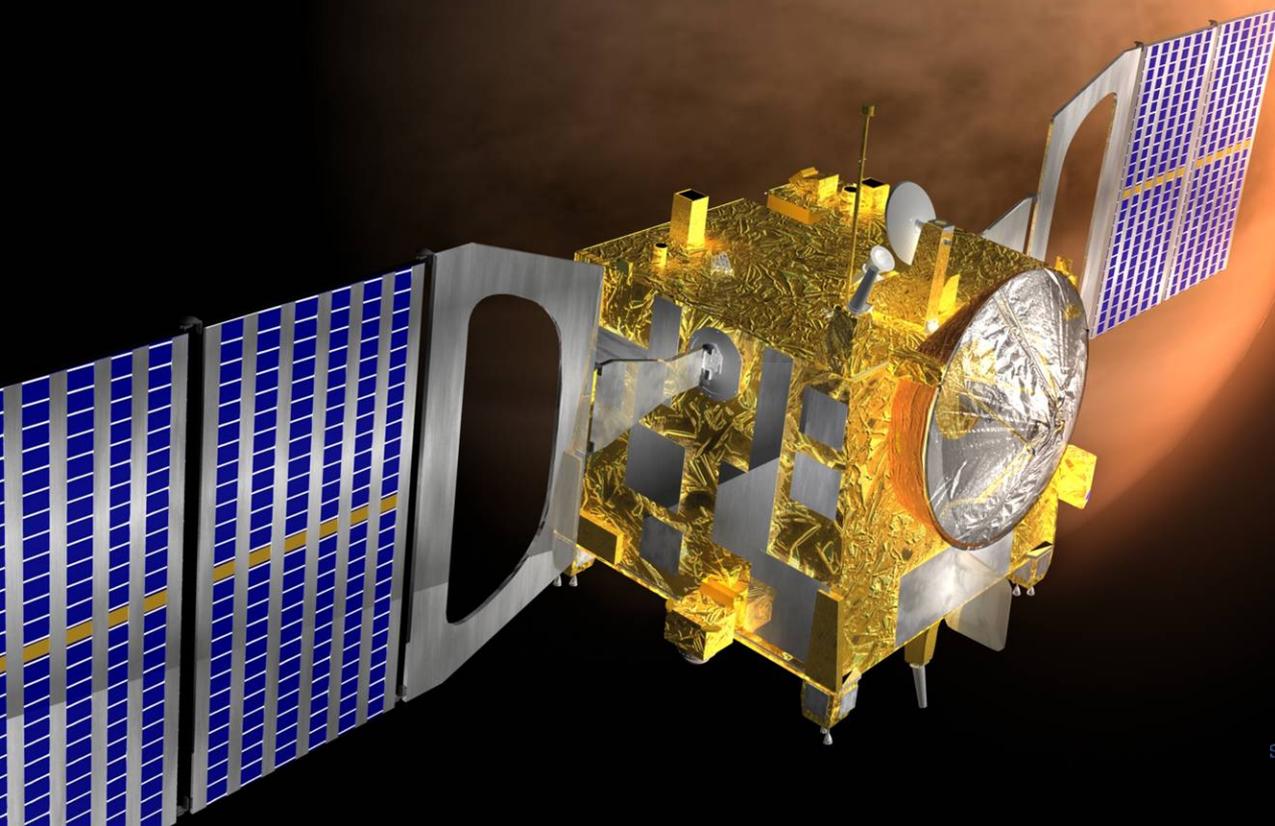


Interplanetare Missionen

Über die Herausforderung unser
Sonnensystem zu erforschen



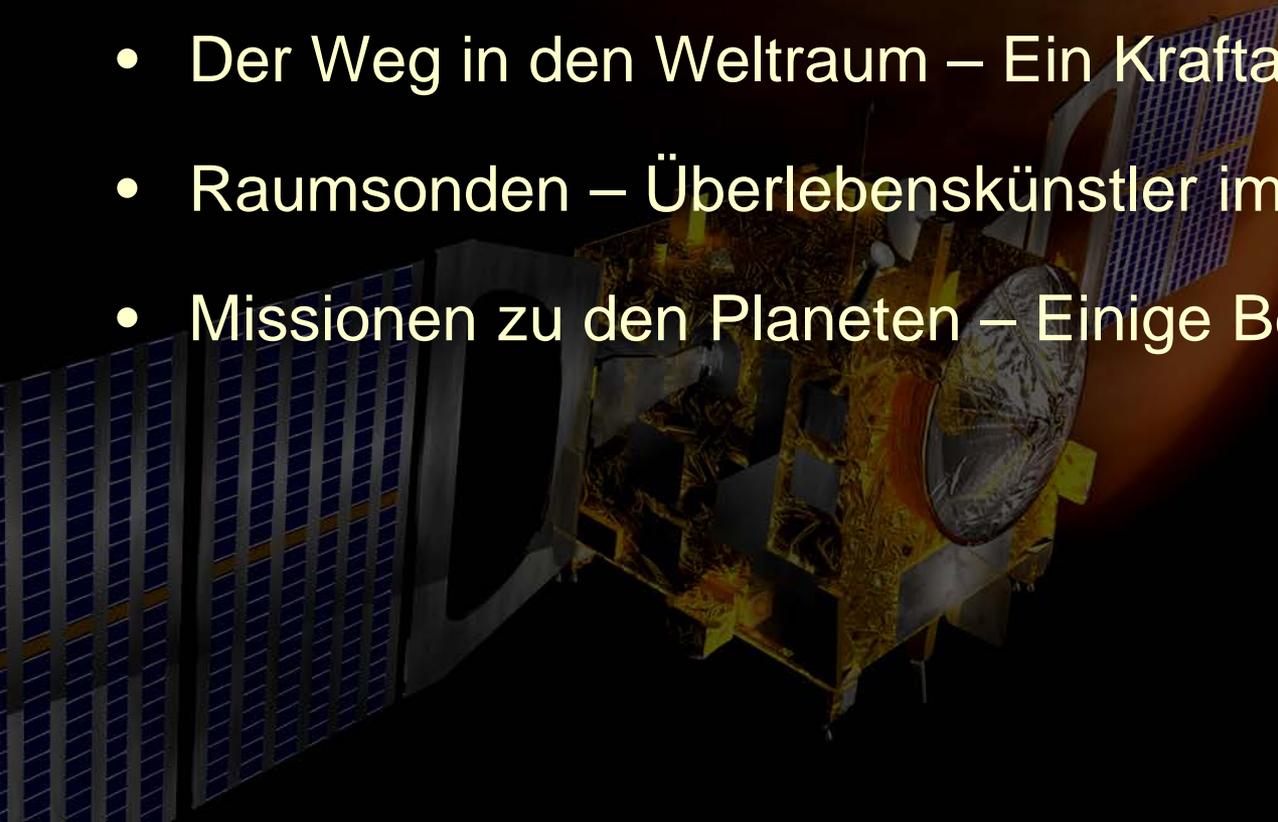
Studium Plus
Prof. Dr. R. Förstner



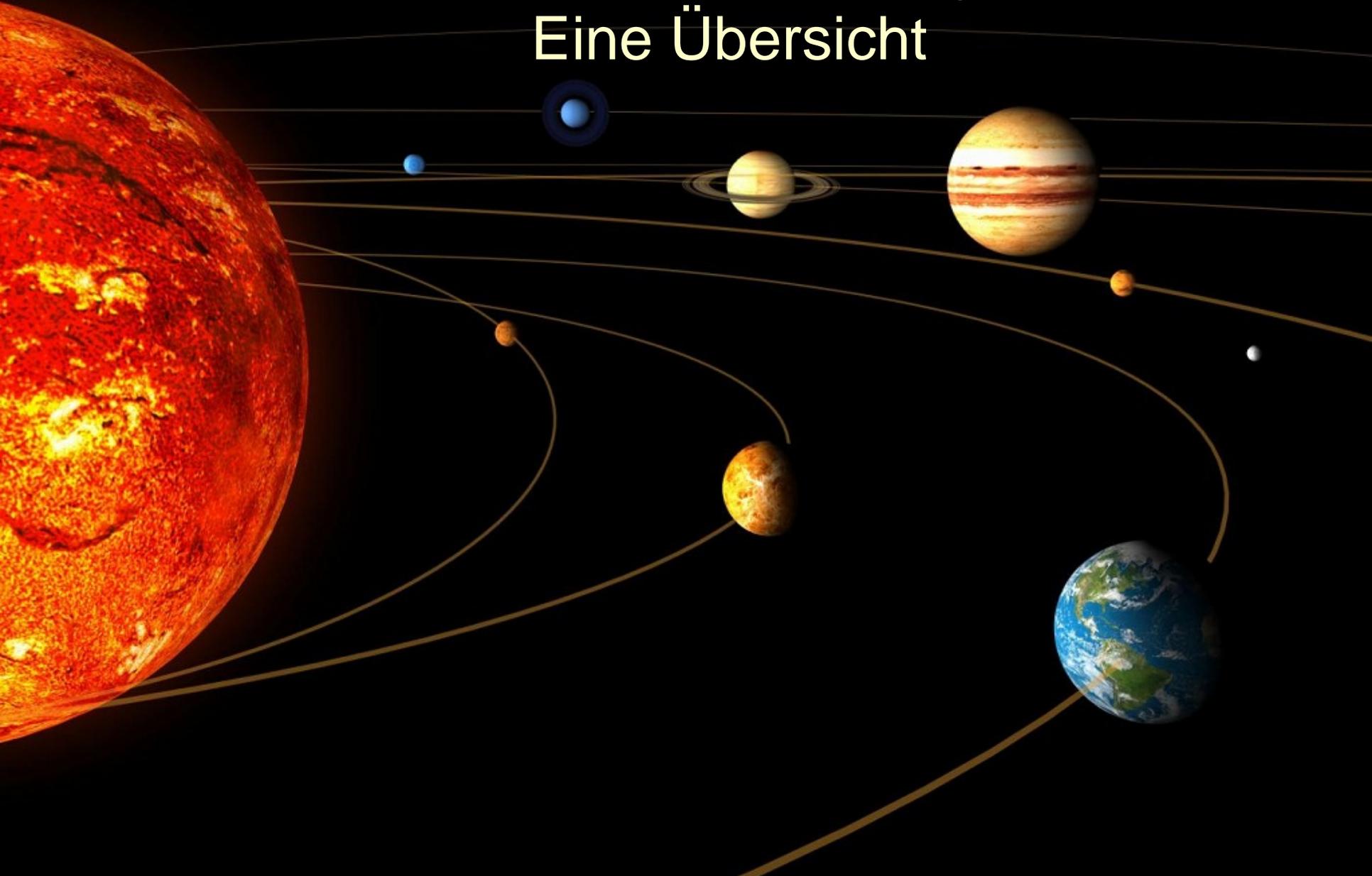
INSTITUTE OF
SPACE TECHNOLOGY & SPACE APPLICATIONS

