdnahen Orbit erhält. Es gibt auch durchaus Satelliten die von Universitäten oder Studenten gebaut wurden und die tadellos mit normaler Hardware arbeiten. Investiert man Millionen in einen Satelliten oder will man mit ihm Geld verdienen, so kann man sich einen Ausfall nicht leisten und verbaut lieber strahlungsresistente oder gehärtete Elektronik die 10-100 mal mehr Strahlung übersteht. Hier einige aktuelle Typen:

Der SC750 von Maxwell (Bild) basiert auf dem Power PC 750 Kern. Er ist 2007 der derzeit leistungsfähigste Mikroprozessor der in einer strahlungsgehärteten Version verfügbar ist. Bei einem Stromverbrauch von 7-25 Watt erreicht eine Leistung von bis zu 1800 MIPS bei 800 MHz Taktfrequenz. Ein Board mit dem kompletten Computer umfasst auch 256 MByte DRAM und 6 MByte EEPROM. Er wird in 0.13 μm Technologie gefertigt.

Ein SEU soll im GEO Orbit nur alle 3000 Jahre vorkommen. Er wird in der Silicon on Insulator Technologie gefertigt und verträgt Strahlungsdosen bis zu 100 krad, abhängig vom Orbit. Die Energie für ein SEL Ereignis liegt bei 80 MeV/cm²/mg beim Prozessor und 50 MeV/cm²/mg beim CMOS RAM. Die ältere Version desselben Prozessorkerns wird von BAE gefertigt. In der 0.25 Mikrometertechnologie bei 110-120 MHz Taktfrequenz ist der Prozessor deutlich langsamer, doch er ist mit 200 krad auch doppelt so resistent. Das Komplettsystem mit 256 MByte RAM erreicht allerdings dann auch nur denselben Wert wie die Maxwell Version (100 krad bei 550 MIPS).

Da die Strahlungsempfindlichkeit mit jedem Bauteil ansteigt, geht der Trend auch im Weltraum zu dem System on a Chip. (SoC) Erhältlich sind bisher nur einfache Architekturen in dieser Form, so ein Derivat des 8051 / 8052 Mikrocontrollers, welcher zwar nur 4-7 MIPS bei 16-28 MHz Taktgeschwindigkeit arbeitet, aber dafür als System 300 krad überlebt. Erstmals wurde bei diesem System von Honeywell auch MRAM eingesetzt, welches die Daten magnetisch und nicht durch Elektronen speichert und so seine Information auch nach dem Ausschalten behält und erheblich unempfindlicher gegenüber Strahlung als CMOS RAM ist. Verfügbar ist dieses RAM derzeit allerdings nur mit 1 MBit Kapazität.

Ab 2008 will Honeywell ein SOC auf Basis des Power PC 440 Kerns vorstellen. Es arbeitet mit bis zu 200 MHz und erreicht 400 MIPS, wird in 0.15 Mikrometertechnologie gefertigt und hat auch alle Schnittstellen auf dem Chip. Das System ist strahlengehärtet bis zu einer Dosis von 100 krad.

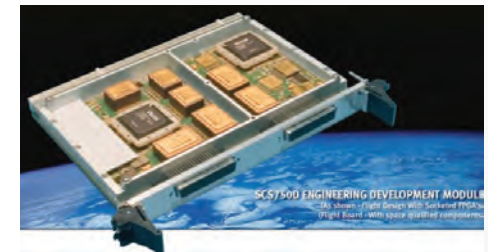


Abb.268

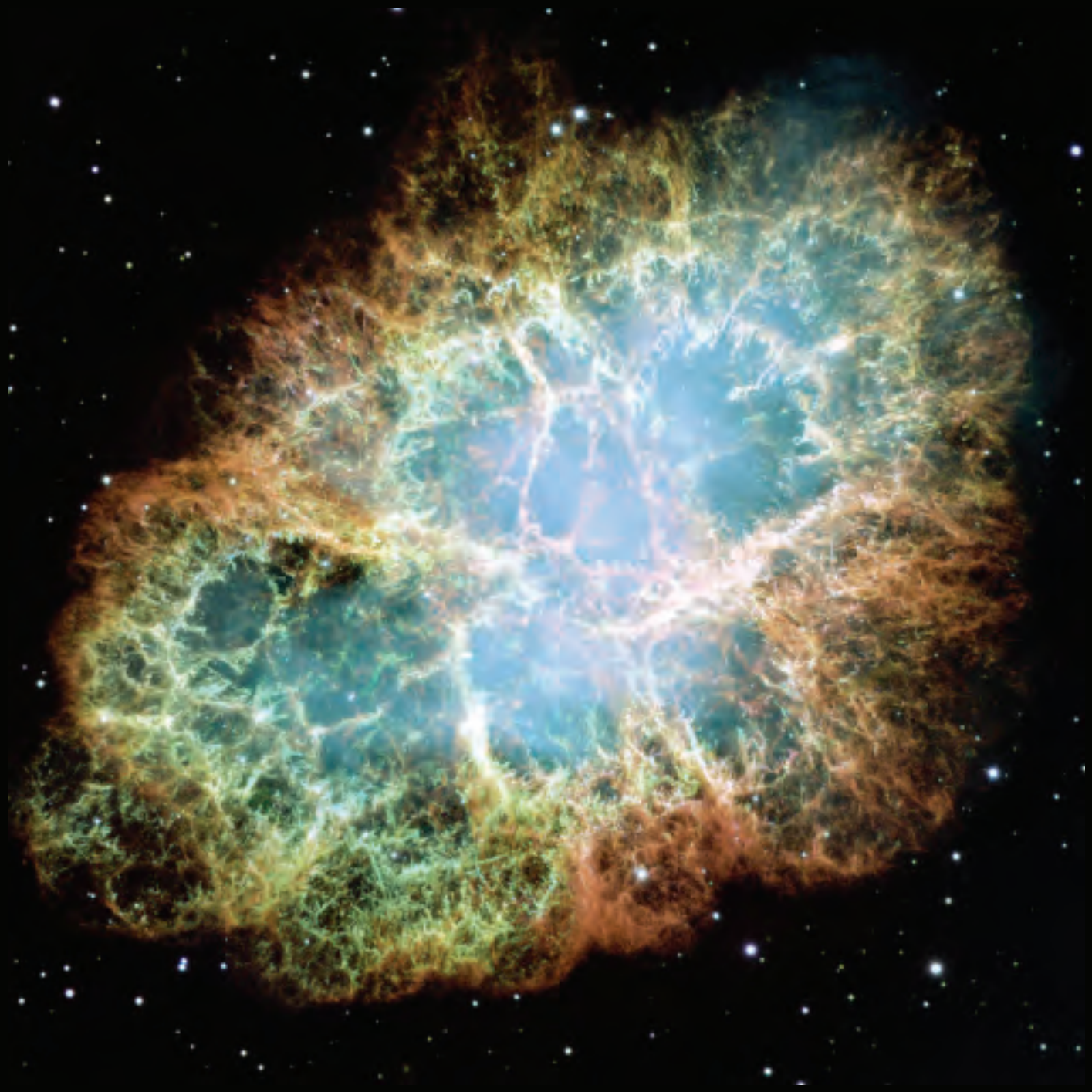


Abb.269

100-200 Krad für ein System sind ausreichend für alle Erdorbitmissionen, selbst im Van Allen Gürtel. Wie der Vergleich mit der zu erwartenden Dosis von 5200 krad bei einer Europaorbiter Mission zeigt wird man im Jupitersystem allerdings immer eine Abschirmung brauchen.

Es gab in den letzten Jahren kaum neue Prozessoren. 2011 ist immer noch der RAD750 der schnellste Prozessor. Er wurde schon 2001 vorgestellt. So gibt es auch andere Ansätze mit dem Problem umzugehen. Eine ist das Ausweichen auf FPGA. FPGA sind selbst nach dem Start noch umprogrammierbare Schaltkreise.

Anders als bei Prozessoren wird die Verdrahtung nicht bei der Produktion festgelegt, sondern kann geändert werden. Die Technologie ist per se etwas robuster als die in der Prozessoren gefertigt werden. Der Hauptvorteil liegt aber darin, dass man so eine für den Zweck speziell ausgelegte Hardware erhält. Software wird durch Hardware ersetzt und dies kann besonder häufig vorkommende einfache Routinen extrem beschleunigen. Beispiele dafür könnten Kompressionsalgorithmen oder Verarbeitungsroutinen für die Rohdaten sein.

Eine zweite Lösung ist es Commercial On the Shelf (COTS) Komponenten zu verwenden. Dieses „Zauberwort“ bedeutet, man setzt das ein was auch woanders eingesetzt wird und keine besonders für die Raumfahrt entwickelte Hardware. Die größere Anfälligkeit soll dann durch parallelen Betrieb mehrerer Computer, Speichermodule etc. kompensiert werden wobei es Abstimmungsmechanismen gibt die feststellen ob alle Computer noch korrekt arbeiten.

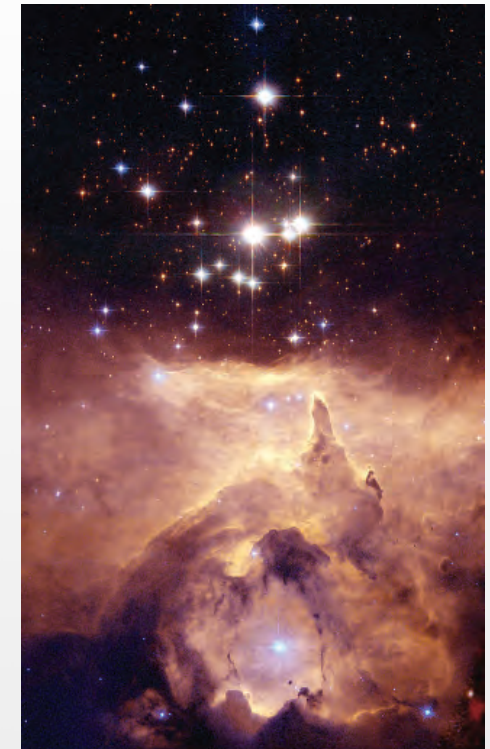


Abb.270



16

ZURÜCK IN DIE
ATMOSPÄRE

Abb.271



Abb.272: Space-Shuttle Endeavour vor der Silhouette der Erde

ZURÜCK IN DIE ATMOSPHERE

Retuming aus dem Weltraum ist die gefährlichste Phase einer Raumfahrt. Beim Wiedereintritt haben Raumfahrzeuge zu verlangsamen vom Bahngeschwindigkeit von 7,5 Kilometer pro Sekunde (4,7 Meilen pro Sekunde oder mehr) auf normale Fluggeschwindigkeit meist durch aerodynamische Reibung. Als es in die Atmosphäre Slams, erwärmt sich die Haut returning Kapseln und spaceplanes schnell auf extreme Temperaturen.

Schutz vor der Hitze besteht entweder aus einer ablativen oder einer wiederverwendbaren Hitzeschild. Ablative Hitzeschilder sind häufig auf Kapseln verwendet. Sie schützen das Raumschiff durch langsames Abbrennen wie ein Holzsplit im Kamin, die Außenseite ist sehr heiß, aber die fließenden Gase an die Hitze weg, damit das Innere bleibt relativ kühl.

Ablative Schilde sind sehr robust und sicher sind, um einen ausreichenden Schutz Verfügung stellen, solange Sie sie dick genug zu machen.

Allerdings können ablativ Schilde nur einmal verwendet werden. Sie können nicht für wiederverwendbare Raumfahrzeuge wie der Shuttle Orbiter angewendet werden, was eine wiederverwendbare Hitzeschild. Die Orbiters Schutz besteht aus einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Nase und Tragflächen vorderkanten wo die Temperaturen von mehr als 1300 Grad Celsius werden (2.300 Grad Fahrenheit), einer Schicht aus mehreren Arten von keramischen Fliesen, wo die Wärme ist less schweren und isolierende Decken, wo die Temperaturen relativ mild. Die meisten der Schutz, dh die Orbiters Bauch, Flügel und an den Seiten, mit Ziegeln gedeckt. Diese Fliesen sind erstaunlich effizient in Wärme frei, Sie können eine unbeschichtete Platte an den Kanten halten mit einer Hand ohne Handschuh nur wenige Sekunden nach der Einnahme von einem Ofen, während das Innere noch leuchtet rot heiß.

Allerdings ist die Shuttle Orbiters Hitzeschild notorisch instabil, die Fliesen sind so spröde, dass sie nicht überleben würde fliegen durch einen Hagelsturm und sogar regen kann schwere Schäden verursachen. Die Auswirkungen eines eisigen Stück Außentank Isolierschaum auf einer Flügel vorderkante beim Start war verantwortlich für die Beschädigung des Thermo-Schutz-System des Space Shuttle Columbia. Beim Wiedereintritt in die Atmosphäre, eingegeben heißen Gase des Flügels durch ein Loch durch den Aufprall erzeugt und verursacht den Verlust der Kontrolle. Columbia feil auseinander, Hervorhebung wieder die Gefährlichkeit der aktuellen bemannten Raumfahrt.

Modernere spaceplanes sind vorgesehen, um robuster wiederverwendbare Hitzeschilder, wahrscheinlich von metallischen Platten hergestellt verlassen. Dies sollte es möglich machen für zukünftige Raumsonde return aus dem Orbit auch bei schlechtem Wetter. Sie wird die Sicherheit beim Wiedereintritt zu erhöhen und auch schneller Not Renditen möglich, derzeit die Shuttle Orbiter hat manchmal warten einen zusätzlichen Tag in der Umlaufbahn für das Wetter auf dem Landeplatz zu verbessern.



17

LANDUNG

Abb.273



Abb.274: Apollo 15 descends to splashdown

In diesem Artikel will ich auf die Landung einer Sonde oder eines bemannten Raumfahrzeuges auf einem anderen Himmelskörper eingehen. Dies kann über Raketentriebwerke geschehen (oder muss wenn der Himmelskörper keine Atmosphäre hat), es kann aber auch aerodynamisch abgebremst erfolgen.

17.1 Landung auf einem Himmelskörper ohne Atmosphäre

Dieser Fall ist relativ einfach zu beschreiben. Eine Sonde landet auf einem anderen Himmelskörper, wie wenn sie von diesem Startet - nur eben umgekehrt. Die Geschwindigkeit, die man abbauen muss, kann man mit normalen Berechnungen für Bahnen im Sonnensystem berechnen.

Dies ist der häufigste Fall, da, mit Ausnahme der Planeten Mars und Venus und des Mondes Titan, alle Himmelskörper in unserem Sonnensystem keine oder eine zu dünne Atmosphäre haben, um aerodynamisch abzubremesen. (Eine Ausnahme sind die Gasplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun: Sie haben eine Atmosphäre, aber keinen Boden auf dem man landen könnte).

Die Energie die jeder Körper abbauen muss, um zu landen, setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

- Erstens die Energie, die der Körper hat, wenn er aus dem Unendlichen in das Schwerefeld des Himmelskörpers gelangt
- Zweiten sie Energie, die er gewinnt wenn er auf die Oberfläche fällt.

Der letzte Term ist definitionsgemäß gleich groß, wie die Energie die man aufwenden muss, um von der Oberfläche aus die Fluchtgeschwindigkeit zu erreichen.

Dies ist die minimale Geschwindigkeit, die abgebaut werden muss. Natürlich gibt es einen weiteren Geschwindigkeitsbedarf. Man bräuchte nur diese Geschwindigkeit, wenn man direkt über der Oberfläche mit einem Superraketentriebwerk diese auf einmal in einem Bruchteil einer Sekunde aufbringen würde - Das Raumfahrzeug würde dann schweben und auf den Boden fallen.

In der Realität verläuft die Landung anders. Ein Triebwerk wird zuerst versuchen die Geschwindigkeit sehr stark zu reduzieren, um dann mit geringerer Leistung langsam die Fallrate auf null zu bringen. Während der ganzen Betriebszeit arbeitet es aber gegen die Gravitation, dieser Einfluss muss dazu gerechnet werden und erhöht den Energiebedarf beträchtlich. Je größer der Himmelskörper ist, desto mehr wird benötigt.



Abb.275:
This photograph of a China CCTV broadcast shows the Shenzhou 9 space capsule lying on its side after landing in an autonomous region of China in Inner Mongolia on June 29, 2012 Beijing time (10 p.m. June 28 EDT) to end a 13-day mission to the Tiangong 1 space lab module. Credit: CCTV.



Abb.276:
Apollo 15 descends to splashdown



Abb.277: Apollo 17 post-landing recovery operations

LANDUNG

Bei Viking brauchte die Sonde z.B. für den Abstieg aus 1400 m Höhe Treibstoff, der einer Geschwindigkeitsänderung um 110 m/s entsprach. Beim Zeitpunkt der Abtrennung war die Sonde aber nur 61 m/s schnell. Bei Mondlandungen, bei denen etwa 2,5 km/s abgebaut werden müssen ist das benötigte Polster deutlich höher, weil die Geschwindigkeit 0 in größerer Höhe erreicht wird. Das ergibt sich aus dem benötigten Sicherheitsspielraum und der höheren Geschwindigkeit (verglichen mit der aerodynamischen Abbremsung von Viking).

Schwenkt man erst in eine Umlaufbahn ein, so muss man die Umlaufgeschwindigkeit bei der Landung abbauen. Der Geschwindigkeitsbedarf ist nahezu gleich groß wie bei der direkten Landung. Ein Eintritt in die Umlaufbahn hat jedoch den Vorteil, dass man vorher mit Fernerkundungsinstrumenten den Landeplatz beobachten und einen von mehreren geeigneten auswählen kann. Sofern der Himmelskörper über eine Atmosphäre verfügt wird man die direkte Landung bevorzugen, da man zum Eintritt in eine Umlaufbahn Treibstoff benötigt, für die direkte Landung aber nur einen Hitzeschutzschild, der im allgemein weniger wiegt.

Ein Detail am Rande: Um weich auf einem anderen Himmelskörper zu landen, benötigt man keinerlei Computersteuerung. Die Surveyor Mondsonden und Vikings landeten ohne. Erreicht wurde dies mit einem Rückkopplungssystem: Eine Radarhöhenmesser liefert durch Differenzbildung zwischen zwei Impulsen ein Signal das proportional der Geschwindigkeit ist. Die Stärke diese Signals steuert mit einem (vorher durch Simulation bestimmten) Umrechnungsfaktor den Schub der Triebwerke - hohe Geschwindigkeit = hoher Schub, niedrige Geschwindigkeit = niedriger Schub. Bei Erreichen einer bestimmten Geschwindigkeit wird dann der Schub so geregelt, dass die Sonde mit einer konstanten Geschwindigkeit von einigen Metern pro Sekunde fällt. Mit dieser Geschwindigkeit landet sie dann.

17.2 Hitzeschutzschild

Die Landung auf einem Himmelskörper mit Atmosphäre (oder die Abbremsung zum Absinken in der Atmosphäre) geschieht im Normalfall zweiteilig: Zuerst durch einen Hitzeschutzschild und dann durch einen Fallschirm. Zuerst einmal muss man durch Formgebung des Eintrittskörpers dafür sorgen, dass möglichst wenig Energie auf das Raumfahrzeug übergehen kann. Bei aerodynamischen Körpern wie Kegeln, Kugeln oder Linsen geht nur 1-2 % der Energie auf das Raumfahrzeug über, der Rest wird in Turbulenzen und der Strömung um die Kapsel abgebaut. Dieser Rest ist trotzdem noch zu viel. Er würde das Raumfahrzeug zerstören. Der Hitzeschutzschild verhindert nun den Übergang des größten Teils der Restenergie.



Abb.278: Künstlerische Darstellung des Wiedereintritts einer Apollo-Kapsel mit ablativem Hitzeschild



Abb.279: Hitzeschutzkacheln und Nase aus RCC auf der Unterseite der Kapsel



Abb.280

LANDUNG

Es gibt eine Reihe von physikalischen Prinzipien die Aufheizung des Raumschiffs und das Verglühen in der Atmosphäre zu verhindern. Das bis heute am häufigsten eingesetzte ist das der Ablationskühlung. Der Hitzeschutzschild besteht aus einem hochtemperaturfesten Metallrahmen mit Boden, der von einer Substanz gefüllt ist, welche durch die Hitze verdampft und dabei einen weiteren Zugang des heißen Plasmas auf die Oberfläche verhindert. Die Dicke muss soweit dimensioniert sein, dass sie ausreichend ist die Gesamte Energie aufzunehmen, ohne das der Schutzschild vollständig abgeschmolzen ist. Sie ist meist variabel und im Zentrum an dicksten. Verwendet werden meist Phenolharze, die man aushärten lässt, mit Einschlüssen von Kork oder Silikat. Derartige Hitzeschutzschilde sind in einem sehr breiten Bereich anwendbar. Auch die Eintrittssonde von Galileo, die mit 48 km/s auf die Atmosphäre auftrifft, verwandte diese Schutzschilde. Bei Landungen auf der Erde macht die Masse meist weniger als 10 % der Landemasse aus. Form und Größe müssen an die Atmosphäre und das Flugprofil angepasst werden, doch dies gilt auch für andere Schutzschilde.

Beim Space Shuttle kommt ein anderes Funktionsprinzip zum Einsatz, das der geringen Wärmeleitung und hohen Abstrahlung. Die keramischen Kacheln bestehen aus dünnen Fasern, die zum einen nur langsam die Wärme nach Innen leiten, vor allem aber durch ihre hohe Oberfläche auch sehr viel Wärme wieder abstrahlen. Dieser Hitzeschutzschild ist wiederverwendbar. Nach der Landung muss die aufgenommene Restenergie aber durch Kühlung aufgenommen werden, sonst würde das Space Shuttle überhitzen. Das dritte mögliche Prinzip der Wärmesenke, wurde bislang noch nicht praktisch eingesetzt.

Neben der Art und Größe des Schutzschildes ist auch die Dichtezunahme der Atmosphäre und der Flugpfad wichtig. Man möchte einen Flugkörper möglichst langsam abbremsen um zum einen hohe Beschleunigungsspitzen zu vermeiden und zum anderen die Belastung des Hitzeschutzschildes zu reduzieren. Von Vorteil ist es, wenn die Atmosphäre nur langsam in der Dichte zunimmt. Ein Raumflugkörper wird so gelenkt werden, dass er streifend auf die Atmosphäre trifft und langsam in tiefer Schichten vorstößt.

Die Erde hat z.B. eine sehr langsam zunehmende Dichte der Atmosphäre. Ein Space Shuttle spürt eine erste Verzögerung von 0.1 G in 80 km Höhe, 5 Minuten vor der Landung. Es dauert 20 Minuten bis die Geschwindigkeit in 28 km Höhe auf 3 fache Schalgeschwindigkeit abgesunken ist und die aerodynamische Phase des Flugs beginnt. Beim Mars nimmt die Dichte viel schneller zu. Eine Landesonde wird innerhalb von 3-4 Minuten von 5.5 auf 0.5 km/s abgebremst.

Das erste Diagramm zeigt die Geschwindigkeit einer Sonde, die aus dem Unendlichen auf die Atmosphäre trifft. Venus und Mars sind hier trotz sehr unterschiedlicher Atmosphären sehr ähnlich: Beginnend in etwa 75 km Höhe wird die Sonde zuerst schnell, dann langsam abgebremst bis in 30-40 km Höhe die aerodynamische Phase beginnt. Bei Mars beginnt die Verzögerung früher, schon in etwa 160 km Höhe und ist in 70 km Höhe schon praktisch zu Ende.

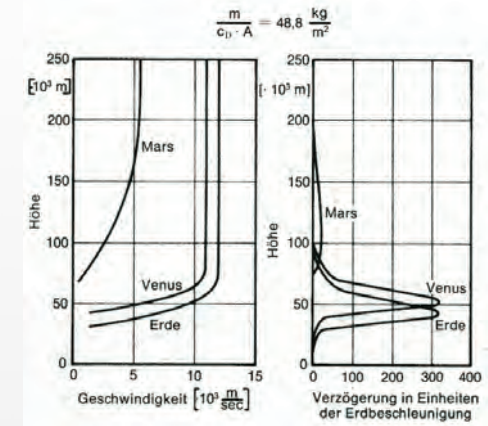


Abb.281

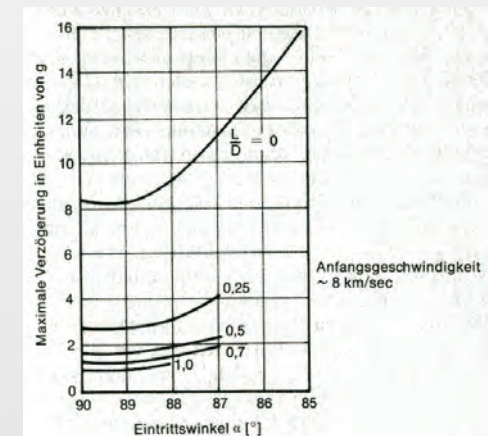


Abb.282

Die Beschleunigungsspitzen zeigt das Diagramm rechts daneben. Dieses Diagramm gilt allerdings nur für ballistische Profile, d.h. man nutzt nicht die aerodynamische Form der Kapsel und steuert senkrecht auf die Atmosphäre, anstatt sie unter einem flachen Winkel zu durchfliegen. Derartige Flugmanöver gab es bei den Pioneer Venus Sonden oder den Luna Kapseln. Raumfahrer würden diese Belastungen nicht überleben. Glücklicherweise kann man die Beschleunigung bei einer aerodynamischen Gleitphase stark reduzieren. Dies hängt von dem Winkel zur Planetenoberfläche ab unter dem man auf die Atmosphäre trifft. Das zweite Diagramm informiert über die Verzögerung bei gegebenem Eintrittswinkel und dem Auftriebs / Gewichtskoeffizienten.

17.3 Fallschirme

Die zweite Phase einer Landung ist der Abwurf des Hitzeschutzschilds und die weitere Abbremsung mit einem Fallschirm. Meistens geschieht dies in 2 Phasen : Ein kleiner Pilotfallschirm wird zuerst ausgestoßen und stabilisiert den Flug und reduziert die Geschwindigkeit. So wird die Belastung reduziert, wenn der Hauptfallschirm entfaltet wird.

Die Geschwindigkeit die nach dem Entfalten des Fallschirms erreicht wird, hängt von der Fläche, der Luftdichte, dem Gewicht und der Fallbeschleunigung ab.

Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich, dass man für eine vorgegebene Landegeschwindigkeit auf der Venus einen viel kleineren Fallschirm als auf dem Mars braucht. Wenn die Fläche z.B. 100 m² auf der Erde beträgt. So muss der Fallschirm auf dem Mars 40 mal größer sein, und 3000 m² Fläche haben.

Auf der Venus genügen dagegen nur 1.5 m². Als Folge ist es heute praktisch unmöglich, alleine mit einem Fallschirm auf dem Mars weich zu landen. Man benötigt immer noch Triebwerke oder Airbags. Auf der Venus dagegen ist der Fallschirm praktisch überflüssig - 1.5 m² Fläche das könnte auch der Sondenkörper bei geeigneter aerodynamischer Formgebung aufbringen. Umgekehrt: Eine 300 kg schwere Sonde mit einem 5 m durchmessenden Fallschirm (78 m²) würde auf der Venus mit nur 1.2 m/s landen - Auf der Erde entspricht dies einem Fall aus 8 cm Höhe. Dummerweise bräuchte die Raumsonde bei dieser Geschwindigkeit mehrere Stunden um die Atmosphäre zu durchqueren.

Auf der Erde reicht ein Fallschirmsystem von 5 % der Startmasse um die Geschwindigkeit auf 6-12 m/s zu reduzieren - Eine Geschwindigkeit die man durch Schockabsorber auffangen kann (entsprechend einem Aufprall mit 20-40 km/h). Ein Fallschirm von etwa 7.4 m² Fläche wiegt etwa 1 kg.



Abb.283:
What actually happened: Apollo 13 after it came back to Earth, landing in the South Pacific. Astronaut Jim Lovell steps from the hatch of the command module as Fred Hiase and John Swigart wait in the raft

17.4 Ballone

Neben der Landung ist natürlich auch von Interesse die Atmosphäre zu erkunden. Dies geschieht am einfachsten mit einem Ballon. Es gibt eine Reihe von Anwendungen dieser, so kann die Oberfläche nicht erreichbar sein (Gasplaneten) oder die Lebenszeit dort nur kurz (Venus) und in der Atmosphäre eine längere Betriebszeit möglich oder man nutzt Ballone um eine Nutzlast schnell über den Planeten zu bewegen (Mars, Titan).

Zur Technik: Als einzige Technik kommt bei anderen Himmelskörper ein Ballon gefüllt mit einem leichten Gas in Frage, der Auftrieb verschafft. Heißluftballons wie auf der Erde, sind wegen des Energiebedarfs nicht möglich. Der Auftrieb ist um so höher je höher die durchschnittliche molare Masse der Atmosphäre ist. Weiterhin ist natürlich auch die Temperatur und Druck der Atmosphäre wichtig.

Die Atmosphären von Venus und Mars bestehen aus fast reinem Kohlendioxid. Die durchschnittliche molare Masse beträgt daher 43. Bei Titan ist der Hauptbestandteil Stickstoff mit der durchschnittlichen molaren Masse 28. Typische Gase für einen Ballon sind Wasserstoff oder Helium - die Auftriebskraft pro Mol Volumen beträgt dann 24-26 g bei Titan und 40-42 g bei Mars und Venus. Bei Titan ist aber wegen der niedrigen Temperatur noch ein anderer Effekt wirksam. Die Temperatur von 90-95 K liegt nur wenig über dem Siedepunkt von Stickstoff von 77 K und die Atmosphäre ist durch die hohe Ausdehnung am Boden viel dichter, als es ihrem Druck entspricht. Die Auftriebskraft ist daher nicht 4 mal größer als wie auf der Erde, sondern 15 mal größer.

Die Ballonhülle ist kein Problem. Schon käufliche kommerzielle Ballons wiegen 0.22 kg/m^3 . Spezielle leichtgewichtige Konstruktionen für Wetterballons wiegen nur 0.05 kg/m^3 . Das Problem ist mehr, das man Helium und Wasserstoff als Gase nicht so gut speichern kann.

Für Helium und Wasserstoff braucht man dickwandige Behälter. Kommerzielle Behälter auf der Erde fassen 50 l bei 200 Bar. Die 10000 l (unkomprimiertes) Fassungsvermögen wiegen bei Wasserstoff 0.9 kg und bei Helium 1.8 kg. Die Gasflasche selbst aber 56 kg, also das 30-60 fache. Selbst wenn man auf Titan als Material übergeht wird die Gewichtsersparnis nicht viel größer. Mit Titan als Werkstoff kommt man auf 24 kg Gewicht einer 50 l Flasche. Größere Volumina werden günstiger, da die Wandstärke vom Druck abhängt, nicht vom Volumen. In jedem Falle ist aber die Flasche viel schwerer als der Inhalt.

Die zweite Möglichkeit ist bei Wasserstoff die Freisetzung aus einer Verbindung. Hier ist der Hauptnachteil des Wasserstoffs sein niedriges Gewicht, d.h. auch die Verbindungen enthalten wenig Wasserstoff, gemessen am Gesamtgewicht. Am meisten Wasserstoff kann man aus Berylliumhydrid freisetzen.

Molare Masse pro 1 Mol Atomen: Beryllium 9 g, Wasserstoff 1 g, Sauerstoff 16 g. Das Wasser wird auf das Berylliumhydrid geleitet und reagiert mit diesem und setzt dabei Wasserstoff frei, vergleichbar mit dem Sprudeln einer Brausetablette im Wasser.



