



**Human Spaceflight**  
SPACE FOR LIFE

Informationen zur  
Astrolab Mission



## Start- und Landeverfahren

### Beginn des Countdowns: 43 Stunden vor dem Start

43 Stunden vor dem Start beginnt der Countdown. Dies erfolgt, nachdem der Shuttle Test Director festgestellt hat, dass das Startteam vollständig und bereit ist. Während der nächsten 16 Stunden erfolgen die Aktivierung und das Überprüfen der Navigationssysteme und eine erste Überprüfung des Flugdecks. 27 Stunden vor dem Start wird der Countdown angehalten. Dies dauert normalerweise 4 Stunden. Während dieser Zeit verlassen alle nicht benötigten Personen den Startplatz.



Die Countdown-Uhr im Kennedy Space Center vor dem Start von STS-114, der Mission zur Wiederaufnahme des Flugbetriebes nach dem Columbia-Unfall am 26. Juli 2005. (Foto: NASA)

Wenn der Countdown wieder aufgenommen wird, werden flüssiger Sauerstoff und flüssiger Wasserstoff in die Tanks der Brennstoffzellen gefüllt, die den Orbiter während der Mission mit elektrischer Energie versorgen. Danach wird der Startplatz wieder geöffnet. Ein zweiter Halt in Countdown erfolgt 19 Stunden vor dem Start. Dieser dauert ebenfalls etwa 4 Stunden.

Während der nächsten Countdown-Periode werden die drei Haupttriebwerke des Shuttle für die Betankung und den Flug vorbereitet, das Schallunterdrückungssystem des Startplatzes wird mit Wasser gefüllt, und zahlreicher andere Abschlussarbeiten finden statt. 11 Stunden vor dem Start beginnt die längste Halteperiode, die 12 bis 13 Stunden dauert. Es werden Tests am Steuersystem, am Navigationssystem und am Kommunikationssystem durchgeführt und die drehbare Wartungsstruktur wird zurück in ihre Parkposition gefahren.

Die Uhr beginnt 11 Stunden vor dem Start wieder zu ticken. Die Brennstoffzellen des Shuttle werden aktiviert und alle nicht erforderlichen Personen werden aus dem Gefahrenbereich entfernt. Der

Laderaum und andere Hohlräume des Orbiters werden mit gasförmigem Stickstoff gefüllt um die Betankung des Außentanks mit den kryogenen Treibstoffen vorzubereiten. Eine weitere Halteperiode erfolgt 6 Stunden vor dem Start für etwa 2 Stunden. Sobald das Startteam feststellt, dass alle Kriterien für den Start erfüllt sind, wird der Startplatz von allen Personen geräumt und der Countdown beginnt wieder.



Die drehbare Wartungsstruktur in ihrer Parkposition vor dem Start der Mission STS-97. (Foto: NASA)

Die Treibstoffleitungen werden gekühlt und das Beladen des Außentanks mit fast zwei Millionen Liter Treibstoff (flüssiger Sauerstoff und flüssiger Wasserstoff) beginnt. Danach führt ein Team am Startplatz eine letzte Inspektion und Analyse des Fahrzeuges durch. Während der anschließenden Halteperiode, drei Stunden vor dem Start, werden die Bahnverfolgungantennen der nahe gelegenen Merritt Island Bahnverfolgungsstation für den Start ausgerichtet.



Bahnverfolgungsstation Merritt Island im Kennedy Space Center in Florida. (Foto: NASA)



## Von 3 Stunden bis T minus 10

Kurz nachdem der Countdown 3 Stunden vor dem Start erreicht hat, begibt sich die Mannschaft zum Startplatz. Nach der Ankunft wird sie durch den so genannten White Room (Weißen Raum) am Ende des Zugangsarms in den Orbiter gebracht. Die Astronauten führen dann Tests der Sprachverbindung mit dem Startkontrollzentrum im Kennedy Space Center und den Missionskontrollzentrum im Johnson Space Center durch. Die Luke wird dann geschlossen, ihre Dichtung wird überprüft und Lecktests der Kabine werden durchgeführt.



Michel Tognini, inzwischen Leiter des Europäischen Astronautenzentrums der ESA in Köln, im „White Room“ bevor er in das Shuttle für die STS-93 Mission in Juli 1999 einsteigt. (Foto: NASA)

Der vorletzte Halt des Countdown erfolgt 20 Minuten vor dem Start, wenn der Shuttle Test Director das abschließende Briefing mit der Startmannschaft durchführt. Wenn der Countdown etwa 10 Minuten später wieder beginnt, werden die Bordcomputer und das Ersatzflugsystem in Startkonfiguration gebracht. Der letzte Halt des Countdown erfolgt 9 Minuten vor dem Start. Wenn dann die Startfreigabe erfolgt, beginnt der Endteil des Countdown.