Das erwartet Sie heute

- Missionen im Sonnensystem – Eine Übersicht
- Raumfahrt – Vergangenheit und Gegenwart
- Der Weg in den Weltraum – Ein Kraftakt
- Raumsonden – Überlebenskünstler im All
- Missionen zu den Planeten – Einige Beispiele



Missionen im Sonnensystem Eine Übersicht



Die Milchstraße – Unsere Galaxie

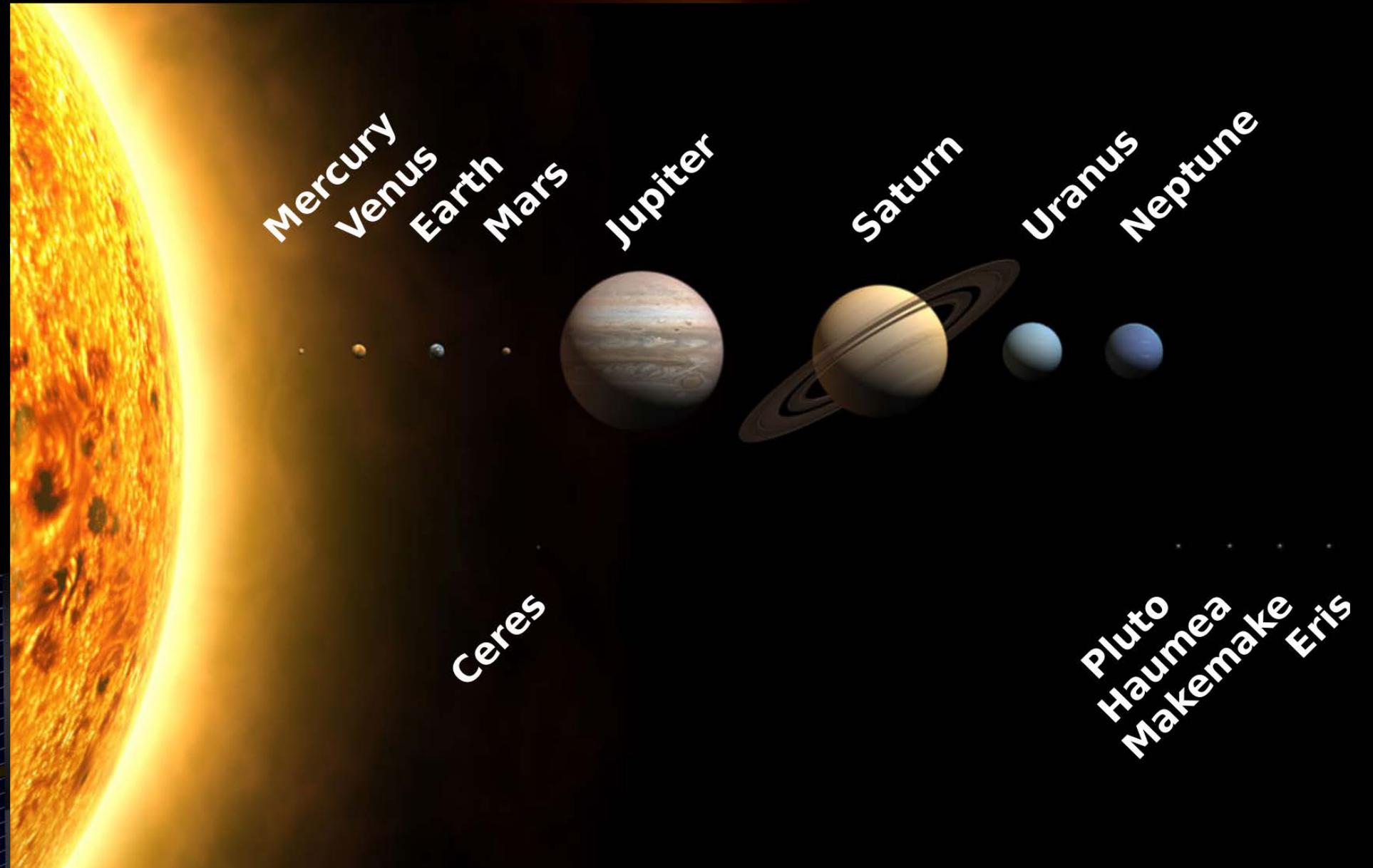
Durchmesser ca. 100 000 Lichtjahre

Alter ca. 13,6 Mrd. Jahre

Anzahl der Sterne ca. 300 Mrd.



