

## Mars Reconnaissance Orbiter

Alle zwei Jahre öffnet sich aufgrund der planetaren Konstellationen ein Startfenster zum Mars. Das 2005er Startfenster wurde zum Start des Mars Reconnaissance Orbiter (Mars Aufklärungs-Orbiter, MRO) genutzt. Der exakte Starttermin für den 2180 kg schweren Orbiter war der 10. August 2005, der Flug zum Mars dauerte 7 Monate bis in den März 2006 hinein, danach war eine längere Aerobrakingphase (Geschwindigkeitsanpassung durch mehrfaches Eintauchen in die Marsatmosphäre beim Passieren des Planeten) bis in den November 2006 geplant, um einen energieoptimalen Orbit für die wissenschaftlichen Experimente erreichen zu können. Ab diesem Zeitpunkt sollte MRO bis ins Jahr 2010 hinein neben seiner eigenen wissenschaftlichen Aufgaben der Marsforschung als leistungsfähiges Funkrelay für alle bestehenden bzw. zukünftigen Oberflächenmissionen dienen. Der Orbiter hatte genügend Treibstoff an Bord, um danach für weitere fünf Jahre seine Funkrelayfunktion für alle späteren Marssonden ausüben zu können.

Der MRO war der erste seiner Art von Orbitern, die mit einer einzigartigen Ausrüstung sehr ehrgeizige Ziele verfolgten. Der Schwerpunkt der Mission lag auch hier wie schon bei allen Vorgängermissionen auf der Suche nach Wasser und der Erkundung von Landeorten zukünftiger Oberflächenmissionen. Darüber hinaus ersetzte MRO die beiden bereits sehr betagten Orbiter [Mars Global Surveyor \(MGS\)](#) und [Mars Odyssey](#) bzw. unterstützte sie bei der Aufgabe, als Funkrelaystation aller laufender (Mars Exploration Rover) oder zukünftiger oberflächengestützter Missionen zu dienen.

Der Orbiter studierte nach seiner Marsankunft den Planeten mit einer Reihe von in verschiedenen Ländern hergestellten Instrumenten. Der Schwerpunkt lag eindeutig auf Hochleistungskameras, die zum ersten Mal ähnlich leistungsfähig waren, wie die der europäischen [Mars Express](#)-Unternehmung. Alle Instrumente zusammengenommen sollten dabei mehr als das 40fache der Datenmengen aller NASA-Vorgängermissionen zur Erde zurückübertragen. Die Gesamtkosten dieser Mission beliefen sich auf 500 Millionen Dollar einschliesslich der gesamten Onboard-Ausrüstung und der Atlas V Startrakete. Der Orbiter hatte eine Ausrüstung von 6 Onboard-Experimenten zusammen mit einer kompletten, "Electra" genannten Funkrelaystation an Bord :

- Mars Climate Sounder
- Reconnaissance Imaging Spectrometer
- High Resolution Imager
- Wide Swath Context Camera
- Multi Color Imager
- Radar Sounding Instrument (entspricht dem [Marsis-Radar von Mars Express](#))

Insgesamt ähnelte diese Ausrüstung dem bis dahin schon seit mehr als zwei Jahren im Marsorbit operierenden Mars Express der ESA doch sehr. Eine sehr detaillierte Beschreibung der Ausrüstung von Mars Reconnaissance Orbiter [gibt es hier](#).

Die folgende Tabelle fasst die zeitlichen Abläufe der Mission zusammen, die [momentane Position des Raumschiffes kann hier](#) abgelesen werden:

Aktion	Datum	Bemerkungen
Betankung	20.07.2005	MRO wird mit 1196 kg hochreinem Hydrazins als Treibstoff für die Lagekontrolltriebwerke betankt. Damit steigt seine Masse auf 2180 kg.

