

# DAS ENDE EINER ÄRA:

## 30 Jahre Space Shuttle

VON DR. KAI-OLIVER DETKEN, GRASBERG

Nachdem der letzte Flug einer Apollo-Mission im Jahre 1975 abgeschlossen wurde, musste eine Alternative entwickelt werden, um Menschen ins All zu bringen. Die USA ersann das Konzept einer Raumfähre, die ähnlich wie ein Flugzeug aussehen sollte, aber der Hitze beim Wiedereintritt in die Atmosphäre Stand halten sollte. Dadurch wollte man ein Raumfahrzeug schaffen, welches wiederverwendbar ist, um die hohen Kosten des bisherigen Raketenantriebs zu minimieren. Schließlich waren alle Apollo-Raumfahrzeuge nur ein einziges Mal nutzbar gewesen, inkl. des Antriebs der Saturn-V-Raketen. Allerdings ging der Plan leider nicht auf, da die Kosten am Ende auf bis zu einer Milliarde Dollar für einen Start anstiegen. Das war mit ein Hauptgrund der USA, die Ära der Space Shuttles nach 30 erfolgreichen Jahren zu Ende gehen zu lassen. Auch wenn bislang kein fester Nachfolger in Sicht ist und die amerikanischen Astronauten nun auf die Hilfe anderer Staaten angewiesen sind. Dieser Artikel will noch einmal die letzten 30 Jahre Revue passieren lassen und einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen geben.

### Der Beginn

Die aktive Ära der Space Shuttles begann im Jahr 1981. Man ersann einen wieder verwendbaren Transporter, für den die ersten Studien bereits 1969 in Auftrag gegeben wurden. Zwei Jahre später bekundete auch das Militär sein Interesse an einem solchen Raumfahrzeug. Hintergrund war, dass man auch größere Nutzlasten als bisher üblich transportieren wollte, um beispielsweise Spionagesatelliten ins Weltall



Abb. 1: Rollout des ersten Space Shuttles Enterprise mit Darstellern von Star Trek [1]

bringen zu können. Hauptproblem war, die Hitze beim Wiedereintritt in den Griff zu bekommen, sowie dem damit verbundenem Gewichtsproblem. Schließlich sollte der Gleiter auf der einen Seite möglichst leicht gebaut sein, um ihn mit so wenig Schubkraft wie nötig ins Weltall bringen zu können, auf der anderen Seite aber auch dem Druck und der Hitze der Erdatmosphäre trotzen können. Man löste schließlich das Problem, indem man max. eine siebenköpfige Besatzung und externe Feststoffraketen für den Start vorsah. Damit konnte zwar nicht alles wiederverwendet werden, aber in jedem Fall der Raumgleiter selbst. Im Vergleich zu einem Flugzeug besaß der Space Shuttle trotzdem relativ ungünstige Flugeigenschaften, da er wesentlich schwerer sein musste.

Anfangs ging man von 50 Flügen pro Jahr aus, damit sich das Programm selbst finanzieren konnte. Dies erwies sich in der Praxis allerdings als utopisch. Auch die Kosten wurden unterschätzt. Ein Start wurde auf 10,5

Millionen Dollar taxiert. Da die Kostenschätzung aber laufend zunahm, wurden auch die Anzahl der Flüge pro Jahr immer weiter verringert. Von einem sich selbst tragfähigen Konzept war man daher am Ende weit entfernt, wie man sich anhand der Flugkosten von 500 - 1.000 Millionen US-Dollar pro Flug leicht ausrechnen konnte.

Ein erster Prototyp wurde bereits 1975 fertig gestellt. Er sollte eigentlich den Namen „Constitution“ bekommen, zu Ehren des 200-jährigen Jubiläums der Unterzeichnung der Unabhängigkeitserklärung der Vereinigten Staaten von Amerika. Dagegen hatten allerdings die Fans der TV-Serie Star Trek (in Deutschland: Raumschiff Enterprise) etwas. Indem sie zigtausend Briefe an das Weiße Haus in Washington schrieben, machten sie auf sich aufmerksam und erreichten, dass der damalige Präsident Gerald Ford die Raumfähre in Enterprise umbenannte. Zur Öffentlichkeitspremiere wurden dann natürlich auch Star-Trek-Erfinder Gene Roddenberry mit seinen Akteuren aus der



**Abb. 2: Huckepack-Transport eines Space Shuttles [2]**

TV-Serie eingeladen. Begleitet wurde der Rollout gebührend von der Star-Trek-Filmmusik (siehe Abbildung 1).