Darstellung mit richtigen Größenverhältnissen



Europäische interplanetare Missionen



soho
Facing the Sun

venus express
Studying Venus' atmosphere



proba-2
Observing coronal dynamics and solar eruptions



bepicolombo
Exploring Mercury



solar orbiter
The Sun up close



cluster
Measuring Earth's magnetic shield

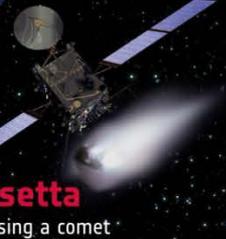


mars express
Investigating the Red Planet

juice
Characterising the conditions of ocean-bearing moons around Jupiter

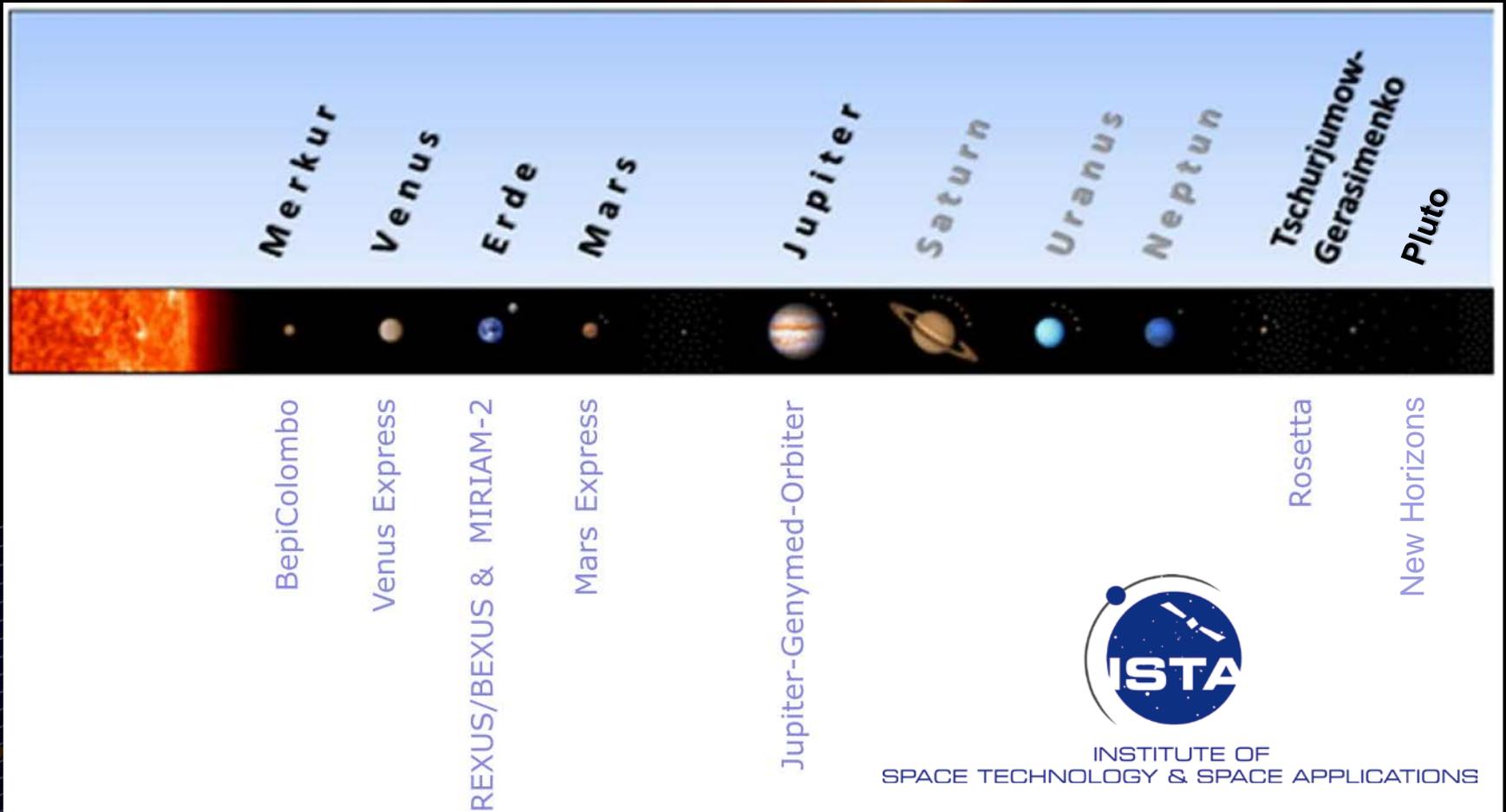


cassini-huygens
Studying the Saturnian system and landing on Titan



rosetta
Chasing a comet

Unsere Beteiligung an Raumfahrtmissionen



INSTITUTE OF
SPACE TECHNOLOGY & SPACE APPLICATIONS

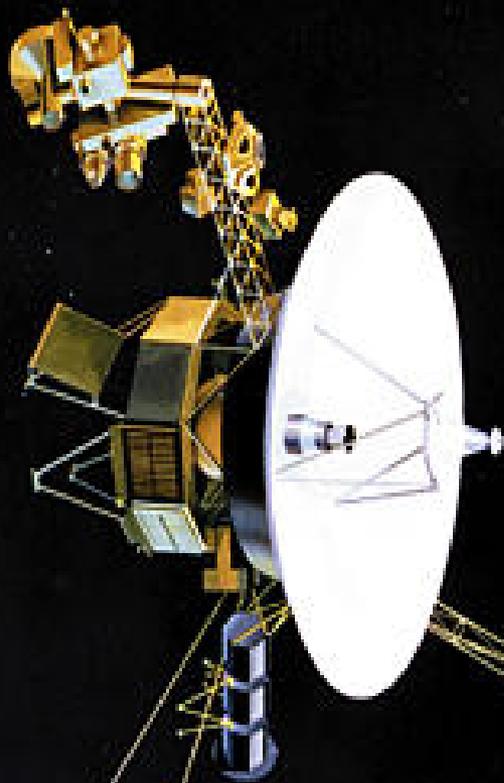


Gene Sclafani

Voyager und Pioneer Die Fernreisenden

- Die Sonden wurden in den 70er Jahren gestartet
- Pioneer 10 & 11 sowie Voyager 1 & 2 haben das Sonnensystem verlassen
- Die Pioneersonden sind nicht mehr aktiv
- Voyager 1 & 2 führen immer noch wissenschaftliche Messungen durch

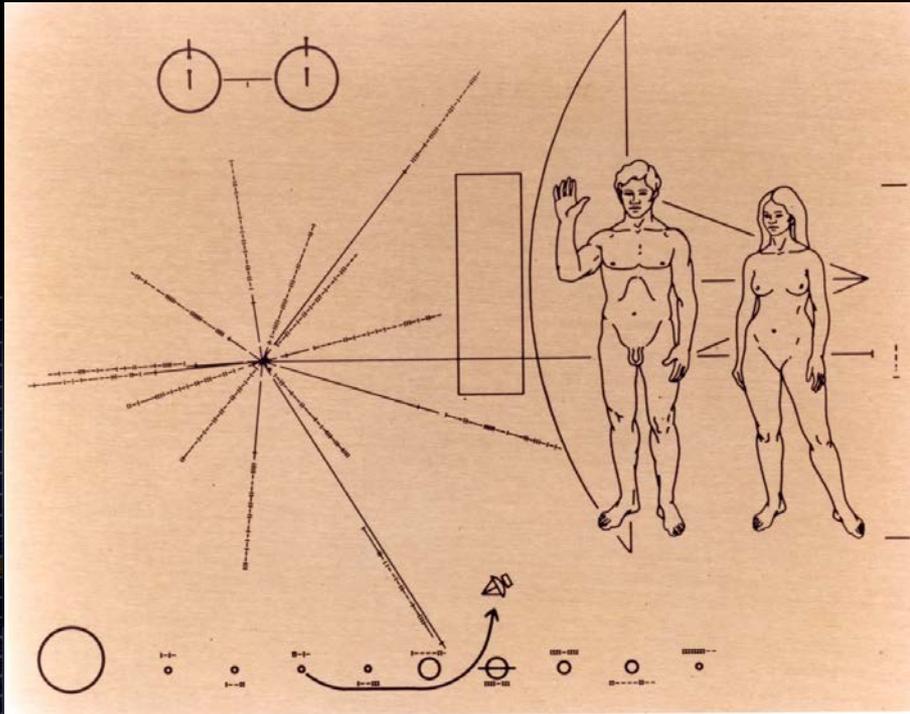
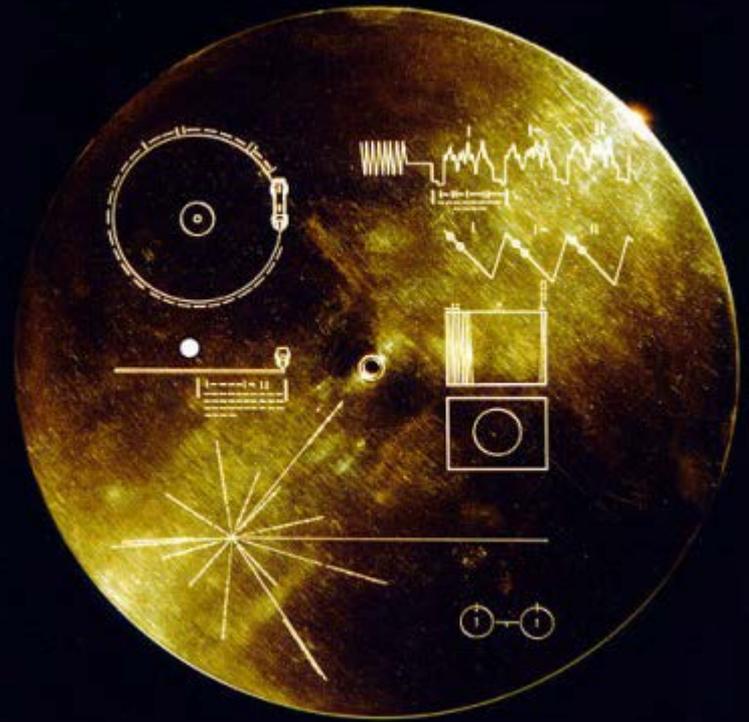




Reisezeit mit dem Auto (100 km/h):
ca. 24 000 Jahre

- Voyager 1 ist ca. 21 Mrd. Kilometer von der Erde entfernt und damit die am weitesten entfernte Raumsonde
- Ein Funktsignal mit Lichtgeschwindigkeit benötigt über 19,5 Stunden um Voyager zu erreichen.

