

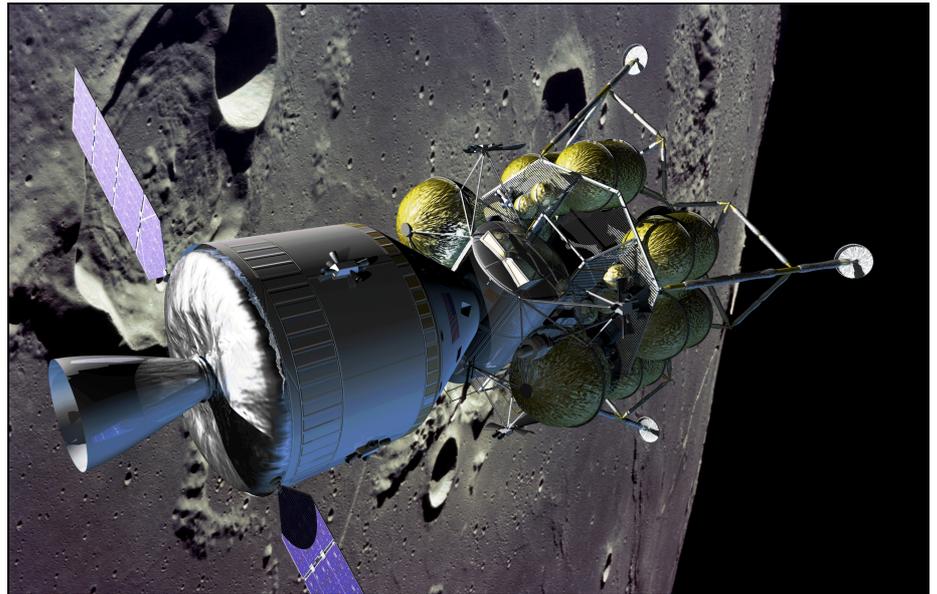
Das neue US-Raumfahrtprogramm

Am 14. Jänner 2004 verkündete Präsident George Bush seine Vision von der zukünftigen Erforschung des Weltraums. Innerhalb eines Jahrzehnts sollen US-Astronauten zum Mond zurückkehren und den Weg freimachen zum Mars und darüber hinaus, unter dem Titel „Moon, Mars and Beyond“. Inhalt dieser Rede war übrigens auch die rasche Wiederinbetriebnahme des

Shuttles sowie der Fertigbau der Internationalen Raumstation (ISS). Etwa zwei Jahre später nimmt nun diese Idee langsam konkrete Gestalt an. Das Kernstück der neuen NASA-Flotte wird das Crew Exploration Vehicle (CEV) sein, eine Apollo-ähnliche Raumkapsel.

Diese Kapsel wird zwar eine Neuentwicklung sein, übernimmt aber das ursprünglich erfolgreiche Konzept des Apollo-Programmes. Auch Komponenten des Shuttle-Systemes, insbesondere die Feststoff-Booster und das Haupttriebwerk, sollen für die zukünftigen Trägersysteme verwendet werden. Vom Rauminhalt her wird das CEV etwa dreimal größer als eine Apollo-Kapsel sein. Die Kapazität beträgt etwa drei Passagiere plus 400 kg Fracht oder sechs Passagiere ohne Fracht zur Internationalen Raumstation (Block 1A), 3,5 Tonnen Fracht in der Automatikversion zur ISS (Block 1B), vier Astronauten zum Mond (Block 2) und sechs bei einer Marsmission (Block 3).

Der Durchmesser des CEVs wird etwa 5,5 Meter betragen, die Gesamtmasse etwa 25 Tonnen. Für die Energieversorgung wird es ausklappbare Solarzellen-Flügel geben, die noch zu entwickelnden Triebwerke sollen mit Flüssigsauerstoff und Methan betrieben werden. Dies im Hinblick auf eine Mars-Mission, wo man hofft, diesen Treibstoff vor Ort gewinnen zu können. Das neue Raumschiff soll auch bis zu zehn Mal wiederverwendet werden. Die



Künstlerische Darstellung des Crew Exploration Vehicles (CEV) mit ausgefahrenen Solarzellen-Flügeln und angedockter Mondlandefähre. Grafik: NASA.

