



## Der lange Weg zum Mars

Keinen anderen Planeten erforschen wir so intensiv wie den Mars - "nur" rund 60 Millionen Kilometer entfernt, ähnelt er der Erde in Vielem. Seit Monaten sucht "Curiosity", der teuerste fahrbare Roboter aller Zeiten, nach Spuren des Lebens auf dem Roten Planeten; werden eines Tages Menschen folgen? Quarks & Co macht sich auf den langen Weg zum Mars

**Redaktion:**

Wolfgang Lemme

**Chefautor:**

Daniel Münter

**Autoren:**

Katharina Adick,  
Reinhart Brüning,  
Heinz Greuling,  
Ismeni Walter

**Assistenz:**

Ursula Heidtmann

Mit Neugier auf den Mars

Bermuda-Dreieck Mars

Flug zum Mars – Showdown auf der Erde

Geheimnisvoller Mars

Gibt es Wasser auf dem Mars?

Gibt es Leben auf dem Mars?

Die Reise zum Mars

Milliardengrab Weltraumforschung?

## Mit Neugier auf den Mars

*Der Mars-Roboter Curiosity ist eine technische Meisterleistung*



Über zehn Jahre tüfteln mehr als 7000 Planer, Techniker, Ingenieure und Wissenschaftler am Mars-Roboter "Curiosity" (englisch für Neugier). Es ist das größte Marsfahrzeug, das je gebaut wurde. Mit fast einer Tonne Gewicht ist Curiosity rund sechsmal schwerer als seine Vorgänger. Die Ingenieure müssen deshalb eine komplett neue Landetechnik entwickeln.

Das Problem: Der Mars hat – anders als der Mond – eine Atmosphäre. Diese verhält sich je nach Wetterlage völlig unterschiedlich: Bei einem kalten Tag ist sie viel dichter und bei der Landung wird man viel stärker abgebremst. Doch die Mars-Atmosphäre alleine kann das Raumfahrzeug nicht genug verlangsamen – dafür ist sie viel zu dünn. Die Idee der NASA-Konstrukteure damals: Ein riesiger Fallschirm soll Curiosity bremsen. Er ist mit 16 Metern Durchmesser der größte Fallschirm, den die NASA je entworfen hat und soll die Raumsonde von 1500 auf 300 km/h verlangsamen. Ob das funktioniert, wird für diese Mission im größten Windtunnel der Welt zum ersten Mal getestet. Doch das Ergebnis ist ein Schock: Der Fallschirm zerfetzt.

Damit haben die Ingenieure nicht gerechnet. Sie müssen die Fehlerquelle finden, oder der Zeitplan für die ganze Mission steht in Frage. Es ist nicht der einzige Punkt, weswegen die Wissenschaftler am Gelingen dieser Marsmission zweifeln. Immerhin soll sich der Roboter mit eingebautem Labor alleine über die Oberfläche des Roten Planeten bewegen und eigenständig Analysen durchführen. Quarks & Co begleitet den steinigen Weg vom ersten Entwurf bis zum Raketenstart. Jetzt angucken.

**Filmautorin: Katharina Adick**

## Bermuda-Dreieck Mars

### *Eine Bilanz der Rückschläge der Mars-Missionen*



Eine Mission zum Mars birgt viele Gefahren. Von den 40 Sonden, die bislang Richtung Mars gestartet sind, scheiterten elf bereits beim Start.

Aber auch die zweite Phase – der "freie Flug" über Millionen von Kilometern – ist gefährlich: Sonnenstürme und das Bombardement der kosmischen Strahlung können die Sonde beschädigen.

Nach dem langen freien Flug ist die kontrollierte Annäherung an den Mars die dritte große Herausforderung. Bei diesem Abbremsmanöver können die Ingenieure von der Erde aus nicht mehr eingreifen: Funksignale brauchen für die Strecke zum Mars mindestens eine Viertelstunde.

Die letzte Etappe der Reise – die Landung – ist die schwerste. Die Sonde muss ganz allein durch die turbulenten Schichten der Marsatmosphäre steuern.