Da das Raumschiff (Space Shuttle) Enterprise allerdings nur ein erster Prototyp war, flog es auch nicht in den Weltraum. Vielmehr sollten mit ihr Anflug- und Landetests sowie die Einsatztauglichkeit und das aerodynamische Verhalten geprüft werden. So wurden Rolltests, gekoppelte Flüge mit einer modifizierten Boeing 747 (siehe Abbildung 2) und freie Flüge durchgeführt. Da dieses Space Shuttle über keinen eigenen Antrieb verfügte, war die Koppelung mit einem Flugzeug eine wichtige Voraussetzung für die Tests. Die Abbildung 2 zeigt eine Verkleidung der fehlenden Triebwerke bei der Enterprise. Dieses Konzept wurde später beibehalten, um auch Space Shuttles innerhalb der USA über längere Strecken transportieren zu können. Die umgebaute Boeing 747 wird als Shuttle Carrier Aircraft (SCA) bezeichnet und beinhaltet eine Verstärkung des Rumpfes, zusätzliche Seitenleitwerke und eine Verbesserung der Triebwerke. Hinzu kam eine Überarbeitung sämtlicher elektrischen und elektronischen Geräte an Bord. Durch das zusätzliche Gewicht verbrauchte die Boeing wesentlich mehr Treibstoff als normal und musste bei Transportflügen nachgetankt werden. Auch konnte man mit der zusätzlichen Last nur noch eine Höhe von 7.600 m erreichen. [16]

### Der erste Flug STS-1

Nach über 700 Tests wurden im Jahre 1979 alle Schwierigkeiten überwunden und der erste raumflugfähige Raumgleiter konnte in Angriff genommen werden. Er hörte auf den Namen Columbia und wurde bei seiner ersten Mission STS-1 am 12. April 1981 erfolgreich von John Young und Robert Crippen geflogen. John Young war ein alter Hase, der bereits an den Programmen Gemini und Apollo teilgenommen hatte. Er ist auch der Astronaut mit der längsten Aufenthaltsdauer auf dem Mond und hatte zusätzlich Erfahrung bei der Steu-

erung des Lunar-Moduls sammeln können. Sprich: Er war der beste Kandidat für den Job. Es war das erste Mal in der Geschichte der NASA, dass es vor dem ersten Jungfernflug keine unbemannten Testflüge gegeben hatte, da sich die Columbia nicht ferngesteuert lenken und landen ließ. Auch der Gleitflug aus der Erdatmosphäre heraus wurde vorher noch nie durchgeführt. Hierbei kam es besonders darauf an, dass die Hitzekacheln hielten, die zum Schutz für den Wiedereintritt das Raumfahrzeug schützen sollten. Auch hierzu gab es keine Erfahrungswerte und leise Zweifel wurden von verschiedenen Seiten geäußert. Daher mussten die Astronauten im Gegensatz zu anderen Jungfernflügen ein relativ großes Risiko in Kauf nehmen. Der Flug wird deshalb heute noch von der NASA als kühnster Testflug der Geschichte bezeichnet.

Der Start der Columbia (siehe Abbildung 3) fand nach etlichen Verzögerungen am 12. April erfolgreich statt. Die Columbia startete mit ihren Feststoffraketen in die Atmosphäre und erreichte nach Zündung der Manövrierraketen eine Höhe von 245 km Höhe. Nach sieben Stunden wurden 280 km erreicht,



**Abb. 3: Start des Space Shuttles Columbia [3]**

so dass die Lagerregelungstreiberwerke getestet werden konnten. Anschließend war eine Ruhepause der Astronauten vorgesehen, die aber vor lauter Aufregung lieber aus dem Fenster sahen und ihre Umgebung bewunderten.