Landung wird wieder wie bei Apollo mit dem Fallschirm stattfinden, zusätzlich mit Airbag und kleinen Bremsraketen, wahrscheinlich aber auf festem Grund wie bei den russischen Raumschiffen. Optional wird aber auch eine Landung auf dem Wasser möglich sein. Nur das Hitzeschild muß für jede Mission erneuert werden. Damit ist aber auch das Risiko geringer als beim Shuttle, wo die Hitzeschutzkacheln oftmals wiederverwendet werden. Durch die konische Form ist auch die Aero-

dynamik und die Struktur wesentlich stabiler als bei einem geflügelten Raumfahrzeug.

Die neue Kapsel wird zwar äußerlich den Apollo-Kapseln gleichen, aber aus neuen Materialien bestehen und nach aktuellen Fertigungsmethoden geplant und gebaut werden. Im Inneren werden sich selbstverständlich neueste Computertechnik und fortschrittliche Avioniksysteme finden.

Gemeinsam mit dem ebenfalls neu zu entwickelnden Mondlandegerät (LSAM = Lunar Surface Access Module) wird das neue Raumfahrt-System doppelt so viele Astronauten wie Apollo zum Mond bringen können und auch längere Aufenthalte erlauben. Bei den ersten Missionen sind Aufenthalte zwischen vier und sieben Tagen auf unserem Trabanten geplant. Die Mondlandefähre des Apollo-Programmes (LEM)



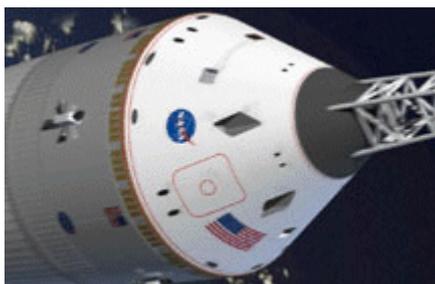
Grafik: NASA.

konnte wegen der begrenzten Treibstoffmenge nur in der Nähe des Mondäquators landen, während die neuen Lunar Lander aufgrund ihrer größeren Treibstoffkapazität alle Teile der Mondoberfläche erreichen können. Im Unterschied zu früher wird das CEV auch ohne Besatzung im Mondorbit operieren können. Nach der Etablierung eines ersten Außenpostens werden Besatzungen bis zu sechs Monate auf dem Mond verbringen können.

Trägersysteme

Das Trägersystem für das CEV wird aus einem einzelnen zuverlässigen Shuttle-Feststoff-Booster mit vier Segmenten bestehen, mit dem Shuttle-Haupttriebwerk als zweite Stufe. Dieses Crew Launch Vehicle (CLV) wird samt Nutzlast etwa 25 Tonnen Masse in einen niedrigen Erdorbit bringen können. Durch die Hinzufügung eines Booster-Segmentes kann die Nutzlast um weitere 7 Tonnen gesteigert werden.

Zusätzlich wird es für den Frachttransport einen Schwerlastträger geben, angetrieben von fünf Shuttle-Haupttriebwerken und zwei Feststoff-Boostern. Damit können dann in Zukunft bis zu 106 Tonnen Gesamtmasse in eine niedrige Erdumlaufbahn geschossen werden. Durch eine zusätzliche Oberstufe können sogar 125 Tonnen transportiert werden. Die Transport-Kapazität ist etwa eineinhalb mal größer als jetzt mit dem Shuttle-System. Auch dieser Schwerlastträger soll aber für den Besatzungstransport modifizierbar sein. Die Hauptaufgabe wird aber der Transport von Komponenten der Mond- und Marsmissionen sein. Bei reinen Frachtmissionen können bis



Das CEV mit dem Rettungsturm auf der Trägerrakete. Grafik: NASA.



Die geplante Mondlandefähre (Lunar Lander) Grafik: NASA.

zu 21 Tonnen Nutzlast auf die Mondoberfläche transportiert werden.

Durch die Verwendung eines Rettungsturmes wie bei der Saturn V wird das neue System auch etwa zehnmal sicherer sein als das heutige Space Shuttle. Dies ist auch nur durch die Kapselform und die Platzierung an der Spitze der Träger Rakete möglich. Dadurch besteht auch keine Gefahr der Beschädigung durch abgeplatzte Teile mehr, die zur Columbia-Katastrophe geführt haben. Nach Ansicht der NASA ist beim Shuttle-System vor allem der Orbiter die kritischste Komponente, während die anderen Teile durchaus weiterverwendet werden können.