Sehen Sie die ernüchternde Bilanz der Mars-Missionen im Quarks-Film. Jetzt angucken.

**Filmautor: Reinhart Brüning**

## Flug zum Mars – Showdown auf der Erde

*Die schwierige Landung auf dem Mars – und wie die NASA sie inszeniert*



Curiosity ist nicht nur der größte, er ist auch der teuerste Mars-Roboter aller Zeiten. Die Kosten summieren sich auf rund 2,6 Milliarden US-Dollar. Für die NASA stand mit diesem Projekt viel auf dem Spiel.

Am 26. November 2011 macht sich Curiosity auf den Weg zum Mars. Der Start klappt wie aus dem Bilderbuch – doch der schwierigste Teil der Reise steht noch bevor. Bis zur Landung vergehen acht Monate. Als es schließlich soweit ist, veröffentlicht die NASA ein Video, das die technischen Herausforderungen dramatisch inszeniert. Quarks & Co zeigt daraus einige Ausschnitte – und außerdem das Zittern der Ingenieure während der entscheidenden Minuten: bei der Landung von Curiosity auf dem Mars. Jetzt anschauen!

**Filmautorin: Katharina Adick**

## Geheimnisvoller Mars

### *Gibt es Wasser auf dem Mars?*



Zwei Polkappen, Vulkanberge, Canyons, Wüsten, Schluchten und Geröllhalden: Auf dem Mars ist Vieles wie auf der Erde. Doch er hat vermutlich all das verloren, was die Erde noch birgt: Wasser, Wärme und Leben. Doch unter der Oberfläche, so die Hoffnung der Wissenschaftler, könnte Wasser gespeichert sein. Indizien dafür gibt es. Quarks & Co zeigt stellt sie vor und zeigt den Mars in eindrucksvollen Bildern. Jetzt angucken.

**Filmautor: Heinz Greuling**

## Gibt es Wasser auf dem Mars?



Auf dem Mars gibt es viele Anzeichen von Wasser aber nirgendwo wurde bislang ein flüssiges Tröpfchen gefunden. Wo ist das Wasser hin? Dazu gibt es verschiedene Theorien; hier die prominenteste:

Der Mars ist vermutlich genauso alt wie die Erde. Vor etwa 4,5 Milliarden Jahren ist er entstanden. Und zu Anfang war er ein sehr aktiver Planet mit einem heißen, flüssigen Inneren. Unzählige Vulkane spien Wasserdampf und andere Gase wie Kohlenstoffdioxid. Die Gase bildeten mit der Zeit eine Atmosphäre. Wolken entstanden, Regen fiel, Flüsse, Seen und Meere füllten sich mit Wasser. Vor etwa vier Milliarden Jahren herrschten auf dem Mars vielleicht Bedingungen, die auch Leben ermöglichten.

### **Warum das flüssige Wasser vom Mars verschwand**

Genau wie der Erdkern bestand damals auch der Kern des Mars aus flüssigem Gestein, das in ständiger Bewegung war. In Verbindung mit der Drehung des Planeten entstand dadurch ein Magnetfeld – das Prinzip eines Dynamos. Dieses Magnetfeld schützte den Planeten und seine Atmosphäre vor Teilchenströmen der Sonne: dem Sonnenwind. Genauso ist das auch bei uns auf der Erde.

Das Problem: Das flüssige Gestein im Marsinneren kühlte sich über viele Millionen Jahre so stark ab, dass der Dynamo zum Stehen kam. Damit verlor der Mars auch sein Magnetfeld. Jetzt traf der Sonnenwind ungehindert auf die Marsatmosphäre und pustete sie weg. In der Folge verschwand auch das Wasser – es verdunstete in den Weltraum.