Am zweiten Flugtag wurde ein Defekt des Datenrekorders bemerkt, der sich auf Dauerbetrieb geschaltet hatte. In diesem Betriebszustand war er nicht mehr in der Lage den Landeanflug mit aufzunehmen, weshalb man einen Reparaturversuch unternahm, der allerdings misslang. Am dritten Flugtag weckte der Alarm von einer der drei Hilfskraftanlagen die Astronauten. Diese Anlagen wa-

ren für den Hydraulikdruck zuständig, der für die Ruderflächen bei der Landung wichtig ist. Durch das Zuschalten einer Heizung wurde das Problem kurzfristig gelöst. Zwei Hilfskraftanlagen sind immer notwendig, um überhaupt landen zu können. Bei der Landung funktionierten aber alle drei Anlagen dann ohne Probleme. Da im Kennedy Space Center die Landebahn relativ kurz ist, wurde ein trockener Salzsee im Norden von Los Angeles ausgewählt. Dadurch konnte man auch besser auf etwaige Pilotenfehler reagieren. Die Landung gelang aber vorbildlich und wurde von vier Flugzeugen überwacht. [14, 15]

**Aufbau des Space Shuttles**

Das Konzept des Space Shuttles sah sehr vielfältige Einsatzmöglichkeiten vor. So war der Ladebereich groß genug, um Satelliten mitzunehmen und zum Aussetzen von Ladungen aufklappbar gestaltet. Durch die großen Ladeluken war sogar das Einfangen von Satelliten im Weltraum möglich geworden. Als Shuttle-Fahrzeug zur Raumstation Mir oder ISS war es ebenfalls geeignet; entsprechende Andockvorrichtungen ermöglichten quasi ein direktes Einparken. Zusätzlich konnte man aber auch wissenschaftliche Experimente an Bord durchführen, was die Labore Spacelab oder Spacehab ermöglichten. Ersteres wurde maßgeblich in Bremen entwickelt und gebaut. Es war ein wiederverwendbares Raumlabor zur Durchführung wissenschaftlicher Experimente und Beobachtungen in der Schwerelosigkeit, das speziell für den Space-Shuttle-Einsatz entwickelt wurde.

Um das enorme Gewicht eines Space Shuttles von ca. 2.000 Tonnen in den Weltraum befördern zu können waren zwei Feststoffbooster (Feststoffraketen) und ein Außentank notwendig. Über drei Viertel des benötigten Schubs wurden so beim Start erzeugt. Jeder Booster (siehe Abbildung 4) enthielt dabei über 500 Tonnen Treibstoff. Nach gut zwei Minuten Brenndauer war ihre Arbeit getan und die ausgebrannten Booster wurden durch kleine Raketenantriebe an den Seiten vom Außentank weggedrückt, um jedwede Kollision zu verhindern. Sie flogen noch eine kurze Zeit auf ihrer eigenen Flugbahn und fielen dann ins Meer. Anschließend wurden sie wieder von Schiffen eingesammelt, auf Schäden überprüft, gesäubert und wiederverwendet.

Die auffälligste Komponente war aber sicherlich der gewaltige Außentank. Er enthielt einen großen Wasserstoffbereich und einen kleineren Sauerstofftank. Um den Wasser- und Sauerstoff auf unter -200 Grad Celsius zu halten, war der Tank mit Schaumstoff

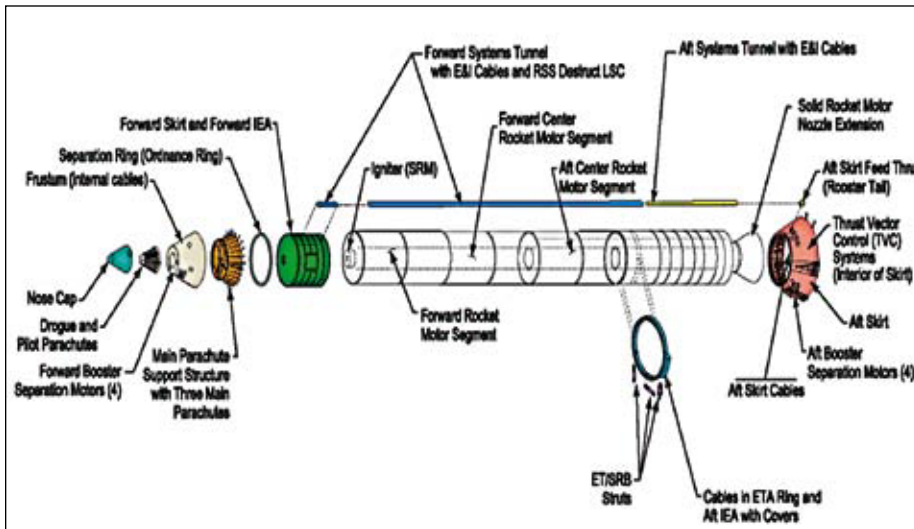


Abb. 4: Schematische Darstellung eines Boosters [7]