Hardware für die Mondmission

Für den Flug zum Mond wird es eine eigene Transferstufe mit zwei Flüssigsauerstoff/Flüssigwasserstoff-

Triebwerken geben, ähnlich wie beim Shuttle, wo der Haupttank zwei J-S2-Triebwerke versorgt. Die Transferstufe zündet nach dem Start bereits unterhalb der Umlaufbahn und bringt den Lunar Lander in einen niedrigen Erdorbit. Dort erfolgt das Rendezvous mit der CEV-Kapsel.

Der Lunar Lander wird ein Flüssigsauerstoff-/ Flüssigwasserstoff-Triebwerk für den Abstieg und ein Flüssigsauerstoff-/ Flüssigmethan-Triebwerk für den Aufstieg verwenden und vier Personen transportieren können. Für den Ausstieg der Astronauten auf der Mondoberfläche wird es ein entsprechendes Schleusensystem geben.

Zeitplan

In etwa fünf Jahren, das heißt etwa 2011 oder 2012, sollen die ersten Kapseln Passagiere und Fracht



Ein Mondmobil bei der Erkundung unseres Trabanten. Grafik: NASA.

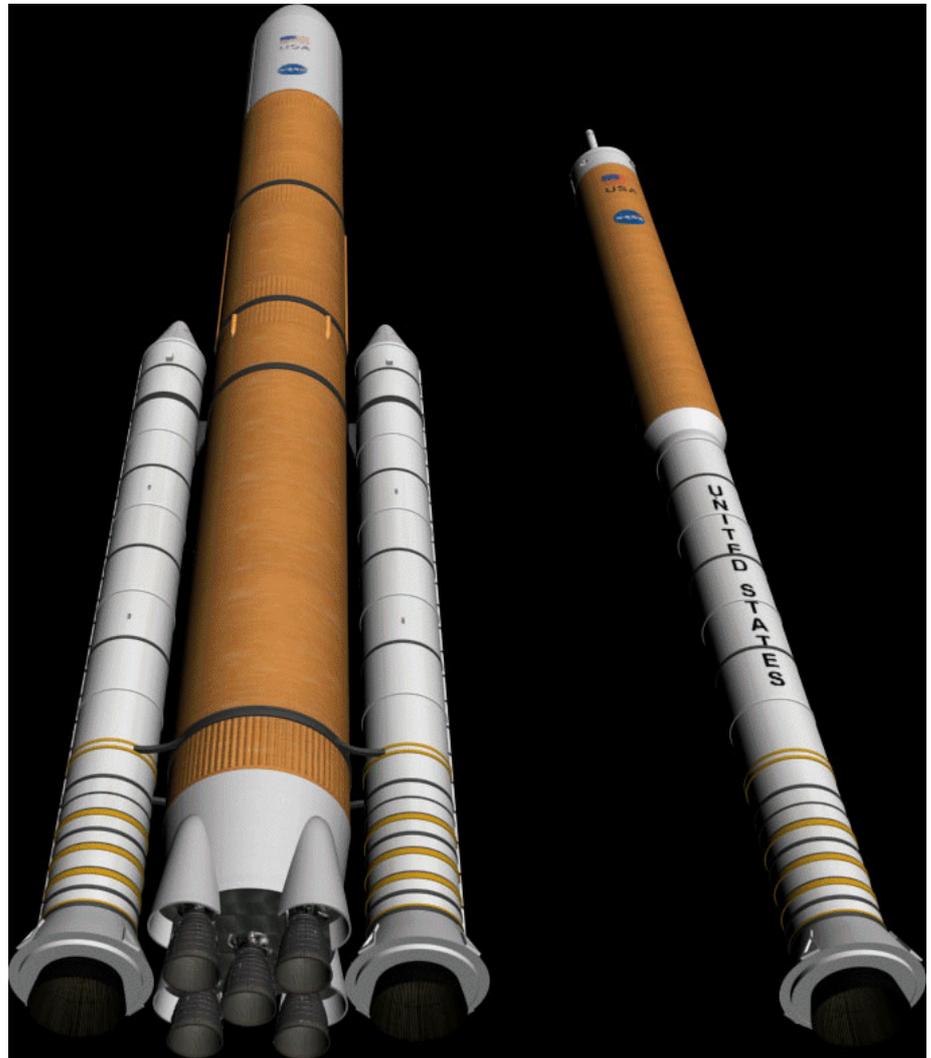
zur ISS fliegen. Nach den ursprünglichen Plänen war von 2014 die Rede, nun soll das neue Raumschiff früher zur Verfügung stehen, um die Lücke in der bemannten Raumfahrt zu minimieren. Der Shuttle-Orbiter soll so früh wie möglich in den Ruhestand geschickt werden.

