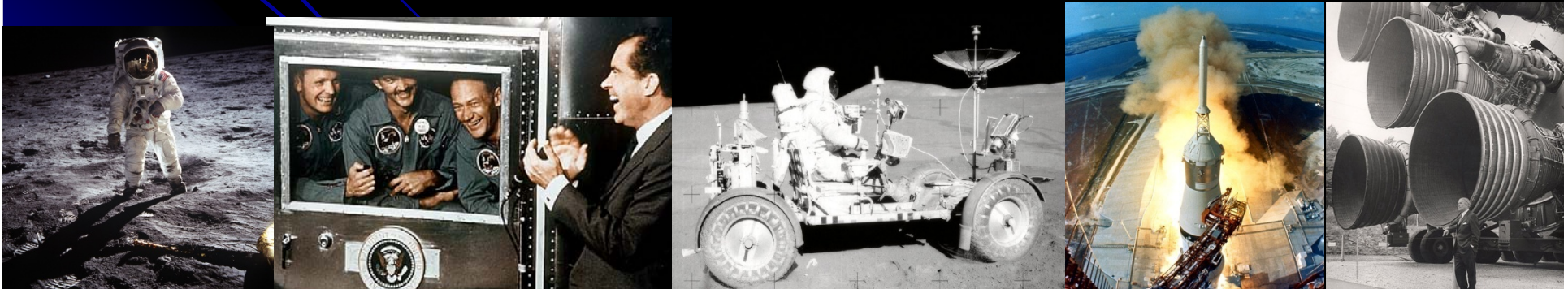


Der Wettlauf zum Mond

Die Mondlandung vor 40 Jahren

Referent: Dr. Kai-Oliver Detken, AVL



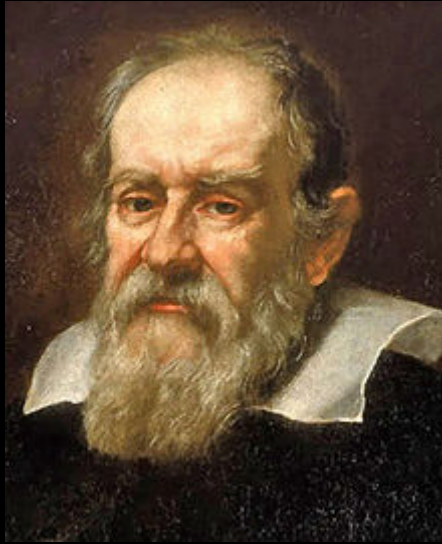
Inhalt des Vortrags

- Der Traum von Mond
- Die Raketentechnik
- Der Start in den Weltraum
- Die drei Phasen der NASA
 - Mercury-Programm
 - Gemini-Programm
 - Apollo-Programm
- Die Mondexpeditionen von Apollo (Apollo 11-17)
- Die Verschwörungstheorie
- Abschluss der Missionen



This illustration was made by
Luc Viatour

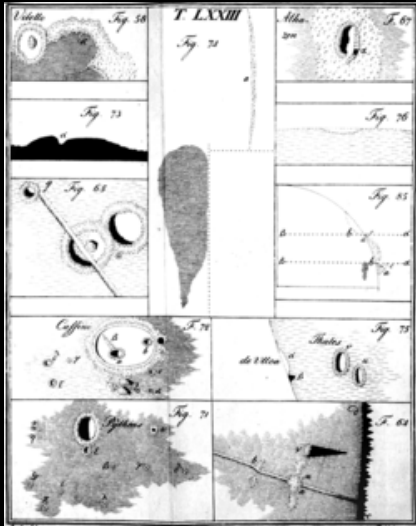
Der Traum vom Mond (1)



Galileo Galilei (1564-1642)

- Die Erfindung der ersten Fernrohre zu Beginn des 17. Jahrhunderts stellte eine Revolution dar
- Galileo Galilei war ein italienischer Mathematiker, Physiker und Astronom, der bahnbrechende Entdeckungen auf mehreren Gebieten der Naturwissenschaften machte
- Er konnte mit seinem 2-Linsen-Fernrohr und 3facher Vergrößerung bereits Berge und Krater des Mondes erkennen
- Ein Krater auf dem Mond wurde ihm zu Ehren benannt

Der Traum vom Mond (2)



Aufzeichnungen von
Johann Hieronymus
Schröters

- Ein Meister der Kartographie des Mondes war Giovanni Riccioli (1598-1671)
- Giovanni Riccioli war ein Theologe und Astronom sowie ein Verfechter des geozentrischen Weltbilds
- Wie viele andere Astronomen seiner Zeit versucht auch Riccioli Beweise gegen das von Nikolaus Kopernikus, Johannes Kepler, und Galileo Galilei postulierte heliozentrische Weltbild zu finden
- Sein mehrbändiges Werk „Almagestum Novum Astronomiam“ enthielt eine Mondkarte, die auf Beobachtungen mit dem Teleskop beruhte
- Krater, Berge, Seen, Meere und Buchten wurden je nach Freundschaften und Feindschaften dieses Jesuiten benannt
- Die hellen Bereiche wurden als „Terrae“ (Plural von lat. terra, Land), die dunklen Bereiche (in der Annahme von Wasser) als „Maria“ (Plural von lat. mare, Meer) bezeichnet
- Insgesamt zählte er 640 Formationen, die von der Internationalen Astronomischen Union (IAU) veröffentlicht wurden
- Es wurde der Riccioli-Krater und die Riccioli-Rillen (Rimae Riccioli) zu Ehren nach ihm benannt

Der Traum vom Mond (3)



Jules Verne (1828-1905)

- Jules Verne veröffentlicht 1865 sein Buch „Von der Erde zum Mond“ und beschreibt bereits sehr detailliert die dazu erforderlichen Techniken
- Er war einer der Erfinder des Science-Fiction-Romans, wobei er sich selbst als Autor wissenschaftlicher belehrender Romane betrachtete
- Dabei besaß er ein erstaunliches technisches Vorwissen: die Angaben, die von ihm gemacht wurden entsprechen mit geringen Abweichungen dem, was die NASA heute anwendet
 - Startgelände war in den Bergen über Tampa (Florida) in der Nähe von Cape Canaveral
 - Die Besatzung bestand aus drei Astronauten
 - Die Kurven und Flugbahnen ähnelten den heutigen Weltraumraketen
 - Die Beschreibung der Mondbahn, auf die sein Geschöß gebracht wird, ist von hoher Genauigkeit
 - Die Weltraumfahrzeuge waren ebenfalls aus Nickel und besaßen dieselbe Höhe und Gewicht
 - Auch der spätere Wiedereintritt in den Pazifischen Ozean wurde mit 4 km Genauigkeit von ihm festgestellt

Der Traum vom Mond (4)



Herbert George Wells
(1866-1946)

- Herbert George Wells war ein englischer Schriftsteller und Pionier der Science-Fiction-Literatur
- Wells, der auch Historiker und Soziologe war, hatte seinen größten Erfolg u.a. mit dem Science-Fiction-Roman „Der Krieg der Welten“
- Darin landeten Marsmenschen auf der Erde in dreibeinigen Kampfmaschinen, was eine ungeheure Panik stiftete
- Erst die Bakterien der Erde konnten die „Marsianer“ durch deren nicht angepasstes Immunsystem besiegen
- Das Hörspiel zu dem Buch, welches 1938 von CBS im New Yorker Raum ausgestrahlt wurde, führte zu heftigen Irritationen
- In seinem Werk „Die ersten Menschen im Mond“ von 1901 erkannte Wells eine Substanz gegen die Schwerkraft (dies war ein Rückschritt zu den technisch genauen Angaben von Jules Verne)

Der Traum vom Mond (5)



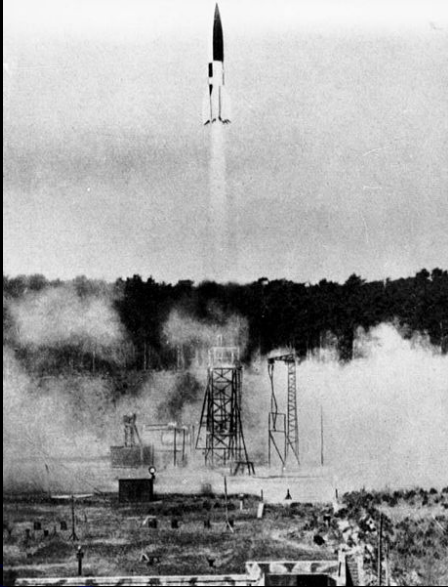
Die Mondrakete von Tim und Struppi in einem Comic-Buch-Museum in Brüssel



Hergé und sein Team

- Georges Prosper Remi (1907-1983), bekannter unter dem Namen Hergé, war ein belgischer Comic-Autor und -Zeichner
- 1929 erfand er die Comicfigur Tintin, eine Weiterentwicklung von seiner 1926 kreierten Figur Totor
- Bis 1976 schrieb er insgesamt 23 Alben zu den Abenteuern von Tim und Struppi
- 1952 erschien von ihm das Comic „Reiseziel Mond“ aus der Tim-und-Struppi-Serie
- 1954 folgte „Schritte auf dem Mond“
- Die Mondrakete hatte dabei frappierende Ähnlichkeit mit einer V2-Rakete aus dem zweiten Weltkrieg
- 1982 benannte die belgische Astronomische Gesellschaft zum 75. Geburtstag von Hergé einen kurz zuvor entdeckten Asteroiden nach ihm. Der Asteroid Hergé liegt im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter

Die Raketentechnik (1)



Start einer V2 von
Prüfstand VII, Sommer
1943

- In den dreißiger Jahren wurden bereits in Europa und den USA die ersten Raketentests mit Treibstoff durchgeführt, der gleichmäßig verbrannte
- Der klassische Treibstoff auf Basis von Schwarzpulver war für große Beschleunigungen und die Verbrennung im Flug ungeeignet, weshalb man eine Mischung aus Nitroglyzerin und Nitrozellulose verwendete
- Der zweite Weltkrieg beschleunigte dann die Raketenforschung enorm, um sich Vorteile auf den Schlachtfeldern zu sichern
 - Die Briten verwendeten Raketenfallen, um ihre Seetransporte gegen die deutschen Bombenflugzeuge zu verteidigen
 - Die Sowjetunion konstruierte einen Raketenwerfer, der noch heute eingesetzt wird und den Namen Stalinorgel bekam. Dieser kann innerhalb weniger Minuten bis zu sechzig Geschosse in einer Entfernung bis zu 15 km abfeuern
 - Die Amerikaner entwickelten ebenfalls Raketenbatterien, die vor Landeoperationen eingesetzt wurden, um das Terrain vorzubereiten. Sie wurden beispielsweise am sog. D-Day 1944 eingesetzt, vor der Landung der Alliierten. Dabei wurden 40.000 Raketen vor der Landung abgefeuert

Die Raketentechnik (2)



Messerschmitt Me 163B „Komet“
im National Museum of the United
States Air Force, Dayton, Ohio (USA)

- Am weitesten auf dem Gebiet der Raketentechnik waren aber die Deutschen
- So wurden Brand- oder Explosionsraketenbatterien entwickelt, die den Namen Nebelwerfer besaßen
- Das erste Raketenflugzeug kam ebenfalls aus Deutschland: die Messerschmitt 163
- Der Erstflug fand 1942 statt; 1944 wurde sie in den Dienst gestellt (ca. 350 Exemplare)
- Sie hatte einen Flüssigkeitstreibstoffmotor und konnte 1.000 km/h erreichen, was damals einer Sensation gleichkam
- Innerhalb von drei Minuten kam sie auf 10 km Höhe und bestand aus den letzten Kenntnissen der Antriebskraft und Aerodynamik
- Allerdings war sie nur in der Lage sich 10 Minuten in der Luft zu halten, da dann jeweils der Tank neu aufgefüllt werden musste!