Voyager und Pioneer haben Botschaften an Außerirdische an Bord

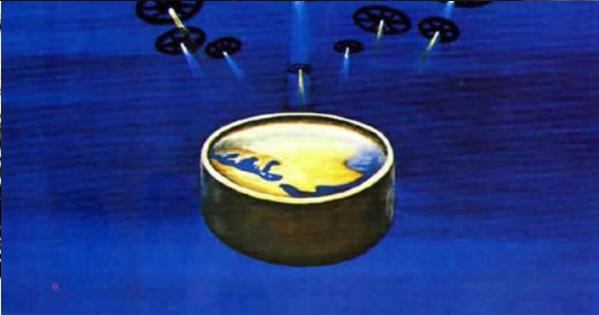
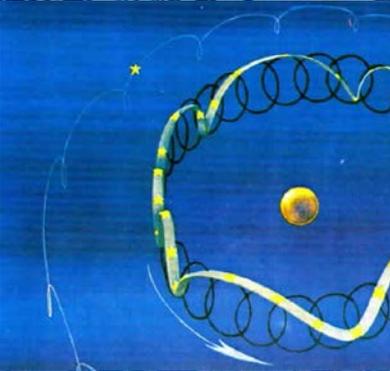


飛雲霹靂砲

把無
連轉
子

Raumfahrt Vergangenheit und Gegenwart





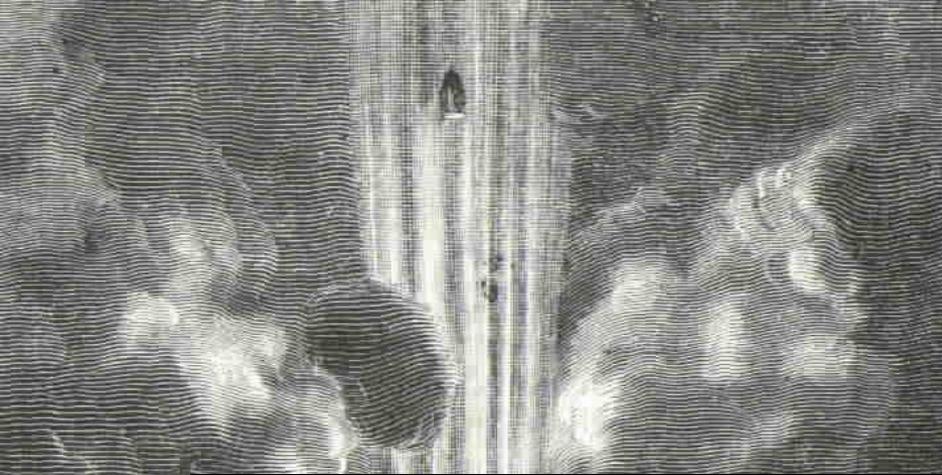
Raumfahrt und Literatur

- Vorstellung eines Weltraums mit bewohnten Himmelskörpern entwickelt sich ab dem 6. Jh. v. Chr.
- „Phantasiegeschichten“ bringen den Gedanken der Raumfahrt hervor
- Erster Raumfahrtroman ca. 160 n. Chr. von Lukian von Samosate (Vera Historia)
 - Menschen „segeln“ zum Mond und werden Zeuge einer Weltraumschlacht

JULES VERNE

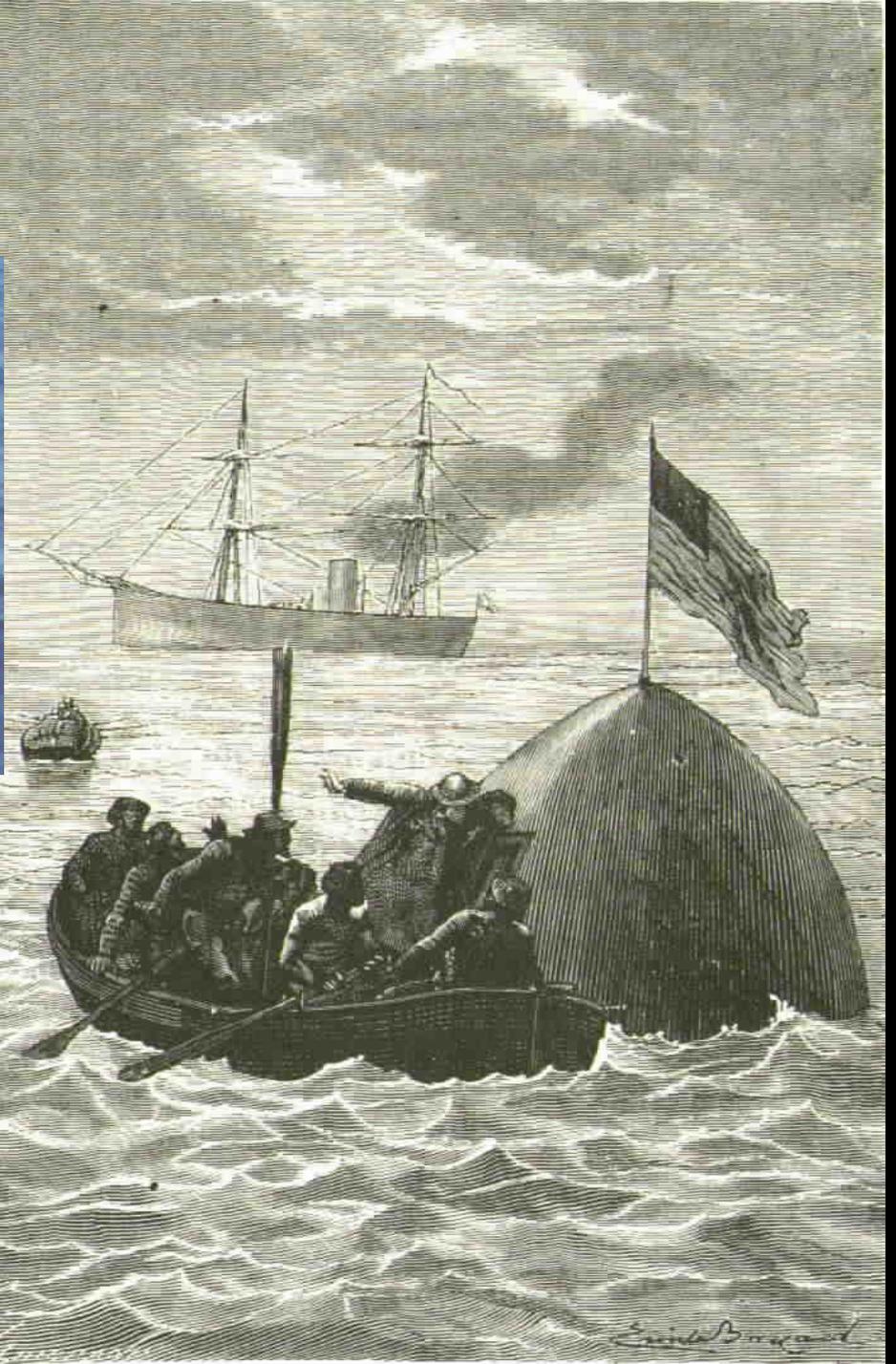
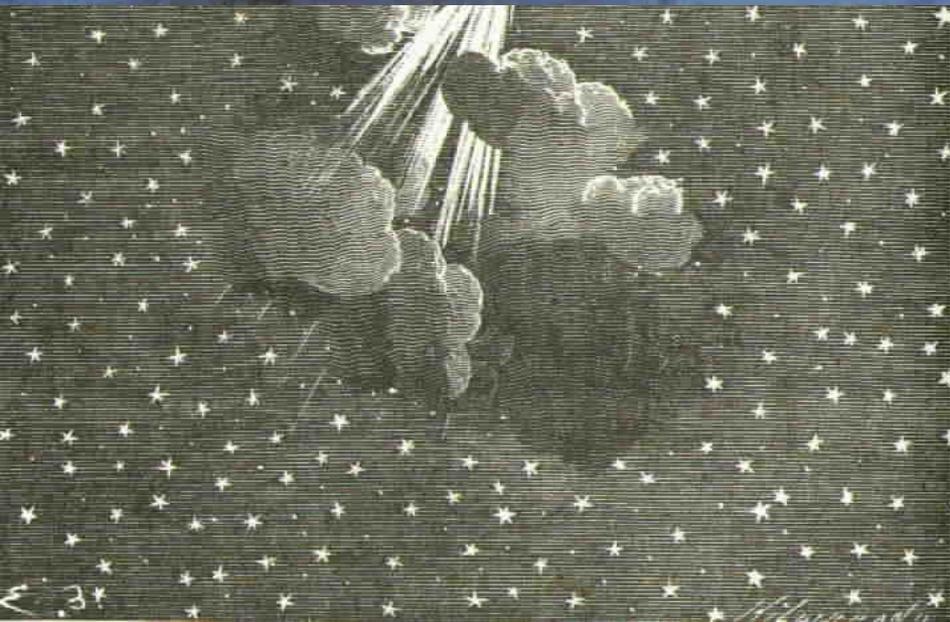
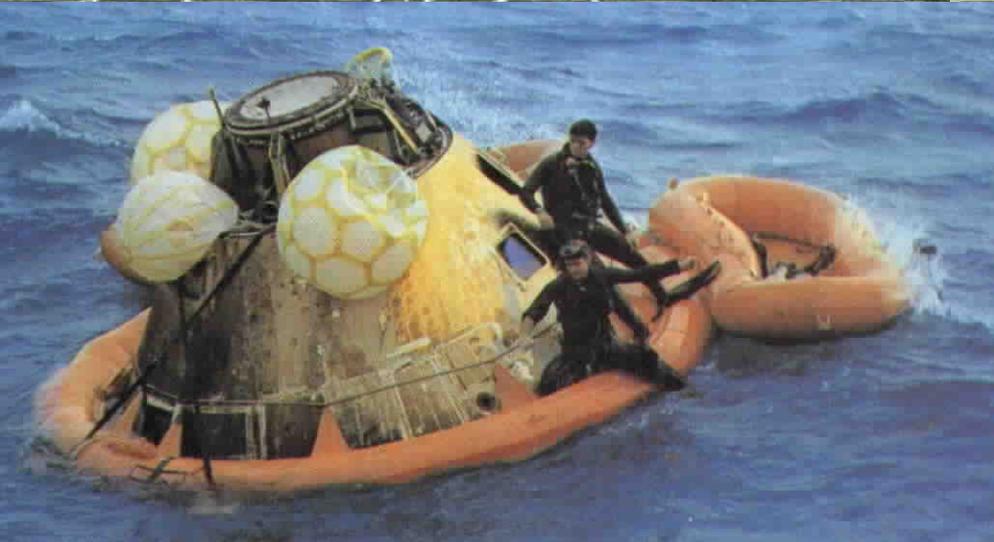
- Cyrano de Bergerac schreibt um 1650 zwei Romane über Reisen zum Mond
 - Er stellt verschiedene Methoden vor, um zum Mond zu gelangen. Darunter auch eine raketentriebene Flugmaschine





Erst 1865 erscheinen wieder nennenswerte
Raumfahrtromane, darunter „Von der Erde zum Mond“
und „Reise um den Mond“ von Jules Verne





Raketenhistorie

- 1232 wird erster Einsatz von „Feuerpfeilen“ bei der Belagerung der Stadt Kai-fung-fu beschrieben



- 1500: Der Fürst Wan Hu will mit einem „Raketenstuhl“ fliegen Er wurde nie wieder gesehen!