### **Wasser unter der Mars-Oberfläche?**

Heute könnte auf der Mars-Oberfläche gar kein flüssiges Wasser mehr existieren. Es würde sehr schnell verdampfen, da es nur einen sehr geringen atmosphärischen Luftdruck gibt. Aber unter der Oberfläche, so die Hoffnung der Marsforscher, könnte Wasser gespeichert sein. Und wo Wasser ist, da könnte auch noch Leben sein. Aber die Suche danach ist sehr, sehr mühsam.

**Daniel Münter**

## **Gibt es Leben auf dem Mars?**

*Wie Forscher nach außerirdischem Leben suchen*



Auf der Suche nach außerirdischem Leben landeten 1976 die Viking-Sonden auf dem Mars. Seitdem gab es viele Missionen. Aktuell erforscht "Curiosity" den Mars – mit so viel wissenschaftlichem Aufwand wie nie zuvor. Über allen Missionen steht dieselbe Frage: Gibt oder gab es dort jemals Leben?

Der Mars von heute ist unwirtlich: Die Weltraumstrahlung bombardiert ihn, der Luftdruck beträgt nur etwa 7 Millibar, es ist sehr kalt und trocken. Doch trotzdem hält die Astrobiologin Elke Rabbow vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt Leben auf dem Mars für möglich. Sie weiß: Vor allem einfaches Leben hält eine Menge aus. Vielleicht hätten sich auf dem Mars Mikroben entwickeln können.

Welche Hinweise die Forscher bislang auf außerirdisches Leben finden konnten, sehen Sie im Quarks-Film. Jetzt angucken.

**Filmautorin: Ismeni Walter**

## Die Reise zum Mars

*Fliegt der Mensch 2035 zum roten Planeten?*



US-Präsident Barack Obama kündigt den Flug zum Mars an.

„Um das Jahr 2035 werden wir Menschen zu einer Marsumrundung schicken und sicher zur Erde zurückbringen. Später werden wir auch auf dem Mars landen. Und ich werde das noch miterleben!“ Mit diesen Worten machte es US-Präsident Barack Obama am 15. April 2010 offiziell: Die NASA soll ernsthaft einen bemannten Flug zum Mars vorbereiten! Der Mond ist nicht mehr das vordringliche Ziel. Die amerikanischen Raumfahrtexperten sollen nun umsetzen, was bislang eher als vage Vision gehandelt wurde: Astronauten sollen den Mars erkunden! Und auch die Europäische Weltraumorganisation ESA möchte sich an einer bemannten Mission zum Mars beteiligen. Doch ist eine solche Mission wirklich durchführbar? Quarks & Co sprach mit Planern von NASA und ESA über die Herausforderungen dieser aufwendigsten Expedition aller Zeiten.

### Warum Menschen zum Mars schicken?



Derzeit noch eine Vision: Menschen auf dem Mars.

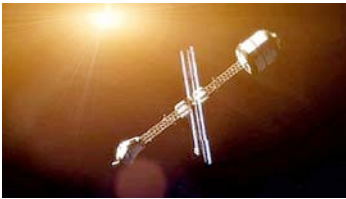
Die wichtigste Frage, die sich bei der Erforschung des Mars stellt, lautet: Gibt es dort Spuren von Leben? Denn sichere Erkenntnisse darüber könnten auch helfen, die Entstehung von Leben auf der Erde besser zu verstehen. Am besten könnte der Mensch selber diese Forschung auf dem Mars durchführen, sagen viele Experten. Bruno Gardini, der Leiter der Abteilung Explorationsprogramme bei der ESA: „Natürlich können wir Roboter dort danach suchen lassen, aber nur Menschen werden letztlich in der Lage sein, diese winzigen Lebensspuren zu finden.“ Beim Einsatz von Robotern auf dem Mars gibt es ein grundsätzliches Problem. Wegen der langen Entfernung zwischen Mars und Erde können Roboter nicht live gesteuert werden, da ein Funksignal zum Mars und zurück mindestens 30 Minuten benötigt. Außerdem kann ein Roboter immer nur eine sehr begrenzte Zahl von Aufgaben durchführen. Beides erschwert die Suche nach mikroskopisch kleinen Spuren erheblich. Doch offenbar scheint auch die Faszination, als Mensch den Fuß auf einen fremden Planeten zu setzen, eine wichtige Rolle zu spielen. Bret Drake ist einer der Chefplaner für die Marsmission bei der NASA. Er sagt zur Motivation für den Marsflug: „Das gehört zum menschlichen Forschungsdrang: Wir wollen wissen, was am nächsten Horizont liegt.“



Ein Marsraumschiff müsste sehr groß sein ...