Endmontage	25.07.2005	Das Raumschiff wird fest in seine <a href="#">Starthülle in der Atlas V Startrakete</a> (Nutzlastaufsatz) eingebaut, die direkt nach dem Start nach der Durchquerung der Erdatmosphäre in der ersten Phase im
Endtests	04.08.2005	<del>Die letzten Feinjustagearbeiten</del> Die letzten Feinjustagearbeiten werden durchgeführt. Die Startkonfiguration wurden erfolgreich abgeschlossen. Das Raumschiff ist bereits fest montiert im Startkomplex 41 des Cap
MRO Start	12.08.2005	<del>Das Raumschiff hat nach</del> Das Raumschiff hat nach <a href="#">problemlosen Start um 14:41 Uhr</a> durch Zündung des Haupttriebwerkes für 5 min 25 sec den Erdborbit verlassen und seine Reise zum Mars angetreten. Der gewählte Kurs führt zunächst am Mars vorbei, um die Kontaminierung des Planeten bei unvorhergesehenen Startproblemen zu verhindern. Erst weitere Kurskorrekturmanöver werden MRO den Mars erreichen lassen. Am Abend des 12.
Kamerakalibrierung	15.08.2005	<del>Erste Kalibrierung der japanischen Kamera</del> Erste Kalibrierung der japanischen Kamera für die Mars-Observation. Ein 4er-Element Spiegel von etwa 1,5 m Durchmesser wird in einer Höhe von etwa 300 km über dem <a href="#">Pegels der Erde</a> . Die Kamera soll später in
TCM-1	27.08.2005	<del>Manöver zur Auflösung der Orbithöhe</del> <a href="#">Manöver zur Auflösung der Orbithöhe</a> : Das erste Kurskorrekturmanöver (1 von 3) mit der längsten Brenndauer. Die 6 Hauptmotoren feuerten insgesamt 15 s lang, danach wurden noch einmal die 6 kleineren Manövriertriebwerke für eine Dauer von 30 s eingesetzt. Die Geschwindigkeit des Raumschiffes änderte sich damit um 7.8 m/s und der Eintrittspunkt in den Marsorbit für den 10. März 2006 wurde so auf eine sichere Höhe von 395 km festgelegt. Um die fast 2000 kg Masse des Raumschiffes im Raum bewegen zu können, geben die 6 Haupttriebwerke je 38 pounds, die 6 Manövriertriebwerke je 5 pounds Schub. Die Haupttriebwerke werden erst wieder zum Einbremsen in den Standardorbit am 10. März 2006 benötigt. Die weiteren Kurskorrekturen werden mit den Manövriertriebwerken erledigt. Die Feinjustage des Orbit-Eintrittspunktes

findet mit den weiteren  
Kurskorrekturmanövern statt.

Kamerakalibrierung	08.09.2005	In einer Entfernung von 10 Mio km vom Mond wurden die Context Kamera, die optische Navigationskamera und die HighGain Antenne erfolgreich auf korrektes Funktionieren getestet. Fotos vom Mond und vom Sterncluster Omega Centauri zeigen, dass die Kameras und die für die Kommunikation mit der Erde unverzichtbare
TCM-2	18.11.2005	<a href="#">Hochgeschwindigkeit Manöver 2 (TCM2)</a> Das Kurskorrekturmanöver H2 ist die Originalseite der NASA. Die sechs Manövriertriebwerke mit jeweils 18 Newton Schub wurden für 20s eingesetzt, um die Geschwindigkeit des Raumschiffes um 75
Kamerakalibrierung	28.12.2005	Erneut während der verschiedenen Kamerasysteme an Bord des Raumschiffes verschiedenen Funktionstests unterzogen. Dabei wurde vor allen Dingen mit der für die Mission wichtigen Hochauflösungskamera verschiedene Bilder von Planeten und Sternen aufgenommen, so z.B: <a href="#">das Kreuz des Südens, die Marsmonde und der</a>
TCM-3	03.02.2006	<a href="#">Offener Sternfeld der M&amp;C 4753 (TCM3)</a> : Das dritte Kurskorrekturmanöver (TCM3) der Mars-Phase ist ein Feintuning der Marsumlaufbahn/Centers Feintuning der exakten Eintrittsbahn. Dieses Korrekturmanöver fiel weg, da das
TCM-4/TCM-5	28.02.2006	Diese beiden Kurskorrekturmanöver dienten dazu, die Fehler der vorherigen Kurskorrekturen zu korrigieren und den exakten Eintrittspunkt für die Zündung des Haupttriebwerkes zum Einschwenken in die Marsumlaufbahn zu setzen. Dieser
Standardorbit	10.03.2006	MRO wird am 25. März bei einem Anflug in 8000 km Höhe mit einer Geschwindigkeit von etwa 5 km/s passieren. Zum Einschwenken in die Umlaufbahn muss MRO seine Geschwindigkeit um etwa 1 km/s vermindern und zwar durch 25 minütiges Feuern seiner 6 Haupttriebwerke (je 190 N Schub) gegen die Fahrtrichtung ( <a href="#">MOI = Mars Orbit Injection</a> ). Es ist neben dem Start das kritischste Manöver der ganzen Mission. Dadurch schwenkt MRO

in einen vorläufigen, stark elliptischen 35 h Orbit ein. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Schritte ist [hier angegeben](#).