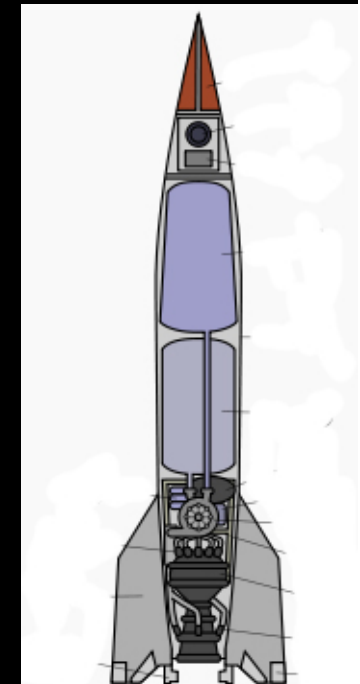
Die Raketentechnik (2)



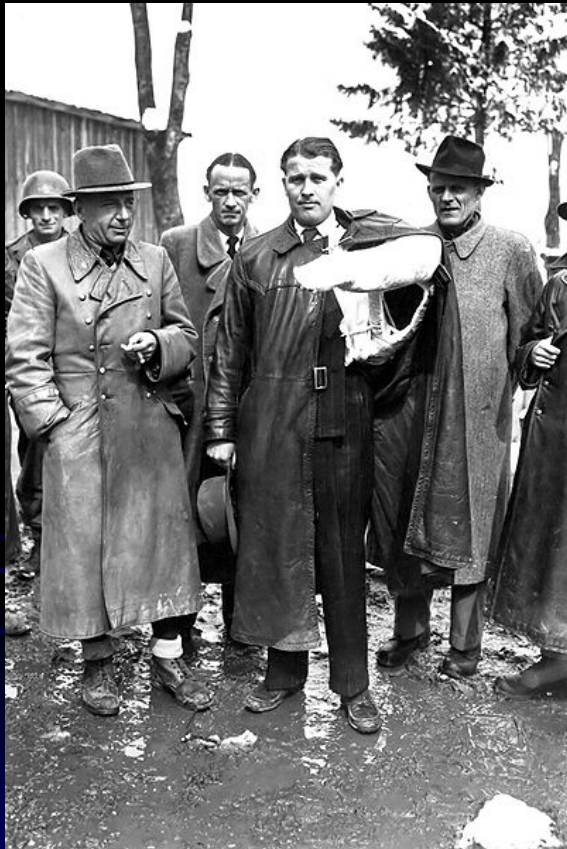
Peenemünde, V2 beim Start, 1943

- Die ersten Interkontinentalraketen wurde ebenfalls von den Deutschen entwickelt: die V-1 und V-2 (V = Vergeltungswaffe)
- Während die V-1-Rakete noch Ähnlichkeiten mit einem Flugzeug hatte, besaß die V-2 bereits große Gemeinsamkeit mit den späteren Weltraumraketen in den 50er Jahren
- Das ist kein Wunder, da die V-2 als erste Rakete gilt, die die Tür zum Weltraum aufmachte
- Die V-2-Rakete war 14 Meter hoch und hatte eine Masse von 13,5 Tonnen
- Der Rumpf bestand aus Spanten und Stringern, die mit dünnem Stahlblech umfasst waren
- Die V-2 leitete die Ära der modernen Raketen ein

V2-
Querschnittszeichnung



Die Raketentechnik (3)



Festnahme am 3. Mai 1945,
nachdem er sich den US-Truppen
gestellt hatte

- Entwickler der V-2 war der Ingenieur Wernher von Braun (1912-1977)
- 1933 wurde ihm von der damaligen Reichsregierung vorgeschlagen seine Dissertation im Rahmen des Heeres unter Beibehaltung seines zivilen Status zu beenden
- Dadurch entstand das erste Forschungsprogramm in Peenemünde an der Ostsee, angefangen mit einem einzigen Mechaniker
- Bereits 1937 wuchs allerdings seine Belegschaft auf 12.000 Arbeiter an
- Die V-2 sollte eine Reichweite von ca. 300 km erzielen
- Die Entwicklung und Ausarbeitung fand unter der Kontrolle des Heeres statt
- Aufgrund ihres steilen Einschlagwinkels richtete sie nur geringe Zerstörungen an
- Die Deutschen hatten mit der V 2 die großen Probleme der Astronautik (Verbrennung, Kühlung und Flugstabilität) endgültig gelöst

Die Raketentechnik (4)



Startvorbereitungen
einer V2 in
Peenemünde

- 1943 begann die Serienproduktion der V-2 (interne Bezeichnung A-4), die auch als Wunderwaffe bezeichnet wurde, um damit Städte der Alliierten anzugreifen
- Werner von Braun arbeitete parallel weiter an einer zweistufigen Rakete mit der Bezeichnung A9/10
- Sie bestand aus zwei unabhängigen Raketen, die die Reichweite auf 5.500 km erweitern sollten!
- Es wurde eine Schubkraft von 180 Tonnen erreicht
- Damit wollte man auch Städte wie New York erreichen!
- Das Kriegsende verhinderte aber glücklicherweise einen „produktiven“ Einsatz
- Nach Kriegsende lieferten sich amerikanische und russische Geheimdienste einen erbitterten Kampf um die technologischen Geheimnisse der Deutschen

Die Raketentechnik (5)

Das Paperclip-Team in Fort Bliss (mit Wernher von Braun)



V2 auf der Startrampe in White Sands

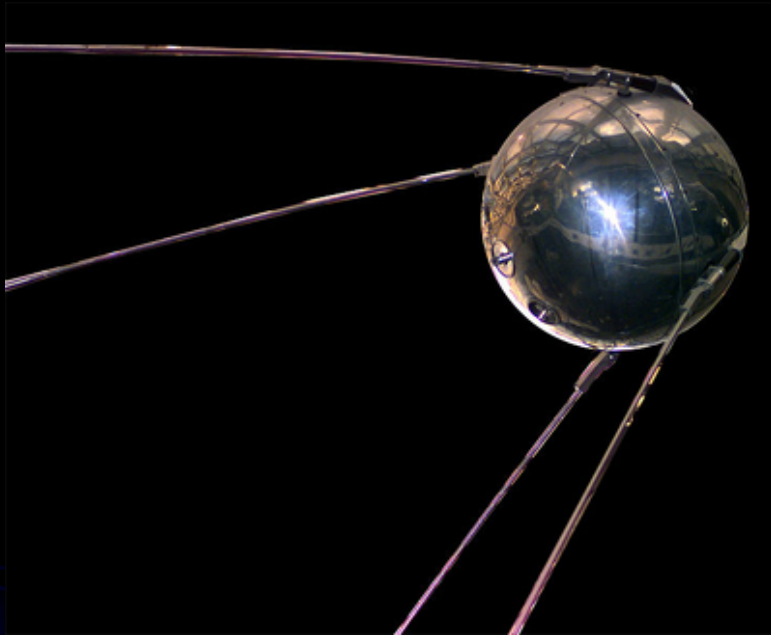


Wernher von Braun mit Team



- Im Herbst 1945 demontierten dann die Amerikaner den Raketenflugplatz in Nordhausen und verschifften an die hundert V-2-Raketen zum neuen Raketentestzentrum White Sands in Neu-Mexiko
- Zusätzlich wurden ab 1946 innerhalb der geheimen Operation „Paperclip“ an die 1.000 deutsche Wissenschaftler und ihre Familien in die USA gebracht
- Auch an die spätere Einbürgerung wurde dabei gedacht
- Bereits am 10. Mai 1946 flog dann die erste V-2-Rakete vom Testgelände und erreichte eine Höhe von 112 Kilometern
- Später wurden Raketensonden auf Rekordhöhen befördert, wodurch das Prinzip von Wernher von Braun der mehrstufigen Rakete endgültig abgenommen wurde

Der Start in den Weltraum (1)



Sputnik 1 Modell

- Seit Ende der 1950er-Jahre kam es zum Wettlauf ins All zwischen den USA und der Sowjetunion
- Der erste künstliche Satellit in der Erdumlaufbahn – Sputnik 1 – war für die westliche Welt damals ein Schock
- Dieser startete am 4. Oktober 1957 und funkte unablässig im Radio auf 20,003 MHz oder 40,002 MHz
- Damit signalisierte die Sowjetunion den USA eine gewisse technologische Überlegenheit
- Somit waren nun auch Interkontinentalraketen in den Bereich des möglichen gerückt

Der Start in den Weltraum (2)



Sputnik 2

- Sputnik 2 wurde noch im selben Jahr in die Erdumlaufbahn geschossen – diesmal mit einem Lebewesen an Bord: der Hündin Laika
- Eine Rückkehr zur Erde war für Laika nicht vorgesehen - und technisch auch noch gar nicht möglich
- Mit Sputnik 5 wurden 1960 dann sogar zwei Hunde nicht nur in den Orbit gebracht, sondern auch wohlbehalten auf die Erde wieder zurück
- Neben den Hunden waren noch 40 Mäuse, 2 Ratten und diverse Pflanzen an Bord
- Dies war ein entscheidender Schritt für die Technik der weichen Landung

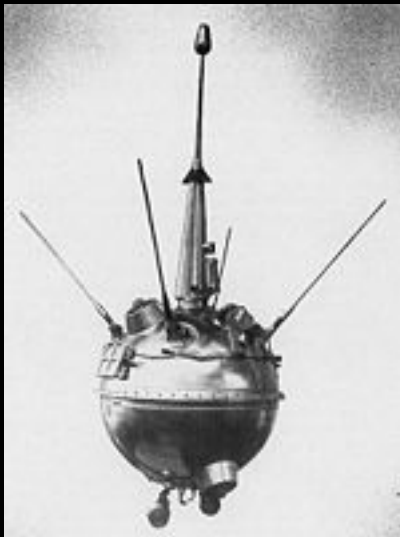
Der Start in den Weltraum (3)



Start von Explorer 1 mit
der Trägerrakete
Jupiter-C

- Die USA mussten nachziehen und taten dies auch ein Jahr später mit Explorer 1
- Allerdings übertrumpfte man die Sowjetunion, indem man bereits wissenschaftliche Untersuchungen durchführte
- Explorer 1 war deutlich kleiner und leichter als der russische Sputnik
- Er lieferte jedoch zahlreiche Messdaten über die Ionosphäre, die zur Entdeckung des Van-Allen-Gürtel führte
- Man war mit dem zweiten Platz nicht zufrieden und gründete 1958 die NASA
- Im selben Jahr wurde auch das bemannte Raumfahrtprogramm Mercury gestartet und die ersten sieben Astronauten in der Geschichte der USA ausgesucht
- Nach 12 Jahren im All verglühte Explorer am 31. März 1970 in etwa 100 km Höhe

Der Start in den Weltraum (4)

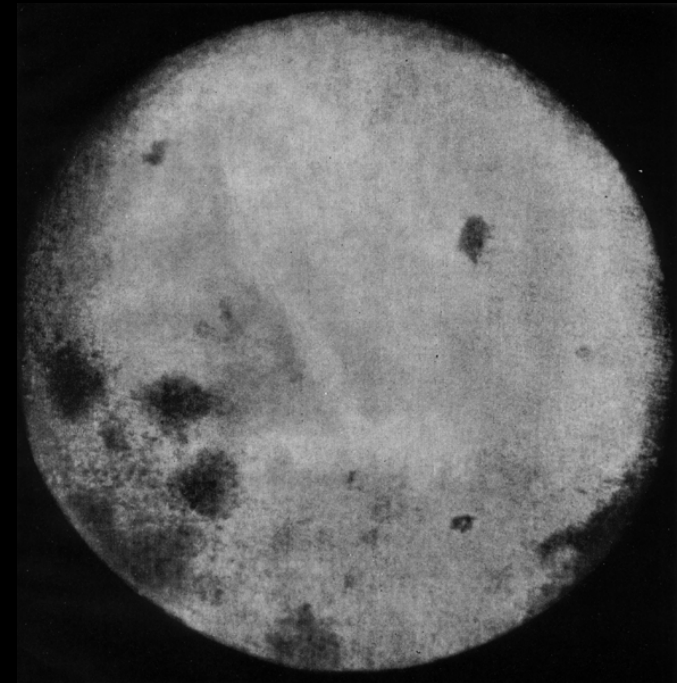


Lunik 2

- Inzwischen gaben die Russen weiter den Takt an: der erste Raumflugkörper auf dem Mond war die sowjetische Sonde Lunik 2, die am 13. September 1959 gezielt auf den Mond stürzte
- Auf dem Flug wurde in etwa 130.000 km Erdentfernung ein Blitzlicht (Natriumdampf) gezündet, das für Observatorien auf der Erde sichtbar war und neben der Bahnverfolgung auch als Experiment zur Gasausdehnung im Weltraum diente
- 1959 gelang mit Lunik 3 die erste Mondumrundung, die das erste Foto der Mondrückseite lieferte
- Mit Ranger 4 gelang es erst am 26. April 1962 den ersten amerikanischen Flugkörper auf dem Mond aufschlagen zu lassen
- 1966 fand die erste weiche Mondlandung mit Luna 9 statt
- Mit Luna 16 und Luna 20 gelang es auch Mondgestein zurück zur Erde zu bringen
- 1970 erfolgte die Fahrt des ersten unbemannten Roboterfahrzeugs der Russen auf dem Mond (Lunochod 1)

Der Start in den Weltraum (5)

- Lunik 3 nahm die ersten Fotos von der Rückseite des Mondes auf
- Insgesamt wurden 29 Fotos in geringer Qualität geschossen
- Die Bilder wurden hierbei an Bord entwickelt und mittels herkömmlicher Bildfunktechnik übermittelt
- 70% der Mondoberfläche konnte dadurch wiedergegeben werden
- Dabei fielen die helleren Hochländer gegenüber den dunklen Tiefebene auf
- Große Maria (Meere) schienen zu fehlen
- Die auffälligsten der von Lunik 3 gefundenen Mare-Ebenen sind das „Moskauer Meer“ und der besonders dunkle Boden von „Krater Tsiolkovskiy“



Erste Bilder von der Rückseite
des Mondes

Kennedys Rede



Kennedys Rede vor dem Kongress

- 1961 kam die amerikanische Raumfahrt dann durch Präsident Kennedy richtig in Fahrt
- Er versprach, vor der Sowjetunion am Ende des Jahrzehnts einen Mann auf den Mond und sicher wieder zurück zu bringen:

„Wir tun diese Dinge nicht, weil sie einfach sind, sondern weil sie schwierig sind.“

Die drei Phasen der NASA



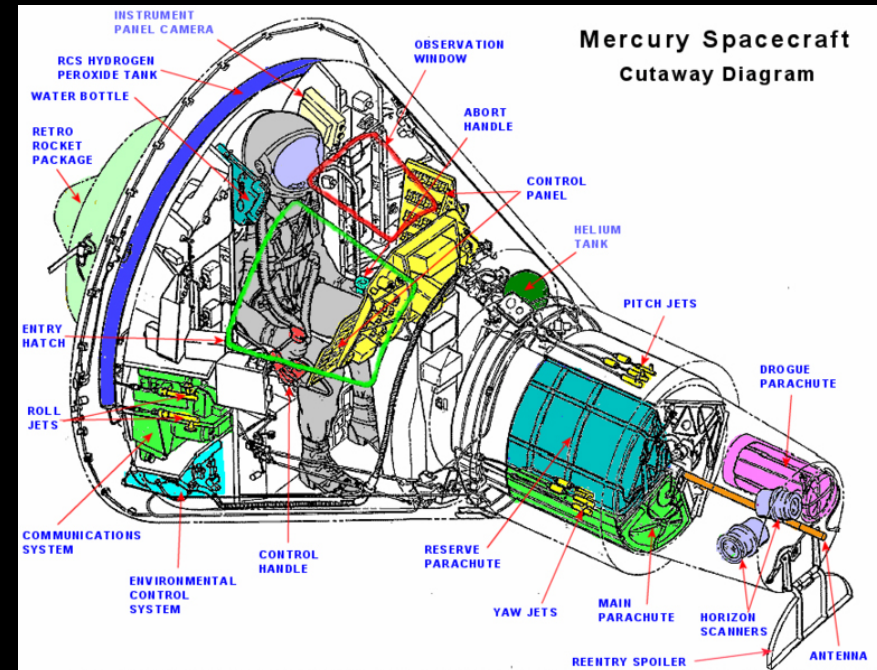
Vorstellung der NASA-Ziele

- Mercury (1958-1963)
 - Raumschiff mit einem Menschen orbital um die Erde kreisen zu lassen
- Gemini (1965-1966)
 - Entwickeln von Verfahrensweisen und Technologien für das Apollo-Programm
- Apollo (1966-1972)
 - Bemannte Mondlandung, die den Astronauten sicher hin und wieder zurück zur Erde bringen sollte