飛雲霹靂砲

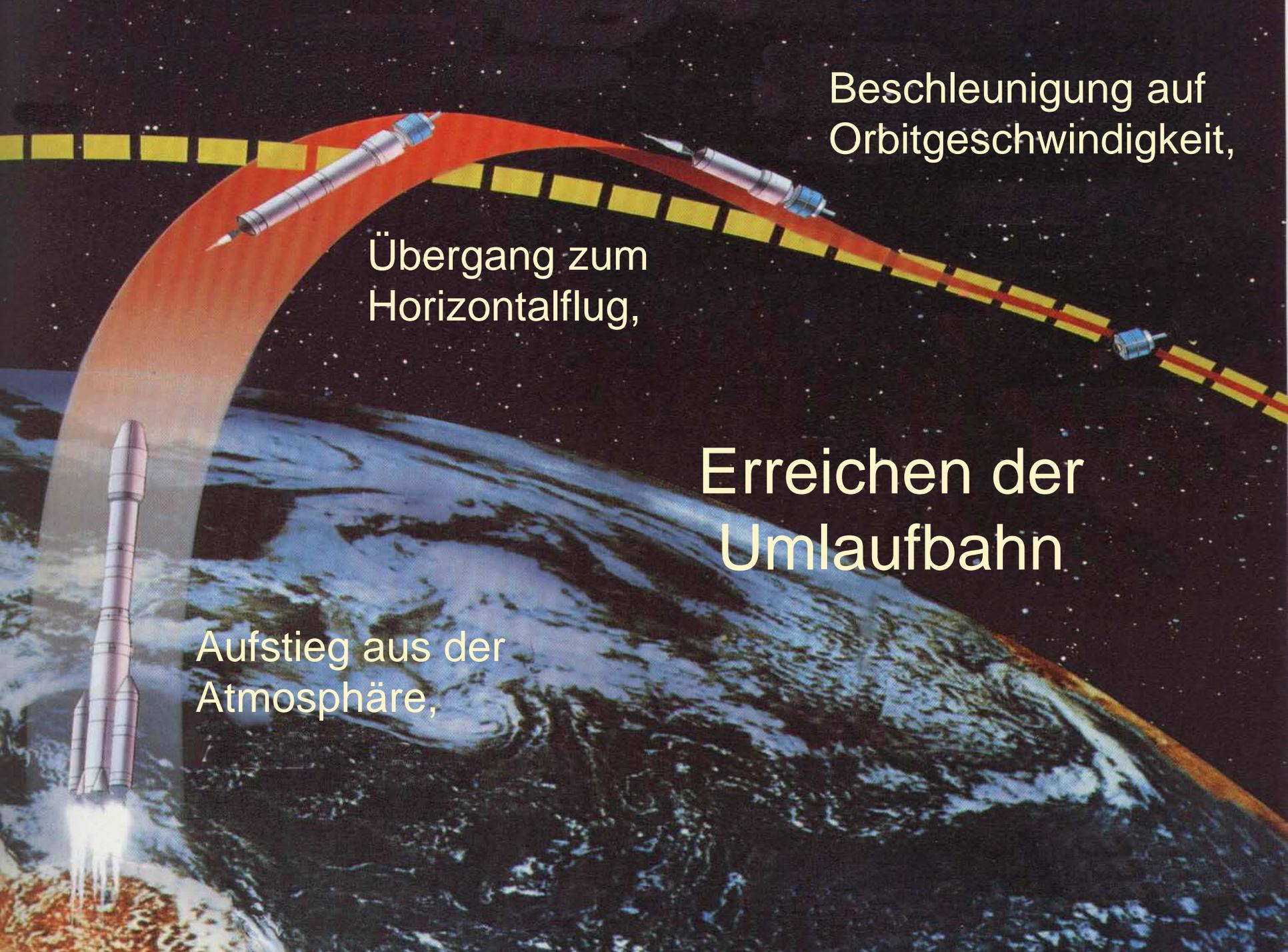
Historische Raumfahrtmissionen

- 1957 Erster Satellit
- 1957 Erstes Lebewesen
- 1961 Erster Mensch
- 1969 Mondlandung
- 1976 Marslandung
- 1981 Space Shuttle
- 1998 Int. Raumstation





*Der Weg in den Weltraum
Ein Kraftakt*



Beschleunigung auf
Orbitgeschwindigkeit,

Übergang zum
Horizontalflug,

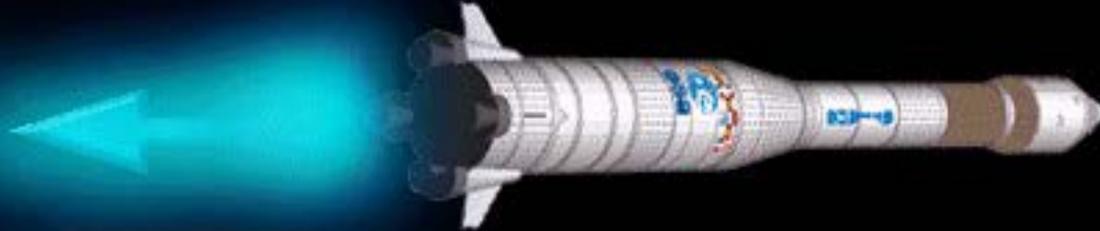
Erreichen der
Umlaufbahn

Aufstieg aus der
Atmosphäre,

Der Rückstoß

Actio

Reactio



Schub = Durchsatz x Ausstoßgeschwindigkeit



Aufbau

Ariane 5

Masse: 725 t

Höhe: 54 m

Nutzlast 18 t

Startleistung: 30 Mio PS



A collage of space-related images. In the foreground, a person in a white cleanroom suit works on a piece of equipment. To the right, a large satellite dish is visible. The background features several large satellites with solar panels, a space station, and a view of Earth from space. The text is overlaid in the center.

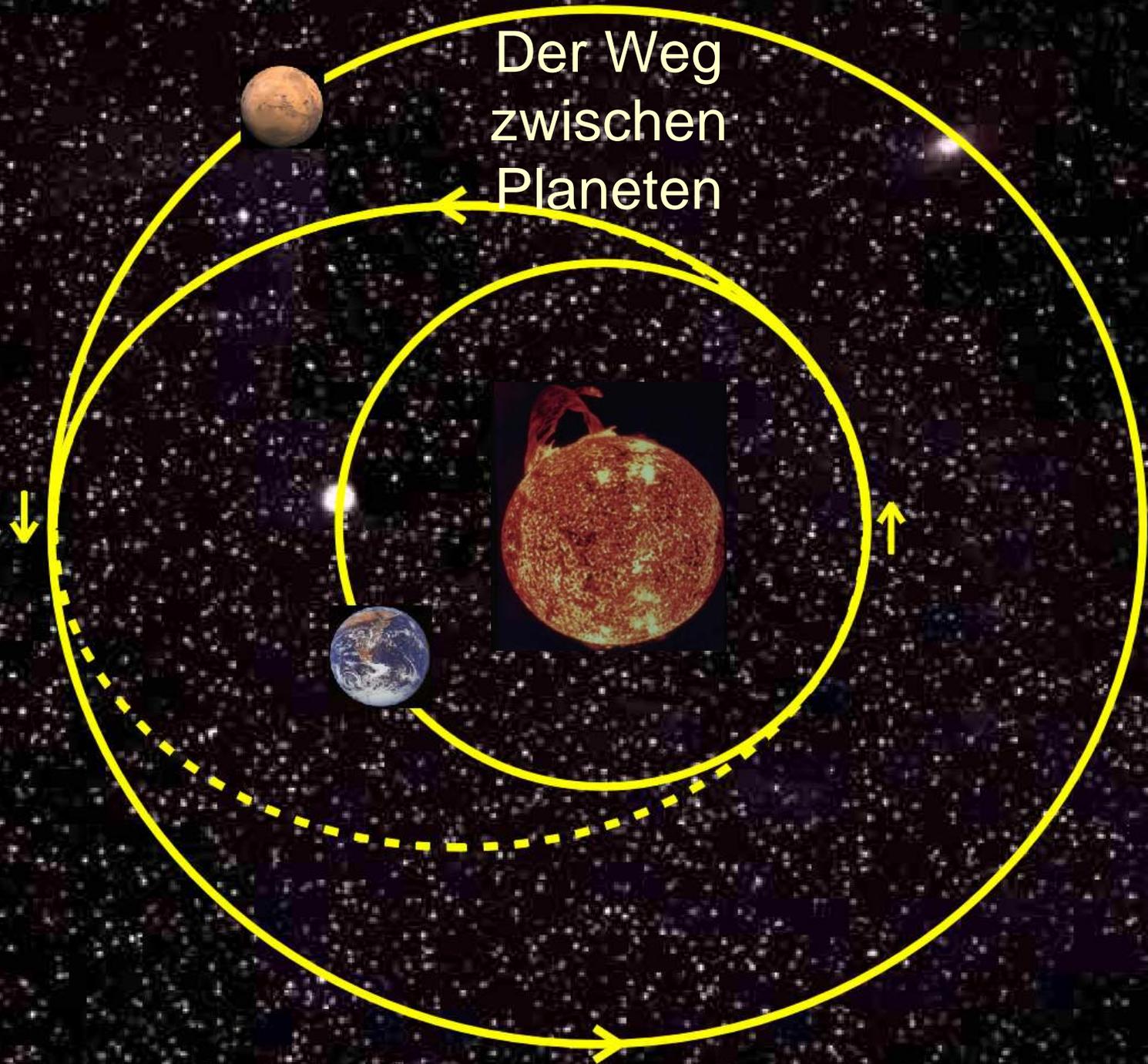
*Raumsonden –
Überlebenskünstler im
Weltraum*