Abb.284: Apollo 17 post-landing recovery operations



Abb.285

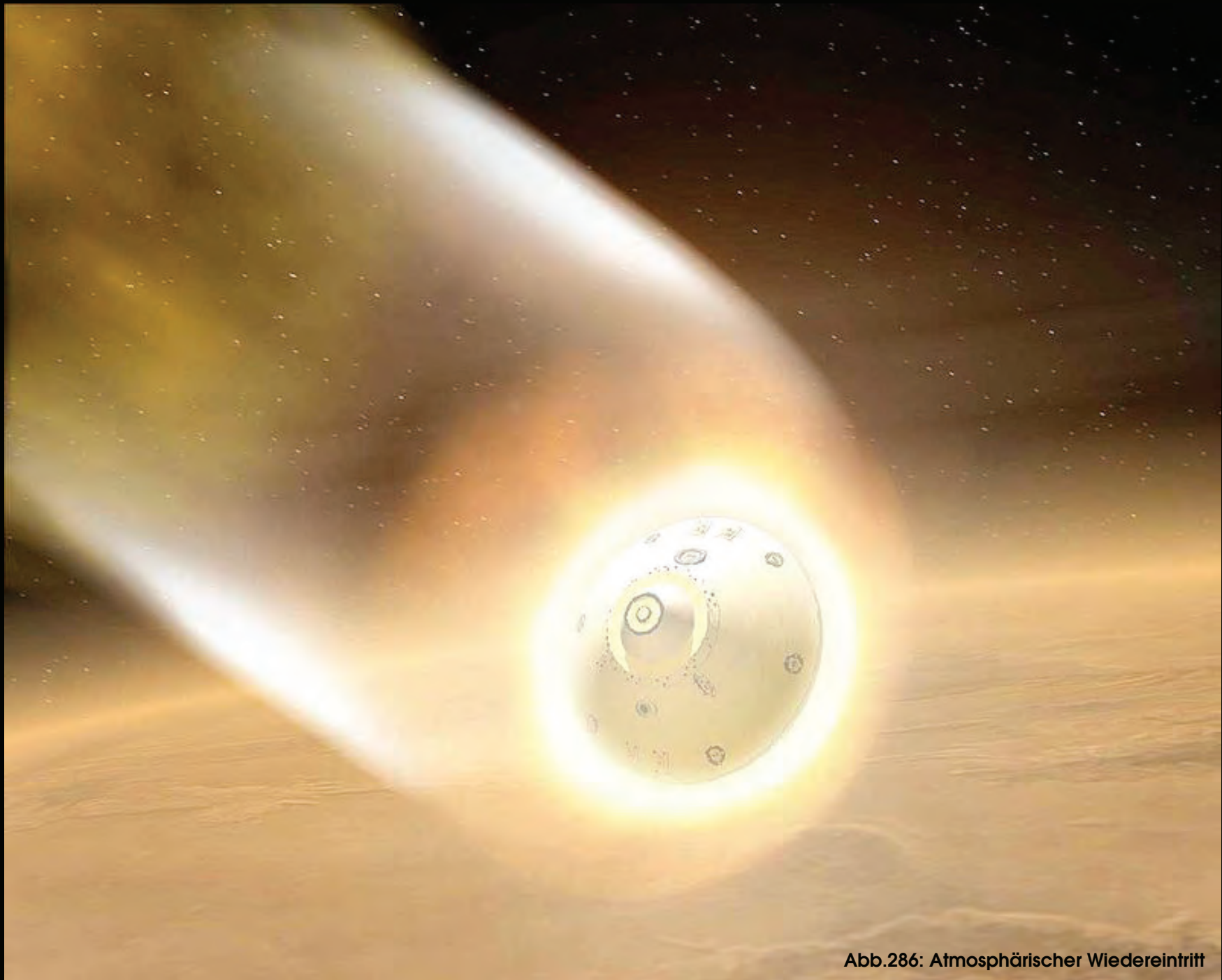


Abb.286: Atmosphärischer Wiedereintritt

Für 4 g freigesetzten Wasserstoff muss man hier 11 g Berylliumhydrid und 36 g Wasser mitführen. Ohne Behälter und Pumpensystem. In der Praxis wird man Wasser im Überschuss einsetzen. Die Masse eines solchen Systems liegt dann mindestens 12 mal höher als die freigesetzte Gasmenge. Die Vorteile oder Nachteile hängen dann von der Mission ab. Hohe Temperaturen erleichtern die Reaktion von Berylliumhydrid und erhöhen den Druck in Gasflaschen, niedrigere Temperaturen sprechen eher für die Verwendung von Gasflaschen.

Immerhin kann man bei beiden Systemen vor dem Aufstieg die leeren Behälter oder den Behälter mit dem Berylliumhydroxid abwerfen und so die Masse reduzieren. Davon unabhängig sind natürlich andere Faktoren. Beispielsweise, ob die Ballonhülle mit den Temperaturen in der Atmosphäre zurecht kommt. Der Einsatz auf der Venusoberfläche dürfte z.B. wegen der 480 °C schwierig werden. Bisher sind Kunststofffasern bis zu 357 °C erprobt. Bei Mars ist die Atmosphäre so dünn, dass Ballone enorm groß sein müssten. Heute sind Ballone denkbar für die oberen Schichten von Venus bei gemäßigten Druck- und Temperaturbedingungen und für die Atmosphären der vier großen Gasplaneten.

17.5 Risiken

Generell sind der Start und die Landung eines (raketentriebenen) Raumschiffs die kritischen Phasen des Fluges, für die eine erhöhte Unfallgefahr besteht.

Im Falle des US-amerikanischen Space Shuttle ist bekannt, dass das verwendete Hitzeschutzsystem (i.w. bestehend aus Reinforced Carbon-Carbon Paneelen und Keramikkacheln) zwar sehr hohen Temperaturen widersteht, auf mechanische Einflüsse aber sehr empfindlich reagiert. Im Februar 2003 verglühte das Space Shuttle Columbia der NASA beim Wiedereintritt am Ende der Mission STS-107 teilweise, weil beim Start des Shuttles mindestens eines der am stärksten belasteten Teile des Hitzeschutzsystems an der linken Tragflächenvorderkante durch ein Schaumstoffteil so groß wie ein Aktenkoffer beschädigt wurde. Da diese Beschädigungen während der Mission nicht entdeckt wurden (einige warnende Hinweise von NASA-Mitarbeitern wurden von der Flugleitung ignoriert bzw. bagatellisiert), konnte beim Wiedereintritt das in die Tragfläche eindringende Plasma deren Aluminiumstruktur soweit beeinträchtigen, dass die linke Fläche und daraufhin das gesamte Shuttle zerstört wurden.

Landungen auf dem Mars sind aufgrund der geringen Dichte der Mars-Atmosphäre schwieriger durchzuführen, so dass Landesonden mitunter mit zu hoher Geschwindigkeit auf der Oberfläche aufschlagen und beschädigt werden können. Aus dem gleichen Grund bestehen Begrenzungen in den Landehöhen auf der Marsoberfläche, so können derzeit Sonden nur in Höhen von unter 2 km gelandet werden, womit einige der interessanten Marsregionen nicht erreicht werden können. Dagegen sind die Landungen auf der Venus oder auf Titan aufgrund der dichten Atmosphäre wesentlich einfacher durchzuführen, allerdings birgt der hohe Druck und die hohe Temperatur der Venus-Atmosphäre eine weitere Gefahr für die Landefahrzeuge.



18

„SPACE“-MUSEEN

Abb.287



Abb.288

18.1 Kosmonautenmuseum

Das Kosmonautenmuseum in Moskau dokumentiert die sowjetische Raumfahrt, ihre Technik – von der R-7 über den Sputnik bis zur Raumstation Mir und der Raumfähre Buran – und ihre Kultur. Es liegt im Nordosten des Stadtzentrums, nahe dem Gelände des Allrussischen Ausstellungszentrums (WDNCh), direkt an der gleichnamigen Metrostation.

Architektur

Das Museum besteht aus einem Flachbau mit der Ausstellung sowie dem Denkmal Für die Eroberer des Welt-raums auf dem Dach des Gebäudes. Dieses besteht aus einem parabelförmig gebogenen und sich verjüngenden Turm, an dessen Spitze in 107 Metern Höhe eine symbolische Rakete wie auf einem Abgasstrahl leicht geneigt in den Himmel steigt. Dach und Denkmal sind, einem Vorschlag Sergei Koroljows folgend, mit Platten aus Titan verkleidet und erzeugen so je nach Lichteinfall einen silbrigen Glanz. Das Denkmal wurde von dem Bildhauer A. P. Faidysch-Krandijewski und den Architekten A. N. Koltschin sowie M. O. Barschtsch entworfen.

Auf der Hinterseite ist eine Statue des russischen Raketenpioniers Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski aufgestellt, der 1857 geboren wurde und bis zu seinem Tode 1935 wesentliche Grundlagen der Raumfahrt-Physik entwickelte, so 1903 die Raketengrundgleichung.

Hinter der Statue beginnt die Kosmonautenallee, eine nur für Fußgänger geöffnete Allee mit Büsten sowjetischer Weltraumpioniere und Kosmonauten, darunter Sergej Koroljow, Juri Gagarin und Walentina Tereschkowa. Hier wird auch jährlich am 12. April der Kosmonautentag in Erinnerung an Gagarins Flug gefeiert.

Der Eingang des Museums befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite und ist direkt von der Metrostation WDNCh aus zugänglich. Er führt zuerst in einen halbringförmigen Ausstellungsraum. Von dort gelangt man in den zentralen, verdunkelten Hauptraum mit weiteren Ausstellungsstücken, Nischen mit Projektionsflächen und der großen Kosmonautenskulptur. Weitere Nebenräume sind nicht öffentlich zugänglich und enthalten Archiv und Lager.



Abb.289:
Kosmonautenmuseum Moskau



Abb.290: Ziolkowski-Denkmal



Abb.291: Sputnik-Satellit

Geschichte

Die Ausstellung WDNCh (Ausstellung der Volkswirtschaftlichen Errungenschaften der UdSSR) ging im Jahre 1959 aus der Landwirtschaftsausstellung der Sowjetunion hervor. Seitdem war sie vor allem durch den Pavillon zur Weltraumausstellung bekannt und zog einen steten Besucherstrom auf sich. Hier konnten Exemplare des Sputnik-Satelliten, Trainingsgeräte zur Vorbereitung der Kosmonauten, Raumanzüge und Teile der Sojus-Raketen besichtigt werden.

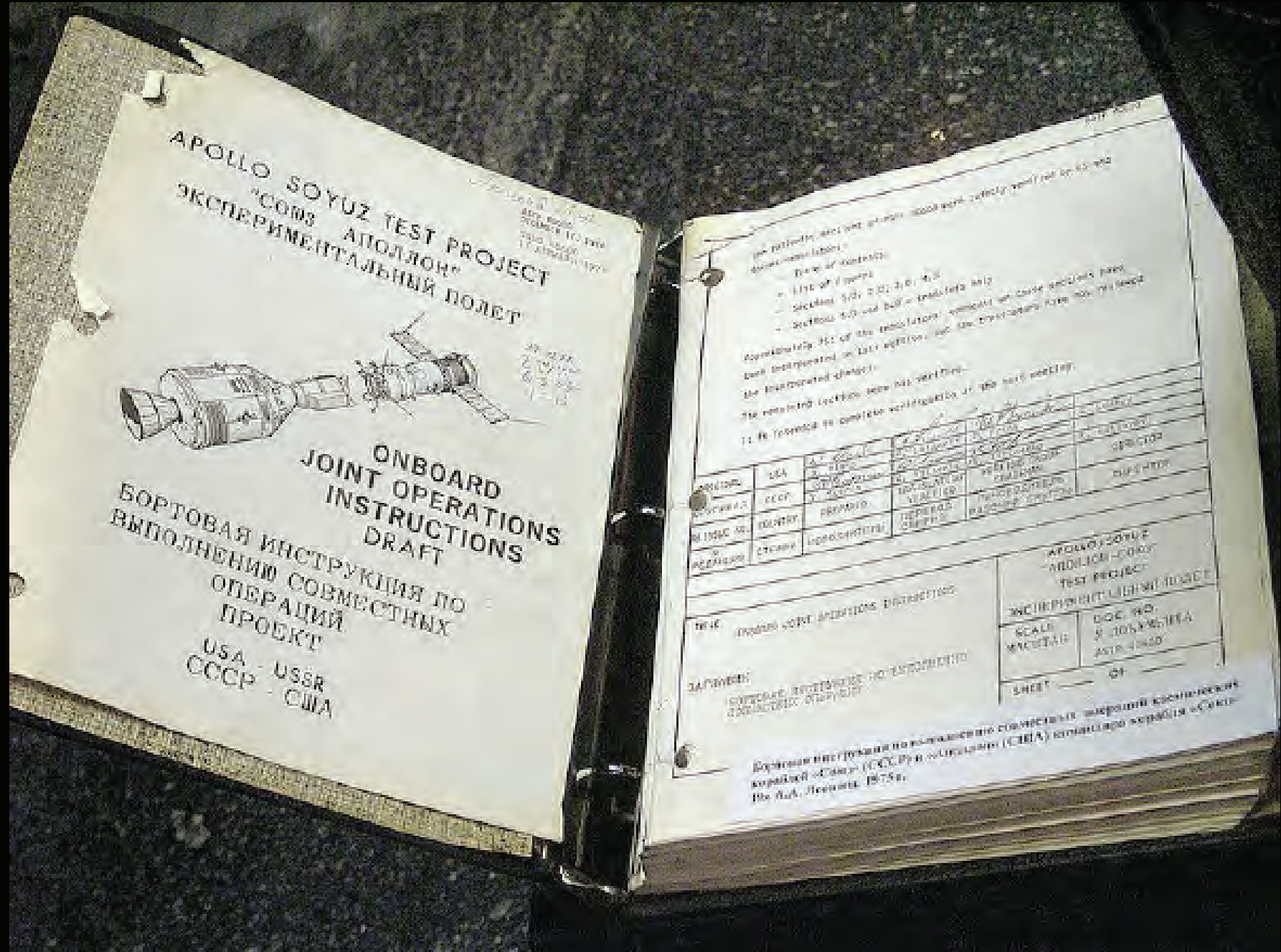
Das Denkmal Für die Eroberer des Weltraums wurde 1964 ergänzend zur Ausstellung gebaut, um der zunehmenden Popularität der Raumfahrt nach dem Erfolg Juri Gagarins 1961 als erstem Menschen im Weltraum Rechnung zu tragen. Auch das Museum war von Beginn an geplant, jedoch dauerte es bis zum 10. April 1981, zwei Tage vor dem 20. Jubiläum von Gagarins Flug, bis es endlich fertiggestellt war und eingeweiht werden konnte. Das Museum sollte weitere Informationen zu Technik und Geschichte liefern, aber auch die darüber hinausgehende kulturelle Bedeutung ausdrücken, die der Raumfahrt in der UdSSR zugemessen wurde.

Nach der Auflösung der Sowjetunion im Dezember 1991 wurde das Ausstellungsgelände selbst als Handelsplatz vermietet und ab 2005 dann als Messegelände ausgebaut; es heißt seitdem WWZ (Allrussisches Ausstellungszentrum). Das Kosmonautenmuseum blieb aber erhalten und präsentierte bis 2006 das Material aus der Zeit von 1959 bis 1991, ab 2009 dann die heutige, umfangreiche Ausstellung.

Ausstellung

Im vorderen Halbring werden jährlich wechselnde Thementausstellungen gezeigt, vor allem in Form von Fotos und Dokumenten. Dazu gehörte das Apollo-Sojus-Projekt von 1975, die internationalen Kooperationen bei Forschungsarbeiten auf der Raumstation Mir oder die Entwicklung der Raumfähre Buran.

Anders als im sachlichen Stil des vorderen Teils ist die Haupthalle gestaltet. Sie empfängt den Besucher im Halbdunkel, mit eigenartigen, farbig leuchtenden Glasskulpturen am Boden. Wie auf einer Bühne sind die Ausstellungsobjekte zu beiden Seiten angeordnet und farbig beleuchtet: Verschiedene Raumanzüge für beiderlei Geschlecht, aber auch für Hunde wie Belka und Strelka. Neben einem Sputnik finden sich Teile der Landekapseln von Juri Gagarin und seinen Nachfolgern, weiterhin Nachbauten des mannsgroßen Mondroboters Lunochod und anderer Sonden aus dem Luna-Programm und den Mars- und Venus-Sonden. Auf Bänken kann der Besucher Filmdokumentationen über die Geschichte der russischen Raumfahrt folgen. Auf einer Reihe von Zeittafeln werden wiederum technische und wissenschaftliche Entwicklungen gezeigt, die die Voraussetzungen für die Raumfahrt schafften.



APOLLO SOYUZ TEST PROJECT
 "СОЮЗ АПОЛЛОН"
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОЛЕТ



ONBOARD JOINT OPERATIONS
 INSTRUCTIONS
 DRAFT

БОРТОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО
 ВЫПОЛНЕНИЮ СОВМЕСТНЫХ
 ОПЕРАЦИЙ
 ПРОЕКТ

USA - USSR
 СССР - США

... (English text describing the project and instructions) ...

FUNCTION	USA	USSR	ISSUE NO.	REVISION
...
...
...

APOLLO/SOYUZ
 "СОЮЗ АПОЛЛОН"
 TEST PROJECT
 EXPERIMENTAL FLIGHT PROJECT
 SCALE: 1:1000000
 SHEET: 01

... (Russian text at the bottom of the page) ...

Abb.292: Zweisprachiges Bordhandbuch des Apollo-Sojus-Projekts

Der Fundus des Museums beinhaltet auch eine umfangreiche Sammlung von Plakaten, bei denen die Raumfahrt als politisches Symbol verwendet wurde. Es wird deutlich, dass der Aufbruch in den Weltraum im Ostblock neben dem Beweis technischer Fähigkeiten vor allem ein Symbol für gesellschaftliche Erneuerung war – etwa beim Wandel von Stalins zu Chruschtschows Politik. Auch stilistisch wird eine Aufbruchsstimmung vermittelt und, nicht unähnlich zu westlichen Visionen, von futuristischen Elementen begleitet. Die Jugend wurde gezielt angesprochen – sie sollte es sein, die nach damaliger Vorstellung etwa in den 1980er-Jahren die erfolgreiche Umsetzung des Kommunismus vollziehen würde.

Die architektonische Form des verjüngenden Raketenschweifs wird dabei teils offen, teils subtil als wiederkehrendes Gestaltungselement eingesetzt. Neben sachlich-grafischen Motiven oder heroischen Gesten finden sich weiterhin auch comichafte Elemente, wenn etwa die sowjetische Raumsonde in augenzwinkernder Verwunderung feststellt, dass es im Himmel keinen (westlichen) Gott gibt.

Eine auf den ersten Blick verwandte, bei genauem Hinsehen aber gegensätzliche Position formulieren die zahlreichen Kunstwerke zum Weltraum: Während sonst der sozialistische Realismus die offiziell vorgegebene Kunstrichtung war, zeigt sich hier eine breite Palette moderner, abstrakter Stilformen, Impressionismus, Expressionismus, dann auch Elemente der psychedelischen Kunst, die in den 1960er-Jahren im Westen populär war.

Weiterhin zeigt das Museum Werke der Kosmonautenkunst – hier wurden Raumfahrer selbst zu Künstlern und, so wurde berichtet, verarbeiteten dabei die Eindrücke aus ihren Raumflügen. Bekannt wurde vor allem Alexei Leonow, der am 18. März 1965 als erster Mensch einen Außenbordeinsatz machte, sein Raumschiff Woschod 2 verließ und frei im Weltraum schwebte. Die Motive der Kosmonautenkunst sind durchgängig unpolitisch, allein das Motiv der Friedenstaube taucht vereinzelt auf. Die Welt des Kosmos ließ Freiheiten zu, die sonst in der sowjetischen Gesellschaft nicht gewährt wurden.

Zu dem Museum gehört schließlich auch ein Souvenirshop, der neben üblichen Utensilien wie T-Shirts, Fahnen, Postern, Büchern, Anstecknadeln, dem Katalog der Weltraumkunst oder überdimensionalen Sojus-Streichhölzern auch Objekte wie hölzerne Schmuckkästchen anbietet, die von Künstlern in Handarbeit mit Weltraummotiven bemalt wurden.

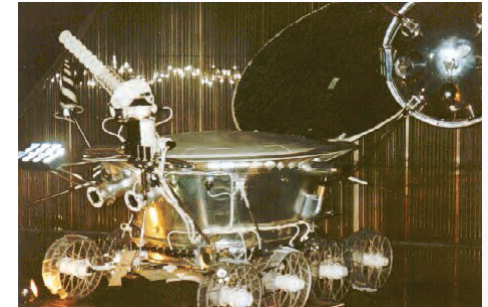


Abb.293: Mondroboter Lunochod 1



Abb.294: Hunde im Weltraum



Abb.295: Kosmonautenausrüstung



Abb.296: Kosmonauten-Skulptur. Bildhauer G. Schultz . 1980

Der Kosmonaut

Zentrales Objekt der Ausstellung, gegenüber dem Eingang, angestrahlt von zahlreichen Scheinwerfern, ist eine sechs Meter hohe Skulptur eines Kosmonauten. Er steht leger und scheint zu lächeln, dabei die Arme weit ausbreitend. Dahinter befindet sich eine angedeutete Weltkugel aus verschiedenen Lebewesen, die ineinander verwoben sind. Beide Objekte sind aus Bronze gegossen. Dahinter ist eine Wand aus farbigen Glasfenstern aufgebaut, die wie bunte Kirchenfenster unsymmetrisch in Blei eingefasst sind und von hinten taghell beleuchtet werden.

Umbau und Neueröffnung 2009

Im Jahre 2006 stellte Moskaus städtischer Architekt Alexander Kusmin seinen Plan vor, einen kreisrunden Platz mit einer Darstellung des Sonnensystems und einer Statue Koroljows an dem Museum zu errichten.

Im Herbst 2006 wurde das Museum für die Renovierungsarbeiten geschlossen und Teile der Ausstellung in den Pavillon 33 des benachbarten WWZ gebracht. Dort wurde auch, nach 15 Jahren Abwesenheit, wieder die Wostok-Rakete aufgestellt.

Am 12. April 2009, der als Tag der Raumfahrt in Russland jährlich den Flug Gagarins feiert, wurde das Museum nach umfangreichen Umbauten wiedereröffnet. Es steht nun die dreifache Fläche zur Verfügung, und auf zwei Etagen werden Technik, Historie und Persönlichkeiten der russischen Raumfahrt umfangreich präsentiert. Daneben werden auch die US-Apollo und das Space Shuttle sowie die aktuelle chinesische Entwicklung in detaillierten Modellen vorgestellt, ebenso die ISS.

Eine Reihe von Multimedia-Installationen laden interaktiv zur Erforschung technischer Details ein; Sonden und Bauteile aus der sowjetischen und russischen Raumfahrt werden im Original gezeigt. Auch die Ausstellungsfäche für Kosmos-Kunst und Grafik wurde erweitert, und es wurde ein Café für die Besucher eingerichtet.

Weiterhin wurde auch der Platz hinter dem Eingang renoviert und erweitert – kreisförmig um das Denkmal von Ziolkovsky sind Büsten anderer Protagonisten der russischen Raumfahrt aufgestellt, in Messing auf einem gesonderten Sockel eine Statue von Sergej Koroljow, dem auch ein eigener Raum im Museum gewidmet ist.



Abb.297: Das architektonische Grundmotiv wiederholt sich im politischen Plakat



Abb.298: Heroik und Humor



Abb.299

18.2 HONG KONG SPACE MUSEUM

Das Weltraummuseum von Hong Kong liegt wie ein riesiger Golfball am Straßenrand, in unmittelbarer Nähe zur Avenue of Stars.

Das Museum verfügt über eine Weltraum-Wissenschaft Abteilung in der zum Beispiel die NASA Mercury Raumkapsel von 1962 ausgestellt wird. Darüber hinaus gibt es eine Astronomie Sektion und ein Planetarium. Das Museum wurde 1977 errichtet und ist besonders für Weltraum-Fanatiker ein toller Ort.

Unter der Kuppel befinden sich das Stanley Ho Space Theatre, die Hall of Space Science und Büros. Im Space Theatre gibt es Omnimax Vorstellungen, was über die bekannten Imax Dimensionen hinaus geht. Zwei Mal im Jahr zeigt das Museum besondere Shows mit dieser speziellen Technik. Im Westtrakt des Weltraummuseums findet man die Hall of Astronomy, die Lecture Hall und den Gift Shop.

Die Ausstellungen sind in erster Linie interaktiv, ähnlich wie im Hong Kong Wissenschaftsmuseum. Vor allem junge Hobby-Astronauten werden daran ihren Spaß haben. Wer sich auf spätere Weltraum-Abenteuer gefasst machen will, ist hier genau richtig. Auf interessante und lehrreiche Art und Weise werden hier Technik und Wissenschaft vermittelt und erklärt.

Das Museum besteht aus zwei Flügeln - Ost und West. Der ehemalige, das Planetarium Kerns, hat eine eiförmige Kuppel-Struktur. Darunter sind die Stanley Ho Raumtheater, die Hall of Space Science, Werkstätten und Büros. Der Westflügel beherbergt die Halle der Astronomie, der Hörsaal, der Geschenk-Shop und Büros. Im Inneren des Stanley Ho Raumtheater, gibt es eine halbkugelförmige Projektionskuppel mit einem Durchmesser von 23 Metern. Das Hotel mit der ersten OMNIMAX Filmprojektor in der östlichen Hemisphäre, ist das Museum auch das erste Planetarium der Welt, um eine vollautomatische Steuerung in seiner Stanley Ho Raumtheater zu besitzen. Jedes Jahr produziert das Museum zwei Multi-Media-Shows Planetarium und stellt die besten ausländischen Filme OMNIMAX nach Hong Kong. Das Museum hat zwei thematische Messehallen: die Halle der Weltraumforschung und die Halle der Astronomie auf dem Erd- und Obergeschoss sind. Die Exponate, überwiegend interaktiv, lassen den Besucher durch eine Reihe von unterhaltsamen und lehr Erfahrungen zu lernen.

Last but not least, organisiert das Museum viele Ausbauübungen pro Jahr, einschließlich Astronomie Karneval, Astronomie Happy Hours, Spaß Science Lab Sessions, Astronomie Wettbewerbe, Vorträge und Filmvorführungen Astronomie, usw. Sie können auch eine Vielzahl von Informationen im Zusammenhang zu finden Sternenhimmel, Grund Astronomie, astronomische Nachrichten und Bildungsressourcen auf der Homepage des Museums.

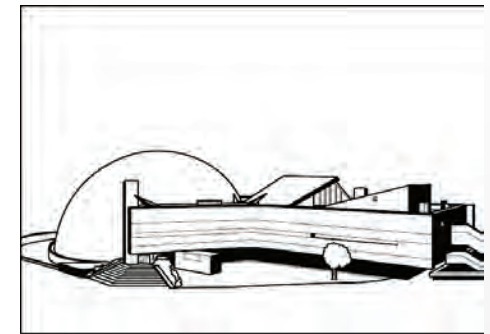


Abb.300



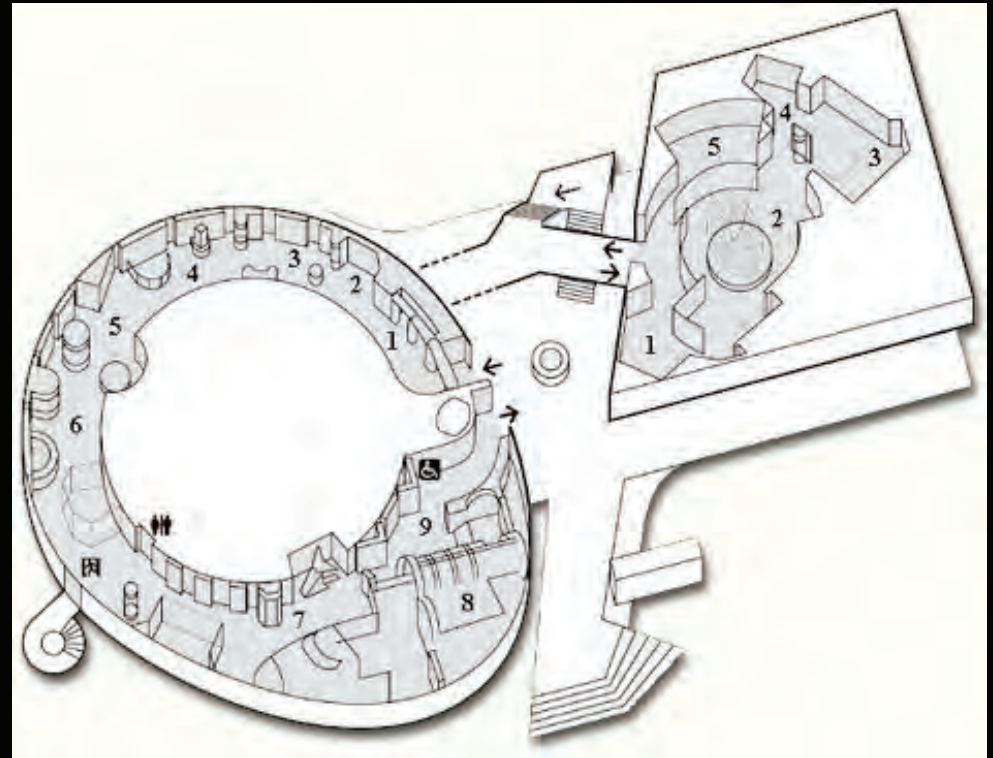
Abb.301



Abb.302



Abb.303



Hall of Space Science

1. Ancient Astronomical History Area
2. Science Fiction Area
3. Early Rockets Area
4. Launch Vehicles Area
5. Satellite and Space Probes Area
6. Manned Spaceflight Area
7. Space Shuttle Area
8. Space Station Area
9. Future Space Programmes Area

Hall of Astronomy

1. Observational Astronomy Area
2. The Solar System Area
3. Solar Science Area
4. Stars Area
5. Universe Area

Stanley Ho Space Theatre

Abb.304

Abb.307



18.3 National Air and Space Museum

Das National Air and Space Museum (dt. Nationales Luft- und Raumfahrtmuseum) ist ein der Smithsonian Institution angegliedertes Museum in den Vereinigten Staaten. Es besteht aus drei Anlagen. Zwei davon sind der Öffentlichkeit zugänglich: das National Mall Museum in Washington, D.C. und das Steven F. Udvar-Hazy Center in Virginia.

National Mall Museum

Das National Mall Museum befindet sich in einem Gebäude am gleichnamigen Park in Washington, D.C. Gezeigt werden hier zahlreiche Exponate aus der Geschichte der Luft- und Raumfahrt, darunter die Spirit of St. Louis oder Gestein vom Mond.

Steven F. Udvar-Hazy Center

Weil eine räumliche Erweiterung des National Mall Museums nicht möglich war, wurde mit dem Steven F. Udvar-Hazy Center ein neuer Standort in Virginia errichtet. Dieser neue Standort liegt südlich des Flughafens Washington-Dulles-International in Chantilly (Virginia). Er wurde im Dezember 2003 eröffnet. Benannt ist das Gebäude nach Steven F. Udvar-Házy, einem Mäzen des Museums, der über die Firma ILFC der Luftfahrt stark verbunden und bekannt ist.

Der neue Komplex bietet sehr viel größere Flächen und Gebäude als das Stammhaus.

Im Zentrum steht der große Boeing Aviation Hangar, in dem Exponate auf drei Ebenen ausgestellt werden. Dort können Exponate wie eine SR-71 Blackbird, die B-29 Superfortress Enola Gay oder eine Concorde besichtigt werden.

Der etwas kleinere James S. McDonnell Space Hangar stellt unter anderem das Space Shuttle Discovery aus. Der Komplex wird durch den Donald D. Engen Observation Tower ergänzt. Der Aussichtsturm gewährt einen Rundblick auf den Flughafen Washington-Dulles-International und seine Umgebung. Die neueste Erweiterung ist der Mary Baker Engen Restoration Hangar, in dem Besucher aktuelle Restaurierungsarbeiten an historischen Exponaten betrachten können.



Abb.308:
Steven F. Udvar-Házy Center



Abb.309: Boeing Aviation Hangar



Abb.310



Abb.311

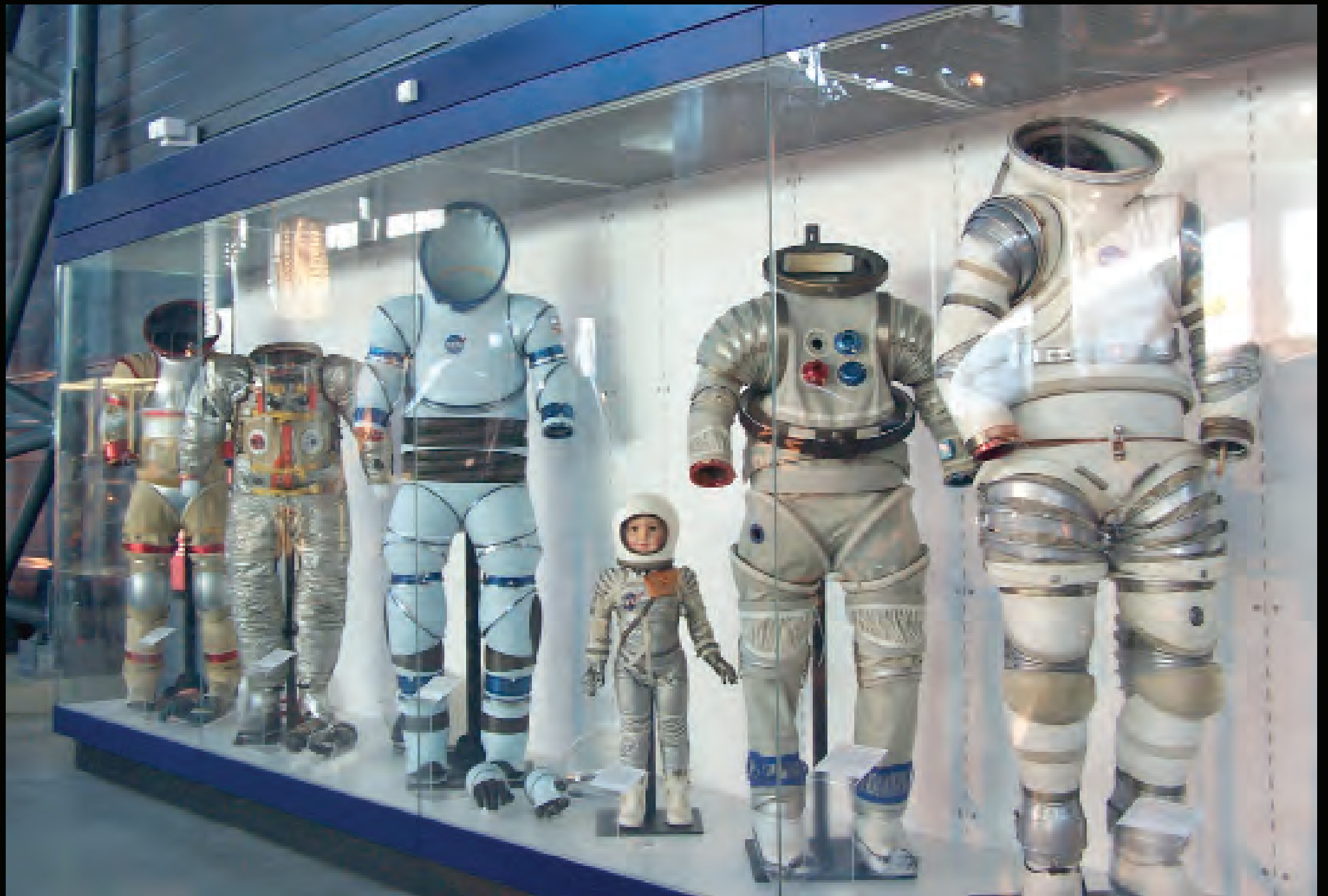




Abb.313

18.4 Armstrong Air and Space Museum

Das Armstrong Air and Space Museum ist ein Museum in Wapakoneta, Ohio, USA, dem Geburtsort von Neil Armstrong, dem ersten Menschen, der den Mond betrat. Ihm zu Ehren wurde das Museum als ein futuristisches Luft- und Raumfahrtmuseum gebaut.