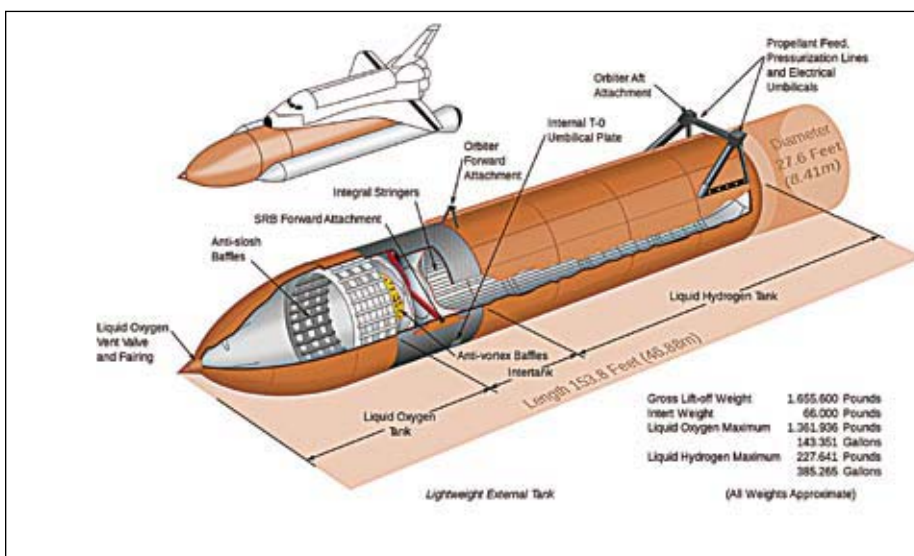


Abb. 5: Schematische Darstellung des Außentanks eines Space Shuttles [8]



Abb. 6: Challenger-Explosion, knapp nach dem Start [4]

isoliert – ähnlich dem Prinzip einer Thermoskanne. Diese Komponente konnte als einziges Element nicht wieder verwendet werden und verglühte bei jedem Einsatz in der Erdatmosphäre. Vorher wurde der Tank allerdings noch für die Haupttriebwerke des Space Shuttles benötigt, um nach dem Abbrennen der Feststoffbooster den Antrieb zu übernehmen.

Der Raumgleiter selbst wird als Orbiter bezeichnet. Er enthält das Flugdeck und die Mannschaftsräume bzw. den Lagerraum für etwaige Nutzlast. Letzteres beinhaltete auch einen Roboterarm. Seine Form war durch die Deltaflüge und Seitenleitwerke geprägt. Dadurch konnte ein Gleitflug bei der Landung erfolgen. Sechs Orbiter wurden in der Geschichte des Space Shuttles gebaut, wovon fünf für Weltraumeinsätze geeignet waren. Sein Haupttriebwerk bestand aus drei separaten Triebwerken, die nach dem Aufbrauchen des Außentanks bei der Landung nicht mehr verwendet wer-

den konnten. Zur Navigation im Weltall oder zur Kurskorrektur beim Landeanflug konnten aber alternativ ca. 46 mittlere und kleinere Triebwerke verwendet werden. Das war besonders bei Andockszenarien und Satelliteneinfangaktionen notwendig. Die Außenhaut des Orbiters wurde durch ein Hitzeschutzschild geschützt. Der Hauptbereich unter dem Rumpf bestand aus ca. 20.000 Kacheln, die bis zu 1.300 Grad Celsius aushalten konnten. Die Kacheln mussten nach jedem Flug auf Beschädigungen überprüft werden. Bei jedem Flug fielen allerdings Kacheln ab und mussten anschließend ersetzt werden. So ließ sich letztendlich kein 100% Schutz herstellen, da jede abgefallene Kachel die Temperaturempfindlichkeit des Space Shuttles erhöhte. [13]

### Rückschläge

So erfolgreich die Space-Shuttle-Flüge waren, es gab auch zwei harte Rückschläge, die die Raumfähre in Frage