Derzeit sind etwa sechs CEV-Zu-bringerflüge pro Jahr zur Internationalen Raumstation ISS vorgesehen. In der Zwischenzeit sollen robotische Missionen die Mondmission vorbereiten. Im Jahr 2018 werden dann erstmals Menschen wieder den Mond betreten.

In den folgenden Jahren sehen die Pläne zumindestens zwei bemannte Mondmissionen pro Jahr vor. Schnell soll sich darauf ein fester Außenposten entwickeln. Die Besatzungen werden länger bleiben und lernen, die Ressourcen des Mondes zu nutzen. Automatische, nur einmal verwendbare unbemannte Lander werden zusätzliche Fracht für den Ausbau der Mondbasis bringen. Später sollen die Besatzungen ähnlich wie auf der ISS alle sechs Monate ausgetauscht werden.

Als Standort bietet sich der Mondspüdpol an, da dort Wasservorräte verborgen in Kratern vermutet werden. Wasser ist sehr wichtig für die Versorgung von menschlichen Besatzungen, auch Sauerstoff kann aus Wasser gewonnen werden. Durch die Ausbeutung von lokalen Vorräten könnte die erforderliche Nachschubmenge drastisch verringert und damit auch die Kosten reduziert werden.

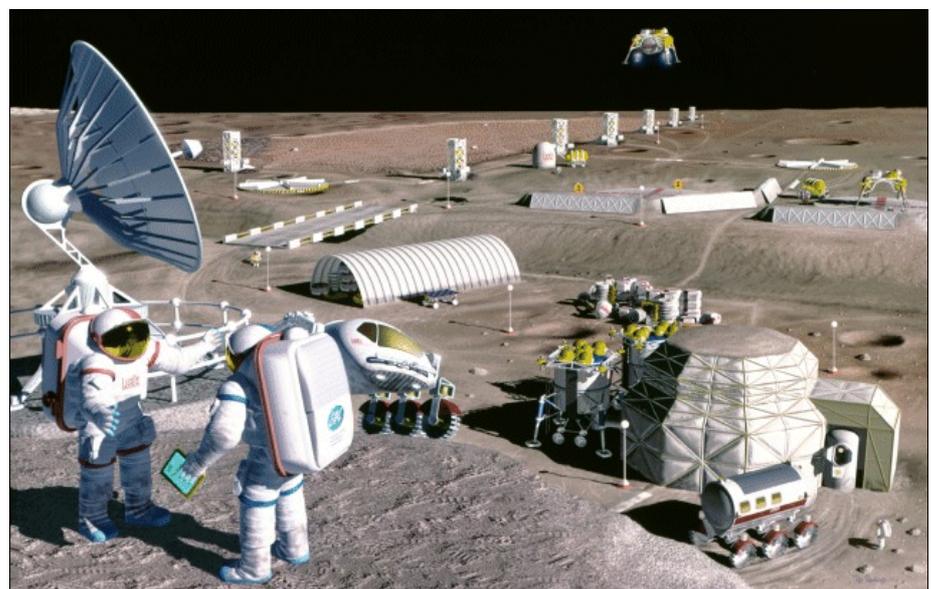
Die Mondmissionen sollen auch als Vorbereitung auf eine spätere Mars-Mission dienen. Dadurch hofft die NASA, genügend Erfahrung zu sammeln, um die mehrjährige Reise zu unserem Nachbarplaneten möglich zu machen. Der Mond ist viel näher, nur etwa drei Tage Flugzeit von der Erdumlaufbahn entfernt. Prinzipiell soll die für die Mondmissionen entwickelte Hardware auch für die Reise zum Mars verwendet werden. Insbesondere die



Die neuen Trägerraketen: Links der geplante Schwerlastträger mit fünf Shuttle-Haupttriebwerken und rechts das Crew Launch Vehicle (CLV) mit einem Shuttle-Booster sowie einer Oberstufe mit Shuttle-Haupttriebwerk und mit aufgesetzter Kapsel samt Rettungsturm. Grafik: NASA.

Schwerlastträger, aber auch die zierter Form eingesetzt werden.