### Eine sehr lange Reise

Der Mars könnte allerdings nur durch eine sehr lange Reise erreicht werden: Nach den aktuellen Planungen der NASA würde sie über zweieinhalb Jahre dauern! Grund sind die unterschiedlichen Planetenbahnen von Mars und Erde. Beide kreisen zwar um die Sonne, aber nicht immer als „nahe Nachbarn“. Im Gegenteil. Oft befindet sich der Mars auf der der Erde gegenüberliegenden Seite der Sonne – mit heutiger Technologie unerreichbar weit von unserem Heimatplaneten entfernt. Die Astronauten können also nur dann zum Mars fliegen, wenn er der Erde für einige Wochen besonders nahe kommt – dann ist er aber immer noch 56 Millionen Kilometer weit weg! Und es dauert mindestens 180 Tage, ein Raumschiff dorthin zu schicken. Nach 180 Tagen entfernt sich aber der Mars wieder von der Erde. Die Folge: Nach der Landung müssen die Astronauten anderthalb Jahre auf dem Roten Planeten verbringen, bis er wieder in eine erdnahe Position kommt und der Rückflug möglich ist.



Kosmische Strahlung wäre bei der Marsmission ein großes Problem.

### Ein sehr großes Raumschiff

Ein Raumschiff, das Astronauten zum Mars bringen kann, wäre das größte Raumfahrzeug aller Zeiten – nach Kalkulationen der NASA zwei bis dreimal größer als die **Internationale Raumstation (ISS)**, die selbst schon 455 Tonnen wiegt. Das „Marsschiff“ muss viel Treibstoff an Bord haben, außerdem ein Landefahrzeug mit der Marsunterkunft, die Forschungsausrüstung, und es muss eine mindestens sechsköpfige Mannschaft mit allem Lebensnotwendigen versorgen können: Nahrungsmittel, Sauerstoff, Wasser. Ähnlich wie bei der ISS könnte dieses Raumschiff von der Erde nicht als Ganzes ins All gestartet werden, sondern nur in mehreren Teilen, die dann in der Erdumlaufbahn vollautomatisch verkoppelt würden. Erst dann könnten die Astronauten von der Erde aus selbst zur fertigen Marsrakete starten. Noch suchen die Konstrukteure nach neuen Antriebstechnologien für das Superraumschiff. Bei herkömmlichen Antrieben sorgt allein das Gewicht des Treibstoffs für ein Transportproblem. Nukleare Antriebe wären zwar effektiver und leichter, aber bei ihnen gibt es das Risiko einer nuklearen Verseuchung, wenn die Rakete beim Start von der Erde explodieren sollte.





Man müsste mit mehreren kleineren Raketen landen ...

### Risiken während des Fluges

Ein Hauptproblem während einer Marsreise ist das Strahlenrisiko für die Astronauten durch **Sonnenstürme** und die **galaktische Strahlung** aus den Tiefen des Weltalls. Das Risiko ist viel stärker als bei der Raumstation ISS, die durch das Magnetfeld und die Atmosphäre der Erde zumindest teilweise geschützt wird. Wissenschaftler suchen deshalb nach neuem, strahlenundurchlässigen Material – für die Außenhaut der Rakete und für die Schutzräume der Mannschaft. Ein weiteres Problem: die Schwerelosigkeit. Sie kann bei den Astronauten Muskel- und Knochenschwund erzeugen. Die Experten überdenken verschiedene Lösungsansätze. „Man könnte das Raumschiff rotieren lassen und so künstlich Schwerkraft erzeugen, aber das ist eine ziemliche Herausforderung!“, meint Bruno Gardini von der ESA. NASA-Experte Bret Drake setzt eher auf konventionelle Konzepte: „Die Astronauten werden in 180 Tagen zum Mars fliegen. Das ist genau die Zeit, die heute Astronauten auf der Internationalen Raumstation ISS leben. Dort hilft Fitnesstraining gegen die Schwerelosigkeit. Das könnte auch auf einer Marsreise funktionieren.“



Menschen auf dem Mars – ein zu großes Risiko?