Mercury-Programm (1)

- Die Mercury-Raumkapsel wurde federführend von der NASA entwickelt
- Parameter der Kapsel
 - Startmasse: 1.935 kg
 - Höhe ohne Rettungsrakete: 3,51 m
 - Größte Durchmesser: 1,89 m
- Bei einem Fehlstart konnte die Raumkapsel durch eine Rettungsrakete von der Rakete getrennt und in Sicherheit gebracht werden
- Der Astronaut konnte die Lage und die Flugbahn der Kapsel mit der Handsteuerung beeinflussen
- Zusätzlich konnte die Bodenmannschaft das Raumschiff vollständig steuern



Aufbau des Mercury-Raumschiffs



Mercury-Programm (2)

- Der Innenraum der Kapsel hatte ein Volumen von 1,7 Kubikmeter und der Astronaut konnte die Kapsel über 55 Schalter, 30 Sicherungen und 35 Hebel bedienen
- Eine wichtige Aufgabe beim Wiedereintritt der Raumkapsel hatte der Hitzeschild
- Beim Wiedereintritt wirkten Beschleunigungskräfte von 4 g auf den Astronauten
- Medizinisch normale Symptome bei einer Beschleunigung von 4 g wäre ein Blackout
- Nach dem Wiedereintritt wasserte die Kapsel mit Fallschirmen



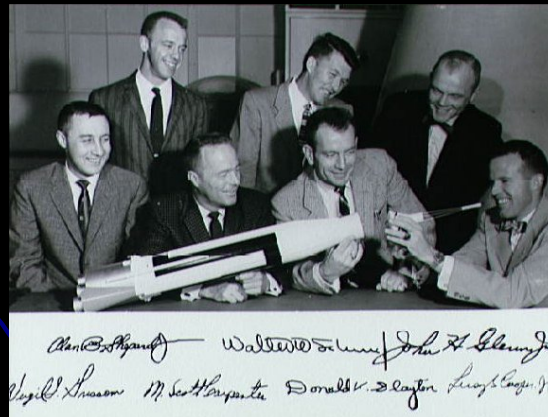
Mercury Atlas 9 auf der Startrampe



Mercury-Programm (3)



Das Mercury-Programm



Die ersten sieben Astronauten der USA

- Auswahl von sieben Astronauten aus 110 Kandidaten
- 1959 wurden die Kriterien zur Auswahl der Piloten aufgestellt:
 - Alter unter 40 Jahre
 - Größe kleiner als 180 cm
 - Ausgezeichnete physische Kondition
 - Bachelor-Abschluss
 - Abschluss als Test- und Jetpilot
 - Mindestens 1.500 Stunden Flugführung



Mercury-Programm (4)

- Mit dem Start von Alan Shepard in der Mercury-Redstone 3 (MR-3) begann für die Amerikaner am 5. Mai 1961 das Zeitalter der bemannten Raumfahrt
- Die ersten Flüge war allerdings nur ballistischer Natur
- Es konnte dadurch aber die Zuverlässigkeit der Technik bewiesen werden
- Auch wurde jetzt klar, dass ein Mensch sehr hohen Beschleunigungswerten bei einem Start und einer Landung ausgesetzt werden kann
- Erst ab Mercury-Atlas 6 wurde dann der Erdorbit erreicht



Start der ersten bemannten Mission mit Freedom 7

Erster Mensch im Weltraum



Juri Gagarin



Alan Shepard

- Der nächste entscheidende Schritt erfolgte am 12. April 1961, als Juri Gagarin mit der Wostok 1 als erster Mensch die Erde umkreiste
- Am 27. März 1968 verunglückte Gagarin aber bei seinem letzten Übungsflug mit einer MiG-15 UTI tödlich
- Ein Krater auf der abgewandten Seite des Mondes wurde nach ihm benannt
- Die Amerikaner schafften vergleichbares erst am 5. Mai 1961, als der Astronaut Alan Shepard im Rahmen des Mercury-Programms einen 15-minütigen suborbitalen Flug durchführte
- Allerdings erreichte er damit noch nicht einmal die Umlaufbahn um die Erde
- Erst 1962 gelang es den USA schließlich, mit John Glenn den ersten Amerikaner sicher in den Orbit und zurück zu bringen

Erster Weltraumspaziergang

Alexei Archipowitsch Leonow



Edward White

- Der erste Weltraumspaziergang mit einem Raumanzug, gelang wieder einem Russen am 2. März 1965: Alexei Archipowitsch Leonow
- Nur durch eine 4,5 m lange Sicherheitsleine verbunden schwebte er ca. 24 Minuten lang im Weltraum
- Leonow kam allerdings nur knapp mit dem Leben davon, da sich sein Raumanzug durch das Hochvakuum des Weltraums aufblähte, so dass er nicht mehr durch die Luke zurück ins Raumschiff kam
- Durch das Ablassen des Drucks aus dem Anzug, rettete er sich das Leben
- Die Amerikaner kamen wieder zu spät und schafften Vergleichbares erst mit Gemini 4 durch Edward White 3. Juni 1965
- White war auch durch eine Sicherungsleine verbunden, in der auch Leitungen für Sauerstoff und Sprechfunk verliefen
- White blieb 23 Minuten außerhalb des Raumschiffs

Erste Frau im Weltraum



Valentina
Tereschkowa



- 1963 ist Valentina Tereschkowa die erste Kosmonautin im Weltall
- Ab 16. Juni 1963 umkreist sie die Erde in 70,8 Stunden 48 mal in der Wostok 6
- Dafür wurde ihr die Ehrung „Held der Sowjetunion“ zuteil
- Am 19. Juni landete sie bei Nowosibirsk, wo Tereschkowa begeistert empfangen wurde
- In Moskau wurde sie mit dem Titel Fliegerkosmonaut der UdSSR geehrt
- Sie blieb bis 1982 die einzige Frau im Weltraum

Gemini-Programm (1)



Titan II-Rakete beim Start von Gemini 9

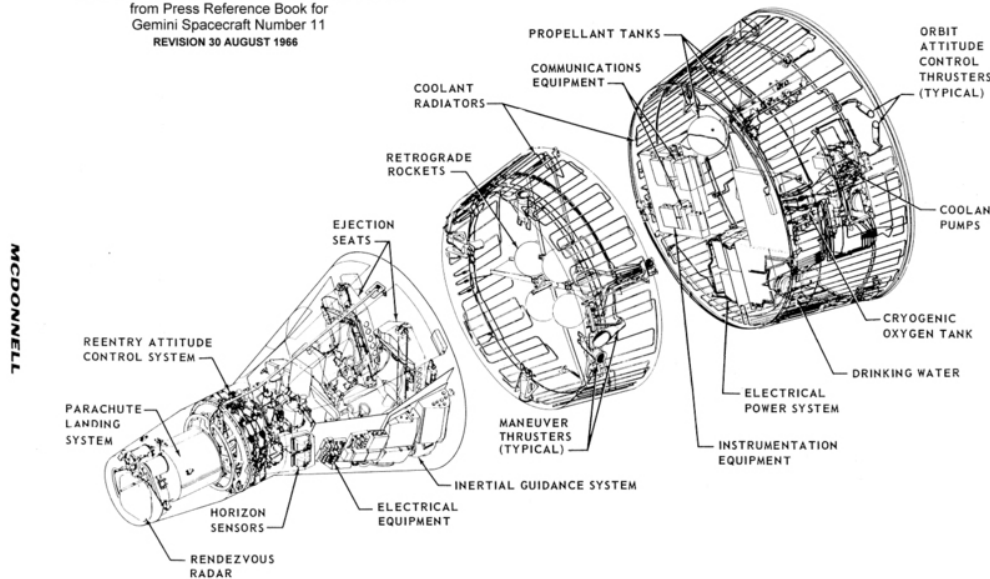
- Nachdem Mercury für die USA bewiesen hatte, dass man einen Menschen in die Umlaufbahn schießen und wieder sicher herunterbringen konnte, wurde 1965 das Gemini-Programm gestartet
- Im Gemini-Programm wurden verschiedene Techniken erprobt, die alle für die spätere Mondlandung wichtig waren
- Damit wollte man die Zeit bis zum Apollo-Programm nutzen, dass erst für 1966 geplant war
- Viele Dinge, wie Kopplungen im Weltraum, Lebenserhaltungssysteme, Langzeitaufenthalte etc. waren noch unzureichend erforscht
- Das Programm wurde dringend gebraucht, um nicht weitere Zeit gegenüber der Sowjetunion zu verlieren

Gemini-Programm (2)



GEMINI EQUIPMENT ARRANGEMENT

from Press Reference Book for
Gemini Spacecraft Number 11
REVISION 30 AUGUST 1966



- Im Vergleich zu der Mercury-Kapsel konnte jetzt Gemini zwei Astronauten aufnehmen
- Die Kapsel war dabei geräumiger ausgestattet
 - Länge: 5,5 m
 - Durchmesser: 3 m
 - Gewicht: 3.810 kg

Gemini-Raumschiff



Start der Gemini-10-Kapsel auf einer Atlas-Agena-Rakete

Gemini-Programm (3)



- Zur Unterstützung der bereits ausgebildeten Mercury-Astronauten entschloss sich die NASA am 18. April 1962, fünf bis zehn neue Astronauten aus 253 Bewerbern zu rekrutieren
- Durch insgesamt drei Astronautengruppen stieg die Zahl der aktiven Astronauten für Gemini und Apollo auf insgesamt 27



Astronautengruppen 1 und 2



Astronautengruppe 3

Gemini-Programm (4)



- Den Wettlauf zum Mond hatte bis 1966 die Sowjetunion angeführt
- Die USA hinkten technisch immer noch hinterher
- Kennedys Versprechungen schienen sich nicht einlösen zu lassen
- Damit es nicht dabei blieb, wurden die Budgets für die Raumfahrt drastisch erhöht
- Ein wichtiger Schritt in Richtung Mond waren die Missionen Gemini 6 und 7, um die Annäherung zweier Raumfahrzeuge zu erproben
- Ein Ankopplungsmanöver wurde erstmals mit Gemini 8 erfolgreich erprobt

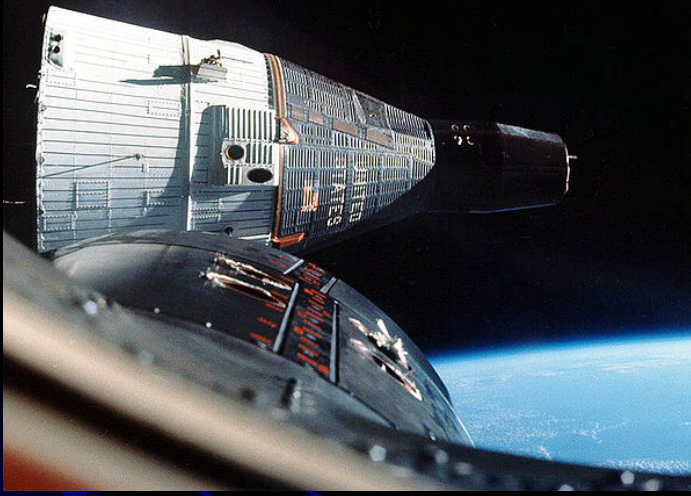


Gemini 11 bei den Startvorbereitungen

Gemini-Programm (5)



Gemini 6 während des Rendezvous mit Gemini 7



- Das Rendezvous zwischen Gemini 6 und Gemini 7 (Gemini 7) wurde beschlossen, nachdem die Agena-Rakete noch nicht bereit war und man den Russen nicht schon wieder den Vortritt lassen wollte
- Dazu mussten allerdings innerhalb kürzester Zeit zwei bemannte Raumschiffe ins Weltall befördert werden, obwohl nur eine Abschussrampe vorhanden war
- Die einzeln gelieferten Teile der Atlas-Rakete mussten nach dem Start in Rekordzeit neu zusammengebaut werden (Dauer: normalerweise 2 Wochen)
- Gemini 7 blieb 300 Stunden und 35 Minuten im All und stellte damit einen neuen Langzeitrekord auf, der fünf Jahre lang nicht gebrochen wurde
- Nach elf Tagen wurde Gemini 6 gestartet und gelangte durch manuelle Kurzkorrekturen nach drei Umläufen an Gemini 7 heran
- Die Distanz wurde von 430 km bis auf 30 Zentimeter (!) verringert

Gemini-Programm (6)