Bei 7 Minuten 30 Sekunden vor dem Start wird der Zugangsbereich zum Orbiter zurückgezogen und die Aufnahmegeräte (Flugrecorder) des Shuttle für den Flug werden aktiviert. Die Höhenruder, Bremsklappen und Ruder werden überprüft und in ihre Startposition gebracht. Die Düsen der Haupttriebwerke werden auf Bereitschaft überprüft.

Bei etwas weniger als drei Minuten vor dem Start wird der Tank für flüssigen Sauerstoff auf Betriebsdruck gebracht und die Haube, die die Bildung von Eis an der Sauerstoff-Entlüftungsöffnung verhindert, wird zurückgefahren. Der flüssige Wasserstoff im Außentank wird auf

Betriebsdruck gebracht, indem die Entlüftungsöffnung für die Verdampfung geschlossen wird. 50 Sekunden vor dem Start schaltet das Shuttle von der Energieversorgung des Bodens auf Bordversorgung um.



STS-106 auf dem Startplatz. Der „White Room“ ist am Ende des Zugangsarms am Orbiter befestigt. Die „Beanie-Kappe“ an der Spitze des Außentanks vor ihrer Entfernung. (Foto: NASA)

31 Sekunden vor dem Start beginnen die Bordcomputer des Shuttle mit ihrer Startsequenz. Das Schalldämpfungssystem wird aktiviert und Wasser ergießt sich auf das Deck der mobilen Startplattform und Teile der Startanlage und das Shuttle vor akustischen Schäden durch die Vibrationen beim Start zu schützen. Bei T-11 Sekunden wird zur Einhaltung der Sicherheit des Startplatzes das System zur Zerstörung der Feststoffraketen aktiviert.



Test des Schalldämpfungssystems am Startplatz 39A des Kennedy Space Center. (Foto: NASA)



## Start in die Umlaufbahn

Der Befehl zum Starten der Haupttriebwerke wird bei T-10 Sekunden gegeben. Flammen werden unter den Haupttriebwerken gezündet um restlichen Wasserstoff zu verbrennen. Die Bordcomputer steuern die Öffnung der Ventile, die dem flüssigen Sauerstoff und dem flüssigen Wasserstoff erlauben, zu den Turbopumpen zu strömen. Bei T-6,6 Sekunden starten die Haupttriebwerke und bauen innerhalb von 3 Sekunden 90% des Schubs auf. Zu diesem Zeitpunkt beginnt die Zündung der Feststofftriebwerke zum Start.



Start der STS-114 Mission am 26. Juli 2005. (Foto: NASA)

Nach Zündung der Feststofftriebwerke gibt es kein Zurück. Der Shuttle steigt auf und verlässt den Startturm etwa 7 Sekunden nach dem Start. Nach Verlassen des Startturms geht die Missionskontrolle an das Johnson Space Center über.

Eine Minute nach dem Start in einer Höhe von 10,2 km sind die dynamischen Belastungen des Shuttle am größten. Um diese Belastungen der Shuttle-Oberfläche im erlaubten Bereich zu halten, werden die Haupttriebwerke zu diesem Zeitpunkt auf 75% ihrer Leistung gedrosselt. Nach dieser Phase werden die Haupttriebwerke wieder auf vollen Schub hochgefahren.

Zwei Minuten nach dem Start ist der Treibstoff der Feststofftriebwerke verbraucht. Diese werden dann vom Orbiter abgesprengt. Das Shuttle ist dann in einer Höhe von etwa 48 km und hat eine

Geschwindigkeit von 4650 km/h. Die gebrauchten Gehäuse der Feststofftriebwerke fliegen noch bis auf 75 km Höhe, bevor sie zur Erde zurückfallen.

Fünf Minuten nach dem Start, wenn die verbrauchten Triebwerke auf eine Höhe von etwa 5 km gefallen sind, werden ihre Fallschirme geöffnet, die sie für ein sicheres Aufschlagen auf der Oberfläche des Atlantik abbremsen. Die Gehäuse werden geborgen und zu einer Aufarbeitungsanlage gebracht.