Das Museum soll den Beitrag Ohios zur Entwicklung der Raumfahrt darstellen. Unter den gezeigten Ausstellungsstücken befindet sich ein Douglas F5D Skylancer, das Landefahrzeug der Gemini 8-Mission, Ausrüstungsteile der Apollo-11-Mission und Mondgestein. Die Ausstellungsstücke sind teilweise Leihgaben vom Smithsonian Air and Space Museum und vom Air Force Museum. Im Astro-Theater des Museums finden Multimedia-Präsentationen statt.

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Apollo-11-Mission schlug James A. Rhodes, Gouverneur von Ohio, den Bau eines Museums vor, das Armstrong und „alle Menschen aus Ohio, die die Schwerkraft besiegten“ ehren sollte. Die Gemeinde Wapakoneta brachte über eine halbe Million USD an Spenden auf, und der Bundesstaat Ohio gab eine weitere halbe Million. Nachdem 1970 die Grundsteinlegung stattfand, wurde das Museum 1972 in Anwesenheit von Neil Armstrong und dem neuen Gouverneur John Gilligan eröffnet.

Das Museum wird durch die private, gemeinnützige Ohio Historical Society und durch Spenden von ortsansässigen Bürgern finanziert. Das Museum wird durch John Zvez geleitet, der mit Neil Armstrong verwandt ist. Nachdem das Museum 1999 für 1,15 Mio. USD von der Ohio Cultural Facilities Commission renoviert worden war, wurde es im Juni 1999 wieder eröffnet.



Abb.314

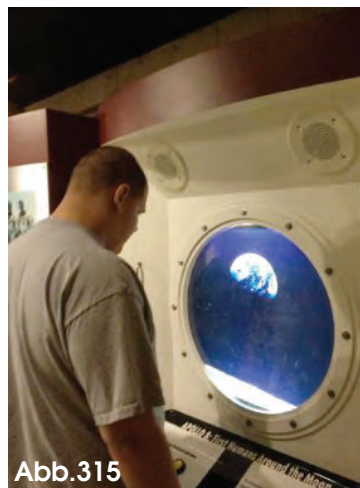


Abb.315



Abb.316



Abb.317



Abb.318



Abb.319



19

„WHEEL“
ARCHITECTURE
REFERENZBSP.

Abb.320



Abb.321

19.1 KSEVT

Das Kulturzentrum für europäische Raumfahrttechnologien (KSEVT) ist ein Institut im slowenischen Vitanje und beschäftigt sich mit der Kultur der Weltraumfahrt.

Entstehung

Das Zentrum wurde am 6. September 2012 eröffnet. Ausschlaggebend für die Standortwahl war die Tatsache, dass dies der Heimatort der Mutter des österreichisch-slowenischen Militäringenieurs und Raumfahrttheoretikers Herman Potocnik (* 1892–1929) war.

Das Kunstprojekt wurde mit Hilfe der EU und des Kulturministeriums Sloweniens gebaut, das sich mit kulturellen Fragen der Raumfahrt beschäftigen soll. Die Architektur des Gebäudes ist der ersten Raumstation Potocniks nachempfunden, zu einer Zeit, in der die Eroberung des Alls noch ein Gedankenexperiment war.

Der Direktor des Raumfahrtzentrums, Miha Turšič, sagte bei seiner Eröffnungsrede:
„Seine Person ist nicht wichtig, was allein zählt, ist sein Buch.“
– Miha Turšič: Die Zeit

Architektur

Die Architektur des Gebäudes wurde von den Architekturbüros Bevk-Perovic, Dekleva-Gregoric, OFIS und Sadar+Vuga erdacht. Der Entwurf lehnt sich an die Pläne für einen bewohnbaren Habitatring, einer der drei Teile einer geostationären Raumstation die Potocnik in seinem Buch „Das Problem der Befahrung des Welt- raums - der Raketen-Motor“ von 1929 beschrieben hat.

Baubeginn war im Jahr 2009. Die Grundstücksfläche beträgt 33.305 m², die Bruttogeschossfläche 2.450 m² und die Baukosten sind mit 2,8 Millionen € beziffert. Das Gebäude ist ein Betonmonolith-Objekt mit Aluminiumverkleidung und Glas. Es liegt frei zwischen einer Hauptstraße auf der einen Seite und einem Strom mit grünem Hinterland auf der anderen Seite. Das Äußere und Innere des Gebäudes besteht aus zwei niedrigen Zylindern. Der Untere ist größer und steigt vom Norden zum Süden an, während der obere, kleinere Zylinder in den größeren im Süden einschneidet, wobei er gen Norden ansteigt. Der untere Zylinder wird durch die transparente Oberfläche der Verglasung am Eingang unterstützt. In der dynamischen Relation der beiden wird der Eindruck des Schwebens und der Rotation erzeugt und soll an die von Potocnik beschriebene Habitatstation erinnern.. Von außen wird der dynamischer Effekt zwischen den Zylindern von den Glasringen um das Gebäude herum verstärkt, es scheint dadurch zu schweben.



Abb.322: Das „Wohnrad“, Teil des dreiteiligen Raumstation-Entwurfs von Potocnik

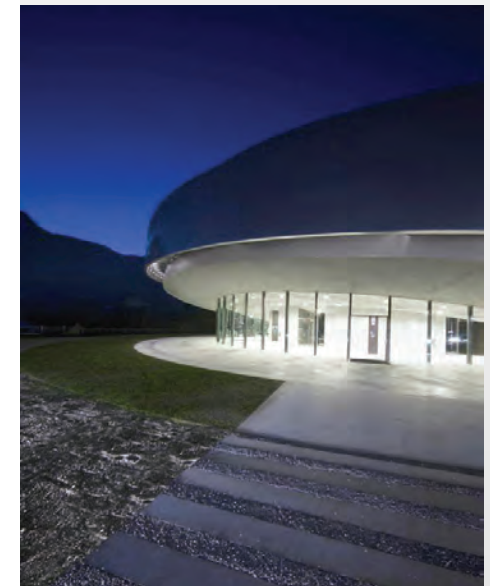


Abb.323



Abb.324

„SPACE“ - MUSEEN

Die zentrale Halle ist vom Ausstellungsbereich umgeben, beide sind durch eine runde Öffnung miteinander verbunden. Die Autoren wollten so die örtliche Gemeindeprogramm und das wissenschaftliche Programm von KSEVT interagieren und zu betonen.

Auf dem höchsten Punkt der kreisförmigen Ausstellung gibt es einen Übergang zu einem kleineren Zylinder des Gebäudes im ersten Stock, wo das Studium und die Forschung stattfindet. Hier befindet sich die Sonderbibliothek, die „Treasures of Modernity-Sammlung“.

Zu den vorgenannten Räumlichkeiten gehören noch eine Multifunktionshalle und ein Auditorium.



Abb.325



Abb.326

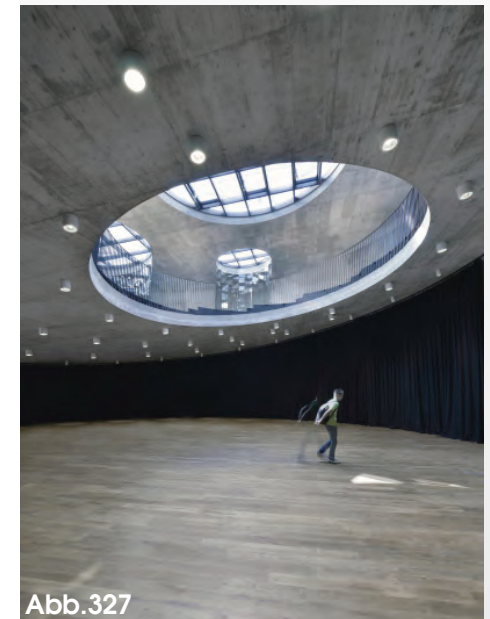


Abb.327



Abb.328

SPACE
FORMATIONS

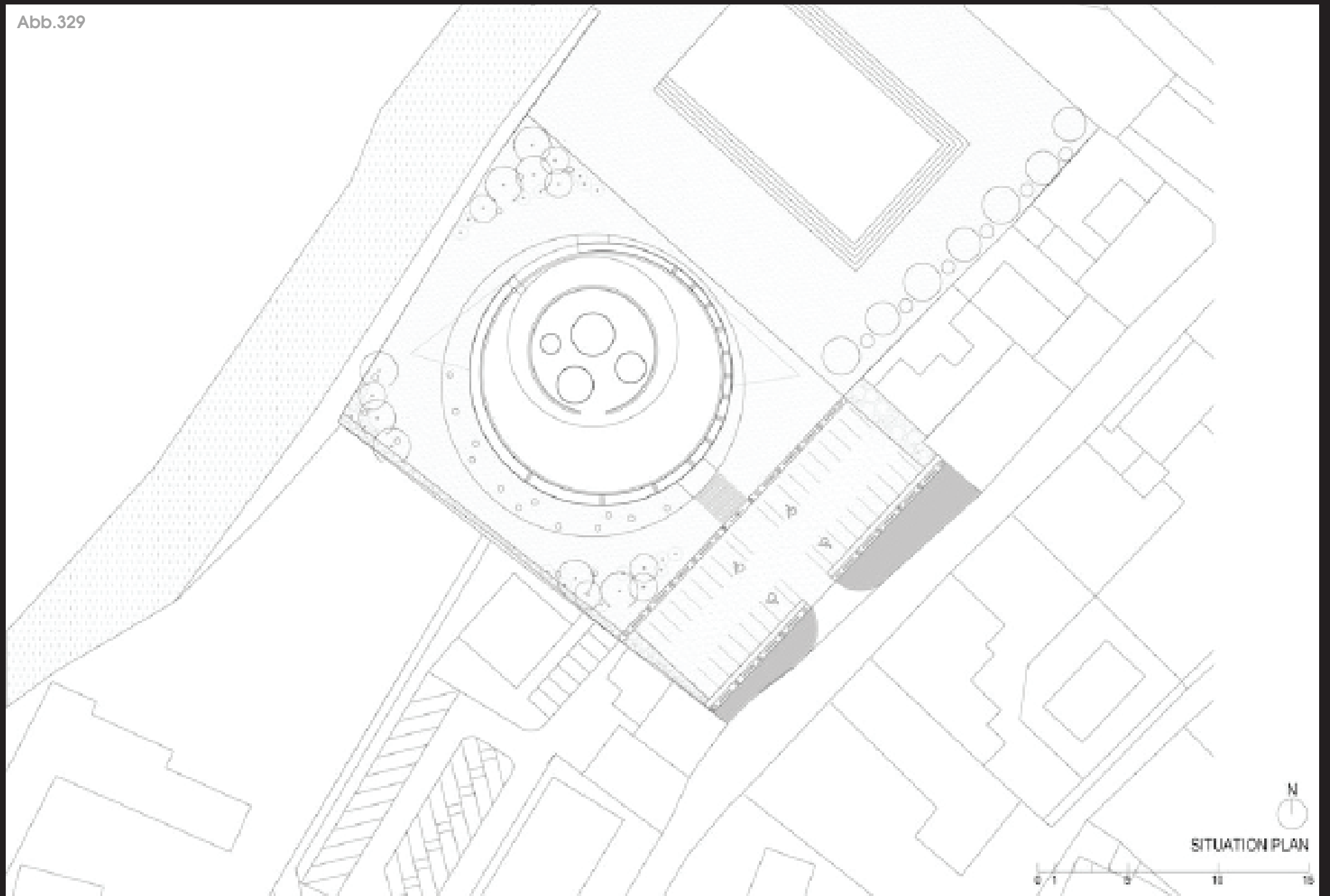


Abb.330

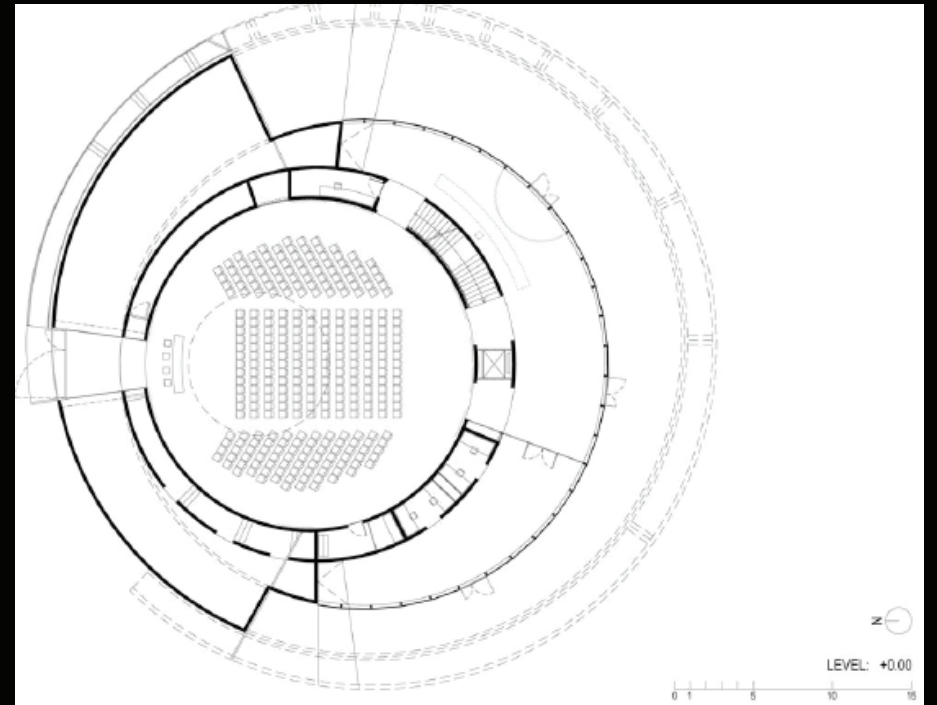
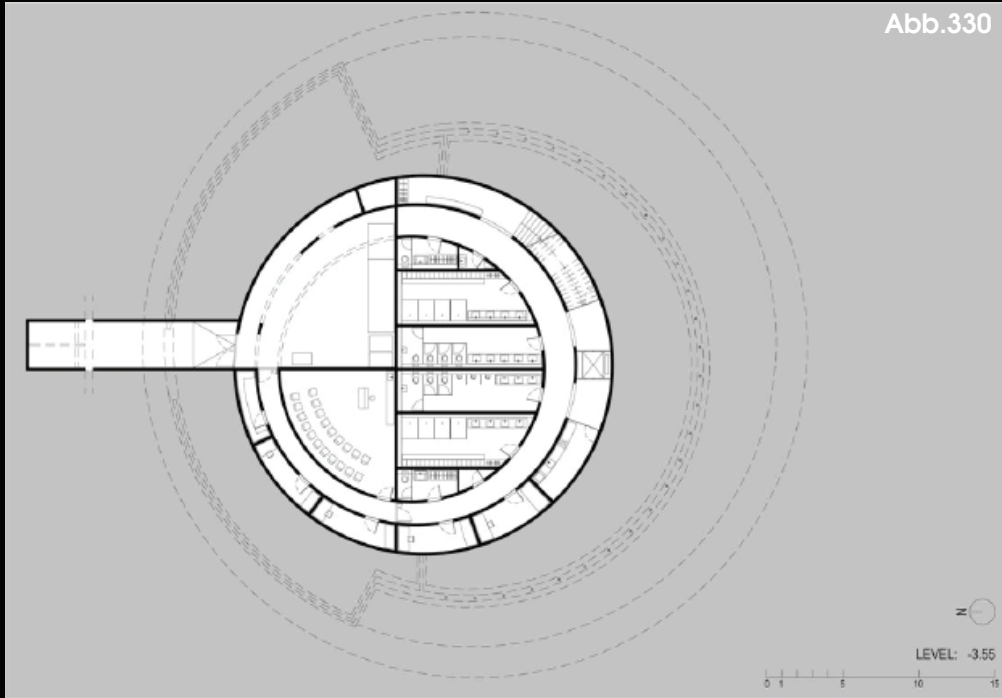


Abb.332

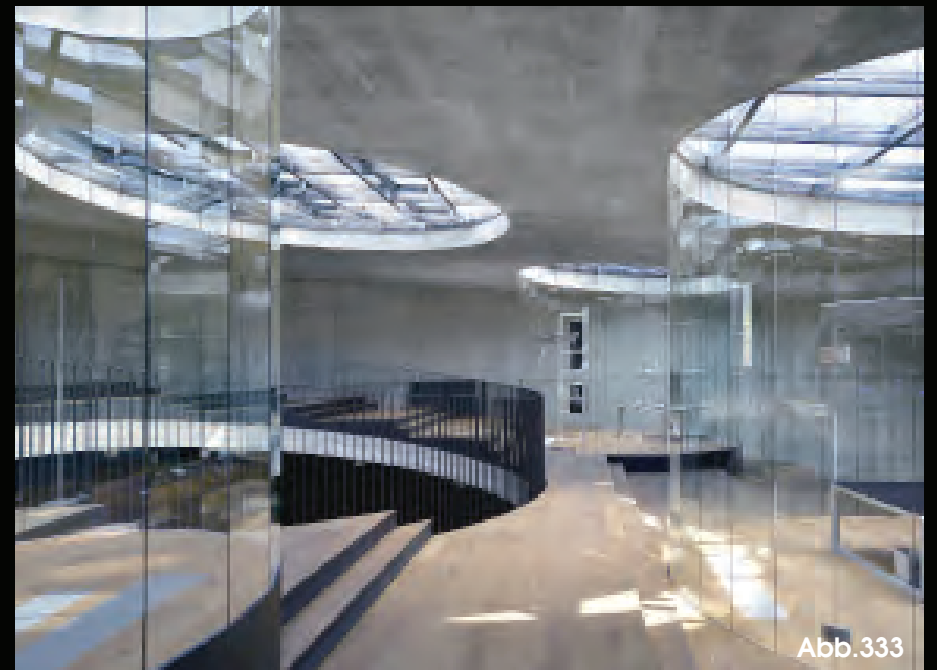


Abb.333

Abb.334

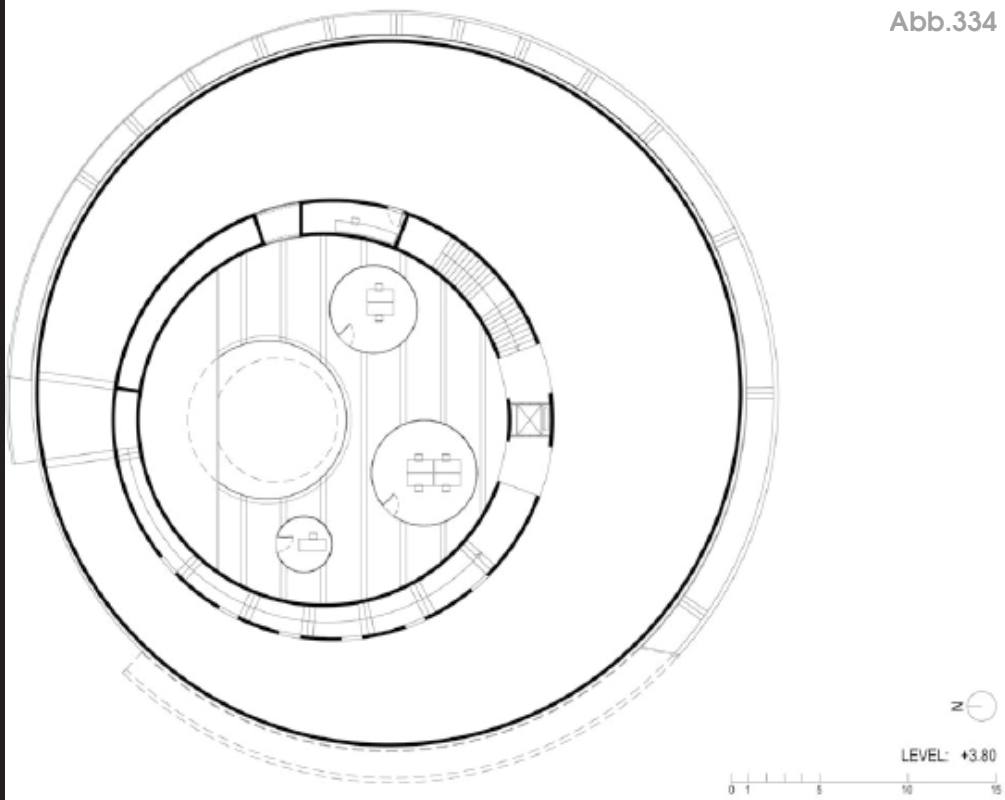


Abb.335

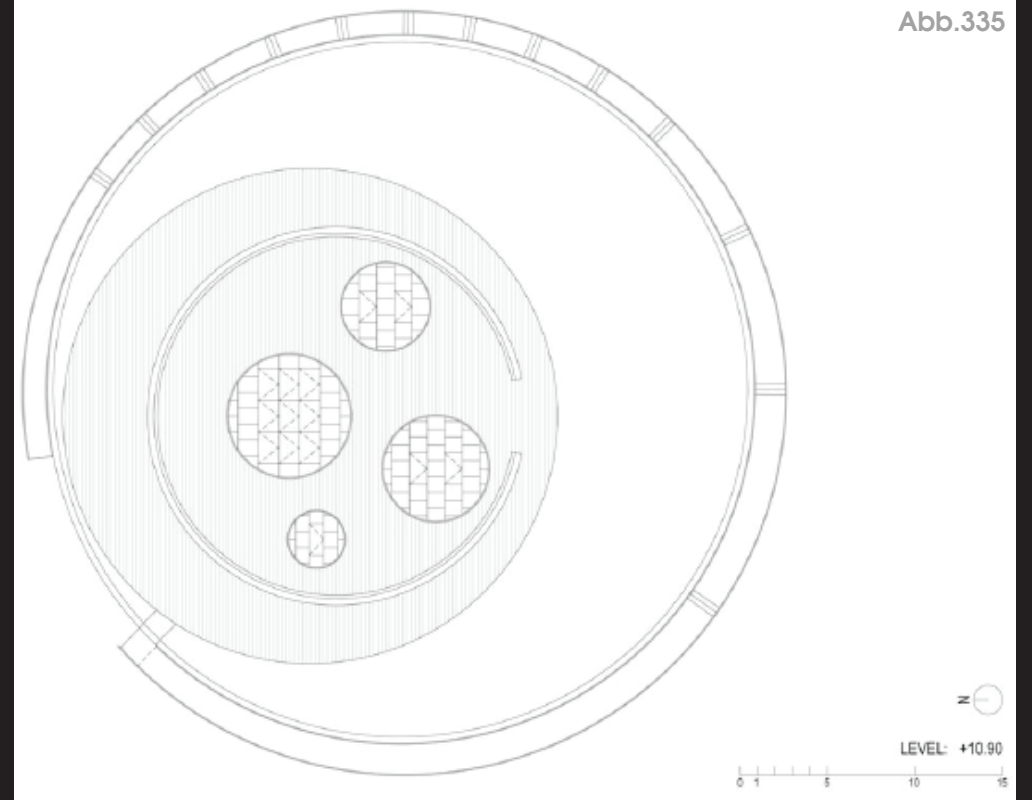


Abb.336



Abb.337

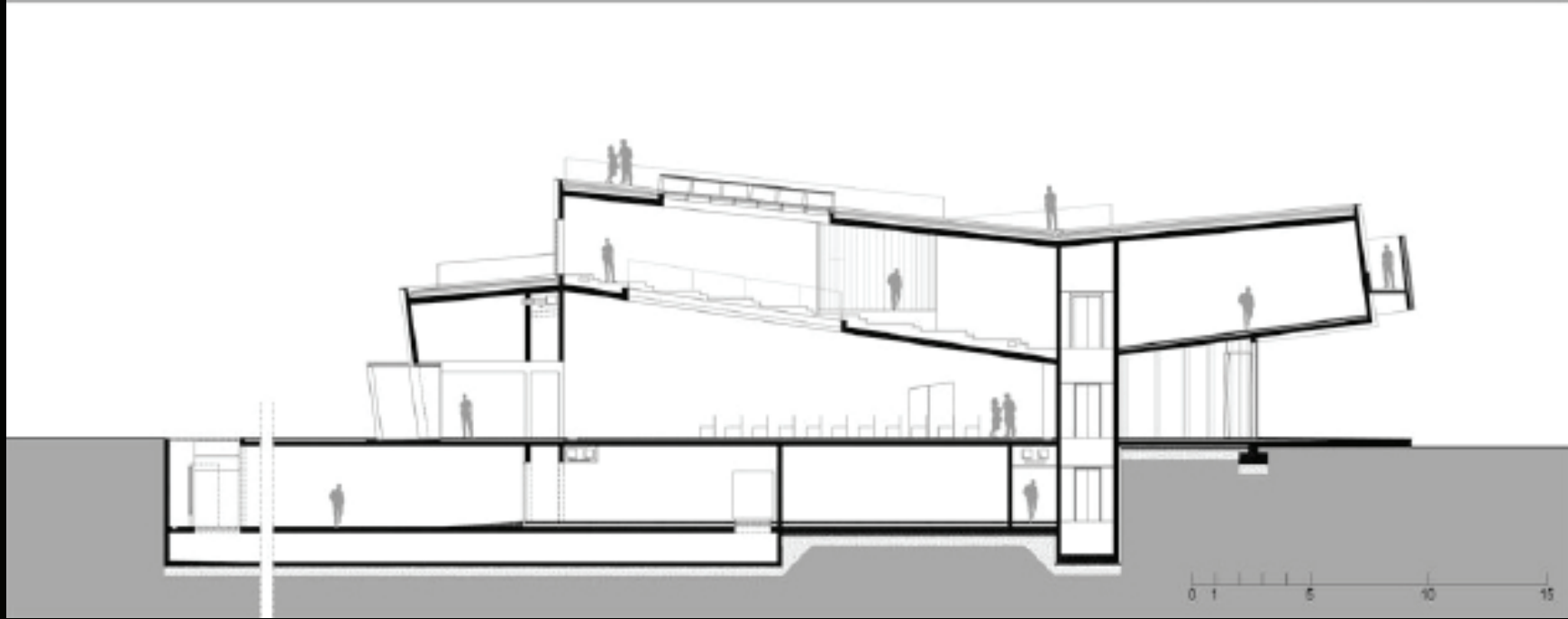
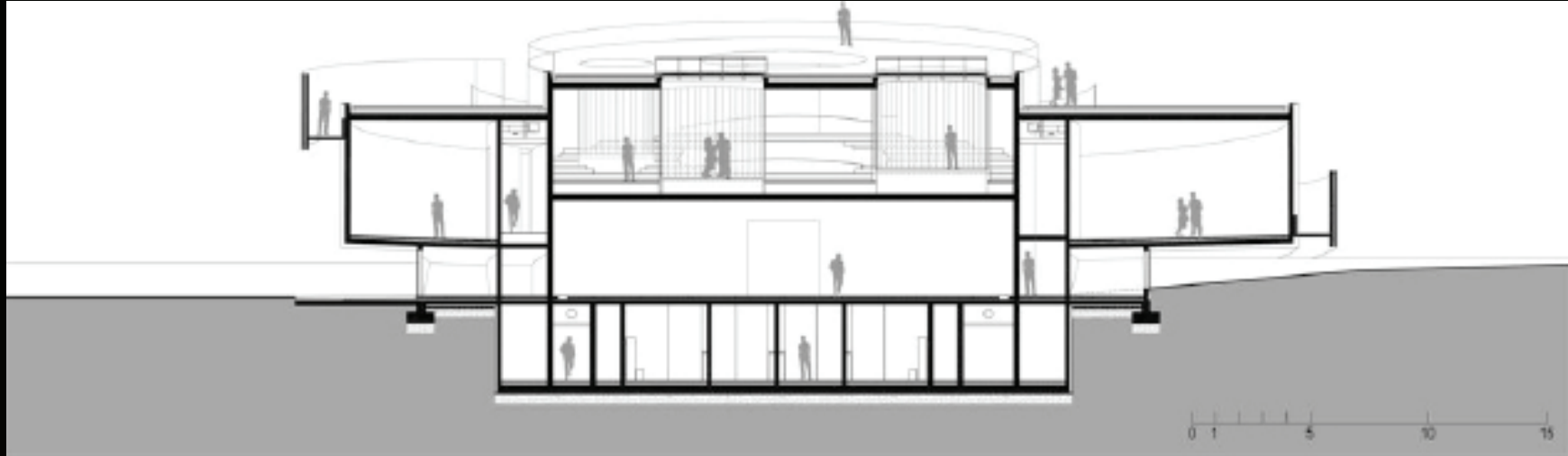
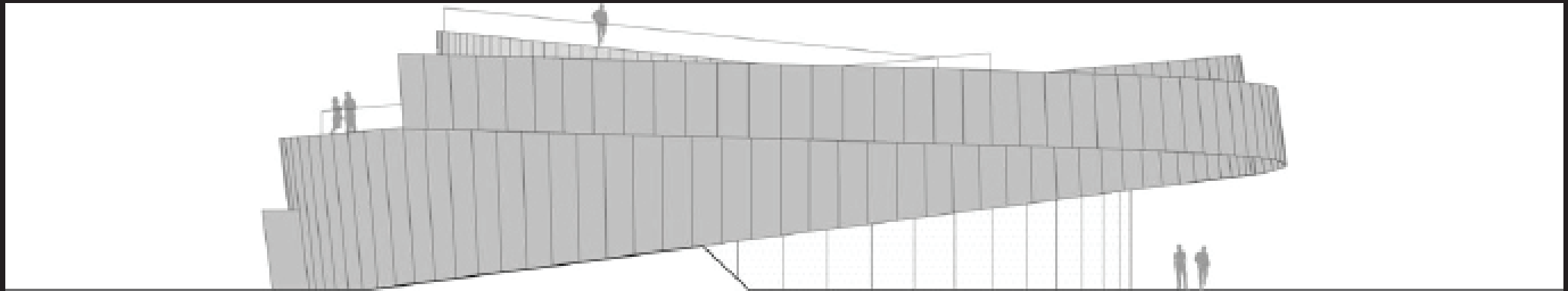
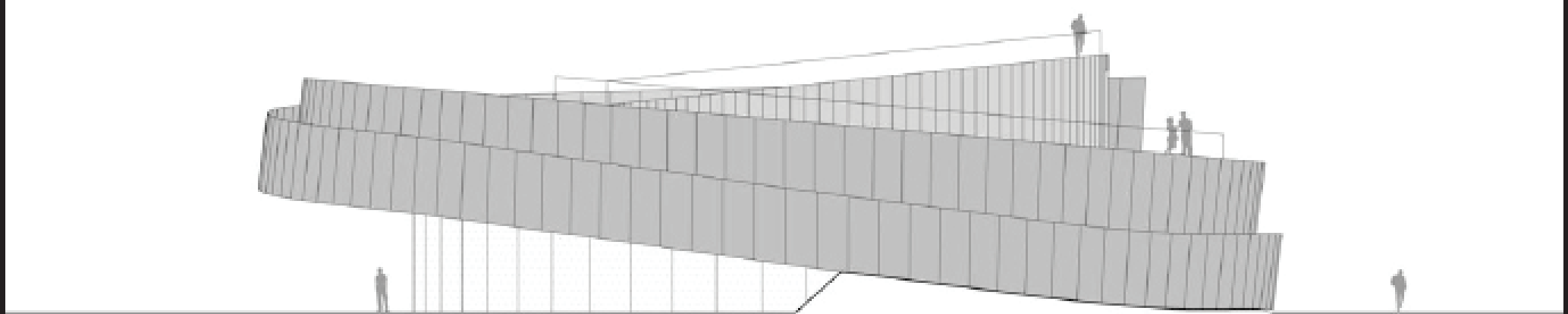


Abb.338



WEST FASADE



EAST FASADE



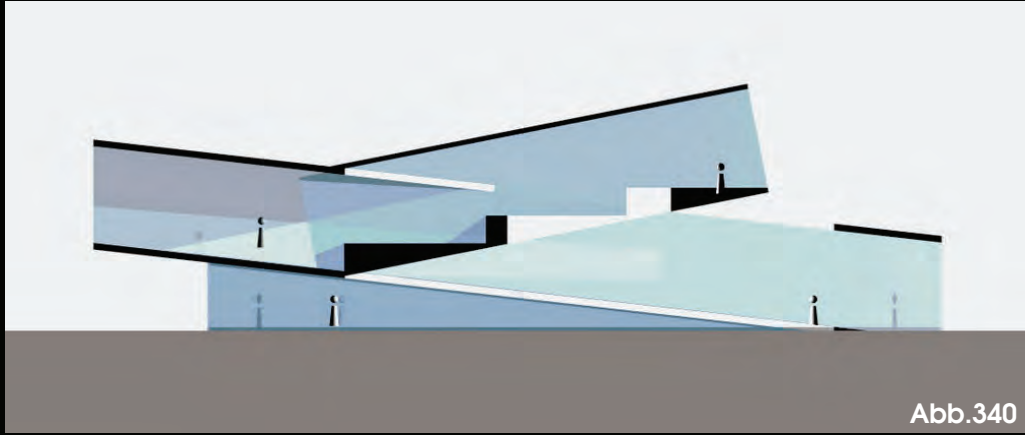


Abb.340

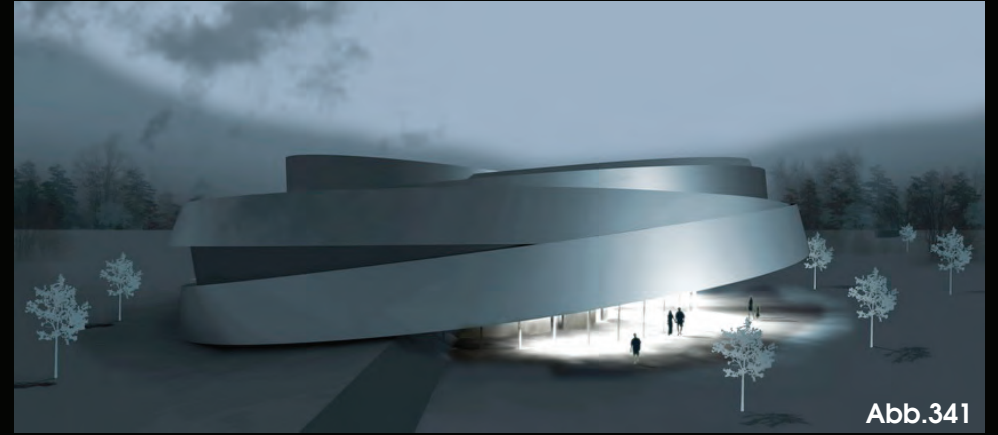


Abb.341



Abb.342



Abb.343



Abb.344



Abb.345



Abb.346



Abb.347



Abb.348

19.2 Apple Campus 2

Derzeit entsteht in Cupertino ein neuer Campus für Apple vom Architekt Norman Foster. Steve Jobs stellte den Entwurf zu Beginn des Jahres 2011 vor. Das runde Hauptgebäude erinnert dabei an ein Raumschiff.