### Die Landung auf dem Mars

Die technisch größte Herausforderung ist die Marslandung selbst. Der Mars besitzt immerhin ein Drittel der Schwerkraft der Erde. Ein einzelnes bemanntes Raumschiff mit allem notwendigen Proviant, Treibstoff und Gerät wäre viel zu schwer für eine sanfte, sichere Landung. Die Lösung, an der die Ingenieure derzeit arbeiten, ist ungewöhnlich: Die Astronauten landen nur mit einem kleinen Raumschiff, das lediglich den Treibstoff für die Landung enthält. Alles Weitere würde schon Monate vorher zum Mars gebracht werden – unbemannt. Zum Beispiel die Marsforschungsstation selbst, und vor allem die Rückstartrakete, mit der die Astronauten zur Marsumlaufbahn zurückfliegen (wo wiederum das große Raumschiff wartet, mit dem die Astronauten zur Erde zurückkehren). NASA-Experte Bret Drake: „Unsere Astronauten werden die Erde erst verlassen, wenn wir sicher sind, dass die vorab unbemannt gelandeten Raumschiffe auf dem Mars auch voll funktionsfähig arbeiten.“

### Herausforderungen auf der Marsoberfläche

Nicht nur während der Reise, auch auf dem Mars selbst besteht, wenn auch abgeschwächt, das Problem der radioaktiven Strahlung aus dem All. Die Marsstation und auch das Auto, mit dem die Astronauten sich auf dem Mars fortbewegen sollen, müssten also ebenfalls einen effektiven Strahlenschutz

besitzen. Und die Zeit, in der Astronauten sich nur geschützt durch Raumanzüge zu Fuß auf dem Mars bewegen, müsste vermutlich streng limitiert werden. Eine weitere Herausforderung: Wenn Reparaturen notwendig werden oder gar Notfälle eintreten sollten, müssten die Astronauten sich selber helfen, da Hilfs- oder zusätzliche Versorgungsflüge von der Erde nicht möglich wären. Bret Drake: „Die Astronauten können nicht einfach jederzeit nach Hause fliegen. Also müssen wir ihnen alles mitgeben, was sie während dieser langen Mission zum Überleben brauchen.“ Enorm wären auch die Anforderungen an die Crewmitglieder selber. Sie müssten alle Fachbereiche für die Expedition abdecken. Ein Mediziner, ein Geologe, ein Biologe, ein Ingenieur und zwei erfahrene Piloten müssten an Bord sein, aber alle Astronauten müssten in Notfällen auch Aufgaben von anderen Besatzungsmitgliedern übernehmen können. Und sie müssten psychisch sehr robust sein, um die lange Mission unter dem Druck ständiger Lebensgefahr und immer auf engstem Raum mit den gleichen Personen auch gut bestehen zu können. Der Mars mag ein faszinierendes Ziel sein – doch bis Menschen sicher und verantwortbar dorthin geschickt werden können, müssen die Weltraumorganisationen noch viele schwierige Probleme lösen.