Crew Exploration Vehicle und die Landefahrzeuge könnten in modifizierter Form eingesetzt werden. Konkrete Aussagen darüber, ob für den Transfer zum Mars alterna-

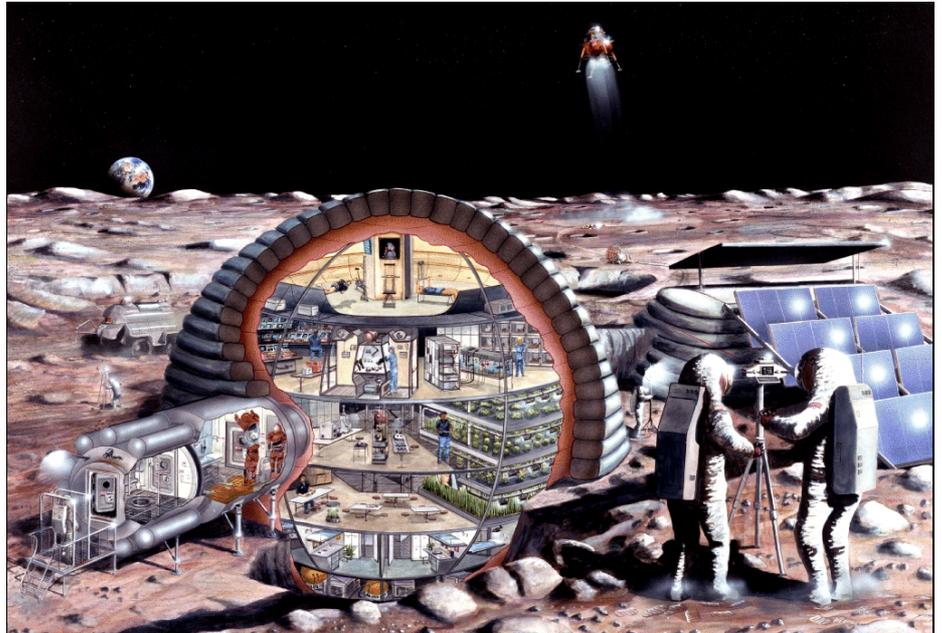


NASA-Konzept der Mineralgewinnung am Mond von 1999. Grafik: NASA.

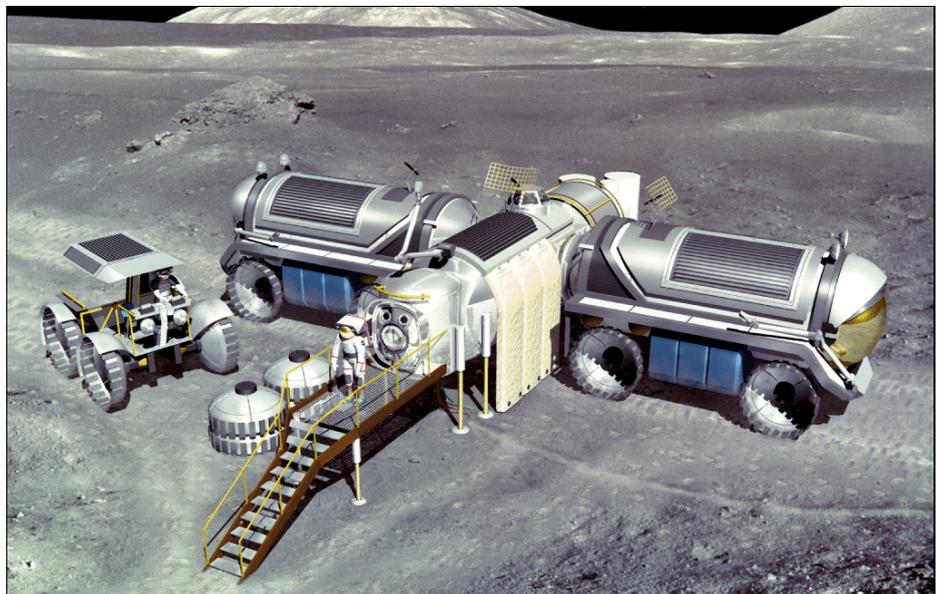
tive Methoden wie etwa Ionenantriebe verwendet werden können, finden sich nicht in den bisher bekannten Planungspapieren. Vielleicht ist es auch noch zu früh dafür, da man ja vor allem mit den Mondmissionen Erfahrung sammeln will, sowie die Versorgung der ISS (als eher lästige Pflicht) sicherstellen muß. Da ja die erste neue Mondmission erst 2018, also in etwa 12 Jahren, stattfinden wird und die erste Marsmission noch viel später, ist (derzeit) noch genug Zeit, neue Antriebskonzepte zu entwickeln und einsatzreif zu machen. Ein evolutionäres System der Schritt-für-Schritt-Entwicklung ist sicher besser, als auf das revolutionäre System zu warten oder alles auf eine Karte zu setzen. Immerhin waren auch die zwischenzeitlichen Versuche, ein Single-Stage-To-Orbit-System zu entwickeln (einstufiges System für die Erreichung der Erdumlaufbahn), kostenintensiv und nicht sehr erfolgreich. Auch die Entwicklung von fortschrittlichen, luftatmenden Raumgleitern wie Sänger oder Hotel ist bisher an den Kosten und an den hohen Entwicklungsrisiken gescheitert. Nun setzt man wieder auf bewährte Technik, die aber behutsam weiterentwickelt wird und eine höhere Zuverlässigkeit und Sicherheit bietet.