stellte. Am 28. Januar 1986 sollte die Raumfähre Challenger in der Mission STS-51-L vom Kennedy Space Center abheben. Eine siebenköpfige Besatzung war an Bord, die aus fünf Männern und zwei Frauen bestand. Mit dabei war quasi die erste Weltraumtouristin, die Grundschullehrerin Christa McAuliffe, die im Rahmen eines NASA-Sonderprogramms Unterrichtsblöcke live aus dem Weltraum halten sollte. 73 sec nach dem Start zerbrach allerdings der Space Shuttle, nachdem der Feststofftank explodiert war (siehe Abbildung 6). Grund war der Ausfall von Dichtungsringen in einer seitlichen Feststoffrakete, wie man später festgestellt hat. Die siebenköpfige Besatzung hatte keine Chance und starb sofort. Starts von Space Shuttles wurden bis dahin kaum noch von der Öffentlichkeit registriert – zu alltäglich waren sie geworden. Das änderte sich jetzt schlagartig. Allerdings wurden nun erst einmal die Flüge in den Weltraum mittels Space Shuttles für die kommenden zwei Jahre rigoros gestrichen. Man wollte kein Risiko eingehen und in Ruhe die Fehleranalyse abwarten.

Möglich wurde das Unglück durch die niedrige Außentemperatur von 2 Grad Celsius, wodurch die O-Ringe aus Gummi, die die Spalten zwischen zwei Segmenten der Feststoffraketen abdichten sollten, nur unzureichend funktionierten. Bereits während des Starts am Boden waren dort schwarze Rauchfahnen zu erkennen gewesen, wie auf späteren Videoaufnahmen zu erkennen war. Im ersten Moment war dies noch nicht kritisch. Die Ringe wurden dann aber unter Vollast undicht, so dass mehrere tausend Grad Celsius in die Spalten eindringen konnten. Dadurch gab es keine Zeit mehr zu reagieren und die Fähre brach auseinander. Dies war der erste Start, der unterhalb von 12 Grad Celsius vorgenommen wurde, obwohl Ingenieure des Booster-Herstellers Morton Thiokol gerade davor gewarnt hatten. Da der Flug mehrmals abgesagt worden war und die NASA unter

Zeitdruck stand wurden sie aber vom Management überstimmt und die Startfreigabe wurde erteilt.

Nach dem Unglück wurde lange nach den Ursachen und Verbesserungen gesucht. Der Feststoffbooster wurde daraufhin komplett überarbeitet und über 2.000 Verbesserungen am Shuttle-System wurden eingeführt. Dazu gehörten ausfahrbare Teleskopstangen zum Verlassen der Fähre für die Astronauten im Notfall sowie das Tragen von Druckanzügen bei Start und Landung wurde wieder Pflicht. Erst zweieinhalb Jahre später startete mit der Discovery der nächste Flug eines Space Shuttles in den Weltraum. Die Arbeit wurde wieder aufgenommen und erst 2003 durch das Unglück der Columbia erneut abrupt unterbrochen.

Wieder waren sieben Astronauten mit zwei Frauen und fünf Männern an Bord (siehe Abbildung 7). Sie sollten zum letzten Mal wissenschaftliche Forschungen betreiben, bevor dieses Feld durch die internationale Raumstation ISS übernommen wurde. Den geplanten Flug verschob man mehrfach, u.a. deshalb, weil man feine Haarrisse in den Treibstoffleitungen der Atlantis und der Discovery gefunden hatte. Diese stammten aus Materialermüdungen, die durch starke thermische und mechanische Belastung während der Starts und Landungen hervorgerufen wurden. Dieses Problem hatten letztendlich alle Raumfähren. Die Untersuchung ergab aber, dass eine Reparatur der Haarrisse ausreichend sei. Der Start wurde dann planmäßig vollzogen und konnte am 16. Januar erfolgreich abgeschlossen werden. Allerdings ergab die Sichtung der Videoaufnahmen vom Start Grund zur Sorge, da man darauf erkennen konnte, dass 81 sec nach Verlassen der Rampe ein Stück Schaumstoffisolation sich vom Außentank gelöst hatte und auf die linke Tragfläche aufschlug. Dadurch konnte evtl. der Hitzschild beschädigt worden sein. Da so etwas aber schon öfters passiert war und nie zu größeren Beschädigungen geführt hatte, brach man die Mission nicht ab.