<p><a href="#">Aerobraking</a></p>	<p>bis 09.2006</p>	<p>Der anfänglich stark elliptische Orbit muss durch allmähliche Bremsung bei jedem <a href="#">Durchqueren der oberen Schichten der Marsatmosphäre</a> im tiefsten Punkt der Orbitalbahn (Periapsis) in einen zirkularen, sonnensynchronen Orbit überführt werden, der das Raumschiff in etwa 300 km Höhe unter immer gleichen Sichtbedingungen synchron zur Sonne in einer exakten Nord-Süd Bahn über beide Pole hinweg um den Mars kreisen lässt. Die Umlaufdauer reduziert sich von 35 Stunden auf 112 Minuten. Nur mit einer solchen Bahngeometrie sind die wissenschaftlichen Missionsziele erreichbar. <a href="#">Mars Global Surveyor</a> und <a href="#">Mars Odyssey</a> haben ähnliche Bahnen, wohingegen der europäische <a href="#">Mars Express</a> bei einer stark elliptischen Orbitalgeometrie arbeitet. Aufgrund dieser ähnlichen Bahnen begegnen sich die Orbiter auch hin und wieder auf ihrem Weg</p>
<p>Erkundungsphase</p>	<p>bis 11.2008</p>	<p>Nachdem Mars wie <a href="#">Konjunktion</a> begab am <a href="#">9.10.2006</a> die zwigs Die halbe Arbeit. Die <a href="#">Sensoren</a> trug je nach Tag über 80 Stunden 2006 bis 2008. Die Daten der <a href="#">Beobachtungen</a> wurden in insgesamt <a href="#">600 Terabyte</a> die Mission 26-34 Terabyte Daten wurden MRO 250 km den <a href="#">Mars Orbiter</a>, der 1999 verloren ging, allerdings nicht über die reichhaltige Instrumentierung von MRO verfügte. Die beiden im Orbit um den Mars befindlichen Orbiter <a href="#">Mars Global Surveyor</a> und <a href="#">Mars Odyssey</a> würden im weiteren Verlauf der Mission abgeschaltet werden, da der MRO über ähnliche Instrumente wie diese verfügte. Die Primärmission erstreckte sich über zwei Jahre vom November 2006 bis zum November 2008. Alle 17 Tage konnte das Raumschiff eine Gegend beobachten und aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufnehmen. Nach 359 Tagen nahm es die Ursprungsposition wieder ein und konnte die Gegend unter demselben Blickwinkel nach Veränderungen untersuchen. So waren sowohl Veränderungen beobachtbar wie auch stereoskopische Bilder möglich.</p>

Relay Phase	bis 12.2010	<p>Danach wurde die Raumsonde als Relay für Landemissionen bis Dezember 2010 genutzt. Der Orbiter hatte genügend Treibstoff, um 5 Jahre lang aktiv zu sein, so dass es, wenn es keine Ausfälle geben sollte, man eventuell die Beobachtungsphase verlängern konnte. Der <a href="#">Phoenix</a> Mars Lander landete im Mai 2008. Die <a href="#">beiden Rover Spirit und Opportunity</a> waren ebenfalls noch aktiv als MRO den Mars erreichte. Er unterstützte daher den Orbiter <a href="#">Mars Odyssey</a> bei der Datenübertragung und so konnten weitere 8 Terabit an Daten in der Relay Phase gewonnen werden.</p> <p>Wenn die Mission ausläuft (geplant für den 31.12.2010) wird der Orbit der Sonde auf 350 - 410 km Höhe angehoben um eine Kontamination des Mars mit Bakterien zu verhindern, die eventuell die 5 Jahre im Weltraum in der Sonde überlebt haben. Die Sonde muss einen Orbit erreichen der mindestens 50 Jahre stabil ist. Das Missionsende ist nur von der Finanzierung bestimmt. Der Orbiter selbst hat noch genügend Treibstoff für 5 weitere Jahre, wenn es keine unvorhergesehenen Ereignisse gibt. Da die nächsten 2 Missionen zwei Landemissionen</p>
-------------	-------------	--

beinhalten (z.B. MSL im Jahre 2012) dürfte es sehr wahrscheinlich sein, dass man die Mission verlängert. Nach den Planungen der NASA würde es vor 2013 mit MAVEN keine neue Orbiter-Mission geben, so dass MRO auf jeden Fall als Relayorbiter erhalten bleiben mußte, um die Kommunikation der Bodenfahrzeuge mit der Erde aufrecht erhalten zu können.