David Scott und Neil Armstrong

- Drei Monate später kam es zu einem erneuten Rendezvous-Flug, unter dem Kommando von Neil Armstrong
- Diesmal hatte man die unbemannte Agena-Kapsel für den Test des Andockens mit hochgeschossen
- Nach vier Umläufen und neun Manövern koppelten dann auch Armstrong und Scott erfolgreich mit ihrem Gemini-Raumschiff an die Agena an
- Allerdings begannen sich anschließend die Kapseln immer schneller zu drehen
- Auch die Abkopplung von der Agena schaffte nur eine temporäre Verbesserung
- Die Rotation begann erneut, da der Grund eine Steuerrakete der Gemini war, die noch in der Position des Abschusses steckte
- Zwar bekam man das Problem in den Griff, aber die ursprüngliche Mission musste abgebrochen werden

Gemini-Programm (7)



- Erst die Gemini 10 schaffte eine zufriedenstellende Ankopplung an den Zielkörper Agena
- John Young, der 15 Jahre später der erste Space-Shuttle-Pilot wurde, und Michael Collins, dem dritten Mann der Apollo-11-Mission, gelang die Ankopplung auf Anhieb
- Die Agena war seit der Gemini-8-Mission von Armstrong immer noch im Weltall und wurde durch Gemini 10 in eine höhere Umlaufbahn geschoben
- Es das erste Mal in der Geschichte der bemannten Raumfahrt, dass ein Raumschiff nicht nur an einen anderen Flugkörper ankoppelte, sondern auch noch dessen Antrieb nutzte
- Anschließend koppelte man noch an einen zweiten Agena-Zielkörper an
- Abschließend zündete die NASA das Triebwerk ferngesteuert und brachten sie auf eine andere Bahn, um die Temperaturen in verschiedenen Abständen zur Erde zu messen



Gemini 10 mit dem Agena-Zielsatellit

Sojus-Raumschiffe der Sowjetunion

- Dem Gegenüber hatte die Sowjetunion ihr Sojus-Raumschiff zu bieten, das ebenfalls zwei Mann Besatzung ermöglichte
- Es ist bis heute (in stark modifizierter Form) im Einsatz
- Beide Raumschiffe verfolgten dabei völlig unterschiedliche Steuerungskonzepte:
 - Die Russen setzen eine komplette Steuerungsautomatik um, so dass der Astronaut quasi arbeitslos war
 - Die USA setzte auf manuelle Steuerungsmöglichkeiten
- Die Sojus-Rakete war allerdings nicht in der Lage ausreichend Schubkraft für den Mond zu erreichen



Die Sojus-U-Trägerrakete mit Sojus 19
auf der Startrampe in Baikonur

Saturn-V-Rakete (1)

- Für den letzten Schritt musste eine Schubkraft entwickelt werden, die alle bisherigen Raketen in den Schatten stellen sollte:
 - Erste Stufe: Länge von 42 m mit einem Durchmesser von 10 m. Sie verwendete zwei separate Tanks für Kerosin und flüssigem Sauerstoff
 - Zweite Stufe: 10 m Durchmesser und verwendete eine Treibstoffkombination von Wasserstoff/Sauerstoff
 - Dritte Stufe: war für die Mondflüge nötig, um aus der Erdumlaufbahn heraus die letzte Schubkraft zu entfachen
 - Gesamthöhe: 110 m!



Saturn V im Kennedy Space Center (KSC),
F-1 Triebwerke der ersten Stufe

Saturn-V-Rakete (2)



Wernher von Braun an seinem
Schreibtisch im Marshall Space Flight
Center

- Vorläufer waren die Raketen Saturn I und Saturn IB
- Die Saturn-Raketen wurden maßgeblich von Wernher von Braun und seinem Team entwickelt
- Die Saturn V konnte anfangs bis zu 120 Tonnen Nutzlast in den Erdorbit transportieren und bis zu 45 Tonnen Nutzlast auf Fluchtgeschwindigkeit beschleunigen
- Die Leistung wurde durch Optimierung der zweiten Stufe während der Produktion auf 133 Tonnen in den Erdorbit und 50 Tonnen auf Fluchtgeschwindigkeit erhöht
- Ein Auffüllen der Tanks dauerte eine Woche, bei nur 12 Minuten Betrieb!

Saturn-V-Rakete (3)

- Der Start einer Saturn V soll nach der Explosion einer Atombombe das am weitesten zu hörende von Menschen gemachte Geräusch gewesen sein
- Bei dem ersten Test am 9. November 1967 stützte das Dach des Pressezeentrums in 5 km Entfernung ein
- Die Wellen des Starts wurden sogar bis New York (1.800 km Entfernung) wahrgenommen
- Man versuchte die Auswirkungen abzumildern, dennoch zerbrachen bei jedem Start im ca. 12 km entfernten Titusville jedes Mal dutzende Scheiben



Start einer Saturn-V-Rakete

Technik der Bordcomputer

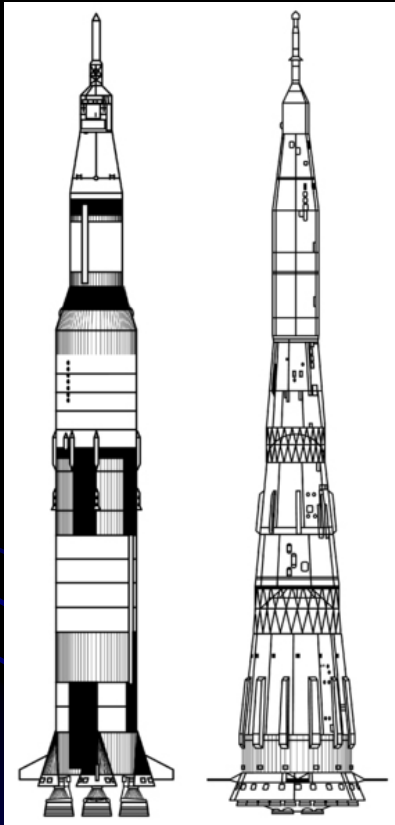
- Heute vergleicht man die Kapazität der Apollo-Bordcomputer gerne mit einem Taschenrechner
- Der Apollo-Computer verfügte über einen Arbeitsspeicher von etwa vier Kilobyte und schaffte etwa 40.000 Additionen pro Sekunde
- Seine Taktrate lag bei 100 Kilohertz
- Ein heutiger Chip ist zwar zehntausend mal schneller, nur wurde eine solche Rechenleistung damals überhaupt nicht benötigt
- Neben der schon gespeicherten Software wurden alle weiteren erforderlichen Daten in den Computern der Bodenstation berechnet und an die Astronauten per Funk übermittelt
- Über die Tastatur wurden sämtliche Befehle in den Computer eingegeben, pro Mission etwa 10.500 Tastendrücke

Bedienfeld der Apollo-Computer



Original Kommandozentrum der Apollo-Missionen im KSC

Das Apollo-Programm (1)



Schematischer Vergleich der Mondträgerraketen Saturn V und N1

- Als Name wurde Apollo ausgesucht, der Gott der griechischen Mythologie, der als treffsicherer Bogenschütze galt
- Um die gesteckten Ziele erreichen zu können, waren unvorstellbare Kosten und Menschenressourcen notwendig
- So kostete das Apollo-Programm ca. 25 Milliarden Dollar (nach heutigen Maßstäben ca. 120 Milliarden Dollar) und beschäftigte bis zu 400.000 Mitarbeiter!
- Die Sowjetunion konnte angesichts dieser Größenordnung nicht mehr mithalten
- Zusätzlich war die Sojus-Rakete nicht stark genug, um darüber hinaus die Kosmonauten in Richtung Mond zu befördern
- Der Traum vom Mond zerplatzte für die Sowjetunion endgültig, als im Juni 1969 ein Teil der Anlage von Baikonur beim Auffüllen der Tanks der neuen Trägerrakete N1 mit Propergol durch eine gewaltige Explosion vernichtet wurde
- Auch weitere Tests der N1-Rakete bis 1972 versagten
- Die Sowjetunion bestritt anschließend jemals über eine Mond-Missionen nachgedacht zu haben

Das Apollo-Programm (2)



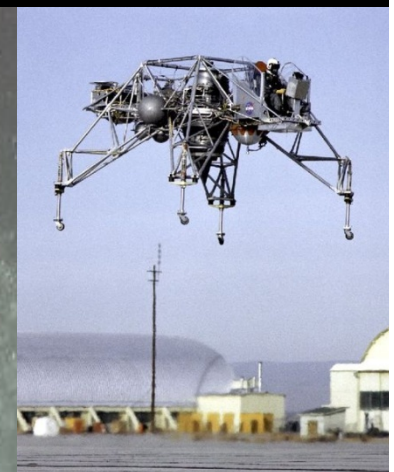
- Die drei verschiedenen Apollo-Module
 - Lunar Module (LM) bzw. Lunar Excursion Module (LEM)
 - Commando Module (CM)
 - Service Module (SM)



Mondlandefähre im KSC



Apollo CSM-112 in der Mondumlaufbahn

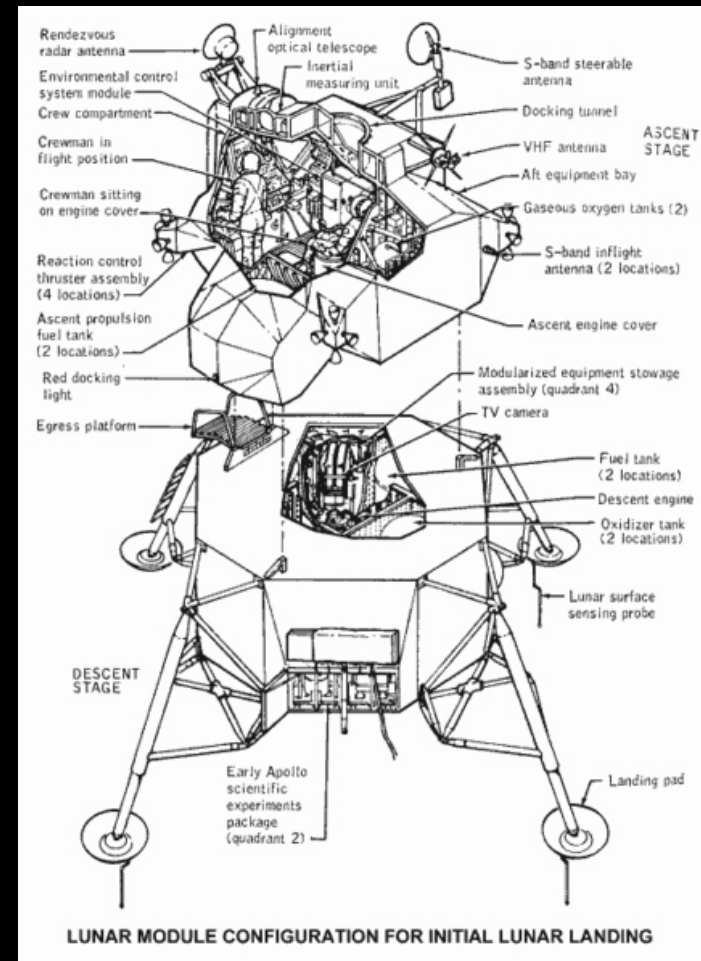


Übungslandefähre 1964

Die Mondlandefähre



- Der Platz für zwei Astronauten musste eingeplant werden
- 1800 m/s für den Start vom Mond mussten erreicht werden können
- Eigenständiges Lebenserhaltungssystem und eine unabhängig arbeitende Elektrik, inklusive Navigation war an Bord
- Die Astronauten mussten während mehrerer Tage im LM leben, essen, trinken und schlafen können
- Es musste Raum für die mitgebrachten Bodenproben (Mondgestein) vorhanden sein
- Die Landebeine sollten so grazil und leicht wie nötig, aber auch so stabil wie nötig sein
- Aufgrund seiner spinnenähnlichen Gestalt wurde das LM scherzhaft von den Astronauten „Spider“ genannt
- Technische Daten: Gesamtgewicht von 14.696 kg, eine Gesamthöhe von 6,40 m und einen Durchmesser von 4,30 m
- Das System bestand aus zwei Stufen: der Abstiegsstufe (Descent Stage – DS) und der Aufstiegsstufe (Ascent Stage – AS)
- Das LM bestand aus über einer Millionen Teilen!

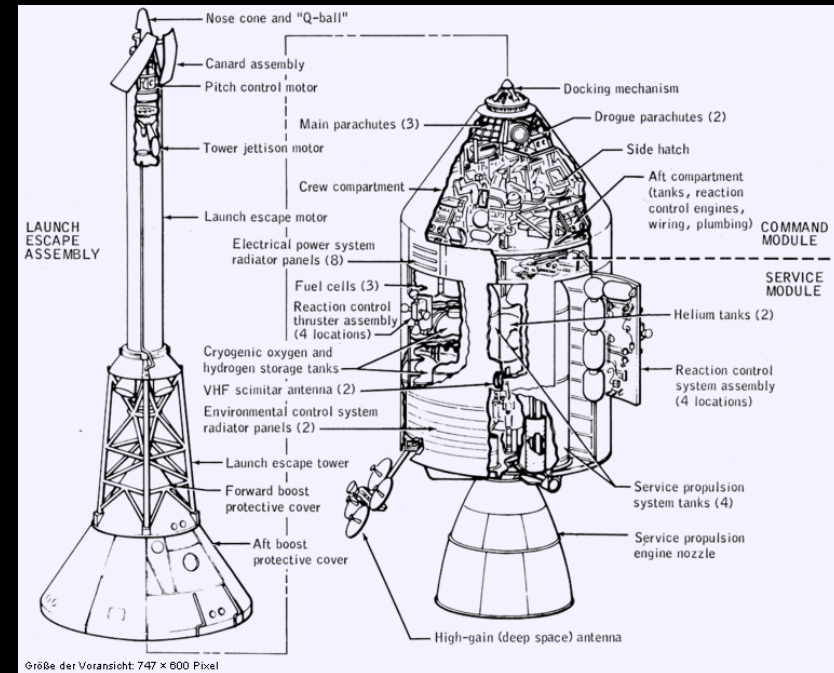


Lunar Modul – Mondlandefähre

Das Apollo-Raumschiff (1)



- Das CM hat eine Masse von 5.900 kg bei einer Höhe von 3,23 m und einen Durchmesser von 3,91 m
- Im Vorderteil waren die Fallschirme untergebracht
- Auch das Kopplungssystem und die Luke für die Mondlandefähre sind vorne enthalten gewesen
- Im Mittelteil befindet sich die druckfeste Kabine für die Astronauten
- Zusätzlich enthalten sind die Hauptinstrumententafel zur Kontrolle und Steuerung des Raumschiffs, die Lebenserhaltungssysteme und einige Materialschränke untergebracht
- Das CM bot jedem Astronauten etwa zwei Kubikmeter Raum



CSM mit Rettungsrakete

Das Apollo-Raumschiff (2)



- Das SM ist eine zylinderförmige, 7,50 m lange und 3,91 m durchmessende Konstruktion
- Es enthält die elektrischen, Lebenserhaltungs- und Kommunikationssysteme
- Unterteilt ist es in eine Mittel- sowie weitere 6 Außensektionen
- Darin befinden sich Tanks für den Antrieb, die Lageregelung, die Stromerzeugung und die Lebenserhaltungssysteme; die Steuertriebwerke und das Haupttriebwerk
- An der Außenseite befinden sich vier Baugruppen mit je vier Steuerdüsen, Positionslichter, drei Antennen und vier Parabolantennen für die Kommunikation und die Radar-Transponder



Kommandomodul, ausgestellt im KSC

Die Tragödien (1)



Virgil I. Grissom: „Wenn wir sterben, möchten wir, dass die Öffentlichkeit das als natürliche Sache ansieht. Die Eroberung des Weltraums ist es wert“.