Die Landung begann planmäßig und zeigte erst ungewöhnliches Verhalten, als die Belastungssensoren in der linken Flügelvorderkante nicht ordnungsgemäße Werte lieferten. 20 sec später stieg die Temperatur an dieser Stelle stark an. Die Schaumstoffisolation hatte doch einen größeren Schaden in der Schutzschildstruktur hinterlassen. Dieser Schaden wurde nun durch heißes Plasma rigoros ausgenutzt, indem es durch das Loch in der Flügelstruktur einbrach und das Versagen der gesamten Struktur verursachte. Demzufolge konnte die Raumfähre dem Hitzedruck nicht mehr standhalten und brach auseinander. Die Astronauten hatten letztendlich 40 sec Zeit auf das Problem zu reagieren, wie die spätere Untersuchung zeigte. Das war definitiv zu wenig, so dass leider wieder alle Mitglieder dieses Fluges sterben mussten. [14, 15]

### Das Ende einer Ära

Als Resümee des Unglücks wurden weitere Verbesserungen implementiert, wie die Verstärkung des Hitzschildes und die Überarbeitung des Außentanks. Außerdem wurde der Hitzschild nach jeder Landung noch intensiver untersucht. Letztendlich

stellte man aber fest, dass das Konzept der Space Shuttles sich nicht viel weiter verbessern ließ und die Kosten zu hoch waren, weswegen von der USA beschlossen wurde, das Programm bis zum Jahre 2010 einzustellen.

Der letzte Shuttle-Flug endete am 21. Juli 2011. Mit der Landung des Shuttles Atlantis ging damit eine 30jährige Ära der US-Raumfähren zu Ende. Alleine die Atlantis kann auf 33 erfolgreiche Missionen zurückblicken und war von 1985 bis 2011 im Einsatz. Der zweitletzte Flug eines Space Shuttles erregte im Internet aber fast mehr Aufsehen. Auf einem Inlandsflug von New York City nach Palm Beach gelang Stefanie Gordon ein Schnappschuss aus einem Passagierflugzeug heraus. Mit ihrem iPhone fotografierte sie den letzten Start der Raumfähre Endeavour (siehe Abbildung 8). Das Foto schickte Sie anschließend über den Microblogging-Dienst Twitter. Innerhalb kürzester Zeit meldeten sich diverse Fernsehsender bei ihr, die das Bild und das kurze Video zeigen wollten. Die Weltraumbehörde NASA verbreitete ebenfalls das Bild im Internet, wodurch immer mehr Menschen darauf aufmerksam wurden. CBS News interviewte Stefanie Gordon später sogar im Fernsehen. [6]



Abb. 7: Crew der Discovery auf ihrem letzten Flug [5]

## Zukünftige Entwicklungen

Aufgrund des Unfalls der Columbia im Jahre 2003 war man gezwungen das Konzept des Space Shuttles noch einmal zu überdenken. US-Präsident George W. Bush ließ Anfang 2004 ein neues Weltraumprogramm auflegen, welches zum einen die Ausmusterung der bisherigen Space Shuttles und zum anderen die Entwicklung einer neuen Raumfähre vorsah. Diese neue Raumfähre sollte so konzipiert sein, dass damit Flüge zum Mond und zum Mars umgesetzt werden konnten. Das Programm nannte sich Constellation und hatte ehrgeizige Ziele. Um diese umzusetzen, war ein Personen-Transportsystem vorgesehen, welches spätestens 2014 für bemannte Missionen zur Verfügung stehen sollte. Im Jahre 2020 war dann der Flug zum Mond vorgesehen, wofür eine neue Schwerlastrakete konzipiert werden musste, da die alte Saturn-V-Rakete nicht mehr zur Verfügung stand. Man ging also bei dem neuen Konzept wieder weg von einem flugzeugähnlichen Raumschiff hin zu einer Raumkapsel, ähnlich wie beim Apollo-Programm (siehe Abbildung 9). Weiterhin wollte man nicht nur auf dem Mond landen, sondern hier auch eine Basis mit kontinuierlicher menschlicher Präsenz errichten, die für spätere Flüge zum Mars genutzt werden sollte.

Zuerst wurde die Ares-I-Rakete als Transportmittel für das Raumschiff Orion entwickelt. Zu einem ersten erfolgreichen Testflug der Rakete kam es auch im Oktober 2009. Um allerdings nicht nur die Raumkapsel, sondern später auch die Mondlandefähre transportieren zu können, wäre eine Weiterentwicklung zur Ares-V-Rakete notwendig gewesen. Für Ares V war es vorgesehen 188 Tonnen in den niedrigen Erdorbit (z.B. zur ISS) oder 71 Tonnen zum Mond zu transportieren. Sie hätte damit ähnliche Dimensionen erreicht, wie die erfolgreiche Saturn-V-Rakete aus dem Apollo-Programm. Aber es kam anders, da der US-Präsident Barack Obama aufgrund der desolaten Haushaltslage der USA die