Außerdem sind neben dem Antriebssystem noch eine Reihe von anderen Problemen zu lösen, bevor man sich an eine bemannte Marsmission wagen kann. Hier zählen zum einen die gesundheitlichen Effekte eines langen Aufenthaltes (zwei Jahre oder mehr) in Schwerelosigkeit bzw. Niedrigschwerkraft, aber auch die Gefahren durch Strahlung. Entsprechende Abschirmungen gibt es bisher nur in theoretischen Überlegungen.

Auch eine ärztliche Versorgung ist weit draußen im All nur über Ferndiagnose etc. möglich. Diesbezügliche Versuche werden übrigens bereits in der ISS durchgeführt. Man denkt dabei sogar über Roboterchirurgen nach. Prinzipiell verläßt



NASA-Konzept einer Mondstation von 1989. Grafik: NASA.



NASA-Konzept einer Mondstation von 1993. Grafik: NASA.

man sich aber in der Erdumlaufbahn noch auf die Möglichkeit, erkrankte Besatzungsmitglieder mittels einer Notlandung schnell in Behandlung zu bringen. Dies ist bei einer Reise zum Mars nicht mehr möglich.

Die Projektkosten

Die Rückkehr zum Mond soll 104 Milliarden Dollar kosten und als Technologie-Sprungbrett dienen, das dann auch die zukünftige Mars-Erkundung schafft. Um dieses ehrgeizige Programm zu finanzieren, ohne das zurzeit mit rund 16 Milliarden Dollar dotierte NASA-Jahres-

budget aufstocken zu müssen, setzt die NASA auf die Einstellung des Shuttle-Programmes im Jahr 2010. Damit kann man die rund 1 Milliarde Dollar pro Shuttle-Mission sparen, andererseits hat man dann bis zum (geplanten) Erstflug des CEV 2012 zwei Jahre lang keine bemannten Raumflüge. Veteranen der Apollo-Ära bezweifeln, daß es möglich ist, mit etwa einem Prozent des US-Staatshaushaltes ein derartiges Projekt mit diesem knappen Zeitrahmen zu finanzieren. Damals in den 60er-Jahren hatte man etwa doppelt so viele Mittel zur Verfügung. Derzeit ist auch keine internationale Beteili-