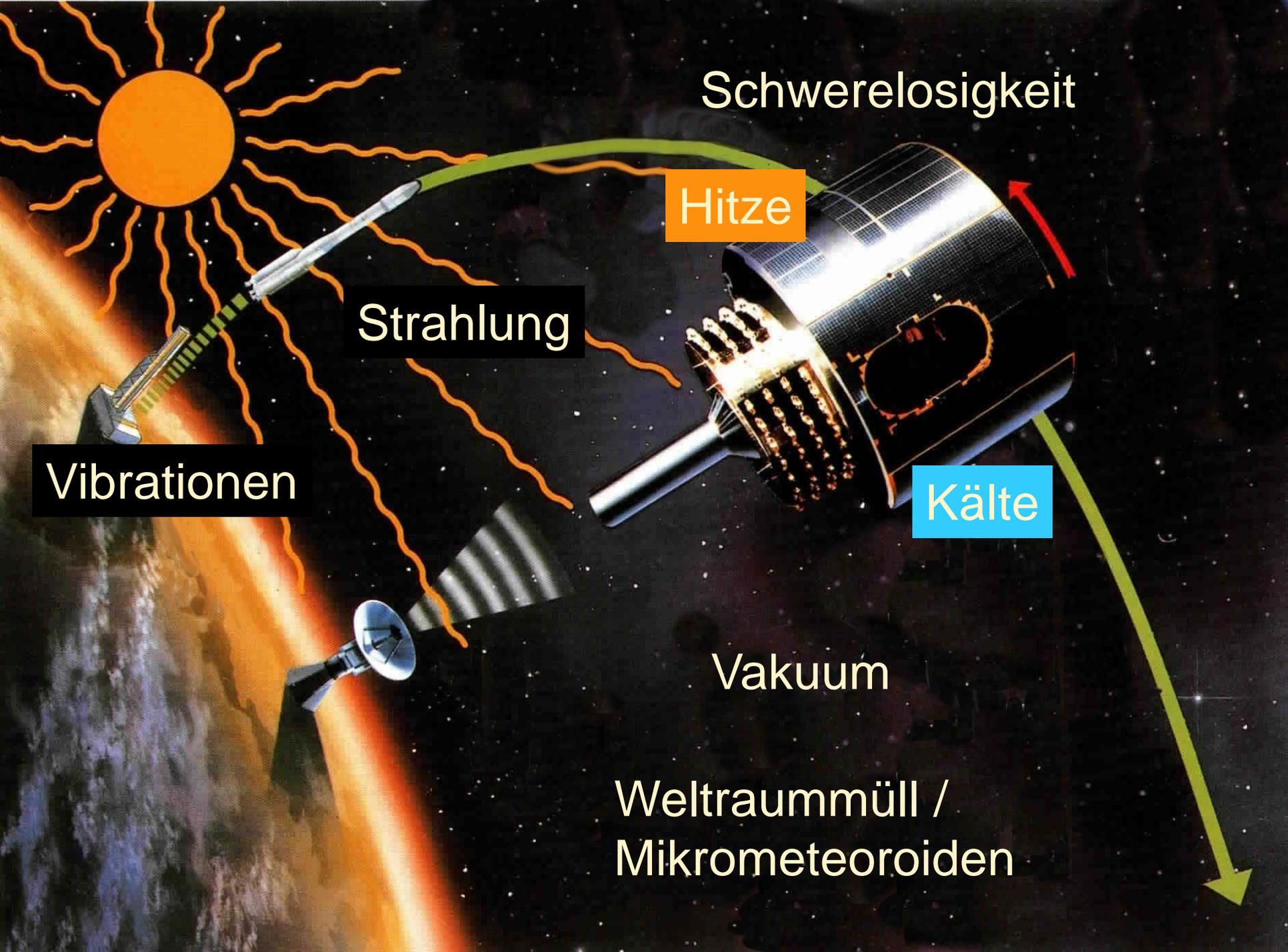
Warum sie oben bleiben



- Ein Satellit fällt ständig an der Erde vorbei
 - Dazu muß er ca. 28 000 km/h schnell sein (1. kosmische Geschwindigkeit)
 - Im Orbit ist die Zentrifugalkraft gleich der Erdanziehungskraft
- 