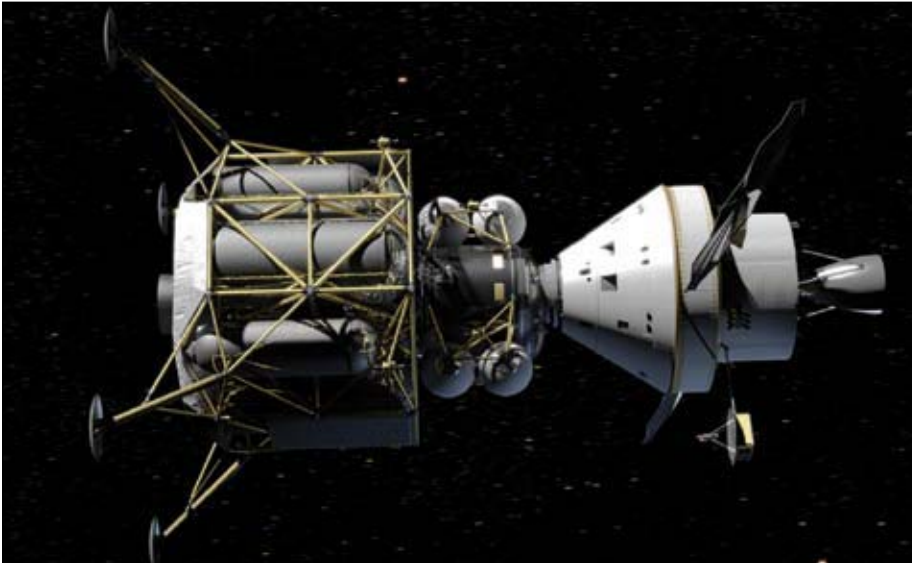


Abb 8: Flugzeugaufnahme des letzten Starts des Space Shuttle Endeavour [6]

Streichung des Constellation-Programms im Februar 2010 anordnete. Die NASA wird also momentan darauf angewiesen sein als „Anhalter“ mitgenommen zu werden. Sie sieht aber in Zukunft auch mehr private Unternehmen in der Pflicht Weltraumprojekte umzusetzen. Aus diesem Grund hat sie jetzt vier Unternehmen Fördermittel in Höhe von 270 Millionen US-Dollar zur Verfügung gestellt, damit diese einen Shuttle-Nachfolger entwickeln sollen. [10] Aber auch der europäische Raumfahrtkonzern EADS sieht nun eine Chance in den amerikanischen Markt zu drängen. Nach der Streichung wurde Anfang 2011 vom Hersteller der Ares-Raketen bekanntgegeben, dass man mit EADS Astrium zusammen eine neue Trägerrakete (Liberty Launch Vehicle) bauen will, die aus Komponenten der Ares-I- und Ariane-5-Rakete bestehen wird. Damit möchte man ebenfalls einen kommerziellen Transport von Astronauten für die NASA als Space-Shuttle-Ersatz anbieten. [11] Ein weiterer möglicher Nachfolger ist Skylon der Weltraumbehörde ESA. Die ESA hat die technische Überprüfung des Raumtransporters abgeschlossen, der mit heute verfügbaren Technologien gebaut werden könnte. Das Konzept

sieht vor Skylon ohne Trägerrakete auf einem herkömmlichen Rollfeld zu starten und auch später dort zu landen. In der nächsten Phase werden nun Belastungstests einzelner Bauteile angestrebt. [12]

Neben den genannten Projekten wollen auch private Firmen am Wachsen des Weltraumtourismus verdienen, der am 28. April 2001 mit Dennis Tito offiziell begann. So haben die Unternehmen Blue Origin, SpaceX, Orbital und SpaceDev vor, ihre Weltraumpläne in die Tat umzusetzen und evtl. auch der NASA kostenpflichtige Flüge anzubieten. Das SpaceShipOne des Unternehmens Scaled Composites ist ein erster Weg in diese Richtung, da es das erste private Experimentalflugzeug mit Raketenantrieb darstellt. Es konnte bis zu 100 km Höhe erreichen und ermöglichte so im Jahre 2004 den ersten privaten Weltraumflug. SpaceShipOne kam über Testflüge nicht hinaus. Der Nachfolger SpaceShipTwo soll aber demnächst regelmäßige Flüge in den Weltraum gestatten. Damit würde sich eine ganz neue Ära einleiten, die nicht mehr staatlich geprägt sein wird und evtl. auch kostengünstigere Flüge ermöglichen wird. Fakt bleibt momentan aber, dass es derzeit keinen definitiven Nachfolger für das ausgelaufene