Bergungsschiff beim Einholen der Feststofftriebwerksgehäuse. (Foto: NASA)

Acht Minuten nach dem Start, in einer Höhe von fast 100 km, werden die Haupttriebwerke des Shuttle abgeschaltet. Der Shuttle hat dann eine Geschwindigkeit von fast 27000 km/h. Nach dem Abschalten der Haupttriebwerke wird die Bahn mit Hilfe der beiden Triebwerke des Bahnsteuersystems zum Erreichen der Umlaufbahn korrigiert. Dies erfolgt kurz nach dem Absprengen des Außentanks während das Shuttle bezogen auf die Erde auf dem Rücken liegend fliegt.



Außentank der STS-114 Wiederflug-Mission nach der Absprengung. (Foto: NASA)

Der abgeworfene Außentank fliegt auf einer ballistischen Bahn und bricht bei Eintritt in die Erdatmosphäre über einem abgelegenen Teil des Indischen Ozeans auseinander. Inzwischen wird durch ein nochmaliges Zünden der Triebwerke des Bahnsteuersystems die vorgesehene Umlaufbahn erreicht.



## Rückkehr- und Landeverfahren

Die Missionskontrolle gibt etwa eine Stunde vor der Landung die Anweisung zum Zünden der Bremstriebwerke für die Rückkehr. Vorher wird der Shuttle gedreht, so dass sein Heck in Flugrichtung zeigt. Die Triebwerke des Manövriersystems werden für 3 bis 4 Minuten betätigt, um das Shuttle abzubremsen und damit die Höhe zu verringern. Dann wird der Orbiter wieder so gedreht, dass die Nase in Flugrichtung zeigt. Er fällt dann 30 Minuten im freien Fall. Dabei wird seine Lage (Neigung, Gieren und Rollen) durch Steuertriebwerke kontrolliert. Der Orbiter tritt bei etwa 120 km Höhe mit einer Geschwindigkeit von etwa 7,6 km/sec in die obere Schicht der Atmosphäre ein. Bei diesem Wiedereintritt in die Atmosphäre umgibt überhitztes Plasma das Shuttle und bewirkt eine Unterbrechung der Kommunikation bis zu einer Höhe von etwa 45 km.



Luftbild der Shuttle Landeeinrichtungen im Kennedy Space Center. (Foto: NASA)

Wenn der Luftdruck zunimmt, werden die vorderen Steuertriebwerke abgeschaltet. Danach werden auch die hinteren Steuertriebwerke abgeschaltet, da die Querruder an den Flügeln des Shuttle zu wirken beginnen und die Steuerung dann wie bei einem Flugzeug erfolgt. Danach beginnen die Höhenruder zu wirken, und die Steuertriebwerke für die Neigung werden ausgeschaltet. Sobald die Geschwindigkeit des Shuttle unter Mach 10 fällt, öffnet sich eine Aerodynamikbremse am Seitenleitwerk. Dies erfolgt etwa 12 Minuten vor der Landung. Bei Mach 3,5 wird das Seitenruder aktiviert und die Giertriebwerke werden abgeschaltet.

Das Shuttle beginnt nun mit den Manövern, die ihm erlauben, den Landeanflug in der gewünschten Höhe und mit der gewünschten Geschwindigkeit zu beginnen. Das Shuttle beginnt eine Reihe von steilen Kurven und rollt dabei mehr als 80 Grad zu jeder Seite, um die Geschwindigkeit zu vermindern. Durch diese Reihe von Kurven sieht die Bahn des Shuttles vor der Landung einem verlängerten Buchstaben „S“ ähnlich.

Fünf Minuten vor der Landung fliegt das Shuttle im Unterschallbereich in einer Höhe von 14.900 m und etwa 35 km vom Landepunkt entfernt. Der Kommandant übernimmt die Steuerung des Shuttle für den Endanflug und die Landung.

In einer Höhe von 5000 m ist das Shuttle etwa 16 km vom Landepunkt entfernt. Wenn er sich auf die Landebahn ausrichtet, beginnt der Shuttle einen steilen Abstieg mit einer Neigung der Nase von 19 Grad unterhalb der Horizontale. Das ist 6-mal steiler, als der Gleitpfad von 30 Grad eines typischen Passagierflugzeuges bei der Landung.



STS-112 Landung am 18. Oktober 2002. (Foto: NASA)

Während des Endanflugs fällt der Shuttle 20-mal schneller in Richtung Landebahn, als ein kommerzielles Passagierflugzeug, da Sinkrate und Geschwindigkeit ansteigen. Bei weniger als 600 m über dem Boden hebt der Kommandant die Nase des Shuttle und verringert die Sinkrate um das Shuttle in einen Gleitwinkel von 1,5 Grad für die Landung zu bringen. 15 Sekunden vor der Landung wird das Fahrwerk ausgefahren.