**Autor: Mike Schaefer**

### **Stichwörter**

#### **Internationale Raumstation (ISS)**

Die Internationale Raumstation (International Space Station, kurz ISS) ist eine bemannte Raumstation, die in internationaler Kooperation betrieben und noch weiter ausgebaut wird. Der Aufbau der ISS begann 1998 und die Raumstation ist seit dem 2. November 2000 permanent besetzt. Sie kreist in etwa 350 Kilometer Höhe ungefähr alle 90 Minuten um die Erde. Nach derzeitigem Stand hat die Station eine Größe von etwa 110 Metern Länge, 100 Metern Breite und 30 Metern Höhe, wiegt etwa 500 Tonnen und ist damit das größte künstliche Objekt in der Erdumlaufbahn. Die ISS ist ein gemeinsames Projekt der NASA, der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos, der Europäischen Weltraumagentur ESA, sowie der Raumfahrtagenturen Kanadas und Japans. In Europa sind Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien, die Niederlande, Norwegen, Schweden, die Schweiz und Spanien beteiligt. Geplant ist, die ISS mindestens bis ins Jahr 2020 zu betreiben.

### **Sonnenstürme**

Die Sonne schleudert ständig geladene Teilchen ins All. Dieser sogenannte Sonnenwind besteht vor allem aus Protonen und Elektronen und „weht“ relativ konstant. Für Astronauten bedeutet der Sonnenwind ein Strahlenrisiko, vor dem sie bei längeren Aufenthalten geschützt werden müssen. Besonders kritisch wird es aber bei Sonnenstürmen, also bei zwar seltenen, aber gewaltigen zusätzlichen Sonneneruptionen. Dann jagt die Sonne für kurze Zeit (wenige Stunden oder Tage) ein Vielfaches der Strahlung ins All.

Auf der Erde schützt ein Magnetfeld die Atmosphäre, indem es elektrisch geladene Teilchen des Sonnenwinds abfängt, auch bei Sonnenstürmen. Für bemannte Raumflüge, die außerhalb der Erdatmosphäre stattfinden, suchen die Wissenschaftler nach den geeigneten Konstruktionen für Schutzräume, in die sich Astronauten bei Sonnenstürmen in Sicherheit bringen könnten. Wichtig wäre auch ein zuverlässiges Frühwarnsystem, denn wenn ein Sonnensturm ausbricht, würde die Strahlung ein Marsraumschiff in weniger als einer Stunde erreichen. Viel Zeit bliebe also zukünftigen Mars-Astronauten nicht, sich in die Schutzräume zurückzuziehen.

### **Galaktische Strahlung**

Als galaktische Strahlung bezeichnet man eine hochenergetische Teilchenstrahlung aus den Tiefen des Weltalls (also jenseits unseres Sonnensystems). Die Strahlung besteht unter anderem aus Protonen und Elektronen. Die genaue Ursache dieser Strahlung ist noch nicht erforscht. Als mögliche Quellen werden unter anderem auch Supernovae, Schwarze Löcher und Quasare vermutet. Bei längeren bemannten Raumflügen stellt die galaktische Strahlung für Astronauten ein erhebliches Strahlenrisiko dar.

## Milliardengrab Weltraumforschung?

### *Über das Für und Wider der Raumfahrt*



Weltraumforschung kostet Milliarden. Bemannte Raumfahrt ist höchst riskant und kostet immer wieder Menschenleben. Doch all das war und ist für viele zuallererst Abenteuer, Spannung und Nervenkitzel; und Weltraumforschung befriedigt die menschliche Neugier, das Streben nach Erkenntnis: Live vom Mars aus die Sonne untergehen sehen – das verzaubert viele Menschen! Ebenso: Ein Roboter, ferngesteuert von der Erde, viele Millionen Kilometer entfernt – auf der Suche nach Leben.

Quarks & Co schaut in die Geschichte der Raumfahrt – von der Mondlandung 1969 bis zur aktuellen Mars-Mission: Welche Argumente sprechen für und welche gegen die Weltraumforschung? Jetzt angucken.

**Filmautor: Heinz Greuling**

**Impressum:**

**Herausgeber:**

Westdeutscher Rundfunk Köln

**Verantwortlich:**

*Quarks & Co*

Claudia Heiss

**Redaktion:**

Wolfgang Lemme

**Gestaltung:**

Designbureau Kremer & Mahler, Köln

**Bildrechte:**

Alle: © WDR

© WDR 2012