Ursprünglich wurde der neue Apple Campus für ein bedeutend kleineres Grundstück geplant. Erst nachdem das Gelände der ehemaligen Niederlassung von Hewlett Packard verfügbar wurde, änderten sich die Dimensionen erheblich und es wurde sehr viel größer geplant.

Steve Jobs orientierte sich während der Planungen am Stanford Campus mit seinem großen quadratischen Hauptplatz, den er gut von vielen Auftritten kannte. Außerdem erinnerte sich Jobs an seine Jugendzeit, als Kalifornien der Obstgarten der USA war und auch noch heute ist. Nach einer Serie von Entwürfen entwickelte sich der Vorschlag eines runden Hauptgebäudes, umgeben von sehr viel Natur, zum Favoriten, verriet Foster.

Das Gebäude soll Platz für 12000 Angestellte bieten, ohne dabei wie ein einziger Bürokomplex zu wirken. Foster war es wichtig, das Gebäude durch viel Tageslicht freundlich und hell zu gestalten. Die Anordnungen und die Umgebung wurde sehr sorgfältig ausgewählt. Im Gebäude befinden sich Cafés und Restaurants. Die Wände sind aus Glas, die jederzeit einen Blick auf die grüne Umgebung bieten. Sogar die Parkplätze sind unterirdisch, damit die Mitarbeiter beim Blick aus dem Fenster nicht auf ein Meer voller Autos schauen müssen.

Das Gelände ist umzogen von Rad- und Wanderwegen, die den Angestellten Abwechslung und Entspannung in den Pausen bieten sollen. Über 1000 Fahrräder sollen auf dem Campus bereit stehen.

Der Campus soll im Jahr 2016 fertiggestellt und bezugsbereit für die vielen Angestellten bei Apple in Cupertino sein.



General information	
Status	Under construction
Address	19111 Pruneridge Avenue Cupertino, CA 95014
Town or city	Cupertino, California
Country	United States
Coordinates	 37°20'8"N 122°0'33"W
Groundbreaking	Nov 2013
Completed	Q4 2016 ^[5]
Owner	Apple, Inc.
Dimensions	
Other dimensions	Accommodating 12,000 staff ^[6]
Technical details	
Floor count	4 ^[6]
Floor area	2,800,000 square feet (260,000 m ²) ^[6]
Grounds	176 acres (710,000 m ²) ^[6]
Design and construction	
Architecture	Foster + Partners ^[6]

Abb.349



Abb.350

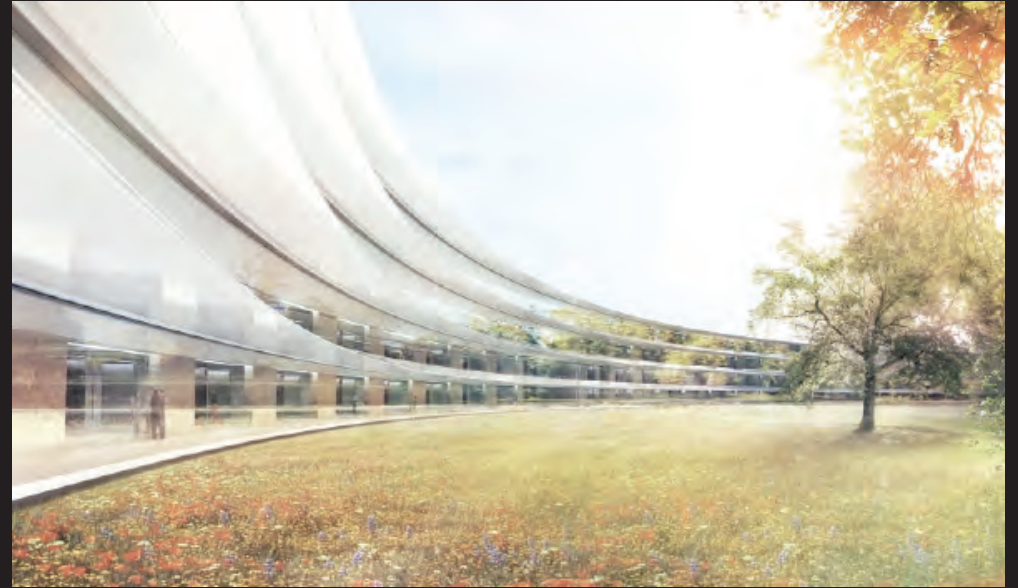


Abb.351



Abb.352



Abb.353



Abb.354

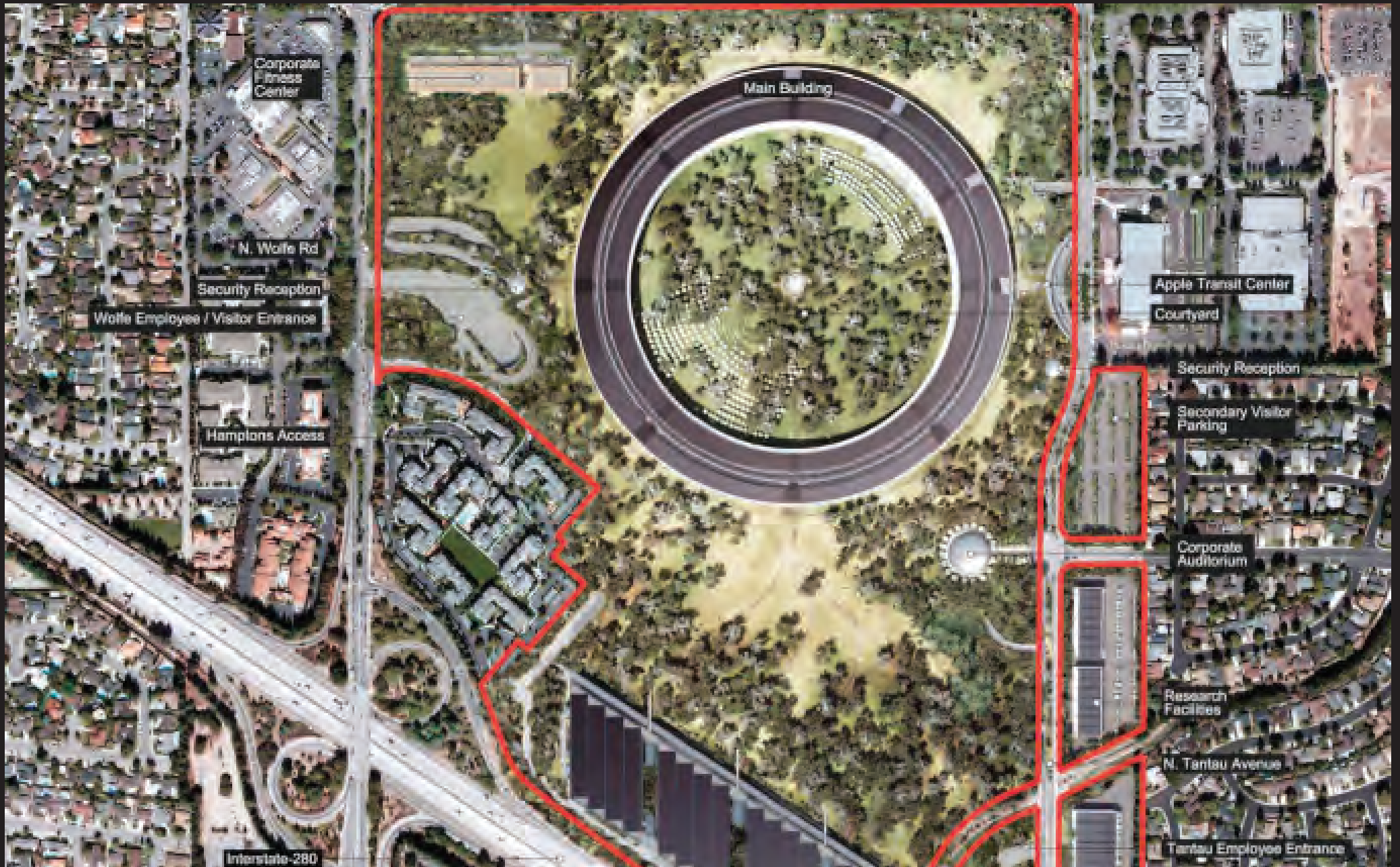
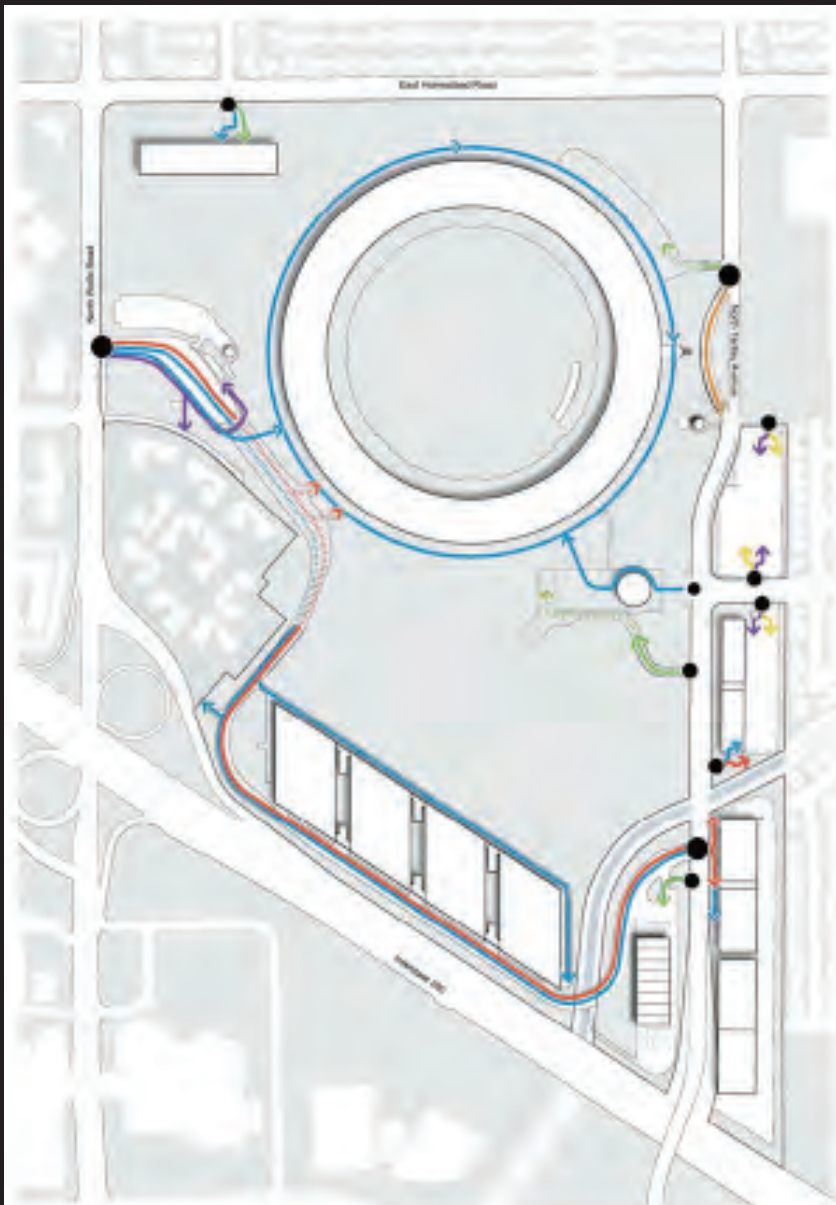


Abb.355



Abb.356



- Blue: Other Access
- Orange: Public Transit/Carshare Access
- Red: Employee Access
- Blue: Emergency Services Access
- Green: Service Access
- Yellow: Building Visitor/Parking Access

01 Proposed Vehicular Circulation



- Blue: Public Sidewalk (Detached white building)
- Orange: Private Walk
- Green: Private Jogging Path

02 Proposed Pedestrian Circulation



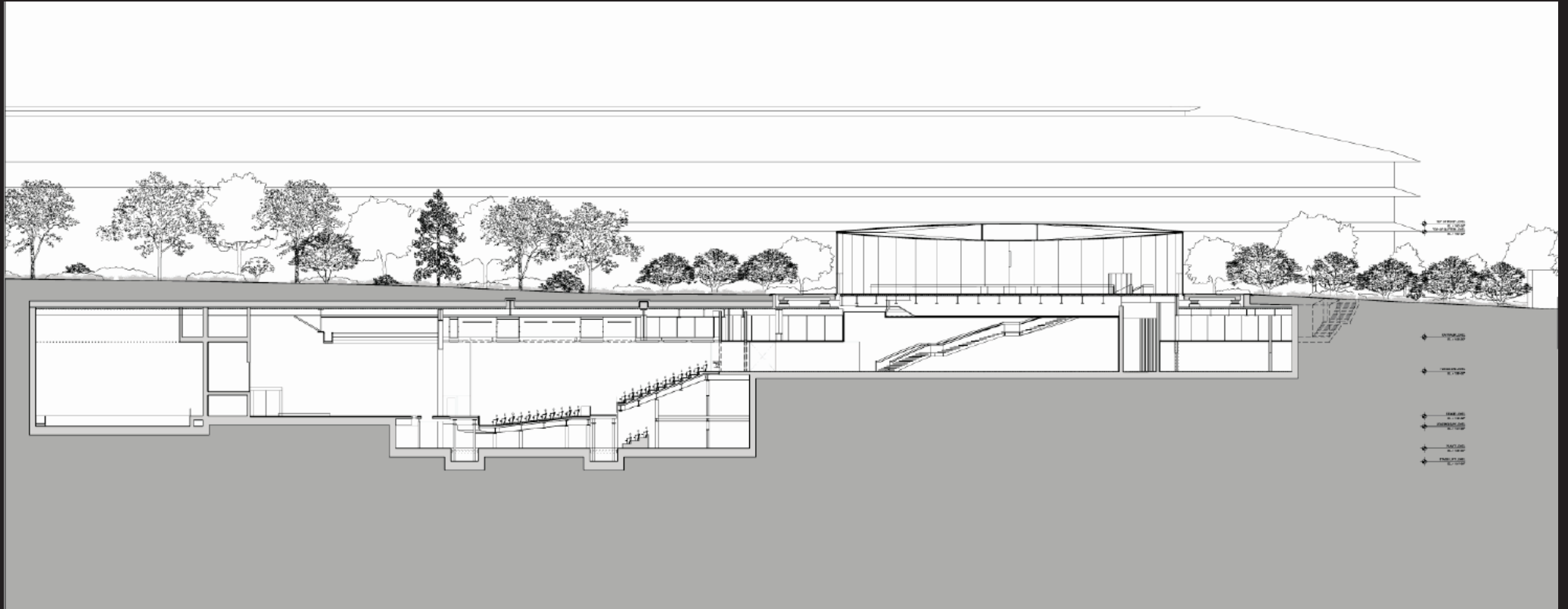


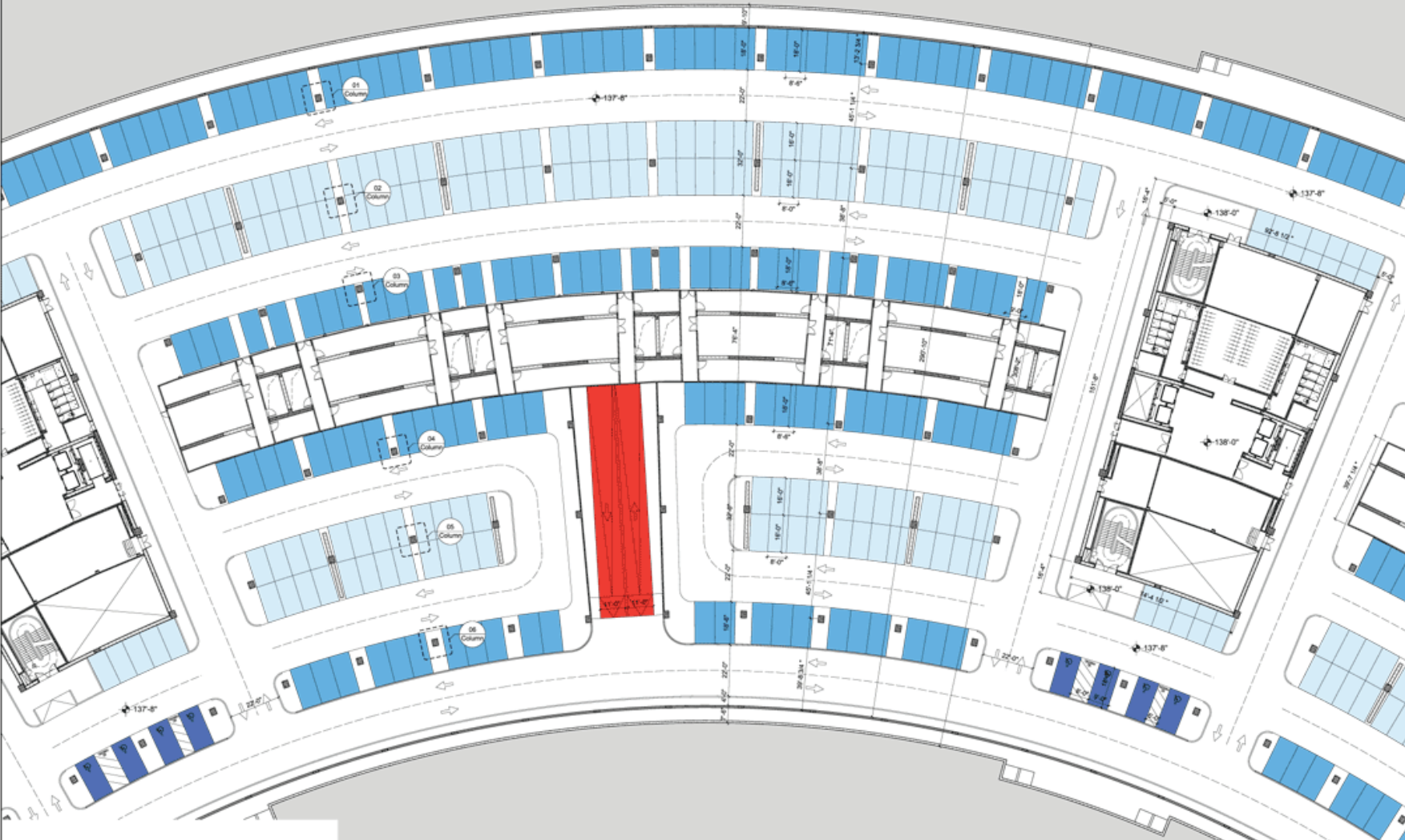
Abb.359

Basement total: 4,300 Parking spaces

- 2175 Standard parking spaces (9'-0" x 18'-0")
- 2069 Compact parking spaces (8'-0" x 18'-0")
- 56 Accessible parking spaces (9'-0" x 18'-0")

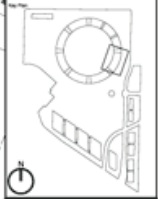


*All stalls have a minimum allowable of an extra 12" inches if they are used to a column or shear wall



Notes:
 1. Do not make changes. Dimensions given.
 2. All dimensions are to face unless otherwise noted.
 3. All dimensions and be verified on site before proceeding.
 4. All dimensions and be verified on site before proceeding.
 5. All dimensions and be verified on site before proceeding.
 6. All dimensions and be verified on site before proceeding.

Room No.	Room Name	Area	Volume
01	Column		
02	Column		
03	Column		
04	Column		
05	Column		
06	Column		



Foster + Partners
 Architects
 100 North Dearborn Street
 Chicago, IL 60610
 Tel: +1 312 269 1000
 Fax: +1 312 269 1001
 www.fosterpartners.com

ARUP
 100 North Dearborn Street
 Chicago, IL 60610
 Tel: +1 312 269 1000
 Fax: +1 312 269 1001
 www.arup.com

OLIN
 100 North Dearborn Street
 Chicago, IL 60610
 Tel: +1 312 269 1000
 Fax: +1 312 269 1001
 www.olin.com

KIER & WRIGHT
 100 North Dearborn Street
 Chicago, IL 60610
 Tel: +1 312 269 1000
 Fax: +1 312 269 1001
 www.kierwright.com



Apple, Inc.
 Apple Campus 2
 100 North Dearborn Street
 Chicago, IL 60610
 Tel: +1 312 269 1000
 Fax: +1 312 269 1001
 www.apple.com

Main Building
 Typical Parking
 B1 Plan
 Project No: 1858
 Date: 01/17/12
 Scale: 1/16"=1'
 Drawing No: P-8.11
 Sheet No: 02

01 Basement Level 1
 (Sheet 01 of 02)

Abb.362

NASA-Illustration zweier O'Neill-Zylinder

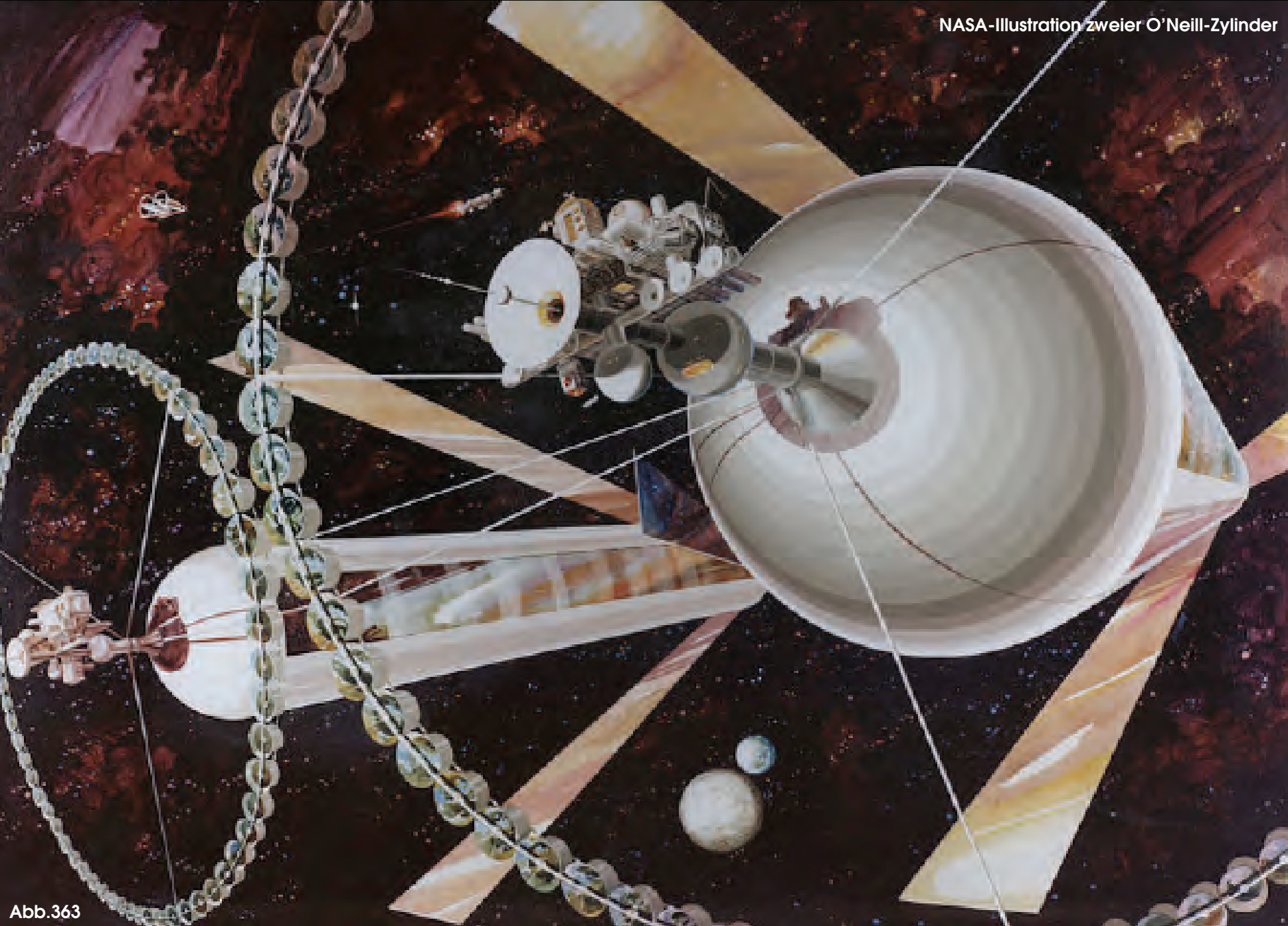


Abb.363

19.3 O’Neill-Kolonien

O’Neill-Kolonien sind hypothetische Weltraumkolonien, die vom Physiker Gerard K. O’Neill vorgeschlagen wurden. Es wurden drei Konzepte gestaltet; die auf einer Hohlkugel, der Bernal-Sphäre, aufbauenden Entwürfe Island One und Island Two, sowie Island Three in Form von zwei Zylindern, die dadurch als O’Neill-Zylinder benannt wurden.

Geschichte

Lange Zeit schien die Erschließung des Sonnensystems nur über die Schritte Raumstation, Mondbasis und Planetenbesiedlung möglich. Das änderte sich, als der Physiker Gerard K. O’Neill von der Universität Princeton die Frage, ob die Besiedlung anderer Himmelskörper wirklich die beste Methode für die Erschließung des Sonnensystems sei, mit Nein beantwortete. Dieser Überlegungsansatz bildete den Grundstein für Pläne über künstliche Welten im All, die später unter dem Namen O’Neill-Kolonien bekannt werden sollten.

O’Neill und seine Anhänger entwarfen auf verschiedenen Konferenzen Kolonien unterschiedlicher Form und Größe, die alle eins gemeinsam hatten: ihre Loslösung von einem natürlichen Himmelskörper. Anders als normale Raumstationen sollten sie jedoch auch nicht einfach nur ein Ausgangspunkt für Forschung und Raumfahrt darstellen, sondern einen echten Lebensraum – ähnlich einer Stadt – bilden.

1975 gründeten die Ingenieure Keith Henson und Carolyn Meinel die L5 Society, um die Entwürfe O’Neills bekannter zu machen. 1976 veröffentlichte O’Neill das Buch *The High Frontier: Human Colonies in Space*, in dem er seine Projekte populärwissenschaftlich vorstellte. Neu waren O’Neills Ideen allerdings nicht: Hermann Oberth, „Vater der Weltraumfahrt“, hat bereits 1954 in seinem Buch *Menschen im Weltraum – Neue Projekte für Raketen- und Raumfahrt, interstellare Reisen durchs All mit riesigen Wohnwalzen* beschrieben. An eine Hohlkugel als Lebensraum dachte der Physiker Dr. John Desmond Bernal sogar bereits im Jahr 1929.

Aufbau

Die Vorstellungen bezüglich der Größe dieser Stationen waren in den Studien gigantisch, angefangen bei einem Entwurf mit einer Bernal-Sphäre für 10.000 Bewohner, der Island One, bis hin zu einem Zylinder von 30 km Länge und 6,5 km Durchmesser für Millionen von Menschen, auf denen Island Three aufbaute. Kolonien sollten ihren Bewohnern eine dauerhafte Heimat bieten. Deshalb ist es auch nicht verwunderlich, dass in der großzügigen Konstruktion neben landwirtschaftlichen Nutzflächen auch Parks, Seen und Häuser eingeplant waren. Die Kolonien sollten riesige Fensterflächen besitzen, durch die dann mit Hilfe ebenso großer Spiegel das Sonnenlicht in das Innere der Kugel oder des Zylinders gelenkt werden würde. Damit ein dauerhaftes Leben im Weltall überhaupt möglich ist, muss eine künstliche Gravitation geschaffen werden. Diese sollte durch Rotation jeder Kolonie erreicht werden. Ein Mantel aus Mondgestein sollte zudem den notwendigen Schutz vor der im Weltraum gefährlichen Sonnenstrahlung gewährleisten.



Abb.364
Das Innere einer O'Neill-Kolonie

Umsetzung

Aufgrund ihrer gigantischen Ausdehnung war es klar, dass die Konstruktion der Kolonie nur von einer Basis im Weltraum aus möglich sein würde. Auf diese Weise würde der äußerst kostspielige Transport der Materialien von der Erde aus zum Weltraum größtenteils umgangen werden. Die für den Bau benötigten Rohstoffe sollten vom Mond kommen, da dieser Transport aufgrund der viel geringeren Anziehungskraft des Mondes erheblich günstiger wäre.

Im Konstruktionsatelier sollten die Rohstoffe dann weiterverarbeitet und zusammen mit anderen gelieferten Bauteilen zu den ersten kleinen Habitaten zusammengefügt werden. Diese Habitate sollten den Ausgangspunkt für den weiteren Ausbau der Kolonie bilden. Eine dann fertiggestellte Kolonie sollte wiederum als Basis für die Herstellung einer weiteren dienen, sodass sich in absehbarer Zeit eine Vielzahl dieser künstlichen Inseln im All befänden.

Standort

Wichtiges Element in der Planung der O'Neill-Kolonien war die Versorgung mit Rohstoffen vom Mond aus, zum Einen als Ausgangsprodukt für die Herstellung von Bauteilen, zum Anderen aber auch für den erwähnten Mantel aus Mondgestein, der vor der Sonnenstrahlung schützen sollte. Hierzu, so war die Idee, könnte auf dem Mond ein sogenannter Massenbeschleuniger errichtet werden. Er würde die benötigten Rohstoffe zum Bauplatz der Kolonien schleudern.

Hierbei ist es natürlich von Bedeutung, dass die geschleuderten Objekte und natürlich auch das Konstrukt selber an Ort und Stelle bleiben. Deshalb hat sich O'Neill für seine Kolonien einen besonderen Standort ausgesucht: die Gleichgewichts-, Librations- oder Lagrange-Punkte L4 und L5. An diesen Punkten halten sich in einem System zwischen zwei Körpern – also in diesem Fall zwischen Sonne und Erde – die Fliehkraft des rotierenden Systems und die Anziehungskraft der beiden Körper die Waage. Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass ein an diesen Orten positioniertes Objekt auch ohne regelmäßige Lagekorrektur an seiner Stelle bleibt.

Leben in der O'Neill-Kolonie

Das Leben in den O'Neill-Kolonien ist von Autarkie gekennzeichnet. Die Bewohner sollen sich mit allen lebensnotwendigen Dingen selbst versorgen können.

Zur Nahrungsversorgung werden Mais-, Sojabohnen- und Luzernefelder auf der mittleren Ebene angelegt. Die Wasserversorgung erfolgt aus künstlich angelegten Teichen auf der obersten Ebene. So kann es auch optimal zur Bewässerung der Felder verwendet werden. Mit dem Rest des Wassers könnten dann die Nutztiere versorgt werden, deren Ställe sich auf der untersten Terrasse befänden. Ausgehend von einer Bewohnerzahl von 10.000 Kolonisten könnten dort etwa 60.000 Hühner, 30.000 Kaninchen und eine beträchtliche Anzahl von Rindern gehalten werden.

Abb.365: Stanford Torus - Orbital Space Habitat



Anschließend würde das Wasser in einer Aufbereitungsanlage gereinigt und dem Kreislauf erneut zugeführt werden. So wäre eine gesunde Mischdiät möglich, die die Bewohner jeden Tag mit etwa 2400 Kilokalorien versorgen würde. Die Felder und Parks hätten zudem die Aufgabe, einen Großteil des Kohlendioxids aus der Luft aufzunehmen und Sauerstoff sowie Wasserdampf freizusetzen. Den restlichen Bedarf müsste dann die Hochtechnologie leisten.