Beim Aufsetzen während der Landung rollt das Shuttle mit einer Geschwindigkeit von 340 bis 360 km/h. Der Bremsfallschirm wird entfaltet und der Shuttle kommt zum Stehen. Danach beginnen die Prozeduren nach der Landung.



Human Spaceflight  
SPACE FOR LIFE

Informationen zur  
Astrolab Mission



## Start- und Landeverfahren

### Prozeduren nach der Landung

Wenn das Shuttle auf der Landebahn angehalten hat, beginnen die Aktivitäten des Bergungskonvois. Die Verantwortung für die Mission geht vom Johnson Space Center wieder auf das Kennedy Space Center über. Der Bergungskonvoi besteht aus einer Anzahl von Spezialfahrzeugen und einem Team von Spezialisten, die das Shuttle sichern und warten und den Ausstieg der Mannschaft unterstützen. Dieser Konvoi umfasst elf Spezialfahrzeuge sowie eine Reihe konventioneller Befehls- und Notfallfahrzeuge. Die Hauptaufgabe des Bergungskonvois ist die Wartung des Shuttle, seine Vorbereitung für das Abschleppen, die Unterstützung der Mannschaft beim Verlassen des Shuttle und endlich das Abschleppen zu den Wartungseinrichtungen.

Nach der Landung ist die erste Warteposition des Konvois 60 m entgegen der Windrichtung vom Shuttle. Das Sicherheitsteam bewegt sich bis zu 30 m in die Nähe der Backbordseite des Shuttle. Ein Spezialist in Schutzkleidung testet das Heck des Shuttles auf mögliche Explosionsgefahren und giftige Gase. Falls diese bei ruhigen Wetterbedingungen hohe Konzentrationen aufweisen, werden die möglicherweise gefährlichen Gase mit Hilfe einer mobilen Windmaschine weggeblasen.



Beginn der Prozeduren nach der Landung. Das Fahrzeug der Mannschaft zur Überprüfung der Sicherheit befindet sich rechts vom Orbiter. (Foto: NASA)

Sobald wie möglich werden Leitungen am Shuttle befestigt um die Wasserstoffkonzentration an Bord zu messen. Wenn die Konzentration unter 4% liegt, gehen die Arbeiten weiter. Falls die Konzentration jedoch größer als 4% ist, wird ein Notabschaltung der Energieversorgung des Shuttles veranlasst. Die Mannschaft verlässt das Shuttle umgehend und auch das Personal des Konvois verlässt den Bereich und wartet auf die Verringerung der Wasserstoffkonzentration. Wenn

diese unter 4% liegt, beginnt der Fluss von Kühlmitteln und Reinigungsluft durch die Nabelschnurleitungen. Reinigungsluft stellt Kühlung und Luftbefeuchtung für den Laderaum und andere Hohlräume zur Verfügung und entfernt dadurch restliche explosive und giftige Dämpfe.

Wenn festgestellt worden ist, dass die Umgebung und das Shuttle sicher sind, können weitere Aktivitäten beginnen. Die erste Priorität ist es, der Mannschaft beim Verlassen des Shuttle zu helfen. Das Spezialfahrzeug für den Zugang zur Luke des Shuttle fährt an das Shuttle heran und sichert den Zugangsraum. Die Luke wird geöffnet und ein Arzt betritt den Shuttle für eine kurze medizinische Untersuchung der Mannschaft. Dann verlässt die Mannschaft den Shuttle.



Das Mannschaftsfahrzeug fährt zum Shuttle Discovery zur Aufnahme der Mannschaft nach der Landung von Mission STS-114 am 9. August 2005. (Foto: NASA)

Die Flugmannschaft an Bord des Shuttle wird durch eine Austauschmannschaft ersetzt, die den Shuttle für das Abschleppen vorbereitet, Schaltersicherungen anbringt und bei Bedarf Experimentaldaten sichert. Nach 30 Minuten für die Abkühlung der Reifen ist das Shuttle bereit zum Abschleppen. Das Abschleppfahrzeug wird durch eine Abschleppstange mit dem Shuttle verbunden. Endlich, etwa zwei Stunden nach der Landung, wird der Shuttle von der Landebahn geschleppt.



Space Shuttle Discovery wird nach der Landung der STS-114 Mission abgeschleppt. (Foto: NASA)