Apollo-Kapsel nach dem Feuersausbruch

- Am 27. Januar 1967 wurde ein erster Test mit der Trägerrakete Saturn IB mit der Apollo-1-Kapsel für eine erste Generalprobe aufgestellt (unbetankt)
- Die Astronauten Virgil Grissom, Edward White und Roger Chaffee betraten in ihren Überdruckanzügen um 13 Uhr Ortszeit die Kabine
- Bereits beim Einstieg in die Kapsel nahm Grissom allerdings einen unangenehmen Geruch wahr
- Weitere Probleme wie schlechter Funkkontakt und längere Betankung der Kabine mit reinem Sauerstoff stellten sich ein
- Um 18:30 Uhr stellten die Kontrollinstrumente ein plötzliches hochschnellen des Stroms fest
- Dann ein Schrei: Feuer! Durch die Verwendung von reinem Sauerstoff entwickelten sich die Flammen innerhalb weniger Sekunden
- An einigen Punkten der engen Kapsel erreichte die Temperatur 2.500 Grad Celsius
- Hilferufe und Schmerzschreie ertönten, aber die Luke ließ sich aufgrund des inneren Druckes nicht mehr rechtzeitig öffnen
- Nach nur 15 sec war alles vorbei – die Astronauten konnten nur noch Tod geborgen werden

-
- A photograph of three astronauts in white space suits standing in front of a red launch tower. The astronaut on the left is looking towards the camera, the middle one is looking slightly to the right, and the one on the right is looking further right. They are all wearing white suits with yellow straps and patches, including the NASA logo and an American flag. The background shows a red launch tower and a clear sky.

Apollo 1 Crew: Grissom, White, Chaffee

Die Tragödien (3)



Wladimir Komarow (1964)

- Die Sowjetunion hatte ein ähnliches Erlebnis, als drei Monate später das neue Raumschiff Sojus mit dem Kosmonauten Wladimir Komarow starten sollte
- Dieses neue Raumschiff war notwendig geworden, da die Vorgänger alle keine aktiven Bahnänderungen durchführen konnten
- Sojus 1 hatte aber gleich nach dem Start mit ernsthaften Problemen, wie schlechte Verbindung, Stabilisierung und erhöhtem Energieverbrauch zu kämpfen
- Komarow musste früher zurückkehren und konnte dadurch den günstigsten Eintrittswinkel nicht mehr erreichen
- Bei der Landung ließen sich dann die Bremsfallschirme nicht mehr öffnen – der Klebstoff des Hitzschildes war in den Hauptschirmbehälter gelangt
- Die Kapsel kam so ungebremst mit 40 m/s (145 km/h) auf dem Boden bei Orenburg auf
- Der Asteroid 1836 Komarow, der 1971 entdeckt wurde, sowie ein Krater auf dem Mond erhielten seinen Namen

Apollo 4



Apollo-Missionen parallel zu einer Saturn-V-Rakete im KSC

- Nach diesen beiden Tiefschlägen mochte man 1967 nicht mehr voraussagen, wann eine Mondmission in Angriff zu nehmen sei
- Die Amerikaner steckten den Misserfolg aber besser weg: weniger als ein Jahr nach Apollo 1 nahmen sie ihre Raumflüge wieder auf
- Apollo 4 war der erste Testflug der Rakete Saturn V mit dem Apollo-Raumschiff (unbemannt)
- Nach zwei Erdumläufen wurde die dritte Stufe der Saturn V noch einmal gezündet
- Anschließend auch das Triebwerk des Apollo-Servicemoduls, um es bis zu einer Entfernung von 18.000 km von der Erde zu bringen
- Apollo 4 wendete anschließend und zündete die Triebwerke noch einmal, um zurückzukehren
- Noch am selben Tag wasserte das Raumschiff im Atlantik und wurde nur etwa 16 km vom geplanten Landeort von der USS Bennington geborgen

Apollo 7



- Apollo 7 war der erste bemannte Raumflug im Rahmen des Apollo-Programms
- Der Start erfolgte am 11. Oktober 1968
- Einige Stunden später entkoppelte sich das Raumschiff von der zweiten Stufe (S-4B) der Rakete, wendete und führte ein Rendezvous durch
- Teilweise wurde mit Radar navigiert, teilweise auch mit einem Sextanten
- Bei günstigen Bedingungen war die zweite Stufe auf 1.800 km Entfernung noch sichtbar
- Am ersten Tag bekam ein Astronaut Schnupfen und steckte sofort die anderen an
- Es entbrannte eine Diskussion mit der Bodenstation, da die Astronauten beim Wiedereintritt wegen des Druckausgleichproblems keine Helme und Handschuhe tragen wollten



Rendezvous mit der S-4B-Stufe

Apollo 8



- Die drei Astronauten Frank Borman, William Anders und James Lovell starteten am 21. Dezember zu ihrer Mondmission
- Auf halbem Weg zum Mond wurde die Erde gefilmt und der erhabene Eindruck live im Fernsehen kommentiert
- Nach 10. Mondumläufen zündete man manuell den Bordmotor und nahm wieder Kurs zur Erde auf
- Der perfekte Wiedereintrittswinkel wurde beim Einschwenken in die Erdumlaufbahn erreicht, bei 40.000 km/h und einer Außentemperatur von 3.000 Grad Celsius
- Auch die Landung verlief ohne Probleme – man hatte den nächsten großen Schritt gemacht



James Lovell beschreibt die Erde im Abstand von 200.000 Meilen Sicht

Apollo 8



- Am Vorabend vor Weihnachten berichtete Lovell im Fernsehen: „*der Mond ist im wesentlichen grau, keine Farben. (...) er ist auf keinen Fall wert, etwas anderes als einen s/w-Film zu verwenden. Wenn man die nächtliche Hemisphäre überfliegt, erlaubt es der Erdschein, die Krater zu unterscheiden, die heller sind als der Meeresgrund*“
- Anders machte unzählige Aufnahmen und bemerkte: „*Die verdeckte Mondseite sieht aus wie ein Berg von Sand, nachdem unsere Kinder sich darin längere Zeit amüsiert haben. Alles ist durcheinander, keine klaren Abgrenzungen. Nur ein Haufen Löcher und Buckel*“
- Bormann las in dieser Weihnachtsnacht aus der Genesis und sprach ein Gebet für den Frieden



Erdaufgang, aufgenommen von Bill Anders



Apollo 9



- Das Ziel von Apollo 9 war ein Testflug der Mondlandefähre unter realen Bedingungen in der Erdumlaufbahn, in der das Rendezvous- und Andockmanöver geprobt wurde
- Das CSM löste sich von der Raketenstufe, wendete um 180 Grad und dockte mit der Nase an der Mondlandefähre (LM) an
- Nun konnte sich der Verbund von der Raketenstufe entfernen
- Am dritten Tag stiegen zwei Astronauten in die Mondfähre um
- Zusätzlich waren am vierten Tag Außenbordarbeiten testweise vorgesehen
- Nach Abschluss der Arbeiten wurde die Mondfähre von der CSM abgekapselt und ferngesteuert gezündet
- Sie verglühte erst 1981 in der Erdatmosphäre



Apollo 9 mit andockter Mondlandefähre

Apollo 10



- Apollo 10 musste einen letzten Testflug der Mondlandefähre bei dem Abstiegs-, Aufstiegs-, Rendezvous- und Andockmanöver im Mondorbit erproben
- Dies war letztendlich die Generalprobe für den historischen Flug von Apollo 11 und somit relativ frustrierend für die Männer, da man durchaus auch auf dem Mond hätte landen können
- Sie näherten sich der Mondoberfläche bis auf ca. 14 km und brachen die Landung wie geplant ab
- Dies stellte für die Astronauten – wie sie später zugaben – eine recht große Überwindung dar
- Zwei von ihnen (John Young, Eugene Cernan) sollten aber 1972 mit den letzten Apollo-Missionen endgültig die Gelegenheit bekommen auf dem Mond aufzusetzen



LEM von Apollo 10 über dem Mond

Apollo 11



Neil Armstrong, Michael Collins, Buzz Aldrin

- Die drei Astronauten Neil Armstrong, Edwin „Buzz“ Aldrin und Michael Collins starteten am 16. Juli 1969 mit einer Saturn-V-Rakete vom Kennedy Space Center in Florida und erreichten am 19. Juli eine Mondumlaufbahn
- Das Kommandomodul war Columbia getauft worden (nach dem Entdecker Columbus) und wiederholte die entwickelten Operationen von Apollo 9 und 10
- Die Astronauten Armstrong und Aldrin stiegen in das Lunamodul Eagle (Adler) um, damit sie sich auf die Landung vorbereiten konnten
- Nach Prüfung der Systeme trennten sie sich vom Mutterschiff und flogen das Zielgebiet „Mare Tranquillitatis“ an
- Durch geringe Bahnänderungen beim Abkoppeln zielte der Bordcomputer auf eine Stelle etwa 4,5 Kilometer hinter dem geplanten Landegebiet
- Dadurch musste Armstrong die Handsteuerung aktivieren
- Durch den Umweg ging der Treibstoff für die Landung weiter zur Neige: es wurden nur noch 60 sec angezeigt!

Apollo 11



...das Hoffen und Bangen der Zurückgebliebenen:



Jan Armstrong



Joan Aldrin



Erleichternder Applaus in Houston, Texas

Apollo 11



- Armstrong behielt aber die Ruhe und fand kurz vor Beendigung der Frist eine geeignete Fläche und setzte auf
- Der berühmte Funkspruch ertönte: „*Hier Basis Meer der Ruhe, der Adler ist gelandet!*“
- Dann begann der Ausstieg aus der Luke, bei dem am Ende der Astronaut erst einmal die Bodenbeschaffenheit kontrollieren sollte
- Man sich immer noch nicht sicher inwieweit der Boden nachgeben würde
- Dann endlich setzte Armstrong auf der Mondoberfläche auf und verkündete: „*Das ist ein kleiner Schritt für einen Menschen, aber ein großer Sprung für die Menschheit!*“