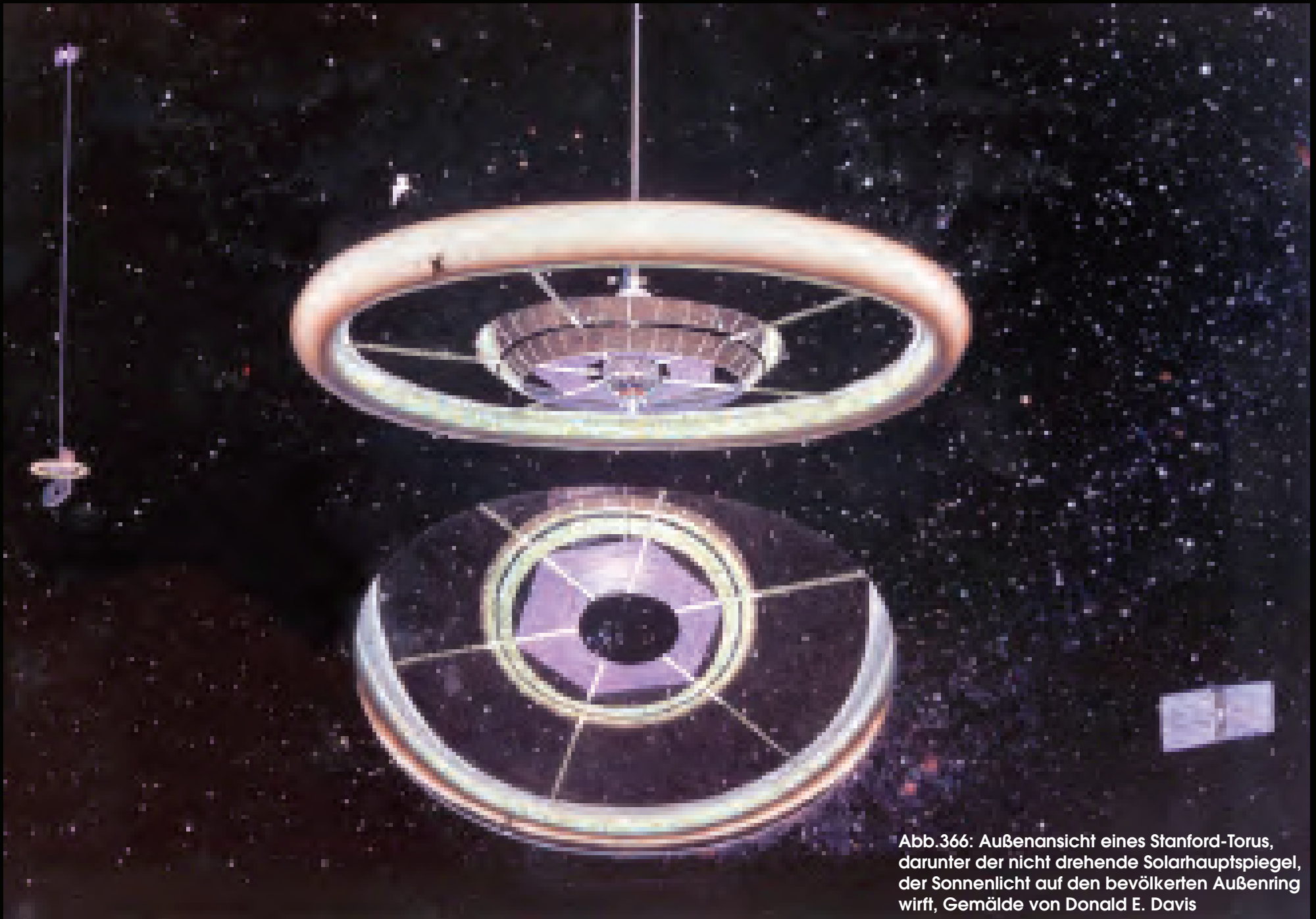
Die in den landwirtschaftlichen Gebieten entstehende Feuchtigkeit könnte über Lufttrockneranlagen kondensiert werden und so den Trinkwasservorrat ergänzen. Ein komplexes Verfahren mit dem Namen Nassoxidation würde die Abwässer aus der Landwirtschaft und den Haushalten durch Druck und Erhitzen reinigen. Bei diesem Prozess würde Kohlendioxid freigesetzt, welches wiederum zur Förderung des Pflanzenwachstums eingesetzt werden könnte. Die festen Rückstände des Abfalls könnten zu Viehfutter und Kunstdünger weiterverarbeitet werden. Die Bewohner der Kolonie könnten ihren Lebensunterhalt als Bergbauleute auf dem Mond oder als Wissenschaftler und Techniker auf Weltraumstationen verdienen. Haupttätigkeitsfeld wäre aber wohl der Bau von Energiesatelliten, die als dichter Ring die Erde umgäben.

Realisierbarkeit

Es wurde von den Machern die Meinung verbreitet, dass ein Umzug der Menschheit ins All in nicht allzu ferner Zukunft vonstattengehen könnte. Manche sahen die erste Kolonie bereits um die Jahrtausendwende den Weltraum bevölkern.

Diese Euphorie wurde von der Tatsache unterstützt, dass die benötigten Techniken bereits vorhanden oder in der Entwicklung waren. Der Optimismus ging sogar so weit, dass O'Neill und seine Mitarbeiter bereits erste Kostenabschätzungen und Zeitpläne für ein „Aussiedlerprogramm“ vorlegten. Sie gingen von Kosten in Höhe von 100 Milliarden Dollar, verteilt auf 20 Jahre aus, eine Summe, die bis heute etwa die Internationale Raumstation (ISS) verschlungen hat.

Nach genauer Prüfung und kritischer Analyse ist man heutzutage jedoch der Auffassung, dass die von O'Neill gedachte Größenordnung mit heutigen Möglichkeiten noch lange nicht zu verwirklichen sei. Um überhaupt mit dem Bau einer ersten Station beginnen zu können, müssten tausende Tonnen Material ins Weltall (zur Errichtung einer Konstruktionsbasis) und auf den Mond (zur Errichtung des Massenbeschleunigers) gebracht werden. Vom Mond aus müssten viele Millionen Tonnen Rohstoffe abgebaut und zum Konstruktionsatelier gebracht werden. Allein für die Abschirmung gegen die Sonnenstrahlung würden laut damaligen Plänen 10 Millionen Tonnen Mondgestein benötigt werden. So geht man heutzutage davon aus, dass die tatsächlichen Kosten mindestens um das Hundertfache, wenn nicht gar das Tausendfache höher wären, als von O'Neill vermutet. Die ersten Kostenberechnungen hat O'Neill durchgeführt, als das Space Shuttle noch im Planungsstadium war und günstige Transportkosten in Aussicht stellte – die tatsächlichen Kosten für einen Start des Space Shuttles stiegen jedoch auf nahezu das Hundertfache dessen, was ursprünglich angenommen wurde.



19.4 Stanford-Torus

Der Stanford-Torus ist eine hypothetische Weltraumkolonie, die in Form einer Raumstation für 10.000 bis 140.000 Bewohner geplant wurde. Durch die besondere Konstruktion soll in der ringförmigen Struktur mittels künstlicher Schwerkraft und Sonnenlicht ein erdähnlicher Lebensraum erzeugt werden.

Geschichte

Der Stanford-Torus wurde 1975 während eines vom NASA Ames Research Center gesponserten Sommerstudienprogramms vorgeschlagen, das an der Stanford University durchgeführt wurde, um zukünftige Methoden zur Besiedelung des Weltraums zu entwickeln. Der Name Stanford-Torus beschreibt nur diesen speziellen Entwurf, da das Konzept einer sich drehenden, ringförmigen Raumstation bereits lange vorher von Wernher von Braun und Herman Noordung vorgeschlagen wurde. Im Gegensatz zu deren relativ konventionellen Entwürfen, die wie heutige Raumstationen der Forschung dienen würden, sollte der Stanford-Torus eine künstliche Erdumgebung beherbergen, um die kulturell und landwirtschaftlich nutzbare Fläche auf der Erde zu erweitern oder – im Falle eines durch Überbevölkerung, Kriege, Natur- oder Umweltkatastrophen beeinträchtigten Planeten – zu ersetzen. Zusätzlich sollte die Konstruktion über einen fortschrittlichen Industriebereich verfügen. Erklärtes Ziel war eine Kolonie, die zur Selbstversorgung in der Lage ist.

Beschreibung

Der Ursprungsentwurf für 10.000 Personen besteht aus einem Torus mit einem Durchmesser von 1,8 km, der sich einmal pro Minute um die eigene Achse dreht, um mittels Zentrifugalkraft eine erdähnliche künstliche Schwerkraft zwischen 0,9 g und 1,0 g im Inneren des Rings an der dem Zentrum abgewandten Seite zu erzeugen. Über ein System von Spiegeln wird Sonnenlicht auf den Ring reflektiert. Der Ring ist über Speichen, die auch Transportmittel für Personen und Material beherbergen, mit einem auf der Rotationsachse gelegenen Zentrum verbunden. In ihm besteht keine oder nur geringe künstliche Schwerkraft; das Zentrum ist deshalb für das Andocken von Raumschiffen besser geeignet als der Außenring. Industrieanlagen, die Schwerelosigkeit benötigen, können in einem sich nicht mitdrehenden Modul untergebracht werden, das am Zentrum befestigt ist. Der Innenraum des Rings ist hauptsächlich als Lebensraum für die Bevölkerung vorgesehen. Er ist groß genug, um eine „natürliche“ Umgebung nachzubilden und ähnelt dann einem schmalen, langen Tal, dessen Enden nach oben gebogen sind und sich schließlich auf der gegenüberliegenden Seite treffen, um einen vollständigen Kreis zu formen. Die Siedlungsdichte entspricht einer dichten, detailliert geplanten Vorstadt. Andere Teile des Rings werden für die Landwirtschaft und Gewächshäuser (siehe Hydrokultur) benötigt. Die geplante Positionierung in der Umlaufbahn des Mondes um die Erde am Lagrange-Punkt L5 würde dafür sorgen, dass die Konstruktion auch ohne eine regelmäßige, Treibstoff verbrauchende Lagekorrektur stabil in Erdnähe verbleibt.

Torus Wheels:



Abb.367

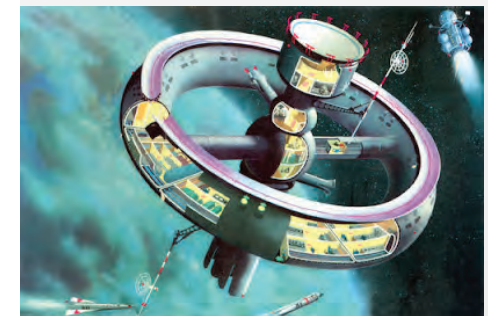


Abb.368



Abb.369



Abb.370: Innenansicht eines Stanford-Torus. Gemälde von Donald E. Davis

„WHEEL“ ARCHITECTURE

Umsetzung

Insgesamt beleuchtet die Studie viele Details vom Bau bis zum Betrieb. Die Realisierung eines Torus nach den damaligen Plänen würde beinahe zehn Millionen Tonnen an Material benötigen. Es war vorgesehen, dass die Rohstoffe für das Bauprojekt auf dem Mond gewonnen und mit einem Massenbeschleuniger zu geringeren Kosten in den Weltraum geschossen werden, als dies von der Erde aus möglich wäre. Eine Fangeinrichtung würde die Rohstoffe abbremesen. Von dort aus würde die Last anschließend Richtung Baustelle weiterbefördert werden, um sie in einer mit einem Solarschmelzofen ausgerüsteten Weltraumfabrik zu Baustoffen weiter zu verarbeiten. Nur Material, das nicht auf dem Mond verfügbar ist, müsste von der Erde aus mit einer Rakete gestartet werden. Asteroid Mining wurde als alternative Quelle für Rohstoffe vorgeschlagen. Die Umsetzbarkeit eines solchen Projekts ist bis heute noch Science-Fiction.

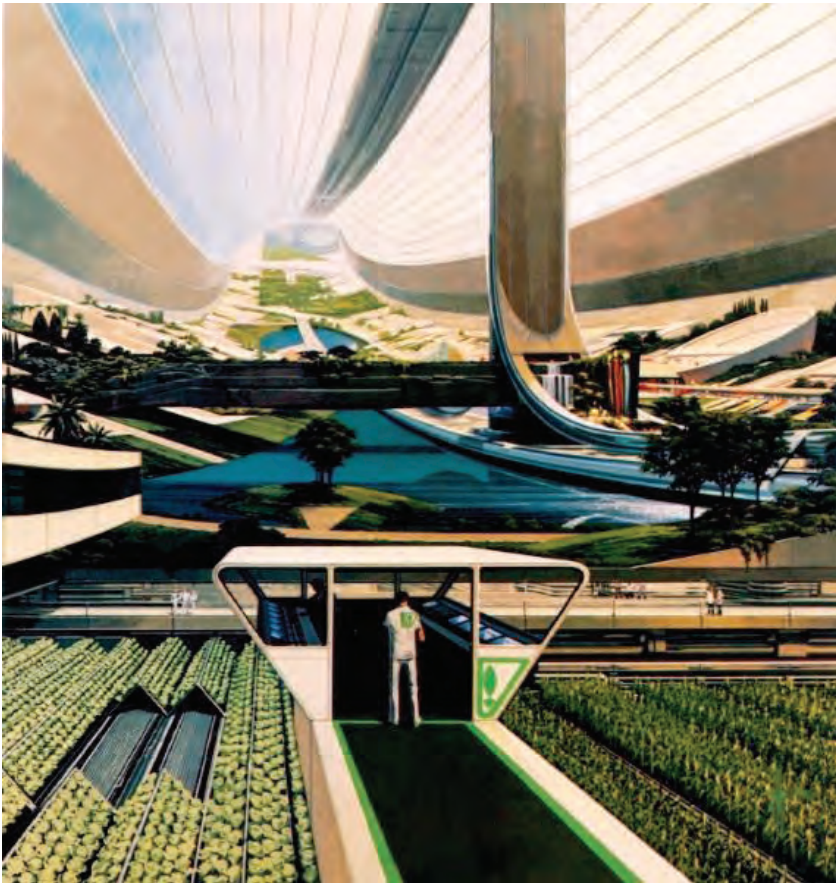


Abb.371

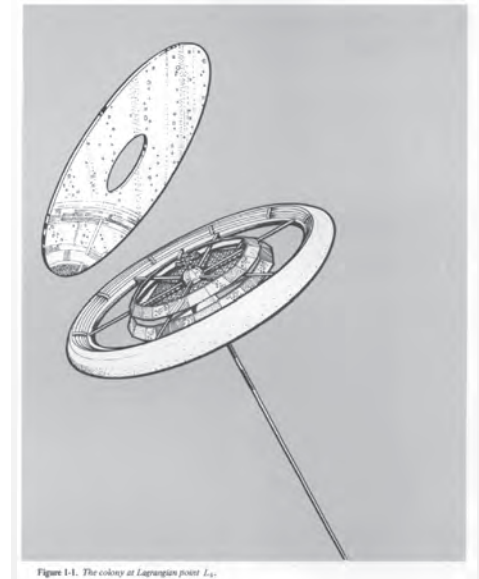


Figure 1-1. The colony at Lagrangian point L_4 .

Abb.372



Abb.373

19.5 Der Audi Ring

Zur IAA 2011 präsentiert sich Audi auf dem Agoraplatz des Frankfurter Messegeländes mit einem eigenen Gebäude, das eine teilweise von außen sichtbare Fahrspur integriert. Der Audi Ring ist mit 100 m Länge, 70 m Breite und 12 m Höhe das erste freistehende Messegebäude der Marke in dieser Größe und Komplexität.

Der Audi Ring lässt den Besucher eintauchen in eine neue Intensität und Unmittelbarkeit des Markenerlebnisses. Architektur, Dramaturgie und Inszenierung sorgen für einzigartige Begegnungen. Die Ausstellung in der Grand Hall führt Besucher durch die Bandbreite der neuesten Audi-Modelle, gefolgt von mehreren Highlightinszenierungen und einem Technikpark, der mittels interaktiver Exponate und Fahrzeuginszenierungen zeigt, wie Audi seinen Vorsprung durch Technik zu behaupten weiß. Der Beweis darf angetreten werden. Auf einem 400 Meter langen Testtrack können aktuelle und zukünftige Fahrzeuge sprichwörtlich live erlebt werden: Besucher dürfen selber mitfahren. Der Fahrparcours, der sich über zwei Ebenen kreisförmig erstreckt, gibt dem Audi Ring seinen Namen. Durch die ‚aktive‘ Teilnahme als Mitfahrer werden die Besucher dabei selbst zum Teil der Inszenierung. An ihrem Ziel mündet die Teststrecke in eine multimediale Show, dem emotionalen Höhepunkt der Erlebnistour.

Neun Fahrzeuge können gleichzeitig unterwegs sein. Die Fahrstrecke durchdringt gleich einer pulsierenden Ader das gesamte Gebäude und bildet das Herzstück des Ensembles, um welches sich das gesamte Gebäude modelliert. Jegliche Eingänge, Öffnungen und Fassadenkonturen zielen auf die dynamische Fahrzeugpräsentation ab. Bewegung, nicht nur der fahrenden Autos, ist an jeder Stelle des Gebäudes ablesbar. So vollendet sich die Übersetzung der Markenwerte „dynamisch, progressiv, hochwertig“ – aufbauend auf die vorangegangenen Audi Markenauftritte – in Architektur.

Für Konzeption und Architektur zeichnen die Markenarchitekten Schmidhuber + Partner verantwortlich, Kommunikation und Bespielung erfolgten durch KMS Team. Die IAA dauert vom 15. bis 25. September, das Audi Gebäude bleibt bis zum 16. Oktober im Rahmen einer Kooperation mit der Frankfurter Buchmesse.

Audi Ring - Audi Markenauftritt IAA 2011 Frankfurt
Konzeption und Architektur: Schmidhuber + Partner
Maße: Länge 100m / Breite 70m / Höhe 12m
Gesamtnutzfläche: ca.8500 m²
Ausstellungsfläche: ca.4500 m²



Abb.374



Abb.375



Abb.376



Abb.377



Abb.378

MEIN ENTWURF

SPACE FORMATIONS
ASTRONAUTEN TRAINING CENTER

BEBAUUNGSGEBIET



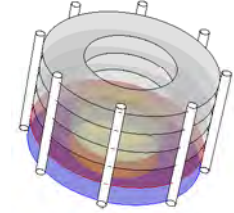


Function per floor 4200m²

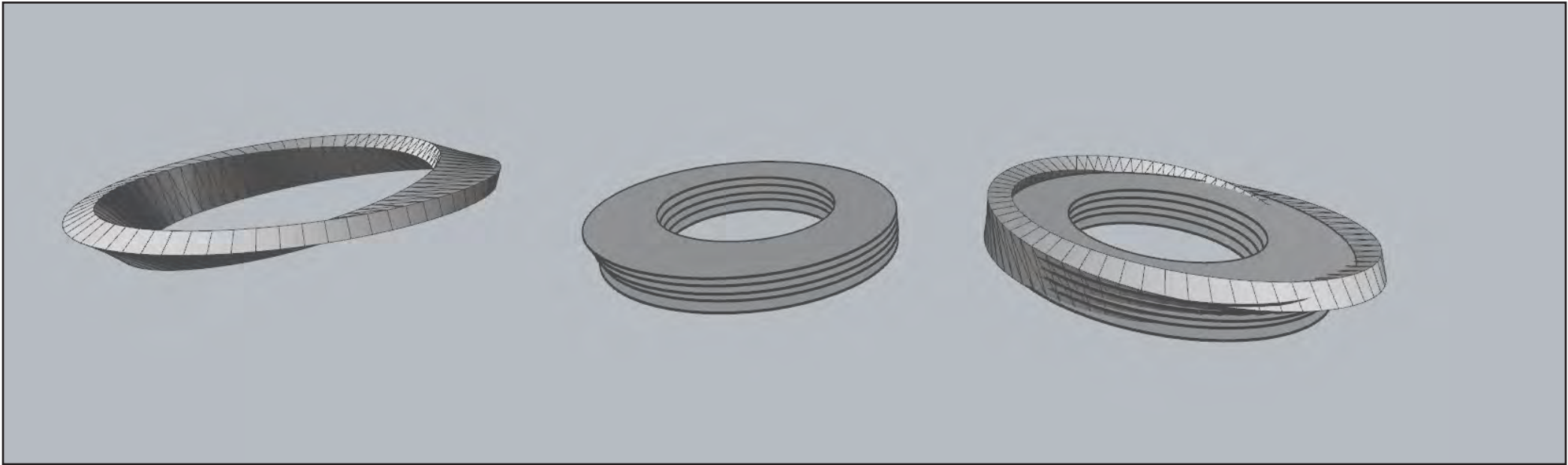
Connection

Functional Connection

- Administration-Space Observatory
- Living-Storage
- Physical Training
- Space Accademy
- Research Unit
- Biologic Research Center
- Centrifugal Training



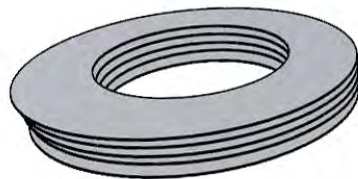
Exterior Circulation



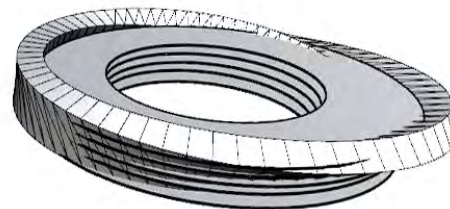
Main View



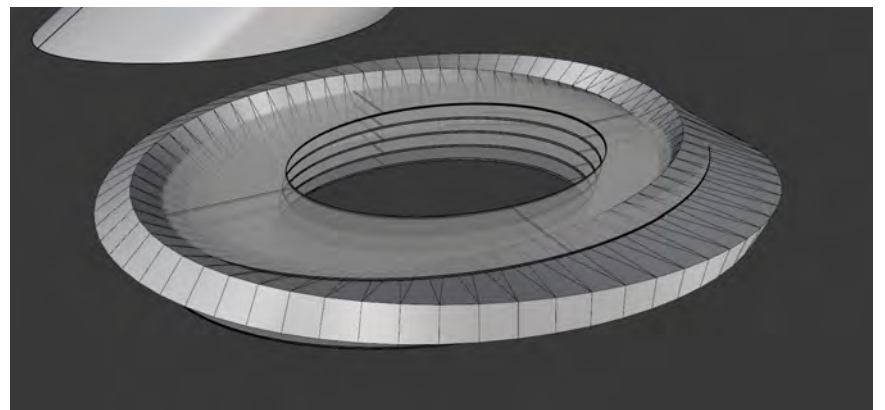
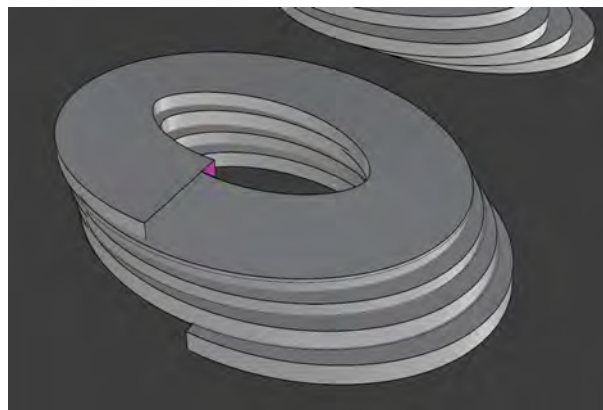
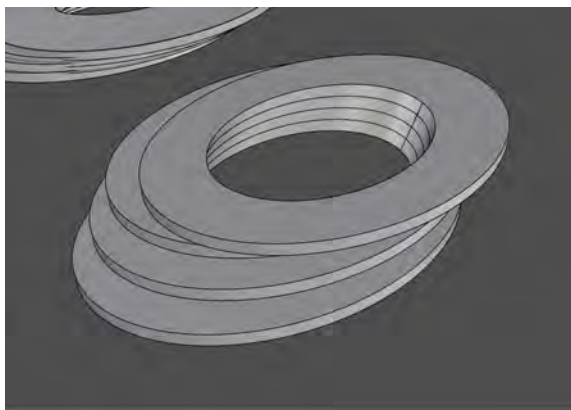
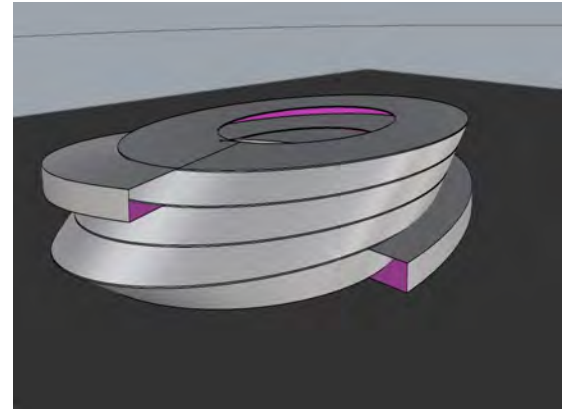
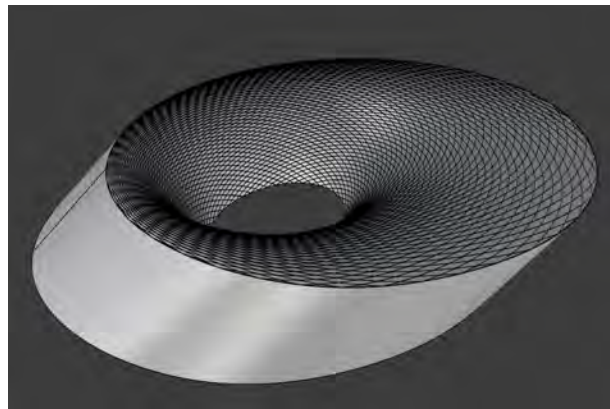
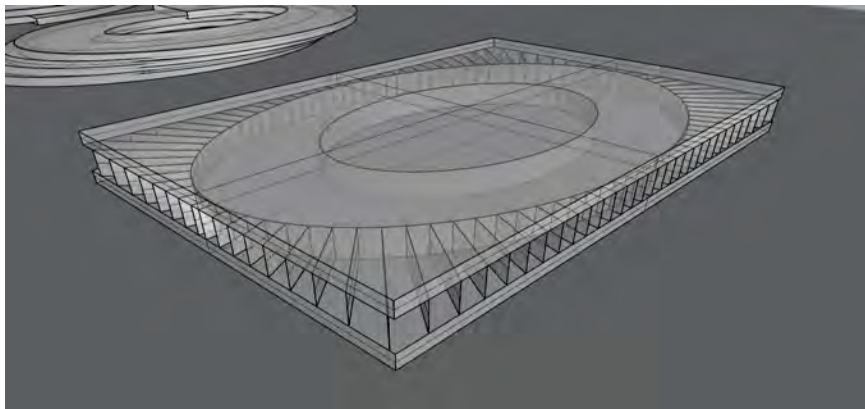
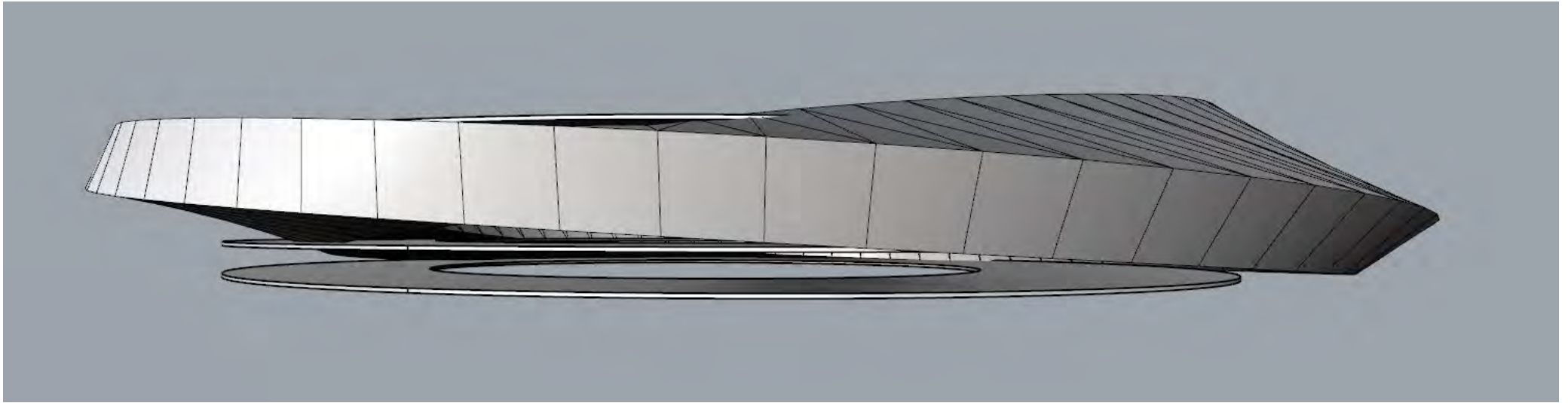
Circulation