Der Weg
zwischen
Planeten





Schwereelosigkeit

Hitze

Strahlung

Vibrationen

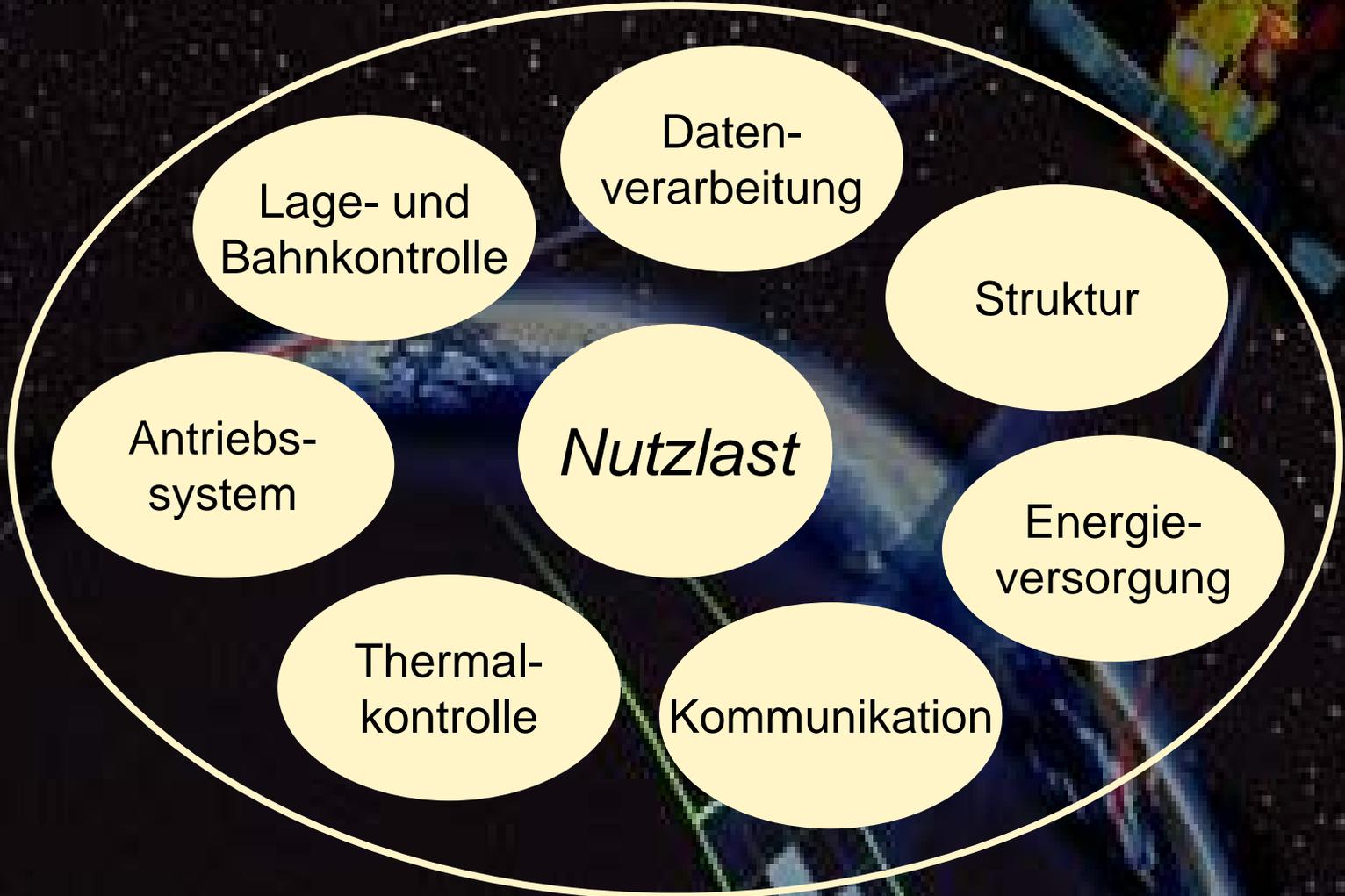
Kälte

Vakuum

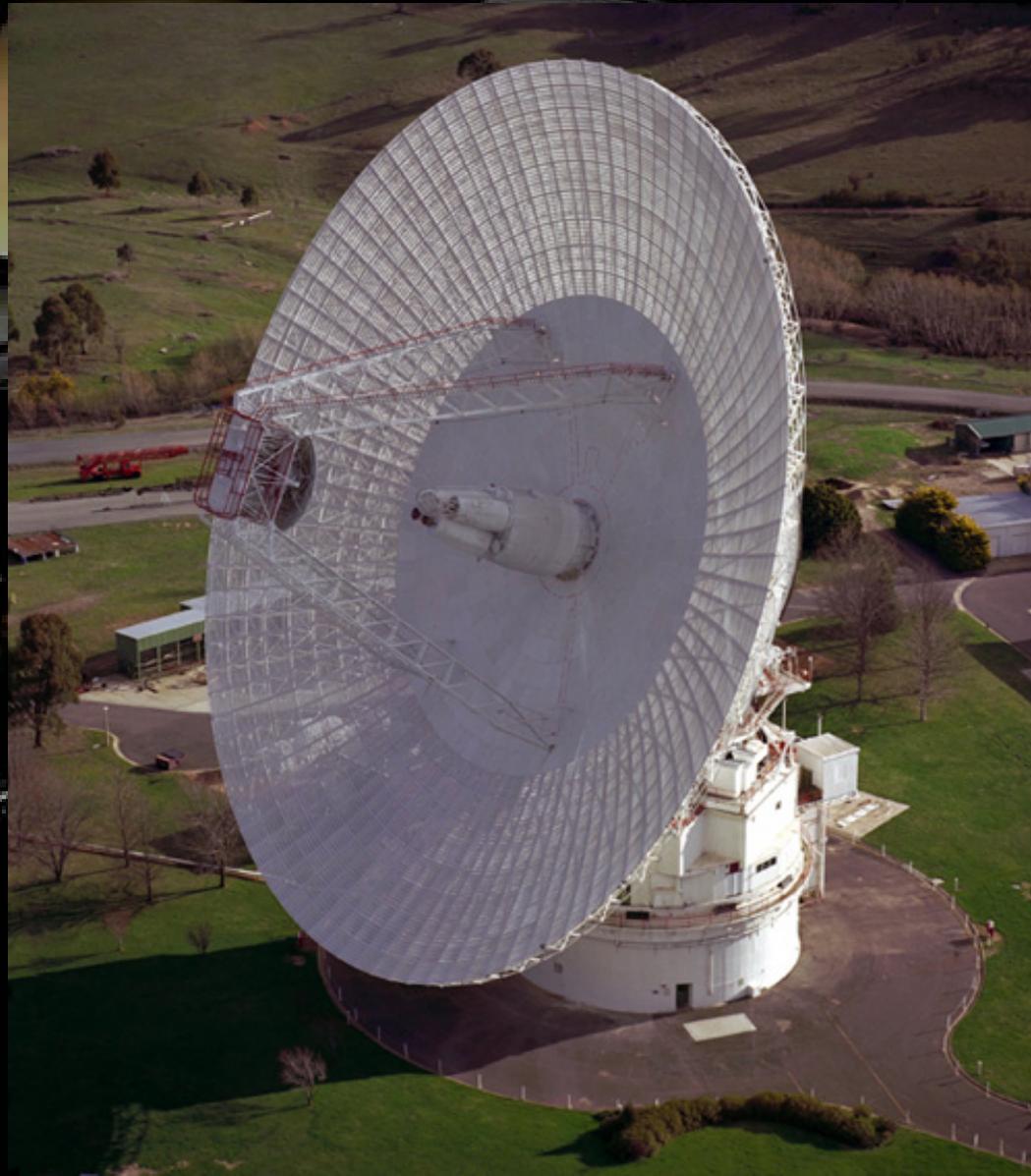
Weltraummüll /
Mikrometeoroiden

Grundfunktionen

Satellit

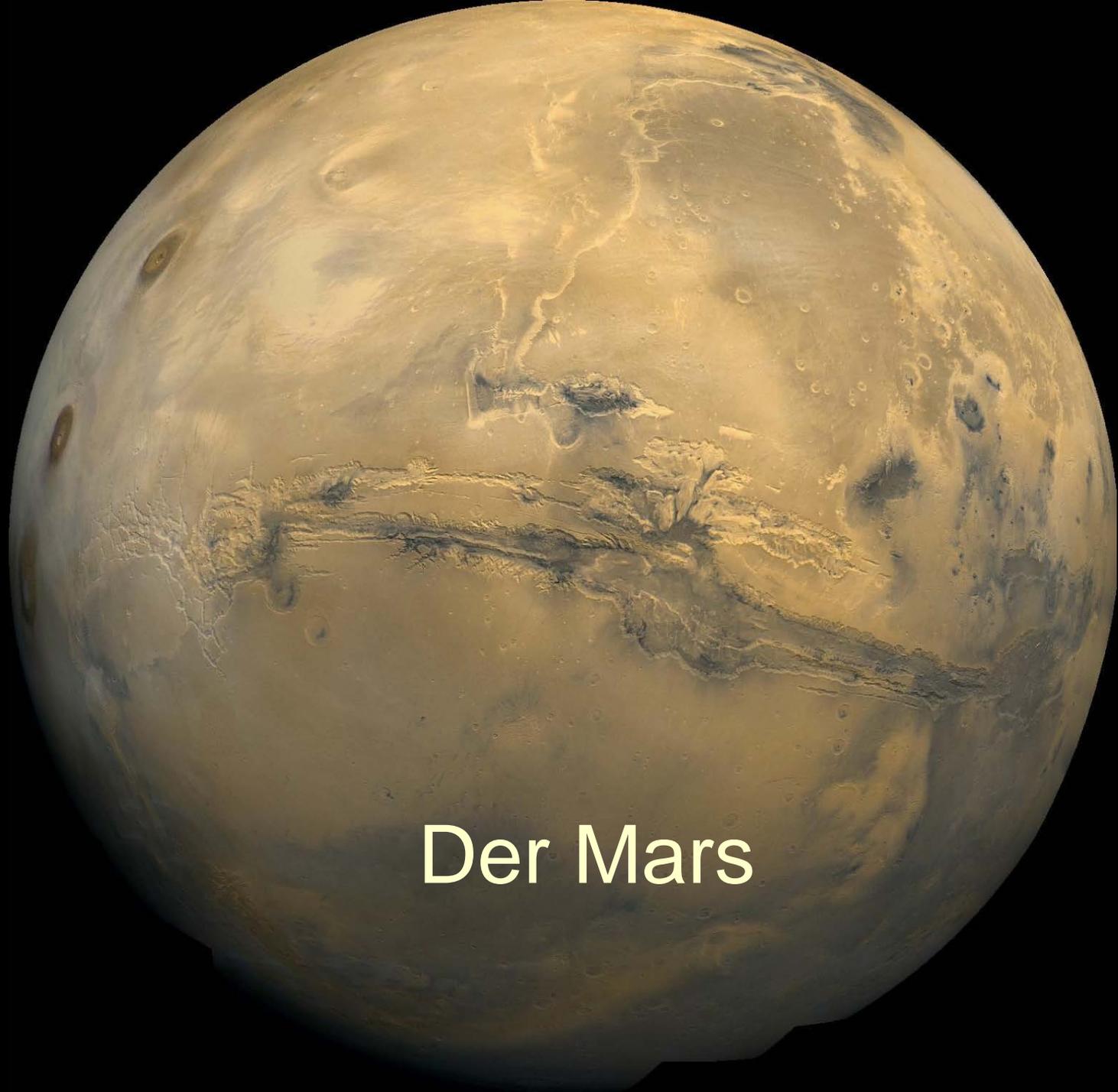


Nach Hause telefonieren



A stylized representation of the solar system. On the left, a large, glowing orange and red Sun dominates the frame. Several thin, golden lines represent the orbits of the planets. The planets are depicted as follows: a small blue planet (Mercury) on the innermost orbit; a blue planet with a dark ring (Neptune) on the second orbit; a yellow planet with a ring (Saturn) on the third orbit; a large yellow and white striped planet (Jupiter) on the fourth orbit; a small orange planet (Mars) on the fifth orbit; a brownish planet (Venus) on the sixth orbit; and the Earth (blue and green) on the seventh orbit. The background is a solid black space.