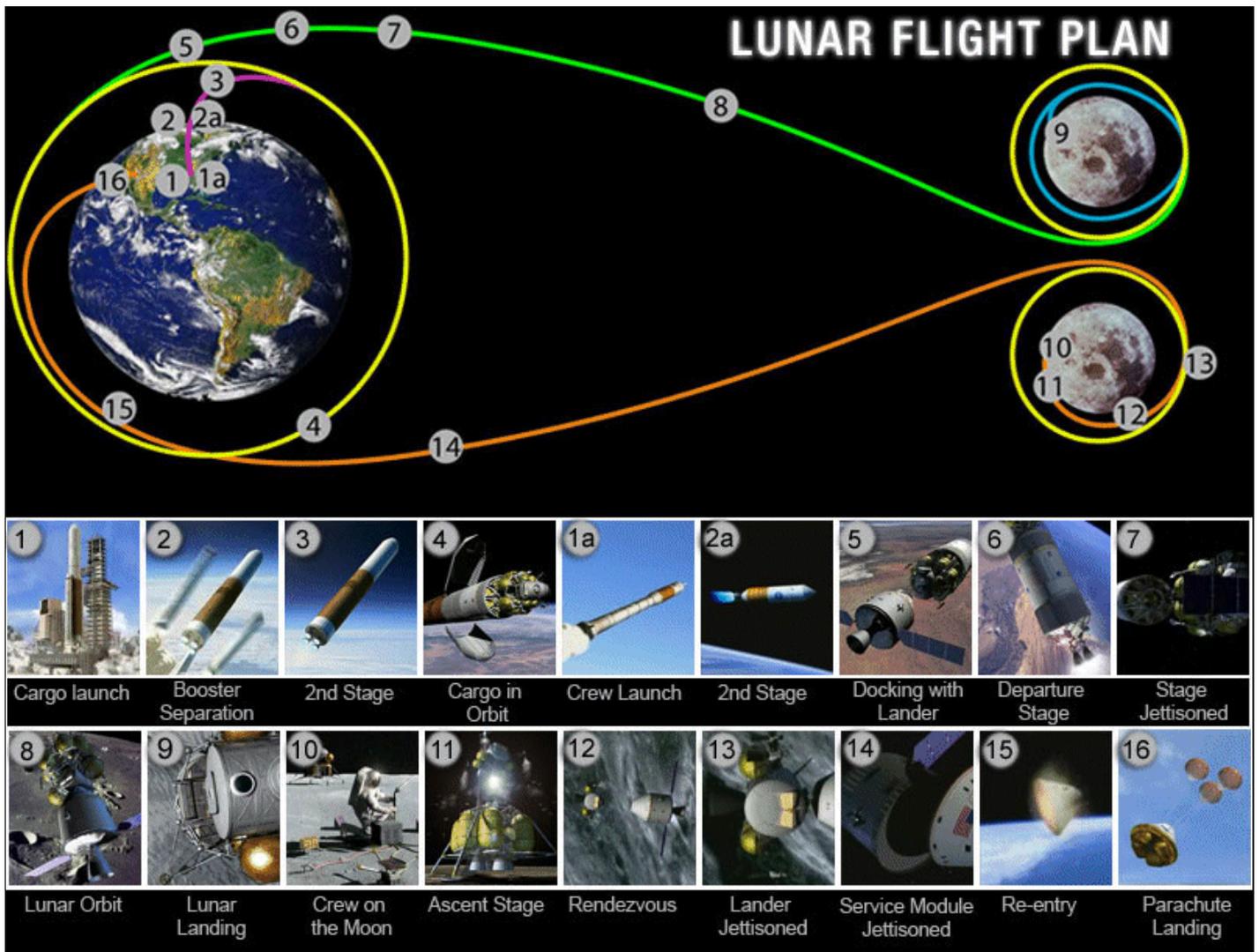
gung vorgesehen, die USA möchte alle kritischen Teile dieses ehrgeizigen Projektes in den eigenen Händen behalten. Selbstverständlich könne man aber die Wohn- oder Labormodule von ausländischen Partnern bei Bedarf gerne mitführen, heißt es dazu von US-Seite. Die ESA könnte sich auch vorstellen, daß der ATV als stärkster jemals gebauter Raumschlepper für Mond- oder Marsmissionen gute Dienste leisten würde.

Ablauf einer Mondmission

Bei einer Mondmission wird zuerst ein Schwerlastträger den Lunar Lander und eine Transferstufe in die Erdumlaufbahn bringen. Die Besatzung folgt dann mit einer eigenen Rakete an Bord des CEV. Im Erdorbit dockt dann die Kapsel an die vorher gestarteten Komponenten an. Dann erfolgt der Start zum Mond mit Hilfe der Transferstufe. Dort angekommen wird diese abgekoppelt. Die Astronauten steigen in den Lunar Lander um und landen auf der Oberfläche. Nach ihrem Aufenthalt

von bis zu sieben Tagen kehren sie wieder mit dem Lunar Lander zum unbemannten CEV zurück und steigen um. Dann wird das Triebwerk des Versorgungsmodules gezündet und das Raumschiff kehrt zur Erde zurück. Nach dem De-Orbit-Burn wird das Versorgungsmodul abgesprengt und die CEV-Kapsel wird durch ihren Hitzeschild beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre geschützt. Die Landung erfolgt dann mit großen Fallschirmen auf festem Grund.