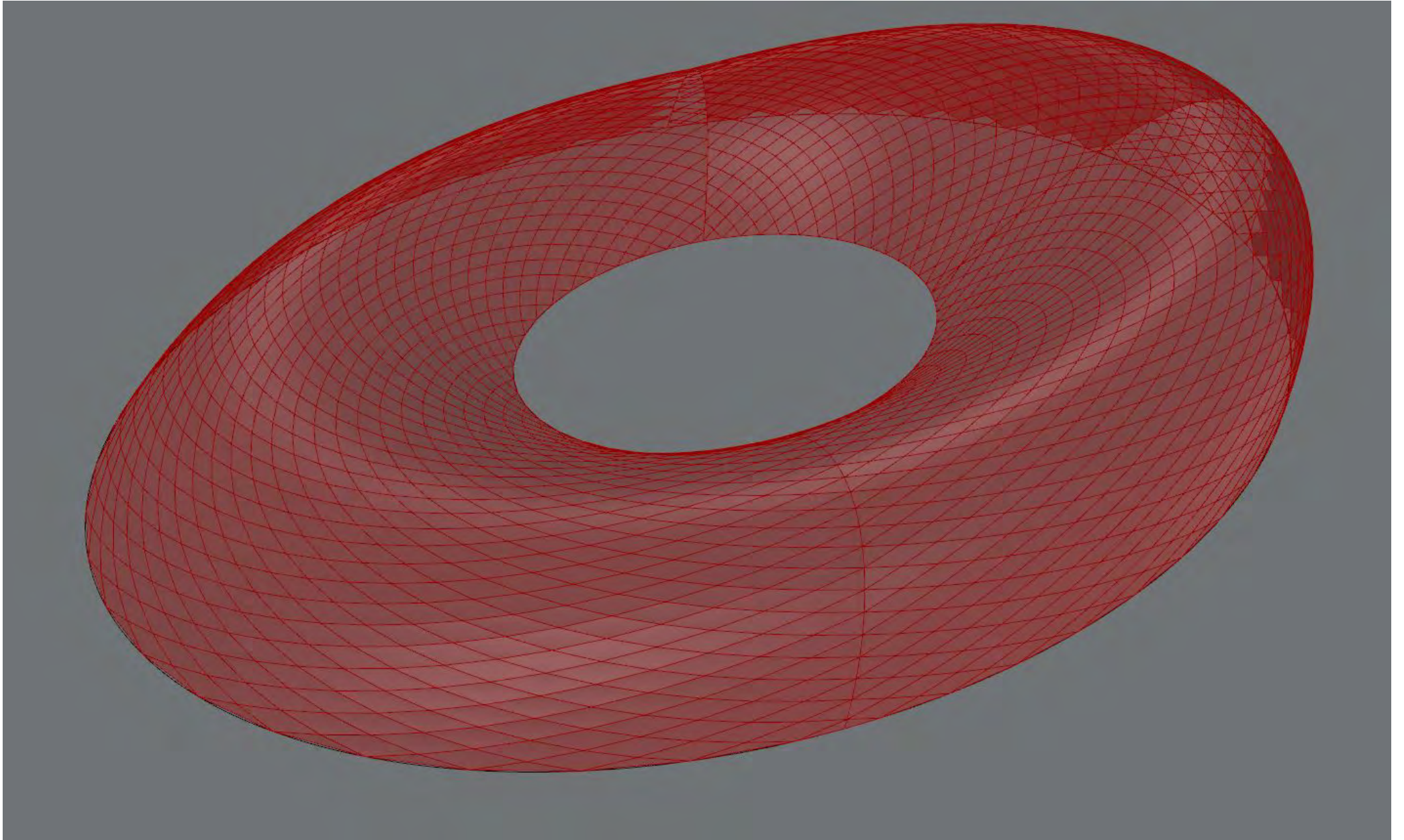


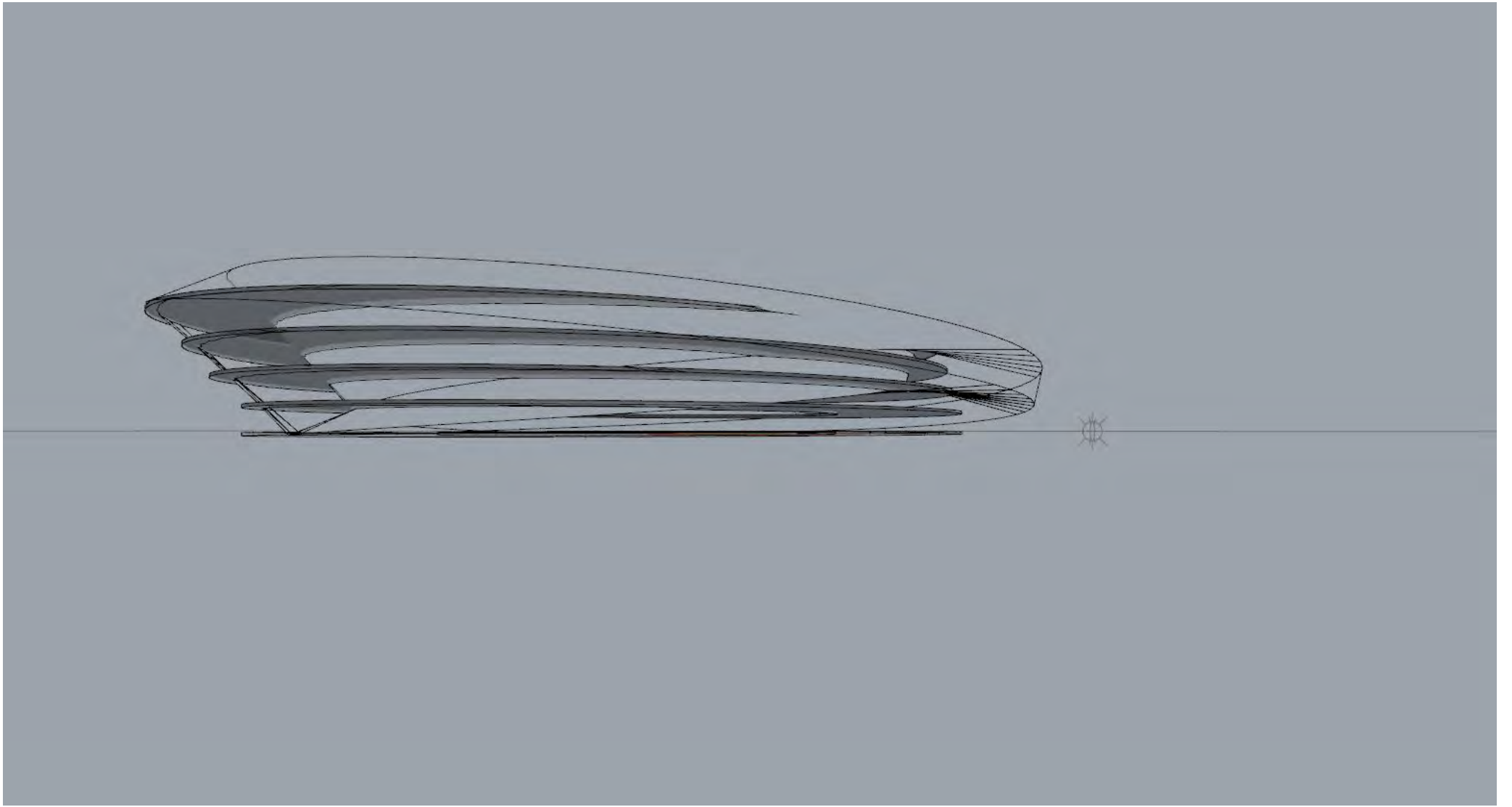
Floors



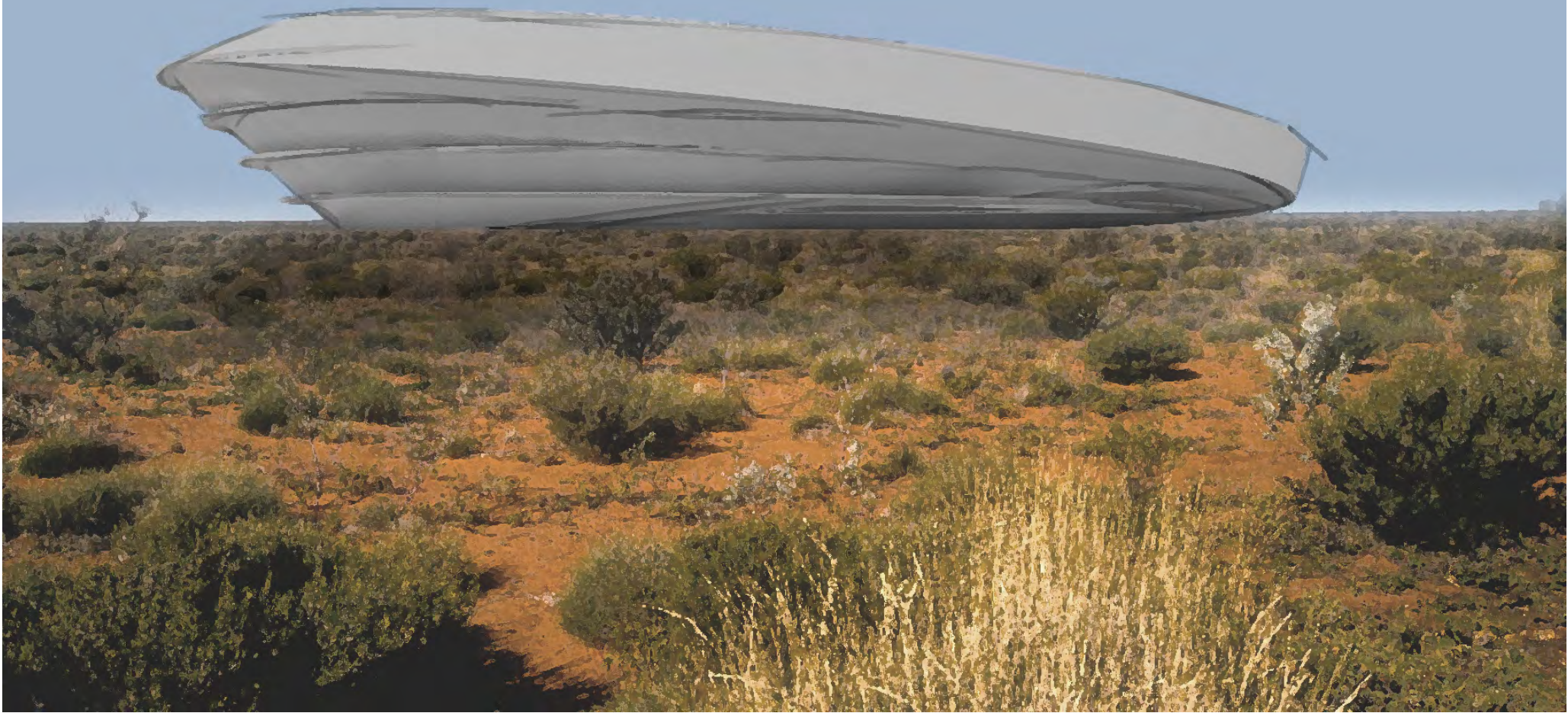
Massing





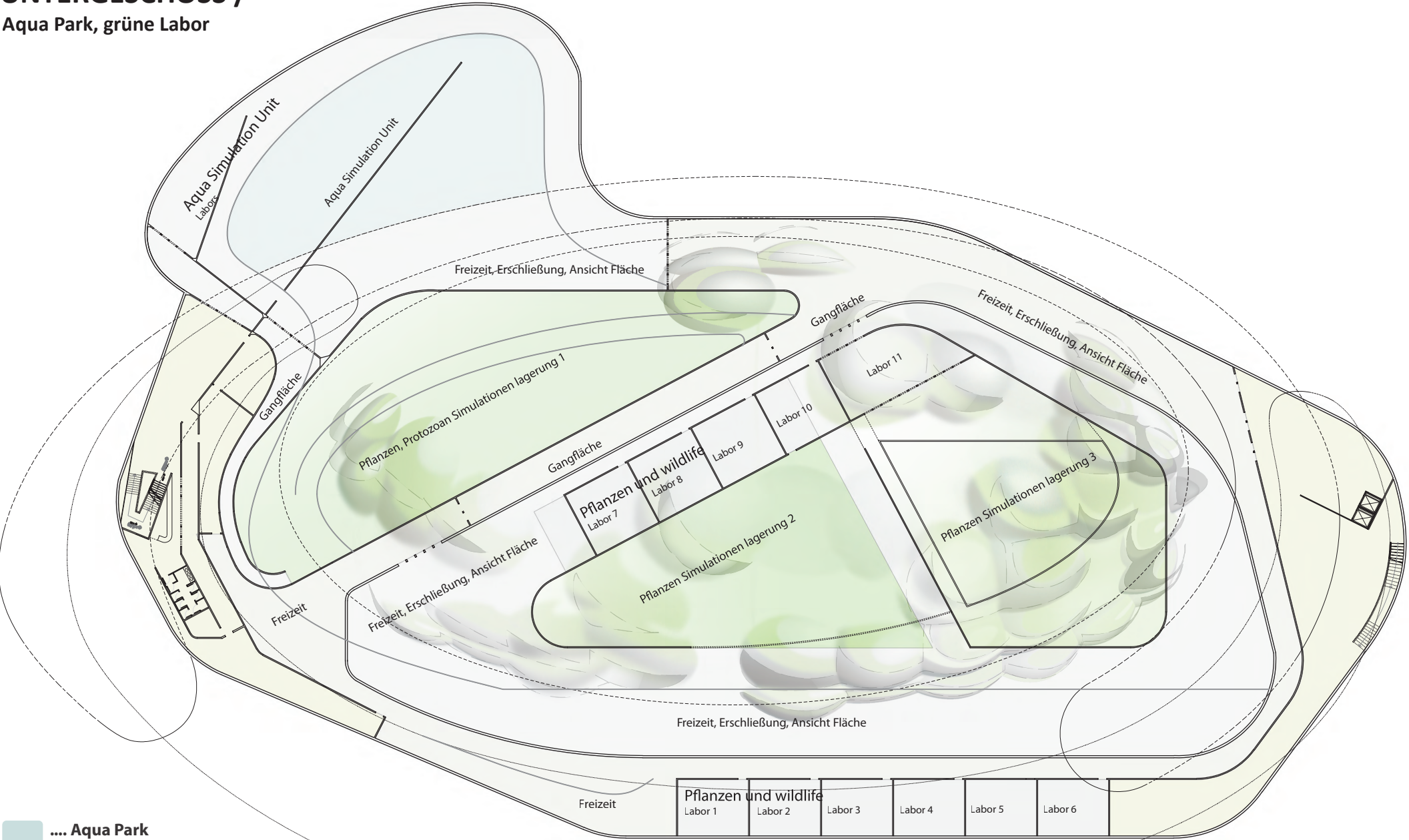


POSSIBLE
VIEW!



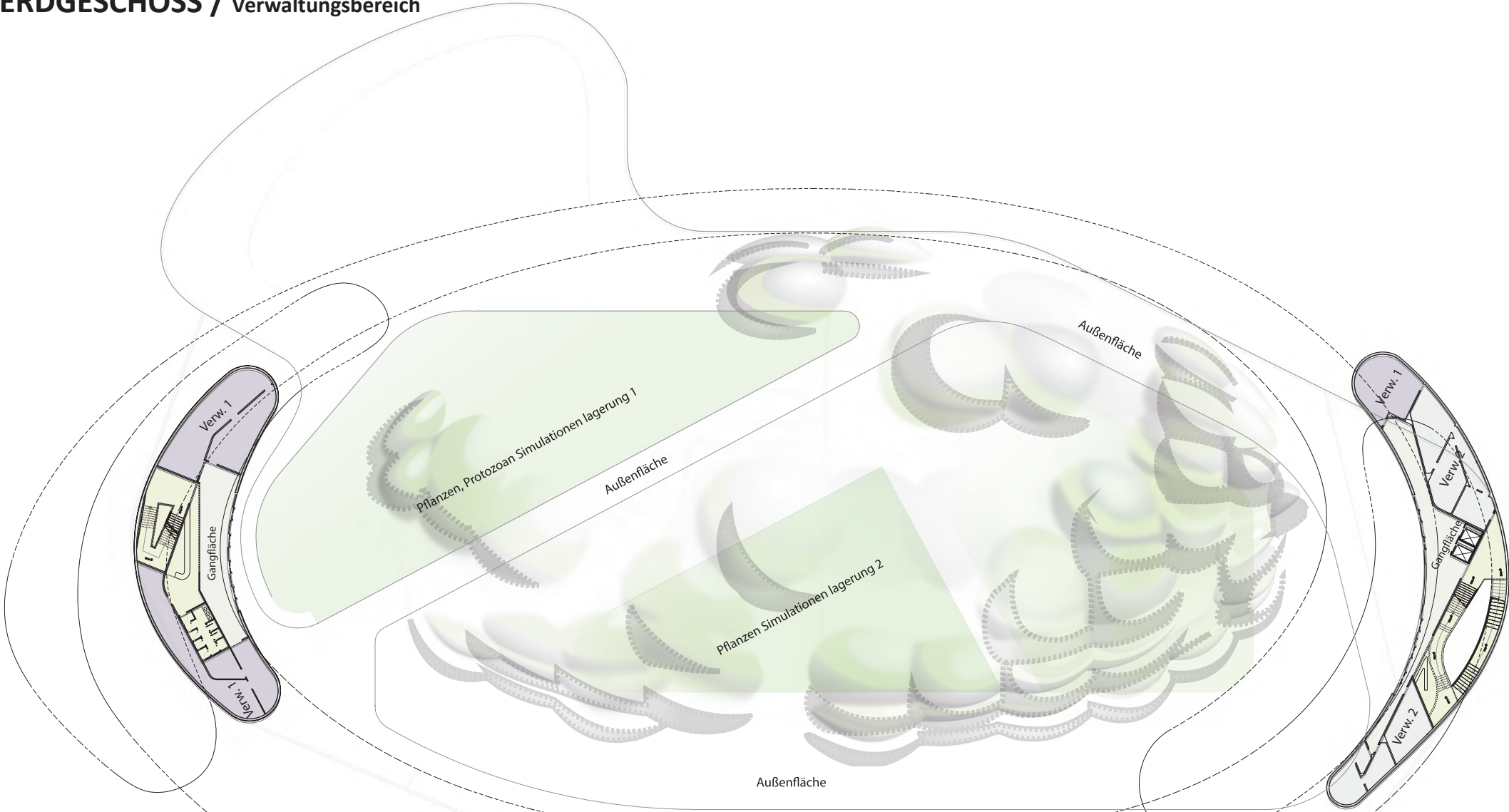
UNTERGESCHOSS /

Aqua Park, grüne Labor



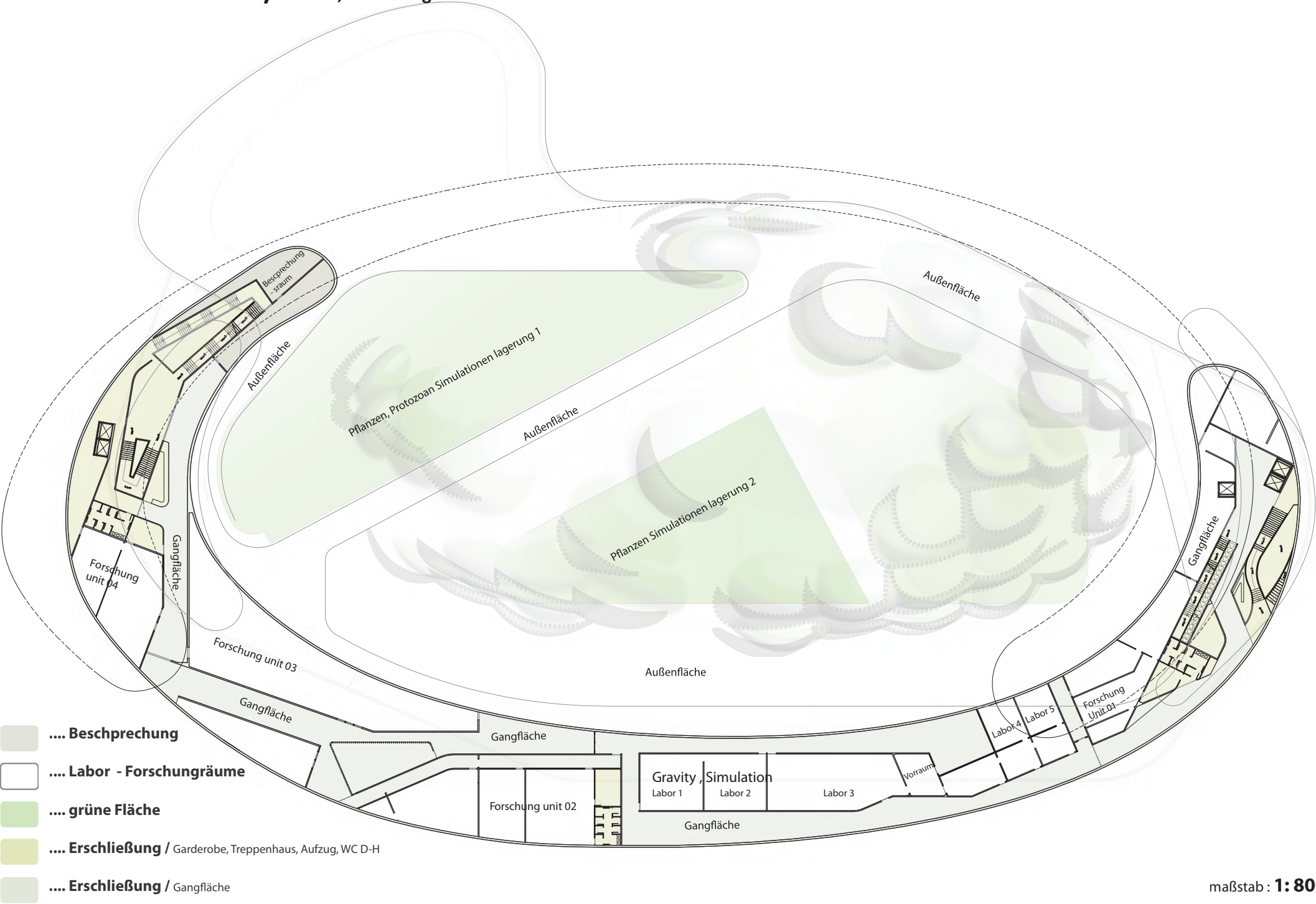
- Aqua Park
- grüne Fläche
- Erschließung / Garderobe, Treppenhaus, Aufzug, WC D-H
- Erschließung / Gangfläche

ERDGESCHOSS / Verwaltungsbereich

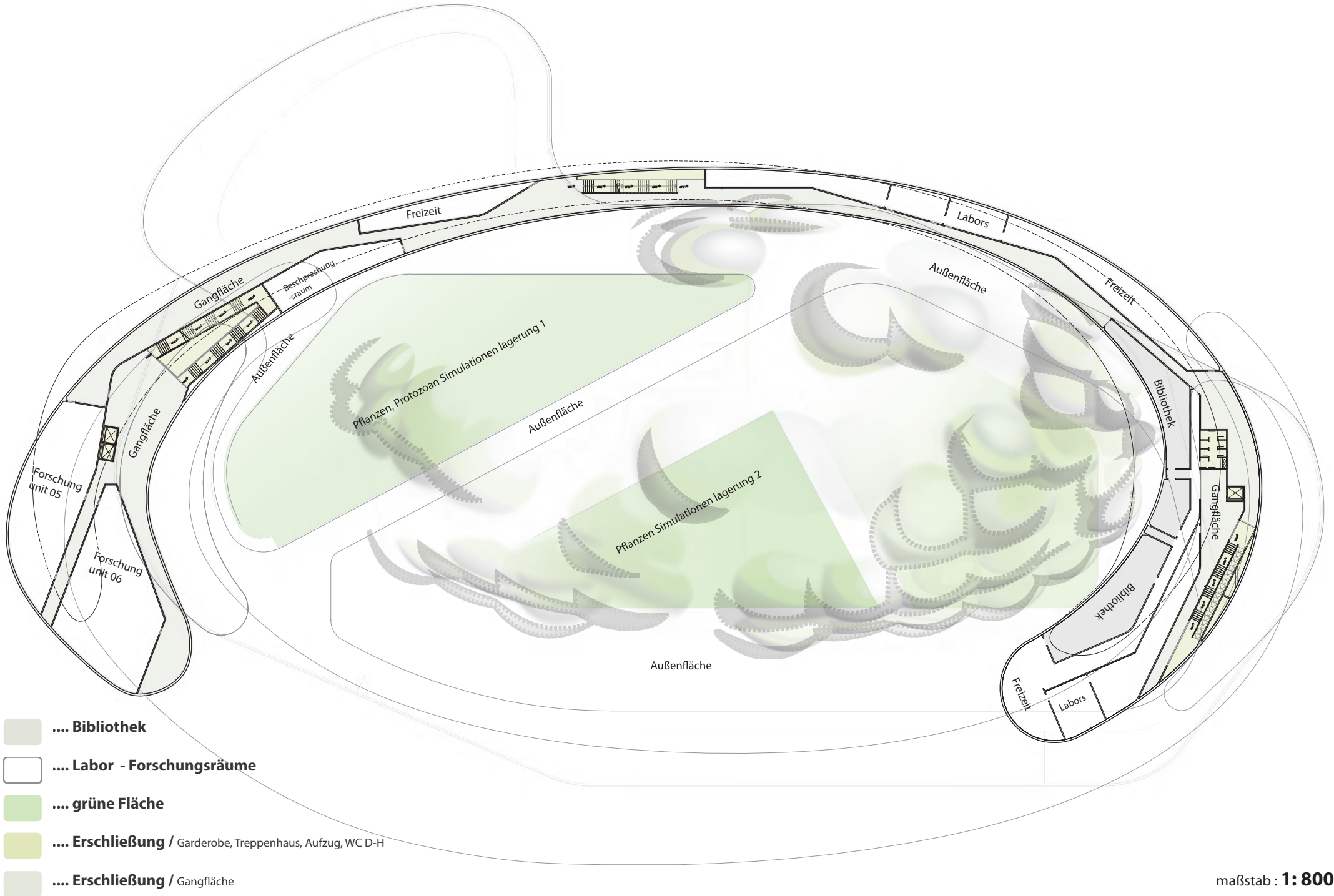


- **Verwaltung 1**
- **Verwaltung 2**
- **grüne Fläche**
- **Erschließung** / Garderobe, Treppenhaus, Aufzug, WC D-H
- **Erschließung** / Gangfläche

erste OBERGESCHOSS / Labors, Forschung

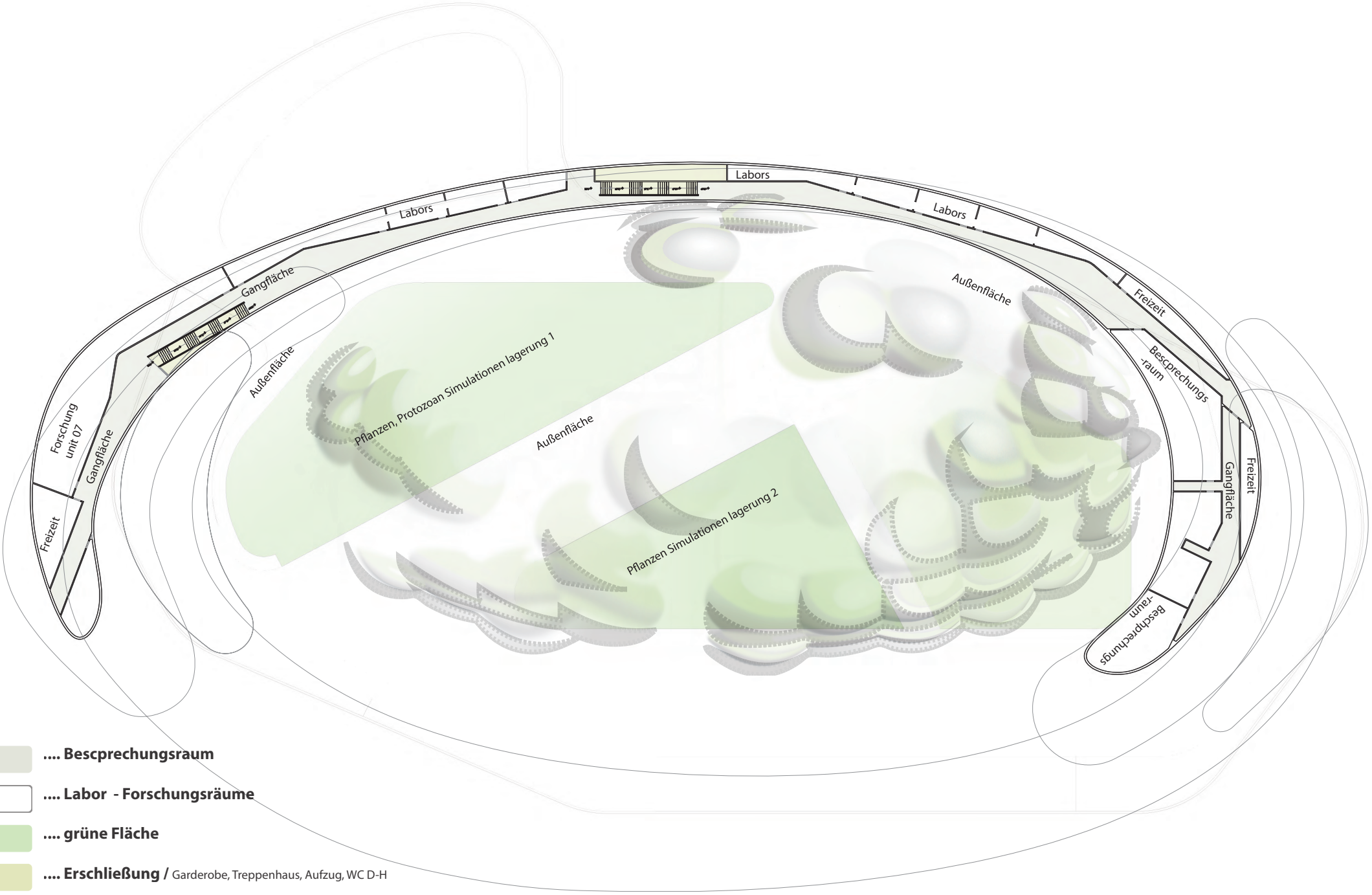


zweite OBERGESCHOSS / Labors, Forschung, Bibliothek

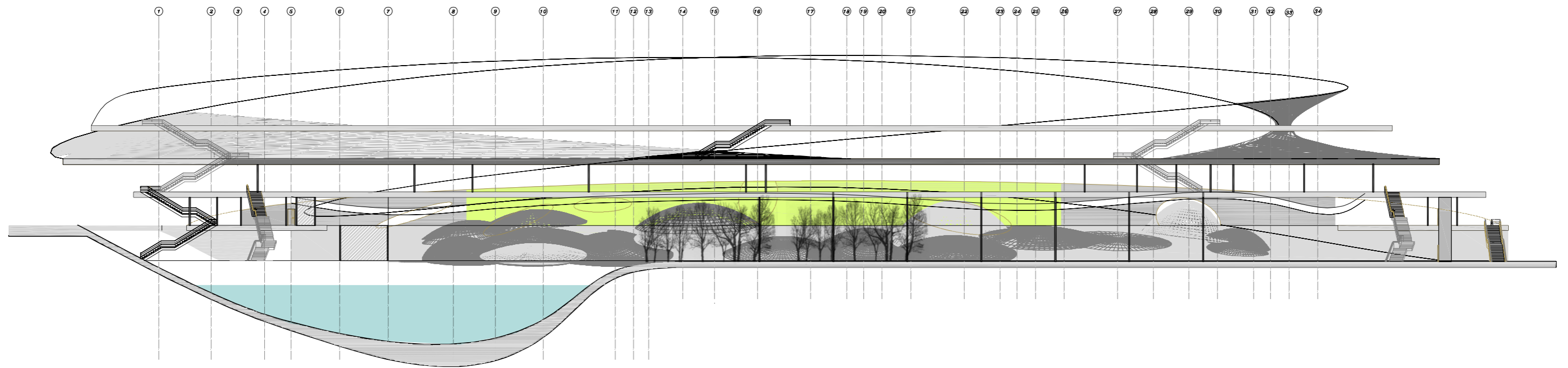


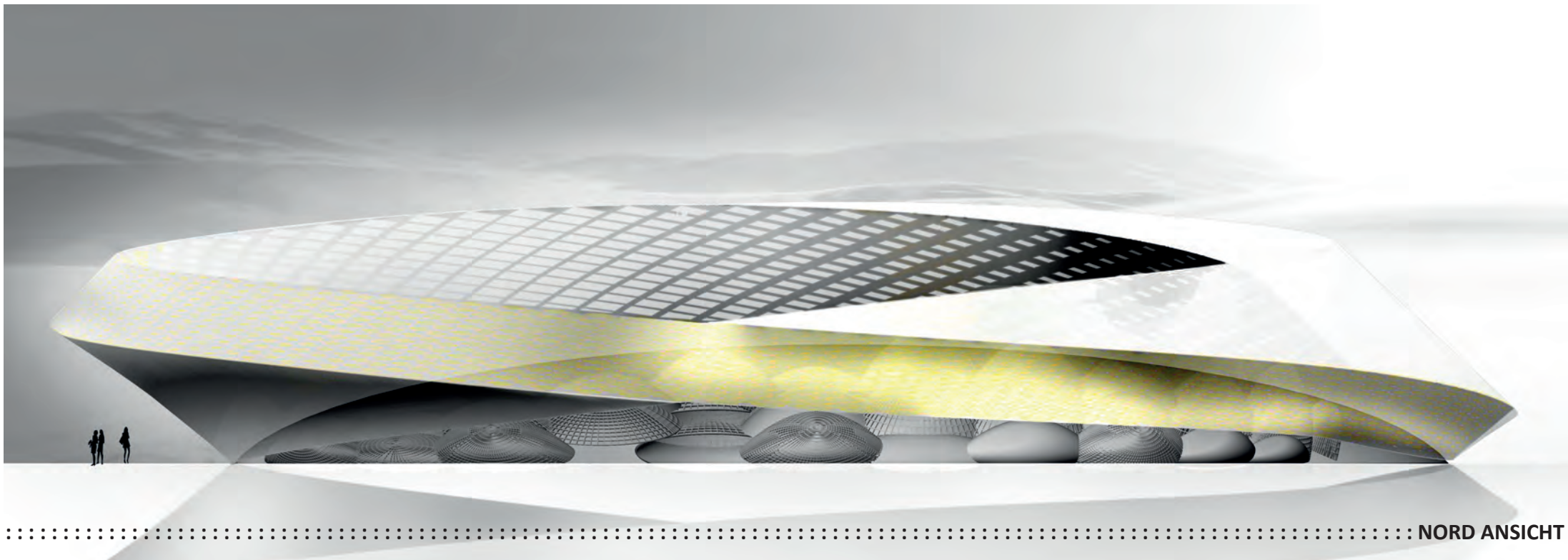
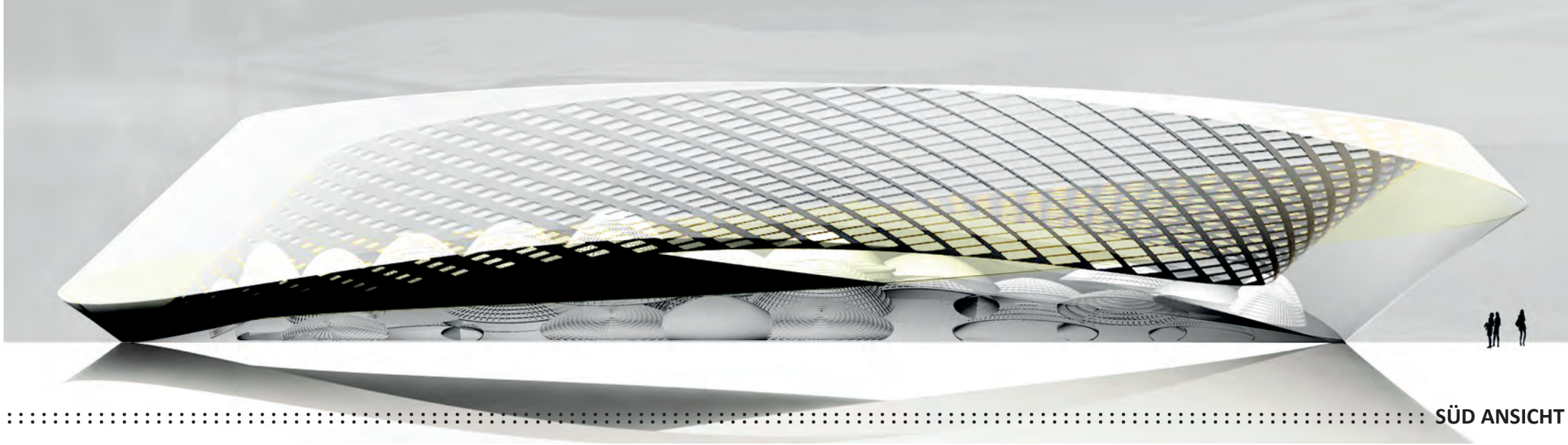
- Bibliothek
- Labor - Forschungsräume
- grüne Fläche
- Erschließung / Garderobe, Treppenhaus, Aufzug, WC D-H
- Erschließung / Gangfläche