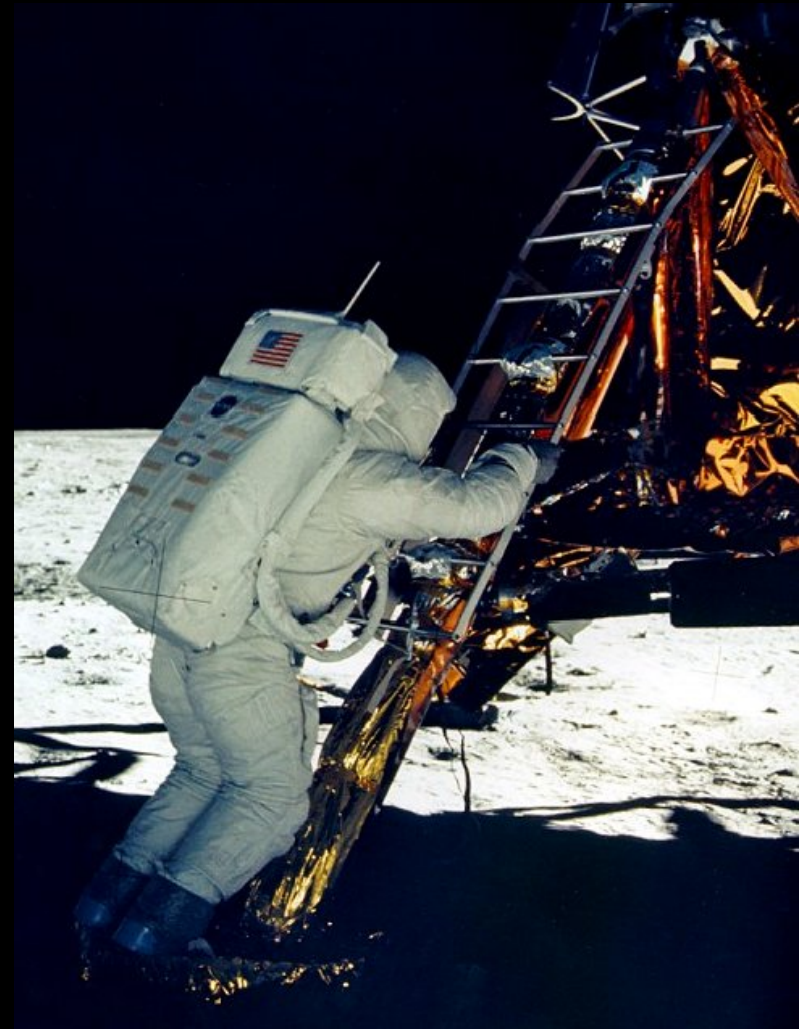


Armstrongs erster Schritt auf den Mond

Apollo 11

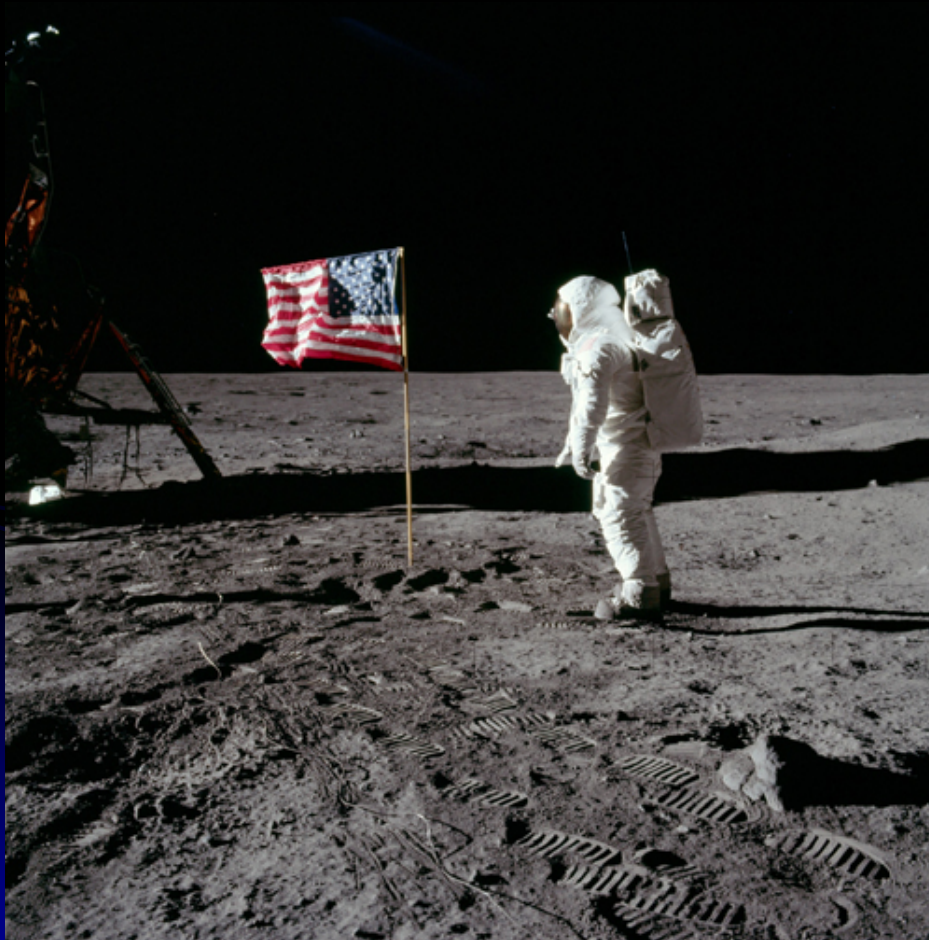


- Nachdem auch Buzz Aldrin ausgestiegen war, wurden mitgebrachte Experimente auf der Oberfläche aufgebaut und die Flagge der USA gehisst
- Zu den Experimenten gehörten die Messung der Zusammensetzung des Sonnenwindes, ein Seismometers und ein Laserreflektor zur Messung der Entfernung zwischen Mond und Erde
- Außerdem wurden Bodenproben entnommen und 21,6 kg Gestein gesammelt
- Nach nur zwei Stunden und 31 Minuten war das erste Abenteuer beendet und der Rückflug wurde wieder begonnen
- Zur gleichen Zeit flog die automatische Luna-15-Sonde der Sowjetunion auf einer anderen Mondumlaufbahn um den Mond und erinnerte an den einstigen Wettlauf



Buzz Aldrin verlässt die Landefähre Eagle

Apollo 11



Buzz Aldrin salutiert vor der amerikanischen Flagge



Buzz Aldrin vor der Mondlandefähre

Apollo 11

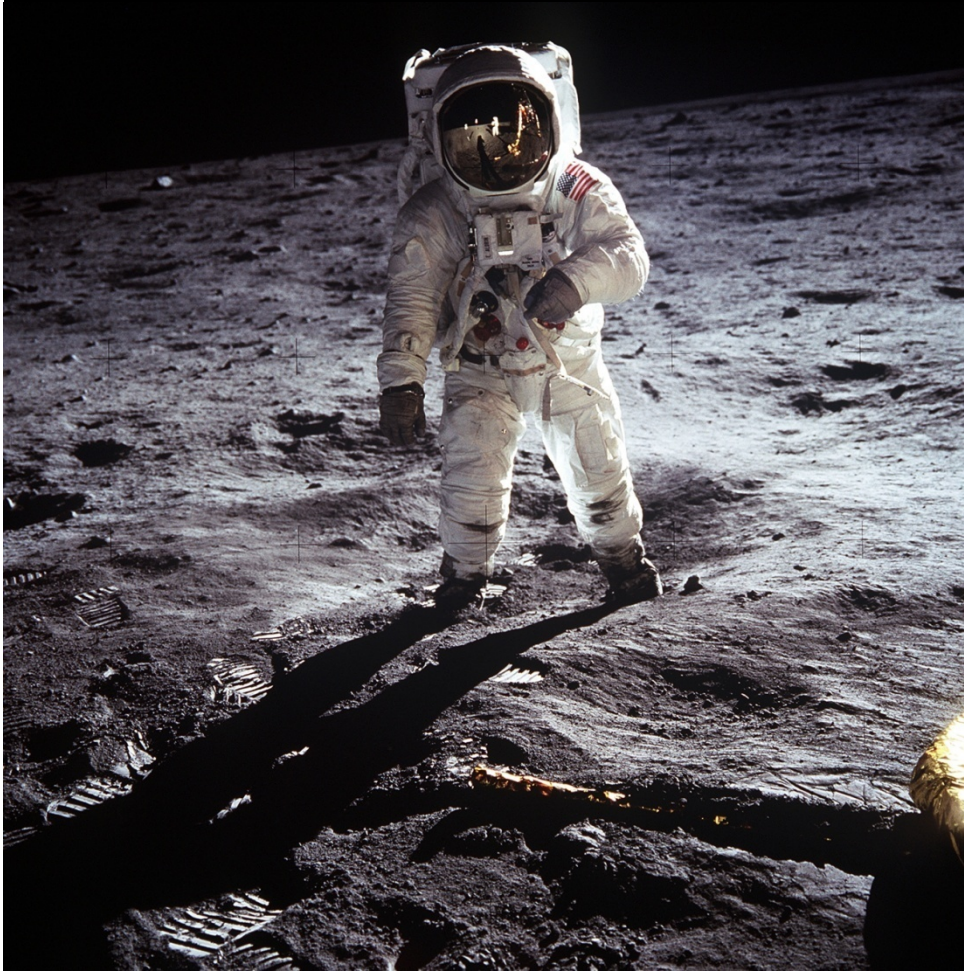


Der Erdaufgang aus Sicht des Lunar Modules



Buzz Aldrin installiert das Early Apollo Scientific Experiments Package (EASEP)

Apollo 11



Buzz Aldrin auf dem Mond



Gedenktafel zur ersten Mondlandung



Die ersten menschlichen Spuren auf dem Mond

Apollo 11



- Als die Helden der ersten Mondlandung wieder zurück auf der Erde ankamen, mussten sie sich erst einmal einer längeren Quarantäne unterziehen
- Man befürchtete, dass evtl. unbekannte Keime vom Mond mitgebracht werden könnten
- In einem speziellen Wohnwagen mussten sich die Astronauten diversen Untersuchungen unterziehen und biologische Proben wurden entnommen
- Nach 14 Tagen wurden sie dann wieder entlassen und wurden sofort von Präsident Nixon in Beschlag genommen, der sie zu einem großen Dinner einlud
- Erst nach Apollo 14 verzichtete man auf die Quarantäne, da der Mond endgültig als „totes Gestirn“ einzustufen war

Präsident Richard Nixon telefoniert mit Apollo 11



Präsident Richard Nixon besucht die Astronauten während der Quarantäne

Apollo 12



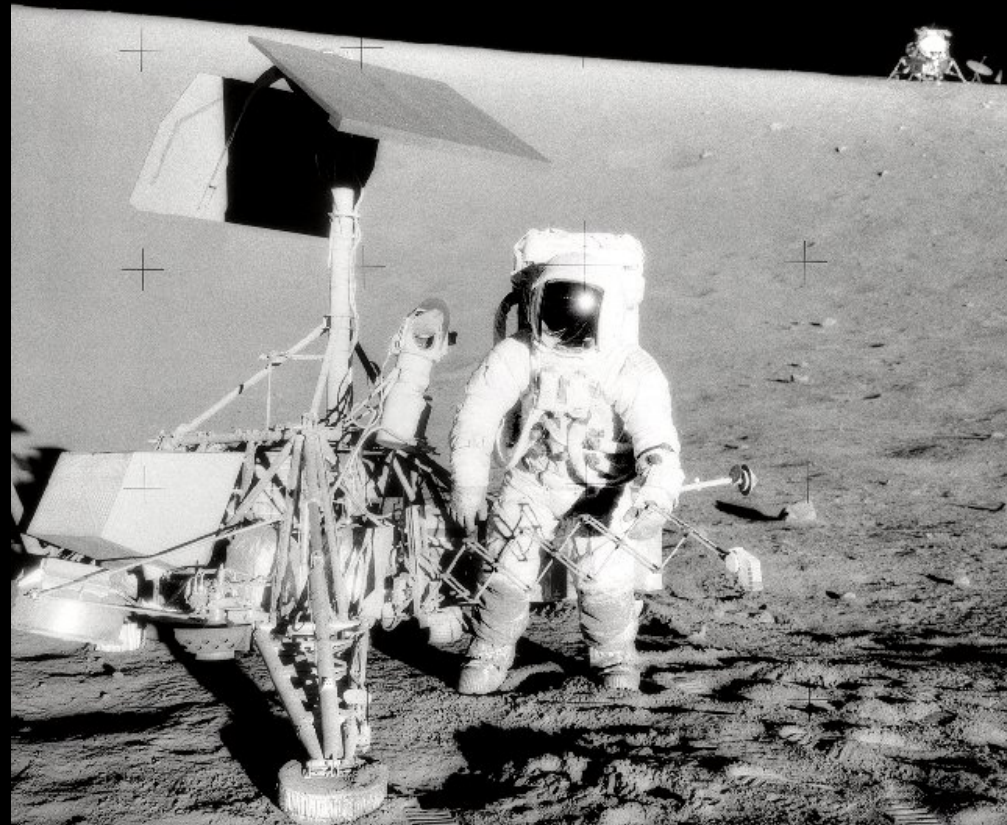
Astronaut Alan L. Bean betritt den Mond

- Apollo 12 startete im November 1969 und wurde während des Starts zweimal vom Blitz getroffen
- Die elektrischen Systeme versagten kurz, ließen sich im Orbit aber wieder aktivieren
- Auf dem Mond sollte man nahe an der Stelle aufsetzen, wo der Erkundungssatellit Surveyor 3 im April 1967 gelandet war
- Als Conrad den Mond betrat, sagte er: *„Hoppsa! Mensch, das war vielleicht ein kleiner für Neil, aber für mich ist das ein großer!“*
- Damit spielte er auf seine eigene kleine Körperstatur an
- Der Spruch war Gegenstand einer Wette mit der italienischen Journalistin Oriana Fallaci

Apollo 12



- Die Männer durften sich 200 m von der Basis entfernen
- Zusätzlich hatten sie diverse Messgeräte (Sonnenwind-Messgerät, Seismo-, Magneto-, Spektrometer) dabei
- Es wurde die nähere Umgebung erforscht, die den Rundgang um einen Krater bis zur Surveyor 3 enthielt
- Dabei entdeckten sie, dass auf einem vor dem Start schlecht sterilisierten Teil der Sonde Bakterien 31 Monate auf dem Mond überlebt hatten!
- Während dieser Mission wurden 34 kg Gesteinsproben entnommen; 14 kg mehr als ihre Kollegen davor



Charles Conrad bei Surveyor 3

Apollo 12



- Mit Apollo 12 gelang erstmals eine nahezu vollautomatische Präzisionslandung
- Mit dem ALSEP-Paket konnten auch zu späteren Zeitpunkten wertvolle wissenschaftliche Daten empfangen werden
- Insgesamt verlief die Apollo-12-Mission so problemlos, dass für Apollo 13 ein schwierigeres Ziel anvisiert werden konnte: eine Landung im Fra-Mauro-Hochland



Alan L. Bean trägt das Apollo Lunar Surface Experiments Package (ALSEP)