EF, Quellen: NASA-Homepage, Planet Aerospace



Flugplan zum Mond: Start des Schwerlastträgers (1), Abwurf der Feststoff-Booster (2), Weiterflug der zweiten Stufe (3) mit dem Lunar Lander bis zur Erdumlaufbahn (4); Start der Besatzung mit dem Crew Exploration Vehicle (CEV) auf der Trägerrakete (Crew Launch Vehicle=CLV) (1a), Weiterflug mit der zweiten Stufe (2a) bis zur Erdumlaufbahn. Dort erfolgt das Andocken an den Lunar Lander (5) und der Transferstufe, die nun zündet und das Raumschiff in die Mondumlaufbahn einschleßt (6). Dort wird die Transferstufe abgeworfen (7) und die Besatzung steigt nun in den Lunar Orbiter um (8) und landet auf der Mondoberfläche (9). Die Besatzung kann nun einige Tage auf dem Mond verbringen (10) und kehrt mit der Rückkehrstufe (11) zum Mutterraumschiff CEV zurück (12). Dann wird die Rückkehrstufe des Lunar Orbiters abgeworfen (13) und für die Rückkehr zur Erde werden die Triebwerke des Versorgungsmodules gezündet. Nach dem De-Orbit-Burn wird auch das Versorgungsmodul abgeworfen (14) und es erfolgt der Wiedereintritt der Kapsel in die Erdatmosphäre (15). Die Landung selbst erfolgt an großen Fallschirmen (16).

Zum Mars - und darüber hinaus ... :



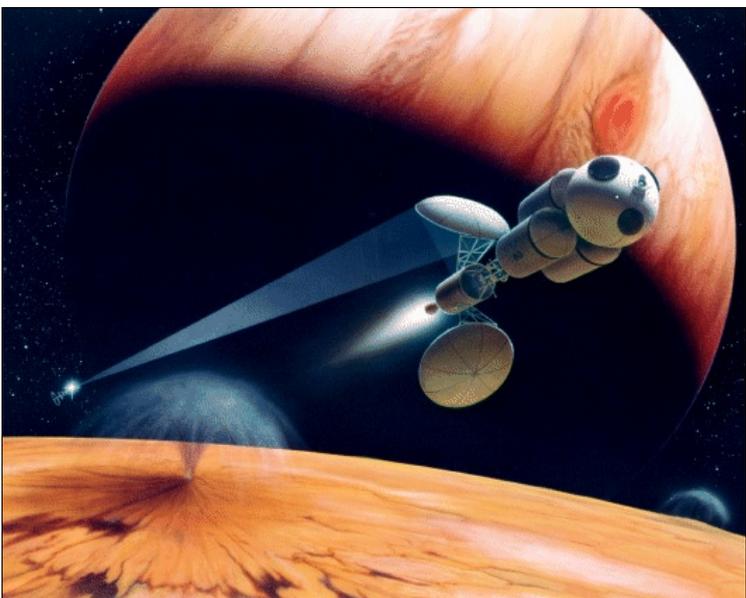
NASA-Konzept: Erkundung des Mars mit speziellen Mars-Mobilen mit Druckkabine. In kurzer Distanz zu ihrem Landeplatz haben diese Astronauten ihren Rover verlassen, um eine unbemannte Sonde und ihren kleinen Rover zu inspizieren. Sie nutzen auch die Gelegenheit, um die Lebenserhaltungssysteme ihres Fahrzeuges sowie ihrer Anzüge innerhalb der Fußreichweite ihrer Basisstation zu checken.

Grafik: Pat Rawlings, NASA.



NASA-Konzept: Künstlerische Darstellung eines Mars-Landers, der auch als Habitat verwendbar ist. Im Vordergrund ein offener Mars-Rover sowie verschiedene Versuchsanordnungen und eine Parabolantenne. Mit derartigen Fahrzeugen könnte eines Tages unser Nachbarplanet erkundet werden.

Grafik: John J. Olsen, NASA.



NASA-Konzept von 1994: Ein bemanntes Raumschiff bei der Erkundung der Jupiter-Monde. Die Energie für seinen Antrieb erhält es durch einen Laserstrahl von einer weit entfernten Station. Dieses Konzept war Teil einer umfangreichen NASA-Studie über die Erkundung des Sonnensystemes, angefangen bei kleinen robotischen Sonden bis zu komplexen bemannten Missionen.

Grafik: Pat Rawlings, NASA.