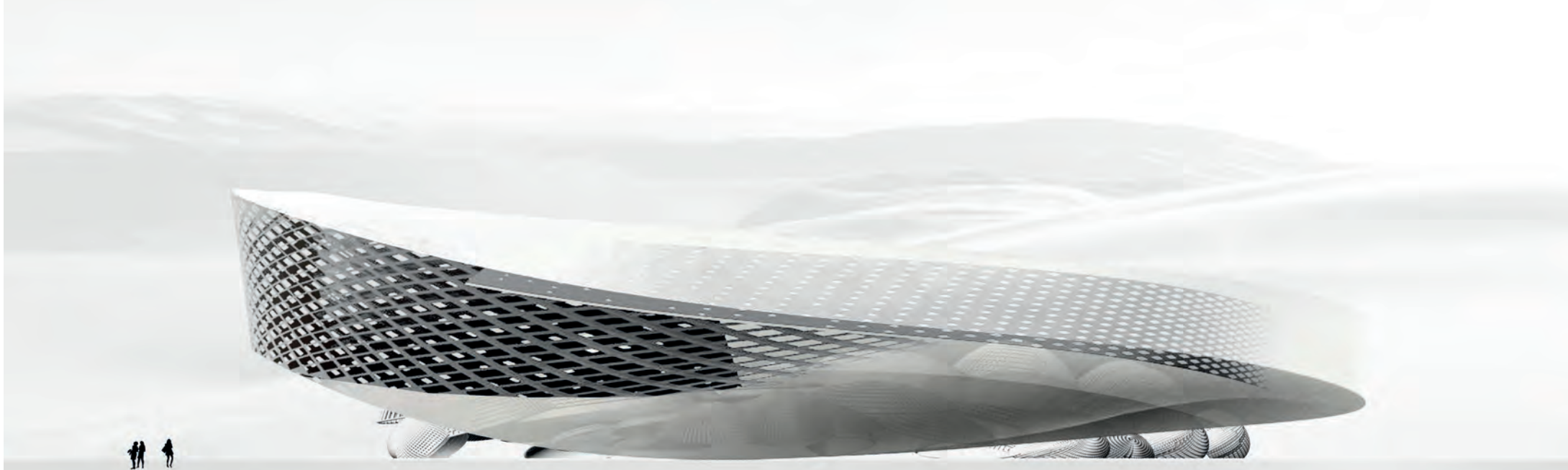
dritte OBERGESCHOSS / Labors, Forschung



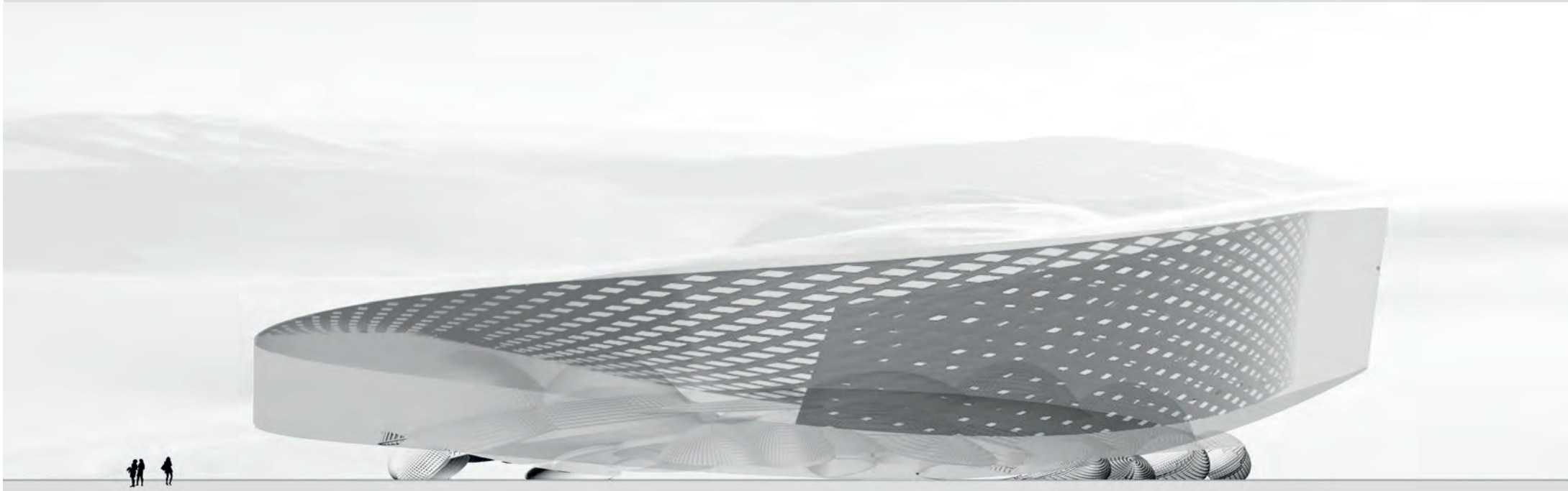
- Besprechungsraum
- Labor - Forschungsräume
- grüne Fläche
- Erschließung / Garderobe, Treppenhaus, Aufzug, WC D-H
- Erschließung / Gangfläche





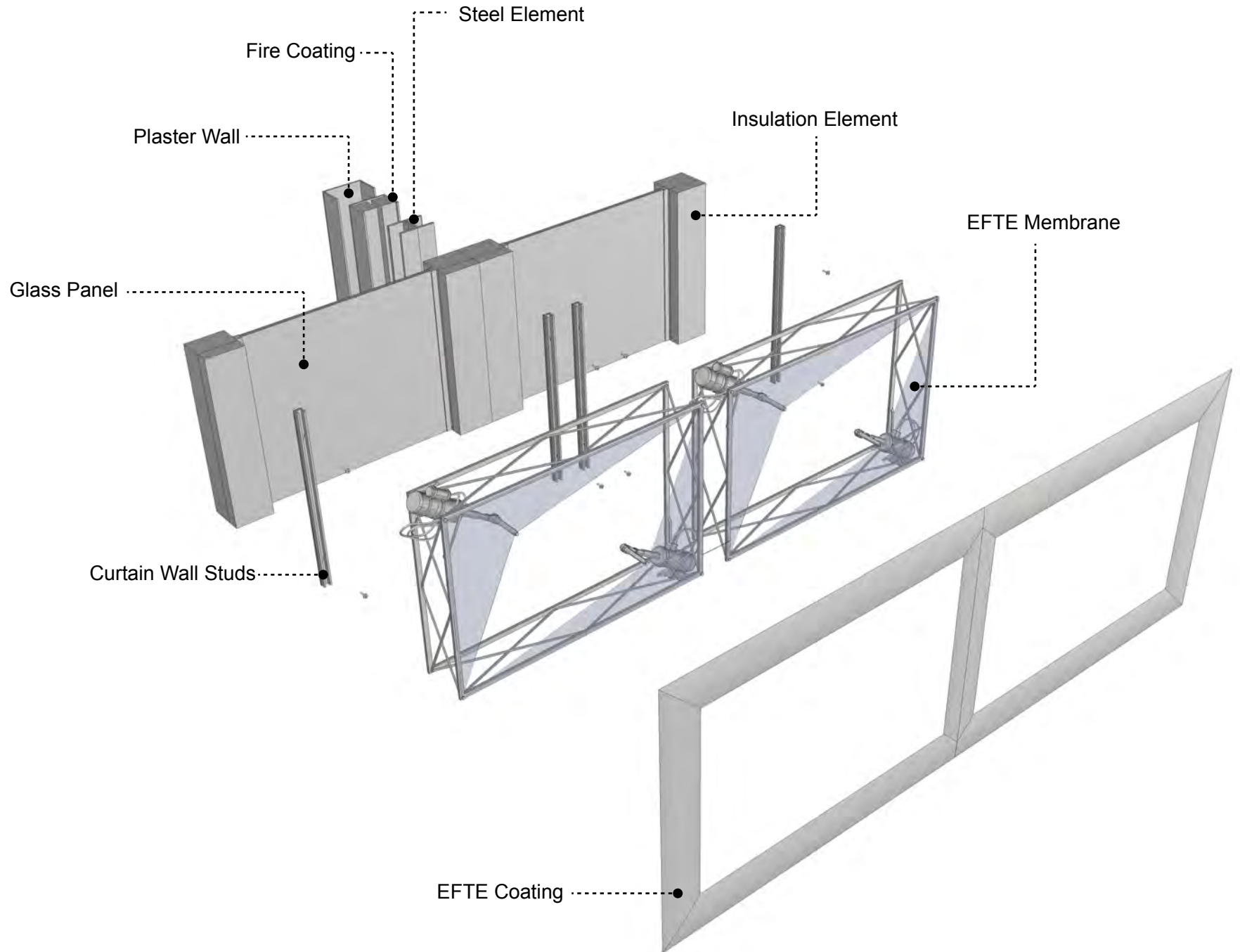


OST ANSICHT



WEST ANSICHT

Curtain Wall System

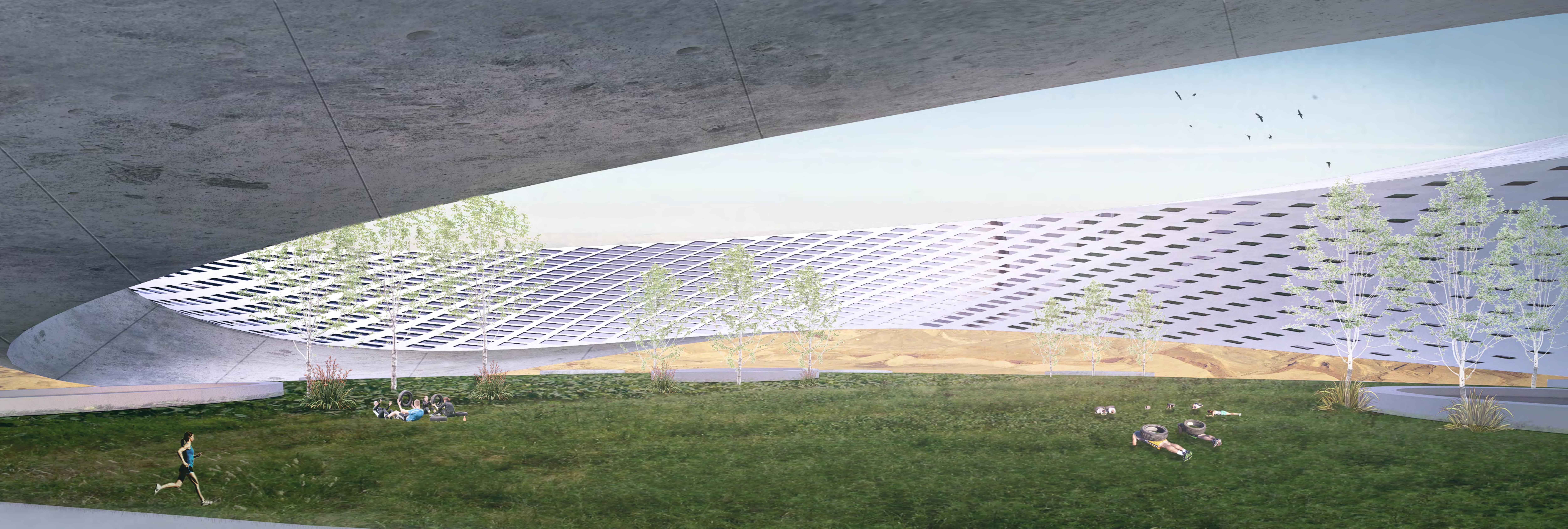


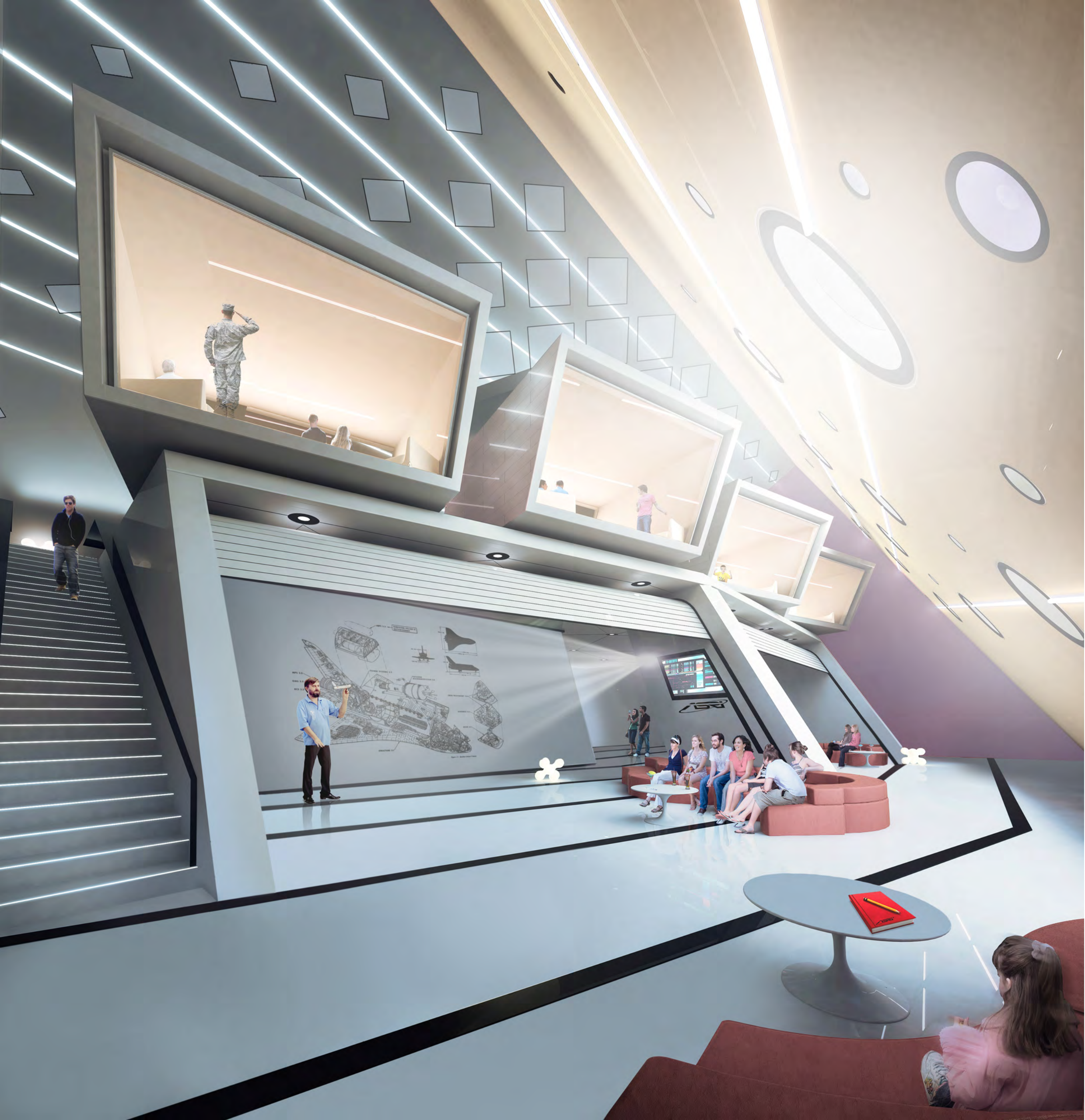


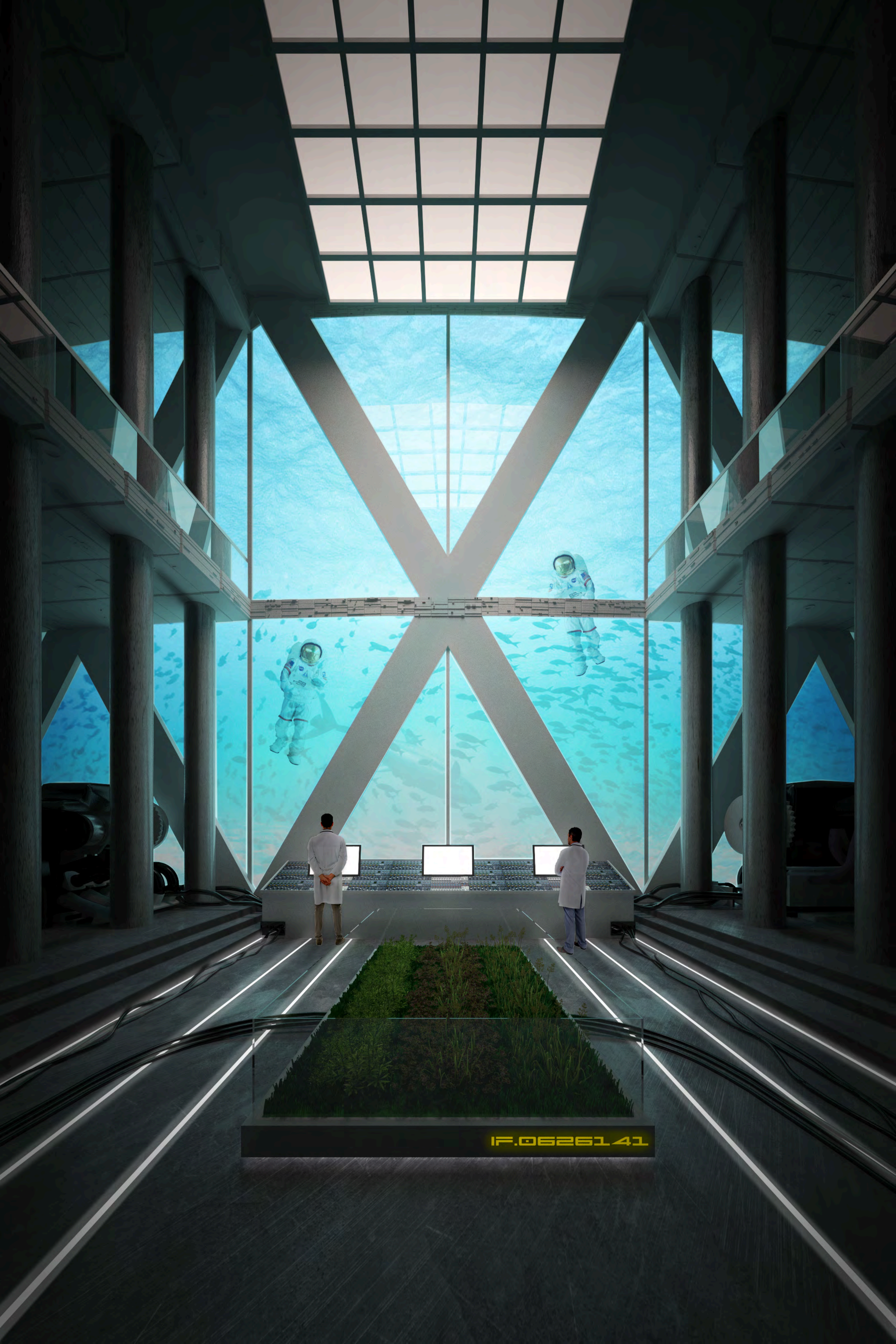
WARNING

Restricted Area
It is unlawful to enter this area without
permission of the Installation Commander.
See 33 USC 3161 and 3162 (a)(1).
While on this installation all personnel and
the property under their control are subject
to search.
Use of deadly force authorized.









IF.0626141

QUELLENVERZEICHNIS

<http://www.giga.de/extra/apple-campus-2/news/apple-campus-2-architekt-spricht-ueber-inspiration-zum-raumschiff/>

<http://obamapacman.com/2012/06/architectural-plans-of-new-apple-cupertino-campus-2/>

http://www.wienerzeitung.at/themen_channel/wz_reflexionen/kompendium/382654_Auf-zum-roten-Planeten.html

http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/Das_Europaeische_Astronautenzentrum_EAC

<http://www.n-tv.de/mediathek/bilderserien/wissen/Der-Mars-article6381991.html>

[http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/ESA-Astronaut_testet_europaeischen_Roboterarm_unter_Wasser/\(print\)](http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/ESA-Astronaut_testet_europaeischen_Roboterarm_unter_Wasser/(print))

http://de.wikipedia.org/wiki/Europäische_Weltraumorganisation

http://de.wikipedia.org/wiki/Europäisches_Astronautenzentrum

<https://www.protoura.com/de/event-locations/koeln.php>

<http://www.ingfinder.com/newsitem/191?&locale>

<http://www.bernd-leitenberger.de/landungen.shtml>

http://de.wikipedia.org/wiki/Lyndon_B._Johnson_Space_Center

<http://www.raumfahrer.net/astronomie/planetmars/marsdirect.shtml>

http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_to_Stay

<http://de.wikipedia.org/wiki/O'Neill-Kolonien>

<http://www.spacebio.uni-bonn.de/ahp/Parabel/Parabel.htm>

http://de.wikipedia.org/wiki/Robert_Zubrin

http://marsociety.de/?page_id=78

http://www.tripadvisor.at/Attraction_Review-g56003-d669494-Reviews-Space_Center_Houston-Houston_Texas.html

<http://space.mike-combs.com/SCTHF.html>

<http://www.troikatourism.de/razdel/11/251/573>

<http://sz-magazin.sueddeutsche.de/texte/bildergalerie/41499/7/All-inklusive#bild>

http://de.wikipedia.org/wiki/Swjosdny_Gorodok

<http://universe-beauty.com/Space-photos/Other/the-sombrero-galaxy-m104-or-ngc-4594-10515p.html>

<http://www.welt.de/gesundheit/article116659990/Galaktische-Strahlung-fuer-Marsfahrer-gefaehrlich.html>

<http://www.noordung.vesolje.net/vsebina/links.htm>

http://www.ofis-a.si/str_3%20-%20PUBLIC/07_SPACE_WHEEL_NOORDUNG_SPACE_CENTER/ofis_SPACE_WHEEL_NOORDUNG_SPACE_CENTER.html

LITERATURVERZEICHNIS:

SPACE TOURISM - Adventures in earth orbit and beyond by Michel van Pelt

SPACE TOURISM - Machines of the future by Peter McMahon

Das Problem der Befahrung des Weltraums - Der Raketen-Motor von Hermann Noordung

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb.1: http://cdn01.wallconvert.com/_media/wallpapers_1280x800/1/1/space-shuttle-2485.jpg
Abb.2: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071953-1600-1200.jpg>
Abb.3: http://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/466x248/public/atmosphere_3.jpg?itok=QcQzjbT2
Abb.4: <http://img.fotocommunity.com/photos/7440303.jpg>
Abb.5: http://3.bp.blogspot.com/-JB-N_iNWyws/UBp0VnEbCYI/AAAAAAAAADsQ/XOYc4L3kRe4/s640/blogaaquamin.jpg
Abb.6: <http://www.ingenieur.de/var/storage/images/media/ingenieur.de/bilder/die-raumkapsel-cst-100-boeing/3182552-1-ger-DE/Die-Raumkapsel-CST-100-von-Boeing.jpg>
Abb.7: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071502-1024-768.jpg>
Abb.8: http://www.augensound.de/l41895-klassische_malerei-blatt-_vorlage_fur_kinderbilder.jpg
Abb.9: http://www.augensound.de/l41951-klassische_malerei-vorlage_fur_kinder_bilder-_papillon.jpg
Abb.10: http://4.bp.blogspot.com/-o6PluRY-O_U/UAOcQXzkxRI/AAAAAAAAADnw/c9iG5a3FzDU/s1600/felstar.jpg
Abb.11: <http://www.meaus.com/Oberth4.gif>
Abb.12: <http://i.imgur.com/goohx.jpg>
Abb.13: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/85/Jules_Verne.gif/220px-Jules_Verne.gif
Abb.14: http://en.wikipedia.org/wiki/Konstantin_Tsiolkovsky
Abb.15: http://www.dominiklandwehr.net/weblog/archives/2010/07/hermann_oberth.html
Abb.16: <http://www.astronautix.com/astros/nebel.htm>
Abb.17: <http://www.sueddeutsche.de/bayern/wernher-von-braun-gymnasium-paedagogisch-katastrophal-1.1846879>
Abb.18: <http://cernunninsel.files.wordpress.com/2014/03/wernher-von-braun-18jc3a4hrig-mit-rakete.jpg?w=640&h=480>
Abb.19: <http://cernunninsel.files.wordpress.com/2014/03/robert-goddard-mit-erster-flc3bcssigkeitsrakete.jpg?w=640&h=828>
Abb.20: http://cdn01.wallconvert.com/_media/wallpapers_1280x800/1/2/apollo-space-shuttle-12446.jpg
Abb.21: <http://www.instigatorium.com/wp-content/uploads/2013/09/V2-234x30011.jpg>
Abb.22: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/9/92/Herman_potocnik.jpg
Abb.23: http://4.bp.blogspot.com/-PRZIZfBHkqw/Umj7x5z8erI/AAAAAAAAABfk/ZcfotEeSbwl/s1600/Noordung_space_station_A.png
Abb.24: http://1.bp.blogspot.com/-Jp94k18d5_o/Umj8D7S_6FI/AAAAAAAAABfs/vMvPOEmwgyU/s1600/Noordung_space_station_B.png
Abb.25: <http://1.bp.blogspot.com/-518in-jLBzl/UmgnVfIVvql/AAAAAAAAABe0/AkMJ6ATRNLs/s1600/man-and-the-moon-4.jpg>
Abb.26: <http://85.214.48.237/kunst/pic570/348/410805647.jpg>
Abb.27: http://www.nasa.gov/images/content/602853main_pia14293-amended-43_428-321.jpg
Abb.28: <http://www.kidsastronomy.com/men%20on%20mars.jpg>
Abb.29: <http://images.derstandard.at/2012/08/06/1343763247995.jpg>
Abb.30: <https://metalab.at/wiki/images/thumb/c/c8/Mur.sat.rendering.jpg/750px-Mur.sat.rendering.jpg>
Abb.31: <http://www.quer-magazin.at/tools/imager/imager.php?file=%2Fmedia%2Fimage%2Foriginal%2F486.jpg&width=620>
Abb.32: <http://www.kidsastronomy.com/Mars-manned-mission-NASA-V5.jpg>
Abb.33: <http://www.quer-magazin.at/media/image/original/465.jpg>
Abb.34: <http://www.quer-magazin.at/media/image/original/465.jpg>
Abb.35: <http://www.ig-architektur.at/old/cms/index.php?idcatside=1064>
Abb.36: <http://www.quer-magazin.at/media/image/original/464.jpg>
Abb.37: <http://universe-beauty.com/albums/userpics/2011y/04/19/1/10/The-Sombrero-Galaxy-M104-or-NGC-4594---2.jpg>
Abb.38: http://i.telegraph.co.uk/multimedia/archive/01402/apollo_1402586c.jpg
Abb.39: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f4/Commandmoduleguidance.JPG/800px-Commandmoduleguidance.JPG>

Abb.40: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ac/Apollo_13-insignia.png/640px-Apollo_13-insignia.png
Abb.41: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/The_Original_Apollo_13_Prime_Crew_-_GPN-2000-001166.jpg/800px-The_Original_Apollo_13_Prime_Crew_-_GPN-2000-001166.jpg
Abb.42: <http://www.kenrockwell.com/Images/nasa/apollo-11/24-july/chutes.gif>
Abb.43: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/46/Apollo13-booster-crater.jpg/640px-Apollo13-booster-crater.jpg>
Abb.44: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/Apollo_13_control.jpg
Abb.45: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9b/Apollo_13_-_Lithium_hydroxide_device.jpg/640px-Apollo_13_-_Lithium_hydroxide_device.jpg
Abb.46: <http://d1jq7g1y74ds1.cloudfront.net/wp-content/uploads/2010/04/apollo13-recovery.jpg>
Abb.47: http://1.bp.blogspot.com/_7Bqr115gzyk/SPalyM-QgQI/AAAAAAAAABZ4/GZqQm4HMI0c/s1600/aaasplashdown_300.jpg
Abb.48: http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2010/04/10/article-0-0914BC46000005DC-676_468x564.jpg
Abb.49: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8c/Apollo13-stamp.jpg/800px-Apollo13-stamp.jpg>
Abb.50: http://www.twilighthistories.com/wp-content/uploads/2014/01/mars_gallery_habitat_3.jpg
Abb.51: <http://img.welt.de/img/weltraum/origs114738116/6129726139-w900-h600/Deutscher-simuliert-Leben-auf-dem-Mars.jpg>
Abb.52: <http://www.nationalgeographic.de/static/images/evt-04-2012/mars-grafik-gross.jpg>
Abb.53: <http://www.bernd-leitenberger.de/img/saturn1b-stufentrennung.jpeg>
Abb.54: http://www.wired.com/images_blogs/wiredscience/2012/08/mars.jpg
Abb.55: http://www.radiohamburg.de/var/ezflow_site/storage/images/media/images/mars-panorama/21829939-2-ger-DE/Mars-Panorama_image_660.jpg
Abb.56: <http://thenewartemis.com/wp-content/uploads/2014/07/o-MARS-ONE-COLONY-PROJECT-facebook.jpg>
Abb.57: http://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/946xvariable_height/public/pia18604-main_pcam-sol3754b_1257atc.jpg?itok=fZ6mRxaD
Abb.58: http://lasp.colorado.edu/home/maven/files/2011/03/maven_tv_backdrop.png
Abb.59: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/70/MAVEN_Mission_Logo.png/640px-MAVEN_Mission_Logo.png
Abb.60: <http://de.wikipedia.org/wiki/MAVEN>
Abb.61: http://www.dahasn.com/wp-content/uploads/Mars-One_-_One-Way-Ticket-zum-roten-Planeten-_2.jpg
Abb.62: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b1/Mars_One_logo.png
Abb.63: http://www.dahasn.com/wp-content/uploads/Mars-One_-_One-Way-Ticket-zum-roten-Planeten-_1.jpg
Abb.64: <http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop131938033/5460195889-ci3x2l-w780/Pressebilder-Motive-in-untersch-4-.jpg>
Abb.65: <http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop131938031/4420195889-ci3x2l-w780/Bush-verkuendet-neue-Raumfahrtinitiative-Marsstation.jpg>
Abb.66: <http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop131938032/2680195889-ci3x2l-w780/Model-of-future-Mars-base-wiith-two-cylin.jpg>
Abb.67: <http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop131938030/9670195889-ci3x2l-w780/Artist-s-concept-of-how-a-martian-motorhome-might-be-realized.jpg>
Abb.68: <http://www-pao.ksc.nasa.gov/kscpao/images/large/2013-4366.jpg>
Abb.69: <http://danspace77.files.wordpress.com/2013/12/13-355.jpg?w=655&h=983>
Abb.70: http://img1.mxstatic.com/wallpapers/47cc3f2372d16e5dfd7cd434f356f4d8_large.jpeg
Abb.71: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/74/Robert_Zubrin.jpg/619px-Robert_Zubrin.jpg
Abb.72: <http://bilder3.n-tv.de/img/incoming/origs6380126/5078253987-w778-h550/galerie04.jpg>
Abb.73: <http://bilder1.n-tv.de/img/incoming/origs6380256/4108258794-w778-h550/crater-ice-3d.jpg>
Abb.74: <http://i36.tinypic.com/23limu8.jpg>
Abb.75: <http://i37.tinypic.com/zwdt9v.jpg>
Abb.76: http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_to_Stay#/media/File:Mars_design_reference_mission_3.jpg
Abb.77: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f1/Mars_mission.jpg/1280px-Mars_mission.jpg
Abb.78: http://old.marsociety.pl/bio_04.jpg
Abb.79: <http://Chapters.MarsSociety.org/toronto/Images/MiscEdu/Floorplan.jpg>
Abb.80: <http://www.raumfahrer.net/astronomie/planetmars/images/mars1.jpg>

Abb.81: http://old.marsociety.pl/bio_05.jpg
Abb.82: <http://www.google.at/search?q=nasa+logo&client=safari&rls=en&tbm=isch&prmd=ivns&ei=U4VkvbHZCMGwsAG89YD4Aw&start=20&sa=N>
Abb.83: http://www.daviddarling.info/images/Bigelow_logo.jpg
Abb.84: http://multivu.prnewswire.com/mnr/stvinc/45050/images/45050-hi-NASA_Vehicle_Assembly_Building.jpg
Abb.85: http://www.nasa.gov/images/content/385981main_rainbow-m_946-710.jpg
Abb.86: <http://www.astronautinews.it/wp-content/uploads/2013/01/BigelowSign4.jpg>
Abb.87: http://de.wikipedia.org/wiki/Europ%C3%A4ische_Weltraumorganisation#/media/File:Esahqdp.jpg
Abb.88: http://de.wikipedia.org/wiki/Europ%C3%A4ische_Weltraumorganisation#/media/File:ESA_LOGO.svg
Abb.89: http://de.wikipedia.org/wiki/Europ%C3%A4ische_Weltraumorganisation#/media/File:Location_ESA_member_countries.svg
Abb.90: http://en.academic.ru/pictures/enwiki/83/STS-134_EVA4_view_to_the_Space_Shuttle_Endavour.jpg
Abb.91: <http://www.bigelow aerospace.com/images/hist-expand-space-1.jpg>
Abb.92: <http://www.bigelow aerospace.com/images/hist-expand-space-2.jpg>
Abb.93: http://en.wikipedia.org/wiki/Bigelow_Aerospace
Abb.94: <http://www.bigelow aerospace.com/images/genesis-1-first.jpg>
Abb.95: <http://www.bigelow aerospace.com/images/genesis-2-top.jpg>
Abb.96: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/87/Transhab-cutaway.jpg/640px-Transhab-cutaway.jpg>
Abb.97: http://spacecoalition.com/wp-content/uploads/2013/01/BEAM_on_the_ISS-3.jpg
Abb.98: <http://digitalvideo.8m.net/Bigelow/NEW/lunarbase.jpg>
Abb.99: http://www.rocketstem.org/wp-content/uploads/2014/03/373x247xPicture_13_BEAM_FreeFloat_with-copyright.jpg.pagespeed.ic.7PwiXLXSvc.jpg
Abb.100: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/genesis-complex>
Abb.101: <http://www.hobbyspace.com/AAAdmin/archive/Spotlights/2010/index2010-07.html>
Abb.102: http://3.bp.blogspot.com/_f5bp98CCITQ/TOLdgiIhVI/AAAAAAAAACg/zLqyDYDWUgk/s1600/Bigelowe+Modules+Perspective.png
Abb.103: http://4.bp.blogspot.com/_f5bp98CCITQ/TOLJmf2XiQI/AAAAAAAAACY/LCyb15mLPSO/s1600/Bigelow+Diagram.png
Abb.104: http://www.rocketstem.org/wp-content/uploads/2014/03/Picture_7_four_BA_330_three_Dragons_2-with-logo.jpg
Abb.105: https://www.raumfahrer.net/raumfahrt/raumstationen/images/bigelow_01.jpg
Abb.106: <http://graphics8.nytimes.com/images/2010/06/08/science/08space-span/08space-span-articleLarge.jpg>
Abb.107: http://1.bp.blogspot.com/--6WNqCfHjnA/TZurFccQxQI/AAAAAAAAAK_Y/WVeKcCBOyKI/s1600/BA2100closeup.jpg
Abb.108: <https://astrowright.files.wordpress.com/2014/06/bigelow-alpha-station.jpg?w=440&h=340>
Abb.109: <http://www.airlinereporter.com/2014/06/touring-the-bigelow-aerospace-ba-330-space-habitat-mock-up/>
Abb.110: http://1.bp.blogspot.com/_f5bp98CCITQ/TOK6u9BiTel/AAAAAAAAACQ/Q8taCyZVf08/s1600/Bigelow2100.jpg
Abb.111: http://www.planetarium-hamburg.de/fileadmin/bildarchiv/08_Sondervortraege/2013Quartal1/ISS_002.jpg
Abb.112: http://www.tuwien.ac.at/fileadmin/t/tuwien/fotos/pa/download/34_2008/ISS_im_Weltall.JPG
Abb.113: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bb/ISS_insignia.svg/200px-ISS_insignia.svg.png
Abb.114: http://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Raumstation
Abb.115: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c0/ISS_Main_Contributors.svg/220px-ISS_Main_Contributors.svg.png
Abb.116: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/76/Space_Station_Freedom_design_1991_annotated.jpg/800px-Space_Station_Freedom_design_1991_annotated.jpg
Abb.117: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/Atlantis-MIR-GPN-2000-001071.jpg/640px-Atlantis-MIR-GPN-2000-001071.jpg>
Abb.118: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1c/ISS_Aug2005.jpg/1024px-ISS_Aug2005.jpg
Abb.119: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c0/ISS_June_1999.jpg/640px-ISS_June_1999.jpg
Abb.120: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/ISS_after_completion_%28as_of_June_2006%29.jpg/800px-ISS_after_completion_%28as_of_June_2006%29.jpg
Abb.121: <http://cdn.superbwallpapers.com/wallpapers/space/international-space-station-10468-1280x800.jpg>