Apollo 13



James A. Lovell, Thomas K. Mattingly,
Fred W. Haise

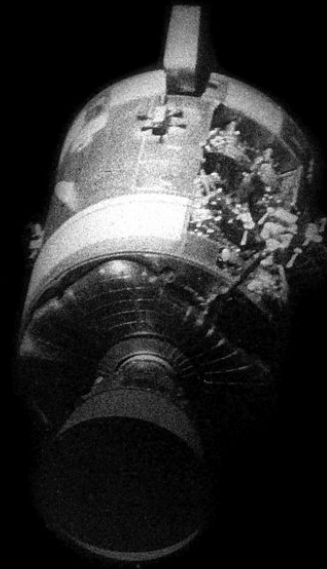
- Vor dem Start erkrankte der Ersatzpilot Charles Duke an Röteln
- Zusätzlich wurde festgestellt, dass Ken Mattingly nicht dagegen immun war, weshalb der Reservepiloten Swigert eingesetzt wurde
- Später erkrankte dann stattdessen Fred Haise auf der Mission!
- Als Kommandant wurde James Lovell ausgewählt, der damit seinen vierten und letzten Weltraumflug vornahm
- Seine Berichterstattung von Bord wurde nicht mehr live im Fernsehen übertragen – Weltraumflüge zum Mond schienen zur Routine verkommen zu sein
- Dann kam der Funkspruch „*Houston, wir haben ein Problem*“ durch und änderte alles
- Am 13. April kam es zu einer Explosion im Sauerstofftank 2, wodurch 2 von 3 Brennstoffzellen ausfielen
- Über 300.000 km von der Erde entfernt, war an eine direkte Rückkehr nicht mehr zu denken, da auch die verbleibende Treibstoffzelle immer schwächer wurde

[Apollo13.mov](#)

Apollo 13



- Der Mond musste umrundet werden, um die Gravitation als Schwung ausnutzen zu können
- Zusätzlich mussten die CO₂-Filter angepasst werden, da die vom LM und CM inkompatibel waren
- Das Lunar Module diente als Rettungskapsel; es wurden alle Systeme im Kommandomodul ausgeschaltet
- Später mussten die Systeme im CM beim Erdeintritt wieder hochgefahren werden
- Um ein Hochfahren der Systeme wieder zu ermöglichen, wurden am Boden von Ken Mattingly im Simulator ohne Unterbrechung an Prozeduren gearbeitet, die den Stromverbrauch von ca. 12 Ampere nicht überschreiten durften
- Aufgrund des größeren Radius der Bahn um den Mond herum sind die drei Astronauten von Apollo 13 auch diejenigen Menschen, die am weitesten von der Erde entfernt waren – am äußersten Bahnpunkt um den Mond



Beschädigtes Service Modul (SM) nach der Abtrennung



Das selbst gebastelte CO₂-Filter im Betrieb

Apollo 14



- Aufgrund der Erfahrungen mit der Apollo 13 wurde die nächste Mission erst einmal ausgesetzt
- Es wurden drei größere Änderungen am Apollo-Raumschiff vorgenommen:
 - die interne Struktur der Sauerstofftanks wurde geändert
 - ein dritter Sauerstofftank wurde hinzugefügt
 - eine weitere Batterie wurde eingebaut
- Erst im Januar 1971 nahm man den nächsten Flug mit Apollo 14 vor, der wie die noch folgenden Missionen ein voller Erfolg wurde
- Als Ziel war erneut das Fra-Mauro-Hochland anvisiert
- Der Start wurde aufgrund eines Gewitters diesmal verschoben
- Der Flug war ein voller Erfolg und verlief ohne Zwischenfälle

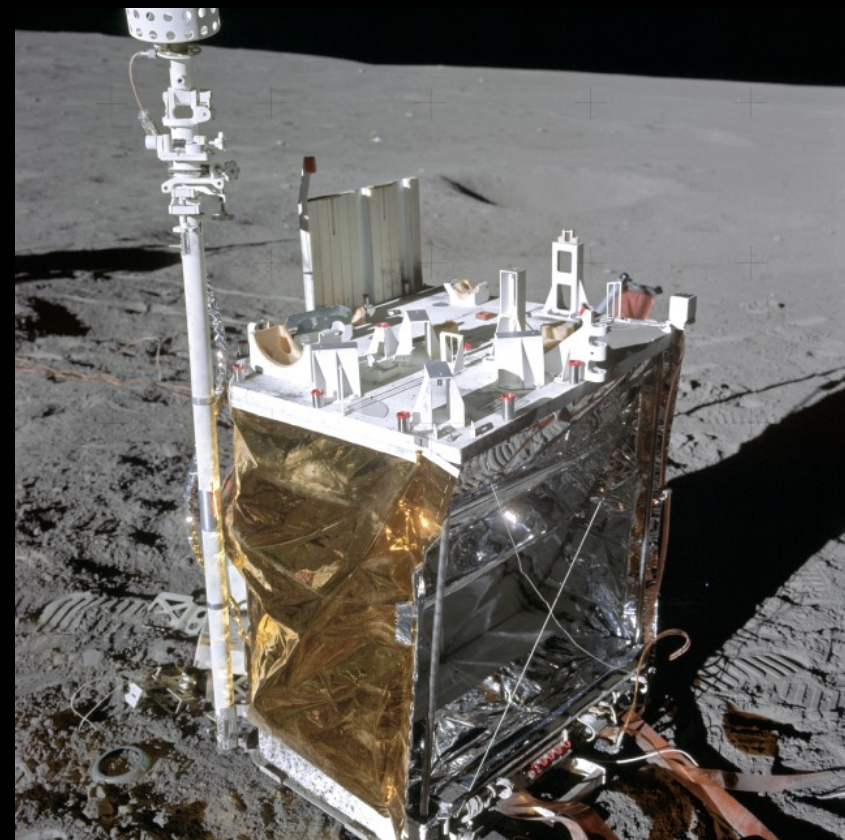


Shepard und Mitchell hissen die USA-Flagge

Apollo 14



- Das ASLEP enthielt u.a.:
 - Radioisotopengenerator (RTG)
 - Ein passives seismisches sowie ein aktives seismisches Experiment, welches Sprengladungen in die Mondoberfläche schoss
 - Experiment zum Aufspüren von Gasen
 - Laserreflektor zur Bestimmung des Abstands Erde-Mond (Satellite Laser Ranging)
 - Sonnenwind-Experiment
 - Instrumente zur Untersuchung der Mondgeologie und des Mondgesteins
- Neue Messergebnisse waren u.a.:
 - Das Mondgestein (42,9 kg) lieferte wertvolle Informationen zur Datierung des Mondalters
 - Das Seismometer registrierte Mondbeben, wenn der Mond sich am erdnächsten Punkt seiner Bahn befand

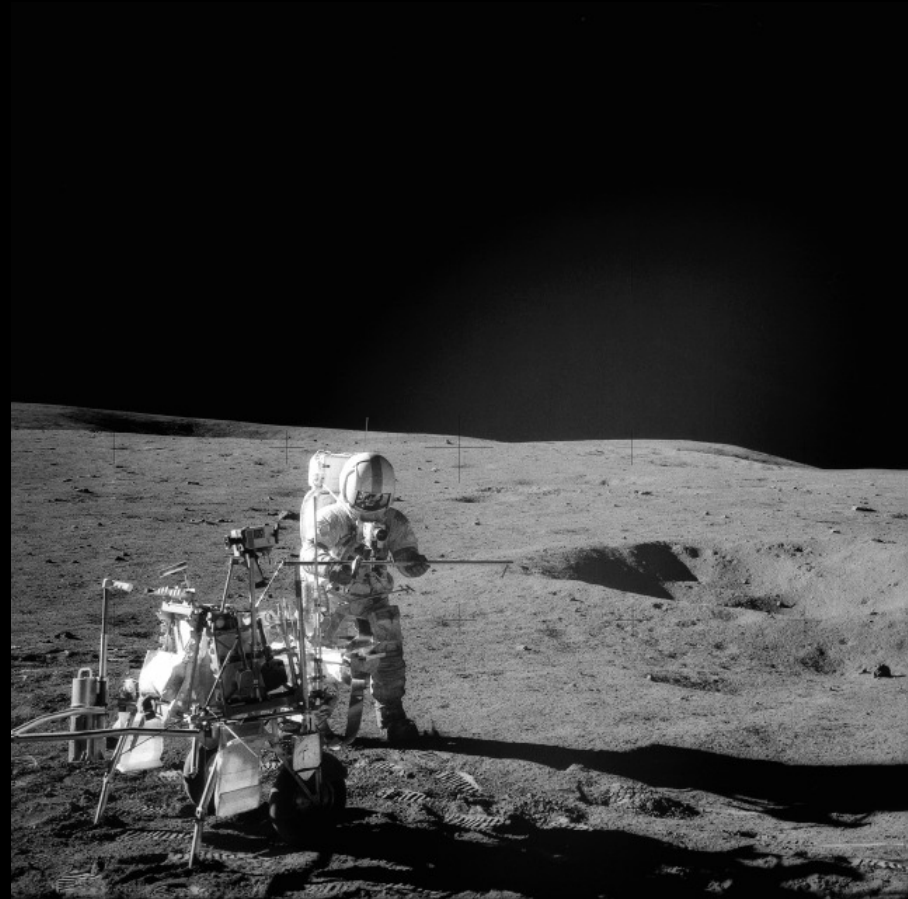


Apollo Lunar Surface Experiments
Package (ALSEP)

Apollo 14



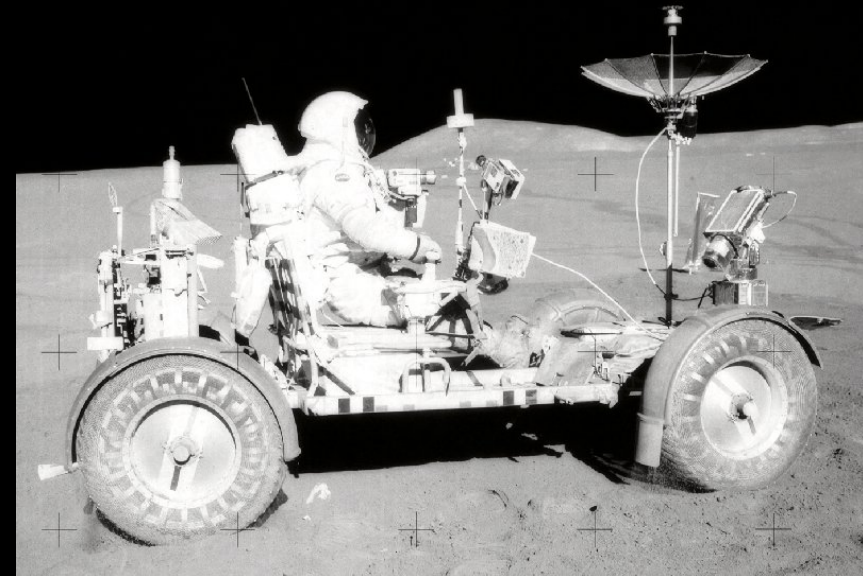
- Außerdem sah man mit Alan Shepard den ersten Golfspieler auf dem Mond
- Er nahm dafür ein Probenentnahmewerkzeug und einen 6-Eisen-Kopf sowie zwei normale Golfbälle
- Dies war nicht mit der NASA abgesprochen; die diese Showeinlage auch nicht guthieß



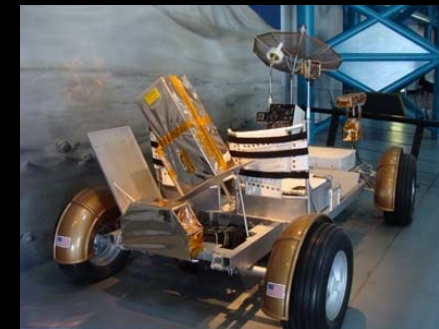
Apollo 15



- Als Landegebiet wurde die Hadley-Rille im Apenninen-Gebirge des Mondes ausgewählt
- Die Mondlandefähre wurde verbessert und erlaubte eine längere Aufenthaltsdauer auf dem Mond
- Auch bekamen die Raumanzüge ein verbessertes Lebenserhaltungssystem
- Um in größeren Entfernungen die Umgebung untersuchen zu können, wurde ab Apollo 15 das Lunar Rover Vehicle (LRV) eingesetzt
- Es war ein elektrisch betriebenes Fahrzeug, das hauptsächlich aus Aluminium bestand und 210 kg wog
- Das Chassis war faltbar konstruiert, so dass man es unterhalb der Mondlandefähre transportieren konnte
- Apollo 15 legte damit 27,9 km zurück



Astronaut David R. Scott mit dem Lunar Rover Vehicle (LRV)



LRV im KSC

-
- BATES, CHARLES A. II
 BOSTAYER, PAVEL I.
 CHAFFIN, ROGER B.
 GORBOVODSKY, GEORGI I.
 JERSMAN, HENRIETTA C.
 KASAHARA, TOSI A.
 KINGS, EDWARD D. II
 LINDEN, VIKTOR I.
 KORMANOV, VLADIMIR M.
 KULAKOV, VIKTOR I.
 DE LORAIN, M. II
 KOLAKOV, VLADIMIR M.
 WHITE, ARTHUR D. II
 WILLIAMS, CLYDE E. II