Space-Shuttle-Programm gibt. Da der Kongress in den USA die Stilllegung des Constellation-Programms bisher nicht bestätigt hat und Anfragen für die Wiederaufnahme vorliegen, kann es zwar hier noch zu einer Wiederaufnahme kommen. Diese ist aber aufgrund der aktuellen Finanzlage sehr unwahrscheinlich. Bleibt insgesamt zu hoffen, dass eine Lösung so schnell wie möglich gefunden wird, damit wir auch weiterhin ISS und Satellitensysteme (wie z.B. Hubble) adäquat versorgen können.

*Kai-Oliver Detken*

Abb. 9: Raumschiff Orion (rechts) mit Mondlandefähre (links) [9]



## Literaturhinweise

- [1] NASA: Space Shuttle Enterprise mit Darstellern der TV-Serie „Raumschiff Enterprise“ und dem Gründer der Serie Gene Roddenberry sowie dem NASA-Administrator Dr. James D. Fletcher am Tag des ersten Rollouts, Public Domain, 17. September 1976
- [2] NASA: Huckepacktransport der Raumfähre Enterprise durch eine Boing 747, die als Shuttle Carrier Aircraft (SCA) eingesetzt wurde, Public Domain, Februar 1977
- [3] NASA: Start der Columbia am 12. April 1981 auf der ersten Space-Shuttle-Mission STS-1 am Kennedy Space Center (LSC) in Florida, Public Domain, April 1981
- [4] NASA: Explosion des externen Tanks – 76 sec nach dem Start der Challenger, Public Domain, Januar 1986
- [5] NASA: Crew der letzten Mission STS-107 des Space Shuttles Columbia, von links nach rechts sind abgebildet: Mission Specialist David Brown, Commander Rick Husband, Mission Specialist Laurel Clark, Mission Specialist Kalpana Chawla, Mission Specialist Michael Anderson, Pilot William McCool, Payload Specialist Ilan Ramon, Public Domain, Oktober 2001
- [6] Stefanie Gordon: Aufnahme des letzten Starts des Space Shuttles Endeavour vom Bord eines Passierflugzeugs, welches von New York in Richtung Palm Beach unterwegs war, 17. Mai 2011
- [7] NASA: Booster-Darstellung aus dem NASA-Dokument Booster Systems Briefs, Final, Rev. F, JSC-19041, Public Domain, Juli 2006
- [8] Es ist erlaubt, diese Bilddatei unter den Bedingungen der GNU-Lizenz für freie Dokumentation, Version 1.2 oder einer späteren Version, veröffentlicht von der Free Software Foundation, zu kopieren, zu verbreiten und/oder zu modifizieren; es gibt keine unveränderlichen Abschnitte, keinen vorderen und keinen hinteren Umschlagtext.
- [9] NASA: Raumschiff Orion fliegt im Weltraum mit dem Lunar Lander, künstlerische Darstellung der NASA, Public Domain, Dezember 2007
- [10] Werner Pluta: Bezos und Musk entwickeln Spaceshuttle-Nachfolger, Online-Artikel vom 20.04.2011, golem.de – IT-News für Profis, Klauf & Ihlenfeld Verlag GmbH, Berlin 2011
- [11] Rolf Benders, Markus Fasse: Spaceshuttle-Nachfolger – EADS und Alliant grätschen in die US-Raumfahrt, Online-Artikel vom 08.02.2011, handelsblatt.com, Handelsblatt GmbH, Düsseldorf 2011
- [12] Sibylle Gaßner: Skylon: Ein möglicher Spaceshuttle-Nachfolger, Online-Artikel vom 31. Mai 2011, silicon.de, CBS Interactive GmbH, München 2011
- [13] Raumfahrer.net-Seiten: <http://www.raumfahrer.net/raumfahrt/spaceshuttle/home.shtml>, Raumfahrer Net e.V., Berlin 2011
- [14] NASA-Space-Shuttle-Seiten: [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/shuttle/main/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/main/index.html)
- [15] Howard Allaway Space Shuttle At Work, Scientific and Technical Information Office National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. 1979, NASA-SP-432/NASA-EP-156, bei NASA History Online (engl.)
- [16] Günter Siefarth: Geschichte der Raumfahrt, C.H. Beck, München 2001