Abb.122: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/ISS-Expedition_13_at_work.jpg/1024px-ISS-Expedition_13_at_work.jpg
Abb.123: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/76/ISS_Destiny_Lab.jpg/800px-ISS_Destiny_Lab.jpg
Abb.124: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a7/S122e007873.jpg/1024px-S122e007873.jpg>
Abb.125: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Japanese_Experiment_Module_Kibo.jpg
Abb.126: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8e/STS-130_PMA-3_relocation_3.jpg/1024px-STS-130_PMA-3_relocation_3.jpg
Abb.127: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3e/ISS-27_Dmitri_Kondratyev_and_Paolo_Nespoli_photograph_the_Earth_through_the_Cupola.jpg/1024px-ISS-27_Dmitri_Kondratyev_and_Paolo_Nespoli_photograph_the_Earth_through_the_Cupola.jpg
Abb.128: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/27/ISS_after_installation_of_S0_Truss_element.jpg/800px-ISS_after_installation_of_S0_Truss_element.jpg
Abb.129: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/STS-114_Steve_Robinson_on_Canadarm2.jpg/1024px-STS-114_Steve_Robinson_on_Canadarm2.jpg
Abb.130: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/44/STS-132_ISS-23_Rassvet_Pirs_and_Progress_M-05M.jpg/1024px-STS-132_ISS-23_Rassvet_Pirs_and_Progress_M-05M.jpg
Abb.131: http://img0.mxstatic.com/wallpapers/294df811141d80af51dcab55ceff0a11_large.jpeg
Abb.132: http://de.wikipedia.org/wiki/European_Robotic_Arm#/media/File:MLM_-_ISS_module.jpg
Abb.133: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ee/ROSSA.jpg/1024px-ROSSA.jpg>
Abb.134: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1b/ISS_Crew_Return_Vehicle.jpg/1024px-ISS_Crew_Return_Vehicle.jpg
Abb.135: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/ISS_P6_truss_solar_array_-_close-up_%28ISS014-E-10053%29.jpg/1024px-ISS_P6_truss_solar_array_-_close-up_%28ISS014-E-10053%29.jpg
Abb.136: http://www.ah8892.de/astronomie_website/Bilder/Satelliten/ISS_4.jpg
Abb.137: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/71/Panels_and_Radiators_on_ISS_after_STS-120.jpg/800px-Panels_and_Radiators_on_ISS_after_STS-120.jpg
Abb.138: http://img.wallpaperstock.net:81/space-station-wallpapers_29012_1920x1080.jpg
Abb.139: <http://images.die-erde.com/erde/ISS01.jpg>
Abb.140: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/ISS_2008-01-10.jpg
Abb.141: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/23/Issshiv120090917200858nm.jpg>
Abb.142: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071502-1024-768.jpg>
Abb.143: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071894-1600-1200.jpg>
Abb.144: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071594-2000-1500.jpg>
Abb.145: <http://www.wallpapersak.com/wp-content/uploads/2014/07/Earth-From-Space-Image-11.jpg>
Abb.146: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071509-1024-768.jpg>
Abb.147: http://www.oebv.at/sixcms/media.php/229/Astronauts_in_weightlessness.jpg
Abb.148: http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/portal_news/NewsArchiv2005/Parabelflug_400.jpg
Abb.149: http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/portal_news/NewsArchiv2005/a300_zerog_blau_380h.jpg
Abb.150: http://www.spacebio.uni-bonn.de/ahp/Parabel/Par_Images/Parabelflug-profil-JPG2.jpg
Abb.151: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69301.jpg
Abb.152: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69297.jpg
Abb.153: <http://spaceshiptourist.com/wp-content/uploads/2011/10/SpaceShiptwo.jpg>
Abb.154: <http://www.spacefellowship.com/news/art13903/space-adventures-says-ready-to-send-2-tourists-on-each-space-trip.html>
Abb.155: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/1/1d/Virgin_Galactic.png
Abb.156: http://www.esa.int/images/Thomas_Pesquet_EVA_training_H.jpg
Abb.157: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/91/Frank_De_Winne_on_treadmill_cropped.jpg/760px-Frank_De_Winne_on_treadmill_cropped.jpg

Abb.158: http://2.bp.blogspot.com/-_wHno315AUM/TwWlhwswbJfI/AAAAAAAAADXC/qk7W0HkqQBk/s1600/ChildRotator1.jpg
Abb.159: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69293.jpg
Abb.160: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69289.jpg
Abb.161: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071592-1600-1200.jpg>
Abb.162: <http://images2.fanpop.com/images/photos/8000000/Earth-Space-space-8071823-1200-900.jpg>
Abb.163: <http://www.lilligo.de/reisemagazin/content/uploads/de/sites/3/2013/04/klm.jpg>
Abb.164: http://www.nasa.gov/images/content/138008main_jsc2005e43267_hi.jpg
Abb.165: <http://www.dreamstime.com/editorial-stock-image-esa-european-astronaut-centre-logo-european-image46596804>
Abb.166: http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2010/08/alexander_moving_inside_of_the_module_mockup/9590975-3-eng-GB/Alexander_moving_inside_of_the_module_mockup_node_full_image_2.jpg
Abb.167: http://www.wired.com/wp-content/uploads/images_blogs/rawfile/2014/02/023r-copy61.jpeg
Abb.168: http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2000/09/the_european_astronaut_centre2/9223269-5-eng-GB/The_European_Astronaut_Centre_node_full_image_2.jpg
Abb.169: http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2008/10/frank_de_winne_and_andre_kuipers_receive_instruction_in_use_of_the_flywheel_exercise_device/9894459-2-eng-GB/Frank_De_Winne_and_Andre_Kuipers_receive_instruction_in_use_of_the_Flywheel_Exercise_Device_medium.jpg
Abb.170: https://www.protoura.com/media/img/all/content-bildreihen-gross/3_0_2_eventm_raumfahrt.jpg
Abb.171: http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2008/01/neutral_buoyancy_facility_at_eac_in_cologne_germany/10291160-2-eng-GB/Neutral_Buoyancy_Facility_at_EAC_in_Cologne_Germany_node_full_image_2.jpg
Abb.172: http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2010/08/international_astronaut_candidates_at_the_european_astronaut_centre/9941479-2-eng-GB/International_astronaut_candidates_at_the_European_Astronaut_Centre_medium.jpg
Abb.173: http://www.wired.com/wp-content/uploads/images_blogs/rawfile/2014/02/024a-F-21.jpeg
Abb.174: http://www.wired.com/wp-content/uploads/images_blogs/rawfile/2014/02/005b-F-Flattened1.jpeg
Abb.175: http://www.wired.com/wp-content/uploads/images_blogs/rawfile/2014/02/028.jpeg
Abb.176: http://www.wired.com/wp-content/uploads/images_blogs/rawfile/2014/02/Soeyuz-1st-Back-+-colour-K1.jpeg
Abb.177: http://de.wikipedia.org/wiki/Lyndon_B._Johnson_Space_Center#/media/File:Aerial_View_of_the_Johnson_Space_Center_-_GPN-2000-001112.jpg
Abb.178: <https://tex.org/wp-content/uploads/2013/06/space-center-houston.jpg>
Abb.179: http://de.wikipedia.org/wiki/Lyndon_B._Johnson_Space_Center
Abb.180: http://de.wikipedia.org/wiki/Lyndon_B._Johnson_Space_Center#/media/File:STS-128_MCC_space_shuttle_flight_control_room.jpg
Abb.181: <file:///Users/ibtisem/Desktop/verwendetes%20Material+Bilder/Space%20Center%20Houston%20-%20Houston%20-%20Bewertungen%20und%20Fotos%20-%20TripAdvisor.webarchive>
Abb.182: <http://www.gonomad.com/destinations-xxx/3710-a-saturn-v-rocket-at-the-johnson-space-center-in-houston>
Abb.183: <http://pohick.blogspot.co.at/2009/02/space-center-houston.html>
Abb.184: <http://brophyworld.com/wp-content/uploads/2012/10/Saturn-Front-lores.jpg>
Abb.185: <http://spacecenter.org/>
Abb.186: <http://spacecenter.org/>
Abb.187: <http://spacecenter.org/>
Abb.188: <http://spacecenter.org/>
Abb.189: <http://spacecenter.org/>
Abb.190: <http://www.firstafricaninspace.com/images/gallery/4604.jpg>
Abb.191: [http://de.wikipedia.org/wiki/Swjosdny_Gorodok#/media/File:European_Russia_laea_location_map_\(Crimea_disputed\).svg](http://de.wikipedia.org/wiki/Swjosdny_Gorodok#/media/File:European_Russia_laea_location_map_(Crimea_disputed).svg)
Abb.192: http://de.wikipedia.org/wiki/Swjosdny_Gorodok#/media/File:Outline_Map_of_Moscow_Oblast.svg
Abb.193: <http://www.firstafricaninspace.com/images/gallery/4605.jpg>

Abb.194: <http://www.firstafricaninspace.com/images/gallery/4606.jpg>
Abb.195: http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly_fs/1.1340718.13553599461/httplmage/image.jpg_gen/derivatives/900x600/image.jpg
Abb.196: http://www.troikatourism.de/assets/images/visite_la_cite_des_etoiles/visite_la_cite_des_etoiles_3.jpg
Abb.197: <file:///Users/ibtfisem/Desktop/verwendetes%20Material+Bilder/Simulation%20bemannter%20Missionen%20auf%20der%20Erde%20«.webarchive>
Abb.198: <file:///Users/ibtfisem/Desktop/verwendetes%20Material+Bilder/Simulation%20bemannter%20Missionen%20auf%20der%20Erde%20«.webarchive>
Abb.199: <http://indulgy.ccio.co/Z8/GF/k6/106467978662696791HOTM3KYUc.jpg>
Abb.200: <http://bilder2.n-tv.de/img/incoming/origs6392421/4558259722-w778-h550/NASA.jpg>
Abb.201: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69307.jpg
Abb.202: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69295.jpg
Abb.203: http://www.weltraumladen.de/grafiken/training_starcity_foto.jpg
Abb.204: http://www.weltraumladen.de/grafiken/training_4.jpg
Abb.205: http://www.weltraumladen.de/grafiken/zentrifuge_2.jpg
Abb.206: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69309.jpg
Abb.207: http://www.weltraumladen.de/grafiken/training_2.jpg
Abb.208: http://www.weltraumladen.de/grafiken/training_starcity_hydrolab.jpg
Abb.209: http://1.bp.blogspot.com/-Hejw4w_0J5I/Up4XmSmFFDI/AAAAAAAAAueg/xIHOFDgNoSE/s1600/15.jpg
Abb.210: http://www.weltraumladen.de/grafiken/training_6.jpg
Abb.211: http://www.weltraumladen.de/grafiken/training_9.jpg
Abb.212: <http://images4.alphacoders.com/232/232224.jpg>
Abb.213: http://de.wikipedia.org/wiki/Raumanzug#/media/File:Russian_space_suit_1.jpg
Abb.214: <http://de.wikipedia.org/wiki/Raumanzug#/media/File:Astronaut-EVA.jpg>
Abb.215: http://static.hdw.eweb4.com/media/wallpapers_1920x1200/digital-art/1/1/astronaut-on-fire-walking-on-the-street-digital-art-hd-wallpaper-1920x1200-2170.jpg
Abb.216: http://de.wikipedia.org/wiki/Raumanzug#/media/File:Apollo_15_Space_Suit_David_Scott.jpg
Abb.217: <http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop101367155/4200196789-ci3x2l-w780/astronauten-ernaehrung-DW-Wissenschaft-Jena.jpg>
Abb.218: <http://www.raumfahrtmuseum.at/Grosenanderungs105e5201.jpg>
Abb.219: <http://www.raumfahrtmuseum.at/Grosenanderungsts105-314-008.jpg>
Abb.220: http://d1jq7g1y74ds1.cloudfront.net/wp-content/uploads/2012/02/Expedition_20_crew_members_share_a_meal_at_a_galley_in_the_Unity_node_of_the_International_Space_Station_-_20090731.jpg
Abb.221: <http://2.bp.blogspot.com/-afhMMxeTijc/T1oRt9JgXmI/AAAAAAAAA9A/CQQPN4sl9Fc/s1600/P1010889.JPG>
Abb.222: http://sz-magazin.sueddeutsche.de/upl/images/user/8059/thumbs_bildergalerie/69303.jpg
Abb.223: <http://pc.zoznam.sk/sites/default/files/images/attached/news/16764/dennislito.jpg>
Abb.224: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/Dennis_Tito.jpg/800px-Dennis_Tito.jpg
Abb.225: <http://astropt.org/blog/wp-content/uploads/2013/04/753995.jpg>
Abb.226: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/15/Anousheh_Ansari_in_the_ISS.jpg/1024px-Anousheh_Ansari_in_the_ISS.jpg
Abb.227: <http://stemforgirls.files.wordpress.com/2012/03/anousheh.jpg>
Abb.228: <http://stemforgirls.files.wordpress.com/2012/03/ansari-space-md.jpg>
Abb.229: http://www.heise.de/tp/artikel/8/8818/8818_2.gif
http://www.resonancepub.com/images/Lunar_Hilton_Schematic_Low_Res.gif
Abb.230: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b0/Paris_Hilton_2009.jpg/640px-Paris_Hilton_2009.jpg
Abb.231: http://www.resonancepub.com/images/Lunar_Hilton_Interior_Low_Res.gif
Abb.232: http://www.heise.de/tp/artikel/8/8818/8818_3.jpg
Abb.233: <http://mascola.com/insights/wp-content/uploads/2014/07/p00vzhlm-e1405631076173.jpg>

<http://mascola.com/insights/wp-content/uploads/2014/07/p00vzhlm-e1405631076173.jpg>
Abb.234: <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2013/02/foster-partners-moon-base.jpg>
Abb.235: http://www.heise.de/tp/artikel/8/8818/8818_5.gif
Abb.236: http://images02.oe24.at/Lauda_All_324258a.jpg/consoleMadonnaNoStretch2/1.797.155
Abb.237: Krone Zeitung Artikel: Niki Lauda: "Für den Flug ins All würd ich alles geben!"
Abb.238: <http://thesuperslice.com/wp-content/uploads/2012/10/Felix-Baumgartner-x-Red-Bull-Stratos-021-800x1200.jpg>
Abb.239: <http://thesuperslice.com/wp-content/uploads/2012/10/Felix-Baumgartner-x-Red-Bull-Stratos-09-800x499.jpg>
Abb.240: <http://thesuperslice.com/wp-content/uploads/2012/10/Felix-Baumgartner-x-Red-Bull-Stratos-04.jpg>
Abb.241: <http://thesuperslice.com/wp-content/uploads/2012/10/Felix-Baumgartner-x-Red-Bull-Stratos-03.jpg>
Abb.242: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Kittinger-jump.jpg/640px-Kittinger-jump.jpg>
Abb.243: <http://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2012/10/Stratos-balloon-being-filled-with-Helium-It-is-55-stories-high-when-fully-inflated-and-a-400+-foot-sphere-at-altitude-200x300.jpg>
Abb.244: http://www.pz-news.de/cms_media/module_bi/1183/591986_1_org_148284004728ECBD.jpg
Abb.245: http://image3.redbull.com/rbcom/010/2013-04-22/1331587149850_1/0010/1/700/466/1/felix-baumgartner-am-boden-red-bull-stratos.jpg
Abb.246: http://www.framestore.com/sites/default/files/styles/hero_720x406px/public/gravity_web_11_0.jpg?itok=dEPChfsR
Abb.247: http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-live/photos/000/317/cache/challenger-disaster-myths-explosion_31734_600x450.jpg
Abb.248: <http://blog.seattlepi.com/aerospace/files/library/472challenger.jpg>
Abb.249: <http://blog.al.com/breaking/columbia.jpg>
Abb.250: <http://a740.g.akamai.net/f/740/606/1d/image.pathfinder.com/time/daily/2003/0302/shuttle0201.jpg>
Abb.251: <http://meta.metaebene.me/media/raumzeit/rz019-space-shuttle.jpg>
Abb.252: http://www.fhr.fraunhofer.de/content/dam/fhr/de/images/presse%20medien/pressemitteilungen/Fraunhofer%20FHR%20-%20zerstörter%20Satellit_1600px.jpg
Abb.253: <http://mediareport-online.de/wp-content/uploads/2012/03/2010-10-27-iss.jpg>
Abb.254: http://www.dlr.de/rd/Portaldata/28/Resources/images/RR/DebrisLoch_380.jpg
Abb.255: http://www.meteorwatch.org/wp-content/uploads/2010/08/meteor_252520_252520fireball-600x399.jpg
Abb.256: http://www.meteorwatch.org/wp-content/uploads/2009/08/Meteor_Crater_Near_Winslow_Arizona-1024x768.jpg
Abb.257: <http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/wp-content/blogs.dir/28/files/2012/07/i-9622616efb52437792526a9004424c78-carina.jpg>
Abb.258: <http://cdn.phys.org/newman/gfx/news/2013/spaceweather.jpg>
Abb.259: http://www.ingenieur.de/var/storage/images/media/images/swarm-satelliten/2745115-2-ger-DE/Swarm-Satelliten_image_width_560.jpg
Abb.260: http://www.raumfahrer.net/news/images/wechselwirkungsregion_solarwind_big.gif
Abb.261: <http://desktopwallpapers.org.ua/pic/201111/1440x900/desktopwallpapers.org.ua-8719.jpg>
Abb.262: <http://www.bernd-leitenberger.de/img/polarlicht.jpeg>
Abb.263: http://images.forwallpaper.com/files/thumbs/preview/20/208898__space-asteroids-the-planet_p.jpg
Abb.264: <http://www.bernd-leitenberger.de/img/van-allen-guertel.jpeg>
Abb.265: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/Messier51_sRGB.jpg/1024px-Messier51_sRGB.jpg
Abb.266: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Atmosphere_layers-en.svg/170px-Atmosphere_layers-en.svg.png
Abb.267: <http://www.compoundchem.com/wp-content/uploads/2014/07/The-Atmospheres-of-the-Solar-System-with-Pressures.png>
Abb.268: <http://www.bernd-leitenberger.de/img/scs750.jpeg>
Abb.269: http://www.oebv.at/sixcms/media.php/229/Crab_Nebula.jpg
Abb.270: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/EmissionNebula_NGC6357.jpg/640px-EmissionNebula_NGC6357.jpg
Abb.271: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/15/Thin_Line_of_Earth%27s_Atmosphere_and_the_Setting_Sun.jpg/800px-Thin_Line_of_Earth%27s_Atmosphere_and_the_Setting_Sun.jpg
Abb.272: http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/wp-content/blogs.dir/28/files/2012/07/i-fc55e26d3e3545966b81c462f942b51b-800px-Endeavour_silhouette_STS-130.jpg

Abb.273: http://www.digitalspace.com/projects/neo-mission/images/v_2/v2_11_return_earth_04.jpg
Abb.274: http://www1.imagesandwallpapers.com/img/flipped_Apollo_15_descends_to_splashdown_HQ_Background.jpg
Abb.275: <http://3.bp.blogspot.com/-iTcl3cnQGXM/T-3MONfK0hI/AAAAAAAAAGTA/t7tVE-3vxqA/s640/china-shenzhou-9-landing-1.jpg>
Abb.276: <http://polpix.sueddeutsche.com/bild/1.1508828.1358470166/640x360/raumfahrt-dragon-raumfrachter-raumtransporter-spacex-internationale-raum-station-iss.jpg>
Abb.277: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9f/Ap17-S72-55974.jpg/640px-Ap17-S72-55974.jpg>
Abb.278: http://de.wikipedia.org/wiki/Hitzeschild#/media/File:Apollo_cm.jpg
Abb.279: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/28/Thermal_protection_system_inspections_from_ISS_-_Shuttle_bottom.jpg/1024px-Thermal_protection_system_inspections_from_ISS_-_Shuttle_bottom.jpg
Abb.280: http://michikarl.files.wordpress.com/2011/11/img_7934.jpg
Abb.281: <http://www.bernd-leitenberger.de/img/atmosphaere1.gif>
Abb.282: <http://www.bernd-leitenberger.de/img/atmosphaere2.gif>
Abb.283: http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2010/04/10/article-0-027F4D460000044D-140_468x286.jpg
Abb.284: http://1.bp.blogspot.com/_7Bqr1I5gzyk/SPalyM-QgQI/AAAAAAAAABZ4/GZqQm4HMI0c/s1600/aaasplashdown_300.jpg
Abb.285: <http://www.abendblatt.de/img/vermischtes/crop132132607/7678727862-ci3x2I-w620/Steven-Swanson.jpg>
Abb.286: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/Entry.jpg/800px-Entry.jpg>
Abb.287: <http://www.travelwebdir.com/wp-content/uploads/2014/08/Air-and-Space-Museum-Washington-DC12.jpg>
Abb.288: <http://static.panoramio.com/photos/large/34353694.jpg>
Abb.289: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/thumb/7/77/Kosmonautenmuseum.jpg/640px-Kosmonautenmuseum.jpg>
Abb.290: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Ciolkovskij2_vdix_sep2008.jpg
Abb.291: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/be/Sputnik_asm.jpg/800px-Sputnik_asm.jpg
Abb.292: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a1/Km_manual_R0010816.jpg/800px-Km_manual_R0010816.jpg
Abb.293: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Km_LUNAROD.jpg
Abb.294: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Km_HUNDE_IW.jpg
Abb.295: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2a/Km_werkzeug_R0010809.jpg/800px-Km_werkzeug_R0010809.jpg
Abb.296: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1c/Km_Cosmonaut_R0010790.jpg/1024px-Km_Cosmonaut_R0010790.jpg
Abb.297: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/Km_Grafik2_PC300015.jpg/800px-Km_Grafik2_PC300015.jpg
Abb.298: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f6/Km_Grafik_PC300007.jpg/1024px-Km_Grafik_PC300007.jpg
Abb.299: http://4.bp.blogspot.com/-rswRW7JpPp0/UJ-maVfeZkl/AAAAAAAAArM/Of12LQIMK6c/s1600/IMG_0826.JPG
Abb.300: http://1.bp.blogspot.com/-7rgdMBt8H74/Tb7KE-eCTHI/AAAAAAAAAO4/k2R7nU7_J9I/s640/HK+Space+Museum+Trace+%2528Black+Added%2529.jpg
Abb.301: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/37/HK_TST_Space_Museum_Hall_of_Space_Science_doors_1a.jpg/800px-HK_TST_Space_Museum_Hall_of_Space_Science_doors_1a.jpg
Abb.302: http://apathwithajourney.files.wordpress.com/2013/09/img_0197.jpg?w=665&h=498
Abb.303: http://www.globeimages.net/data/media/89/hong_kong_space_museum.jpg
Abb.304: http://apathwithajourney.files.wordpress.com/2013/09/img_0186.jpg?w=665&h=886
Abb.305: <http://www.lcsd.gov.hk/CE/Museum/Space/Museum/VirtualTour/Image/museummap.jpg>
Abb.306: <http://www.discoverhongkong.com/eng/see-do/culture-heritage/museums/science/space-museum.jsp>
Abb.307: <http://www.travelwebdir.com/wp-content/uploads/2014/08/SmithsonianNationalAirSpaceMuseum.jpg>
Abb.308: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/StevenFUdvarHazy.png/1280px-StevenFUdvarHazy.png>
Abb.309: <http://www.annapolislandscape.tv/wp-content/uploads/2010/05/DSC01606.jpg>
Abb.310: <http://www.travelwebdir.com/wp-content/uploads/2014/08/Hangar-Smithsonian.jpg>
Abb.311: <http://williambeem.com/wp-content/uploads/2012/04/Air-Space.jpg>
Abb.312: <http://capitolescapes.com/wp-content/uploads/2012/08/National-Air-Capitol-Escapes-4.jpg>

Abb.313: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8b/Wapakoneta-ohio-armstrong-air-and-space-museum.jpg/1024px-Wapakoneta-ohio-armstrong-air-and-space-museum.jpg>

Abb.314: <http://www.ibuzzle.com/articles/visit-the-neil-armstrong-air-and-space-museum-wapakoneta-ohio.html>

Abb.315: http://www.tripadvisor.at/Attraction_Review-g51097-d124635-Reviews-Armstrong_Air_Space_Museum-Wapakoneta_Ohio.html#photos

Abb.316: http://www.tripadvisor.at/Attraction_Review-g51097-d124635-Reviews-Armstrong_Air_Space_Museum-Wapakoneta_Ohio.html#photos

Abb.317: <http://www.cityprofile.com/ohio/photos/14676-wapakoneta-neil-armstrong-air-and-space-museum-2.html>

Abb.318: http://www.tripadvisor.at/Attraction_Review-g51097-d124635-Reviews-Armstrong_Air_Space_Museum-Wapakoneta_Ohio.html#photos

Abb.319: http://www.tripadvisor.at/Attraction_Review-g51097-d124635-Reviews-Armstrong_Air_Space_Museum-Wapakoneta_Ohio.html#photos

Abb.320: <http://2.bp.blogspot.com/-KLWkf2Suses/UgE9slbZJol/AAAAAAAAADpU/Zu4Egx7sFU0/s1600/Screen+Shot+2013-08-06+at+11.15.29+AM.png>

Abb.321: <file:///Users/ibtisem/Desktop/Material%20Bilder%20noch%20nicht%20verwendet/AA%20Visiting%20School%20Slovenia.webarchive>

Abb.322: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Noordung_raumstation.jpg

Abb.323: <http://www.d-a-z.hr/hr/vijesti/ksevt---kulturni-centar-europske-svemirske-tehnologije,2240.html>

Abb.324: <http://www.designboom.com/architecture/ofis-architects-cultural-center-of-european-space-technologies-complete/>

Abb.325: <http://www.designboom.com/architecture/ofis-architects-cultural-center-of-european-space-technologies-complete/>

Abb.326: armstrongmuseum.org/

Abb.327: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_A08.jpg

Abb.328: <http://www.designboom.com/architecture/ofis-architects-cultural-center-of-european-space-technologies-complete/>

Abb.329: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_B02.jpg

Abb.330: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_B03.jpg

Abb.331: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_B04.jpg

Abb.332: <http://www.designboom.com/architecture/ofis-architects-cultural-center-of-european-space-technologies-complete/>

Abb.333: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_A04.jpg

Abb.334: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_B05.jpg

Abb.335: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_B07.jpg

Abb.336: <http://www.designboom.com/architecture/ofis-architects-cultural-center-of-european-space-technologies-complete/>

Abb.337: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_A06.jpg

Abb.338: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_B08.jpg

Abb.339: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_B10.jpg

Abb.340: http://static.dezeen.com/uploads/2011/01/dzn_Space-Wheel-Noordung-Space-Habitation-Centre-by-OFIS-Arhitekti-26_1000.gif

Abb.341: <http://www.annakaran.com/?p=422>

Abb.342: <http://openbuildings.com/buildings/cultural-center-of-european-space-technologies-profile-44824#!buildings-media/4>

Abb.343: <http://openbuildings.com/buildings/cultural-center-of-european-space-technologies-profile-44824#!buildings-media/4>

Abb.344: <http://www.designboom.com/architecture/ofis-architects-cultural-center-of-european-space-technologies-complete/>

Abb.345: http://dekleva-gregoric.com/wp-content/uploads/2012/12/063_KSEVT_A10.jpg

Abb.346: <http://dekleva-gregoric.com/ksevt/>

Abb.347: <http://www.d-a-z.hr/hr/vijesti/ksevt---kulturni-centar-europske-svemirske-tehnologije,2240.html>

Abb.348: http://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Campus#/media/File:Apple_Campus_2_rendering.jpg

Abb.349: http://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Campus

Abb.350: https://s3.amazonaws.com/apple-campus2-project/Rendering_Submittal_4.pdf

Abb.351: https://s3.amazonaws.com/apple-campus2-project/Rendering_Submittal_4.pdf

Abb.352: https://s3.amazonaws.com/apple-campus2-project/Rendering_Submittal_4.pdf

Abb.353: https://s3.amazonaws.com/apple-campus2-project/Rendering_Submittal_4.pdf

Abb.354: <http://obamapacman.com/2012/06/architectural-plans-of-new-apple-cupertino-campus-2/apple-cupertino-campus-2-side/>

Abb.355: <http://obamapacman.com/2012/06/architectural-plans-of-new-apple-cupertino-campus-2/future-apple-cupertino-campus-2/>
Abb.356: https://s3.amazonaws.com/apple-campus2-project/Rendering_Submittal_4.pdf
Abb.357: <http://obamapacman.com/2012/06/architectural-plans-of-new-apple-cupertino-campus-2/access-apple-campus-2/>
Abb.358: <file:///Users/ibtisem/Desktop/verwendetes%20Material+Bilder/Architectural%20Plans%20of%20New%20Apple%20Cupertino%20Campus%202%20%7C%20Obama%20Pacman.webarchive>
Abb.359: <http://obamapacman.com/2012/06/architectural-plans-of-new-apple-cupertino-campus-2/auditorium-side-apple-campus-2/>
Abb.360: <http://ad009cdnb.archdaily.net/wp-content/uploads/2011/12/1323455620-foster---partner-apple-campus-003-1000x714.jpg>
Abb.361: <http://davidgalbraith.org/blg/wp-content/uploads/2011/08/apple-hq-003.jpg>
Abb.362: <http://obamapacman.com/2012/06/architectural-plans-of-new-apple-cupertino-campus-2/parking-lot-apple-campus-2/>
Abb.363: <http://de.wikipedia.org/wiki/O'Neill-Kolonien#/media/File:Spacecolony1.jpg>
Abb.364: <http://de.wikipedia.org/wiki/O'Neill-Kolonien#/media/File:Spacecolony3edit.jpeg>
Abb.365: <http://img.gawkerassets.com/img/18mj1j4pgsm1gjjpg/ku-xlarge.jpg>
Abb.366: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Stanford_torus_external_view_by_Don_Davis_AC76-0525_cropped.jpg
Abb.367: <http://2.bp.blogspot.com/-bmgZsi7RQBg/TgT5jh1XanI/AAAAAAAAACDs/auHGtQ8mzAs/s400/Robert+McCall+2001+A+Space+Odyssey+Poster+Art.jpg>
Abb.368: <http://3.bp.blogspot.com/-Yu5vbD-cPFw/TgTtTvsQmyI/AAAAAAAAACC0/oeTVIaAuzqY/s400/Torus+02.jpg>
Abb.369: http://1.bp.blogspot.com/-JWSq_uTC2Qw/TgTfta_ZNWWI/AAAAAAAAACC4/ZCXCBAsqWGc/s400/starbase+08.jpg
Abb.370: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fc/Internal_view_of_the_Stanford_torus.jpg/800px-Internal_view_of_the_Stanford_torus.jpg
Abb.371: http://1.bp.blogspot.com/_VoFM4aW7x9A/THRQVIEOZII/AAAAAAAAADIk/Spjmt_cXNwQ/s1600/torus3.jpg
Abb.372: http://4.bp.blogspot.com/_VoFM4aW7x9A/THRBTjISjI/AAAAAAAAADHM/I3H4z02_6sY/s1600/figure1.1.gif
Abb.373: http://www.openpr.de/images/articles/3/b/3b7dcdbd26133a6fe4e2916991c385f3_g.jpg
Abb.374: <http://www.ingfinder.com/public/newsitem/1000000/1000/191/6013.jpg>
Abb.375: http://www.ingfinder.com/public/admin/2011-07-21_Audi-IAA-2012_01-View-South_s.jpg
Abb.376: http://www.ingfinder.com/public/admin/2011-07-21_Audi-IAA-2012_03-View-South-West_s.jpg
Abb.377: http://www.kms-blackspace.com/fileadmin/assets/images/Projekte/Audi/Audi_IAA2011.004.jpg
Abb.378: http://www.ingfinder.com/public/admin/2011-07-21_Audi-IAA-2012_02b-Birdsview-South-East_s.jpg