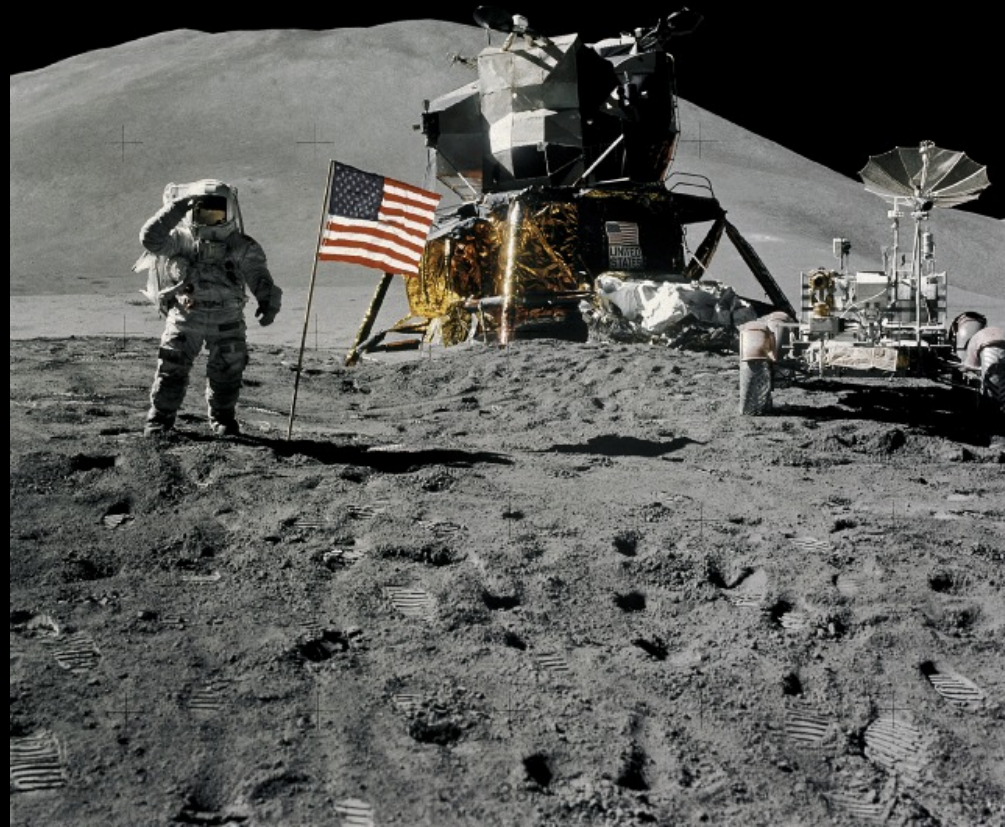
Kunstwerk „Fallen Astronaut“

Apollo 15



David Scott mit seinem Galileo-Experiment

- Das Galileo- Experiment wurde ca. 400 Jahre später auf dem Mond mit einer Falkenfeder und einem Hammer von David Scott wiederholt (Gesetz zur Fallgeschwindigkeit)
- 76 kg Mondgestein wurden zur Erde transportiert

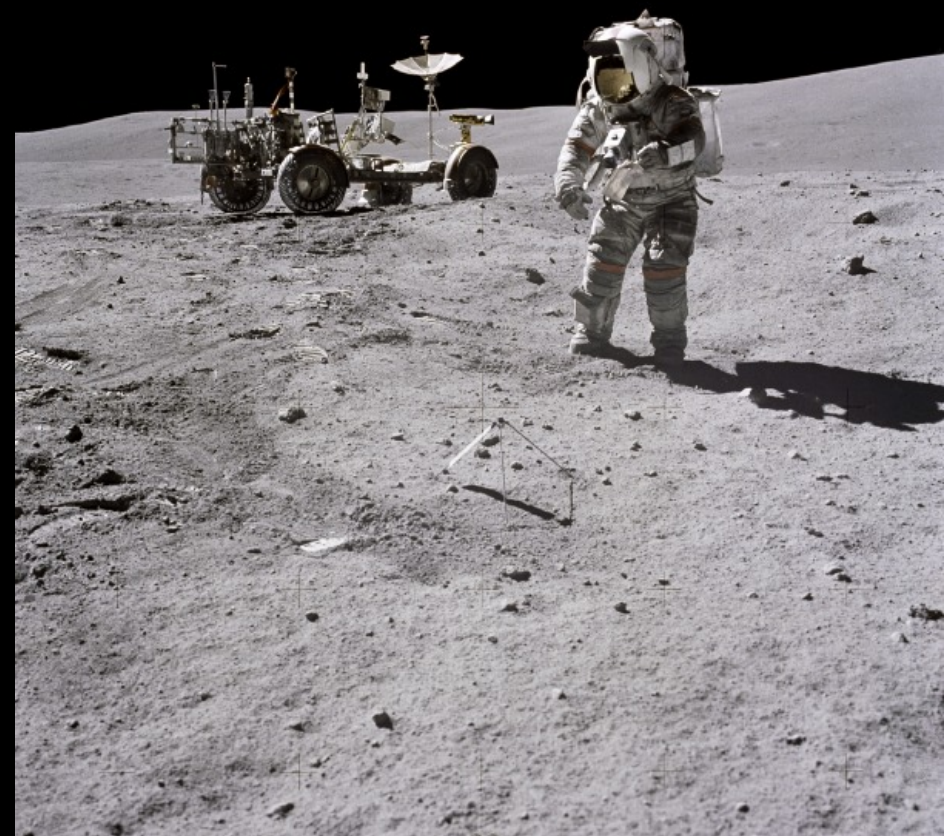


Astronaut James B. Irwin salutiert vor dem Landeplatz

Apollo 16



- Apollo 16 nahm sich als nächstes das Ziel das Cayley-Hochland vor
- Die Landung konnte erstmals nicht im Fernsehen übertragen werden, da der Sender der Mondlandefähre ausgefallen war
- Erst mit dem Rover wurden dann wieder Bilder möglich, da dieser auch eine Kamera enthielt
- Diverse Experimente (u.a. Wärmefluss, kosmische Strahlung, Schwerfeldmessung) wurden durchgeführt und erstmals auch die Astronauten mit UV-Kameras aufgenommen
- Vor dem Verlassen des Orbits beim Rückflug, wurde ein kleiner Satellit ausgesetzt, der u.a. Erscheinungen der Erdmagnetosphäre untersuchen sollte



Astronaut John W. Young bei einer Extra Vehicular Activity (EVA)

Apollo 16



Das Lunar Roving Vehicle (LRV) im Einsatz



- An den Kratern Cinco, Stubby und Wreck wurde ein Bohrer eingesetzt, der Kernproben aus drei Metern Tiefe lieferte
- Das kontrollierte Abstürzen der Mondfähre auf den Mond misslang bei dieser Mission, weil die Fähre taumelte
- Das geplante Zünden der Triebwerke wurde daher nicht durchgeführt
- Die Mondfähre kreiste noch etwas ein Jahr lang in der Mondumlaufbahn, bis sie auf dem Mond zerschellte



Astronaut Charles M. Duke bei der Suche nach Gesteinen

Apollo 17



- Die letzte Mission Apollo 17 fand am 7. Dezember 1972 statt
- Eugene Cernan und Harrison Schmitt landeten mit der Mondfähre „Challenger“ in der Nähe des Littrow-Kraters im Mare Serenitatis
- Sie unternahmen u.a. eine Expedition zu diversen Kratern, darunter auch zum Krater Shorty, wo Schmitt orange Kügelchen aus einem glasähnlichen Material fand
- Insgesamt legten die Astronauten mit ihrem Mondauto 34 Kilometer zurück
- Dabei erklommen sie mehrere Krater sowie das Taurus-Gebirge und sammelten insgesamt 110,4 kg Mondgestein ein
- Es war mit drei Tagen Verweildauer auf dem Mond die längste Mission der Apollo-Serie



Harrison Schmitt bei einer Extra Vehicular Activity (EVA)

Apollo 17



- Die Versuchs- und Messsysteme umfassten im Einzelnen:
 - Wärmefluss-Experiment
 - Gravimeter-Profilmessung
 - Gravimeter-Gangmessung
 - Meteoritenzähler
 - Systeme für bodenelektrische Messungen
 - Systeme für bodenmechanische Experimente
 - Geräte für Atmosphären-Messungen
 - Detektoren für kosmische Strahlung
 - Detektor und Quelle für Neutronen
 - Transponder zur Schwerefeldmessung
 - Aktive Seismometer-Experimente



Harrison Schmitt singt: "...I was strolling on the moon one day..."



Harrison Schmitt fällt bei einem Mondspaziergang hin

Apollo 17



Auf dem Mond hinterließen die Astronauten eine letzte Plakette mit der Inschrift: *„Hier beendet der Mensch seine ersten Erforschungen des Mondes im Dezember 1972. Möge sich der Geist des Friedens, in dem wir gekommen sind, im Leben der gesamten Menschheit widerspiegeln“.*



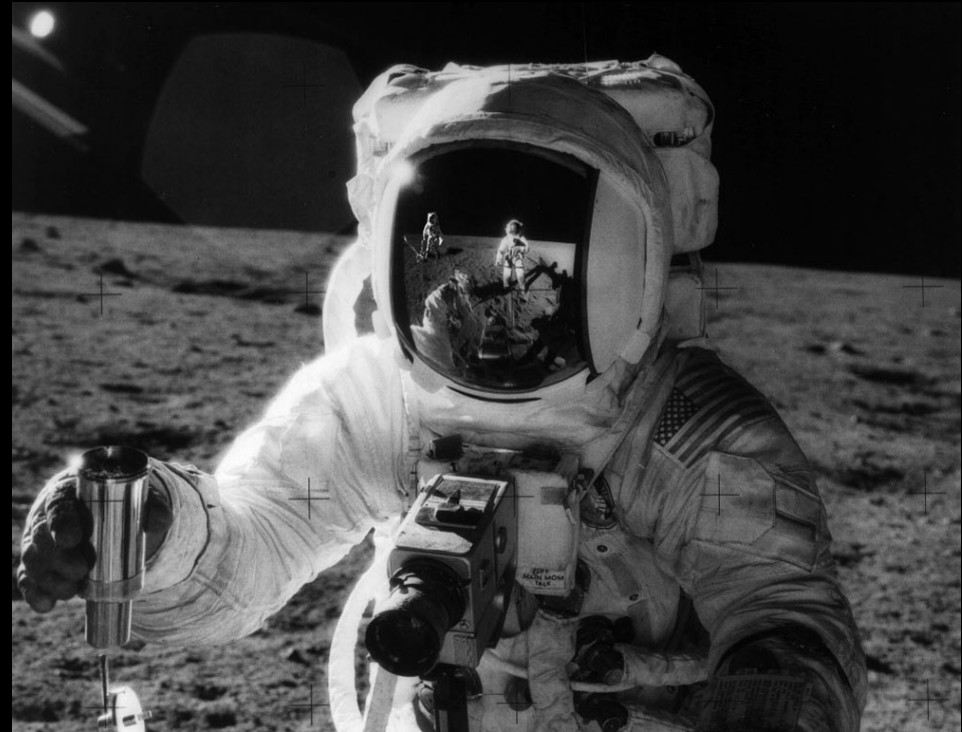
Duplikat der Plakette von der letzten Mondfahrt

Letzter Start der Mondfähre



Die Verschwörungstheorie

- Durch den Autor Bill Kaysing wurden in den siebziger Jahren Zweifel an der Mondlandung laut
- Er veröffentlichte das Buch „Wir gingen niemals zum Mond: Amerikas 30 Milliarden Dollar Schwindel“
- Viele angebliche Bild- und Videobeweise wurden gefunden
- Physikalische Hindernisse wie zu kleine Luken, wehende Fahne, Sprünge der Astronauten, nicht sichtbare Landestellen etc.
- Der Film „Kubrick, Nixon und der Mann im Mond“ stellt eindrucksvoll dar, wie man eine Medienmanipulation inszeniert
- 2007 setzte das Unternehmen Google einen 30-Millionen-US-\$-Preis (Google Lunar X-Prize) für denjenigen aus, der bis Ende 2012 einen Roboter auf den Mond bringt und unter anderem Fotos von einer Mondlandungsstelle übermittelt



Fälschung des Ursprungbildes durch
Raumfahrtshistoriker David Harland

Abschluss der Missionen (1)

- Nach der erfolgreichen Mondlandung von Apollo 11 wurde von der NASA sofort die weitere Planung für die weiteren Apolloflüge präsentiert
- Doch bereits im Januar 1970, also vor der Panne von Apollo 13, wurde bereits Apollo 20 aus Kostengründen gestrichen
- Im September 1970 wurden dann auch die ursprüngliche Missionen Apollo 15 sowie Apollo 19 eingespart
- Dadurch zollte man dem hohen Kostenaufkommen und des zunehmenden öffentlichen Desinteresses Tribut
- So wurden das Innere von Copernicus, der Krater Hyginus mit der Hyginus-Rille und das Schröter-Tal auf dem Aristarcus-Plateau leider nicht mehr berücksichtigt
- Die nach dem Abschluss der Mondflüge noch vorhandenen Apollo-Raumschiffe und Saturnraketen wurden für das Skylab-Projekt 1973/74 und das Apollo-Sojus-Test-Projekt 1975 verwendet



„Blue Marble“ – Foto der Erde, das von Apollo 17 auf dem Weg zum Mond aufgenommen wurde

Abschluss der Missionen (2)

- Die durchgeführten Apollo-Missionen haben uns der Erforschung des Mondes einen erheblichen Schritt näher gebracht
- Das Alter wurde auf rund 4,5 Milliarden Jahren bestimmt
- Ein Viertel der Mondgesteinsproben wurden untersucht und ausgewertet
- Die restlichen Proben wurden auf unbestimmte Zeit weggeschlossen, um sie später mit besseren Instrumenten oder Methoden untersuchen zu können
- Auch die Messdaten sind noch lange nicht alle ausgewertet worden
- Ob dies noch geschieht bleibt zweifelhaft, da dafür bei der NASA keine ausreichenden Ressourcen vorhanden sind
- Wernher von Braun erlebte noch die „Früchte seiner Arbeit“ mit den Landungen auf dem Mond und „seiner“ Saturn-Rakete
- Er verpasste aber das neue Zeitalter der Raumfahrt durch das Space Shuttle, da er 1977 im Alter von 65 Jahren starb



Wernher von Braun vor einer Saturn-V-Rakete

Interessante Quellen

- Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/>
- The Project Apollo Archive:
<http://www.apolloarchive.com/>
- NASA History Division:
<http://history.nasa.gov>
- Apollo Lunar Surface Journal:
<http://history.nasa.gov/alsj/>
- Human Space Flight Web Gallery:
<http://spaceflight1.nasa.gov/gallery/>