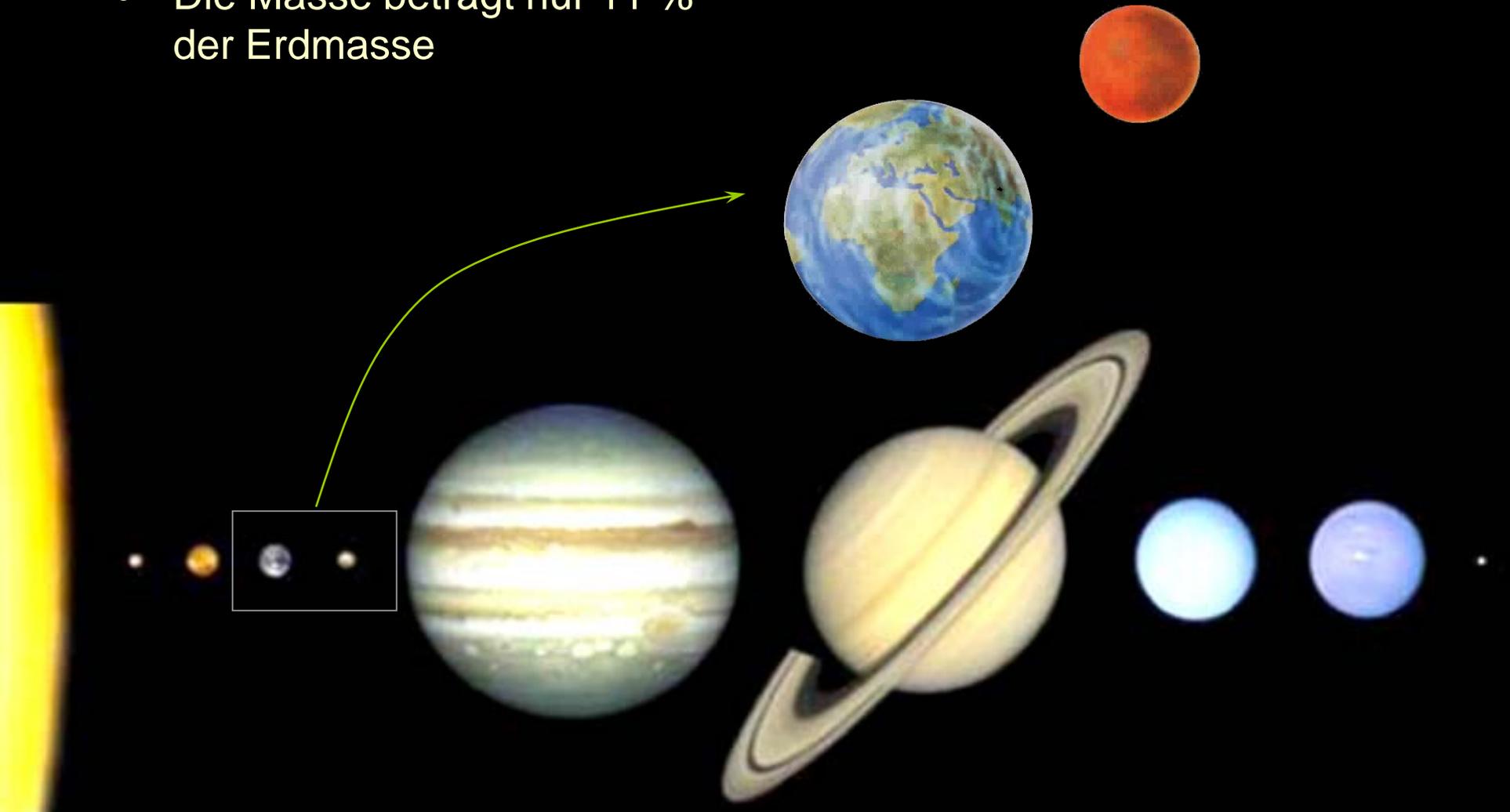
Missionen zu den Planeten Einige Beispiele



Der Mars

- Mars gehört zu den erdähnlichen Planeten
- Sein Durchmesser beträgt 6786 km (Erde: 12756 km)
- Die Masse beträgt nur 11 % der Erdmasse

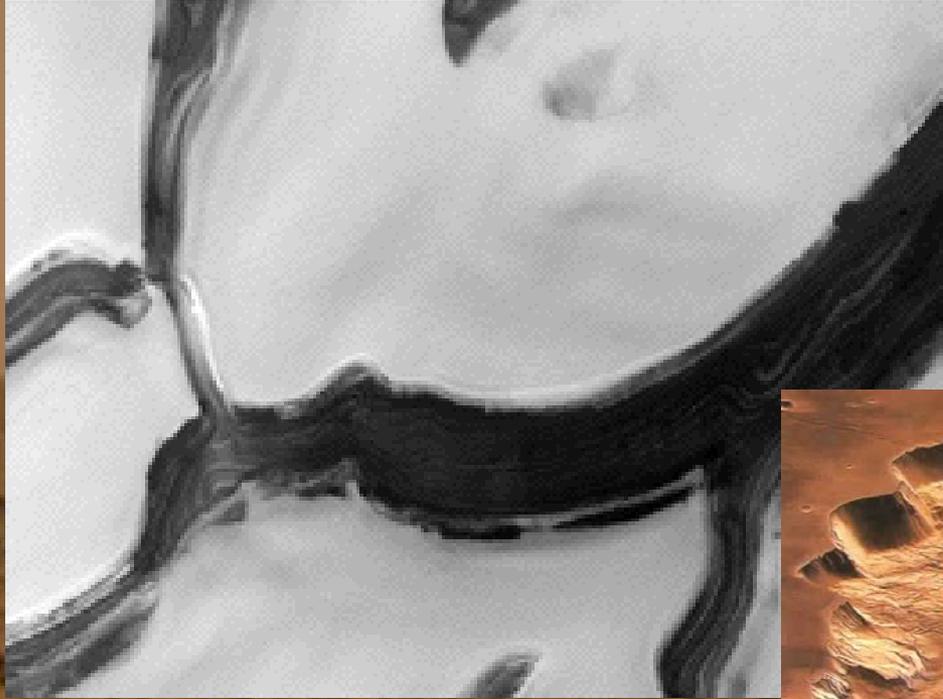
- Die Anziehungskraft beträgt 38 % der Erdanziehungskraft
- Ein Marstag dauert 24 h 37 m 22.6 s



Das Marsgesicht, das 1976 von den Vikingsonden fotografiert wurde, weckt Spekulationen über vergangenes intelligentes Leben auf dem Mars



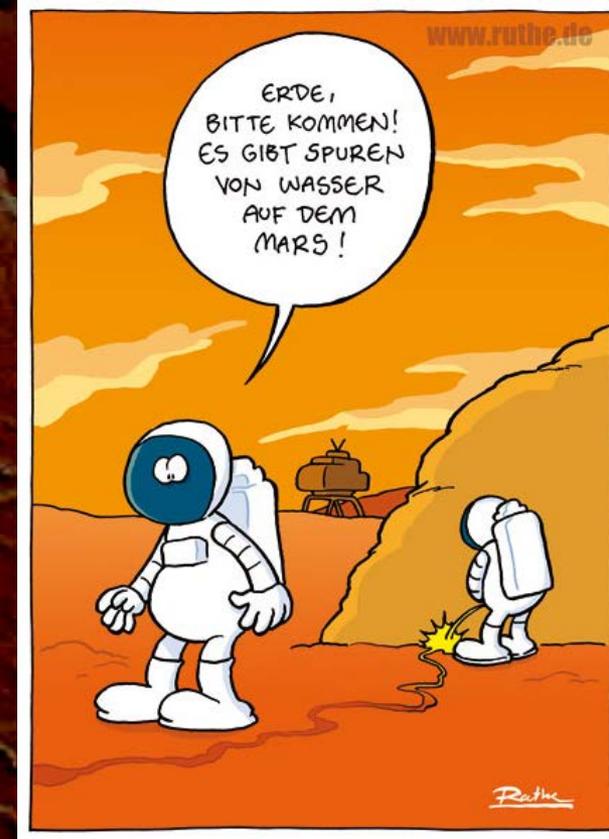
Die Marsoberfläche



Wasser auf dem Mars?

- Flüssiges Wasser kann derzeit auf der Marsoberfläche nicht existieren
- Der Nordpol besteht jedoch Großteils aus Wassereis
- Die Atmosphäre enthält Wasserdampf
- Man hat Flußbette und Zeichen von großen Überflutungen gefunden
- Man Vermutet riesige Eismassen unter der Marsoberfläche (Permafrostboden)

Wasser auf dem Mars?



Es gibt mittlerweile viele Hinweise, dass flüssiges Wasser längere Zeit auf dem Mars existiert hat



Gewußt wie!

Von der Erde zum Mars

Es beginnt heftig



... Langsteckenflug

...

Flugstrecke Erde – Mars: ca. 480 Mio. km

Flugdauer: ca. 8 Monate



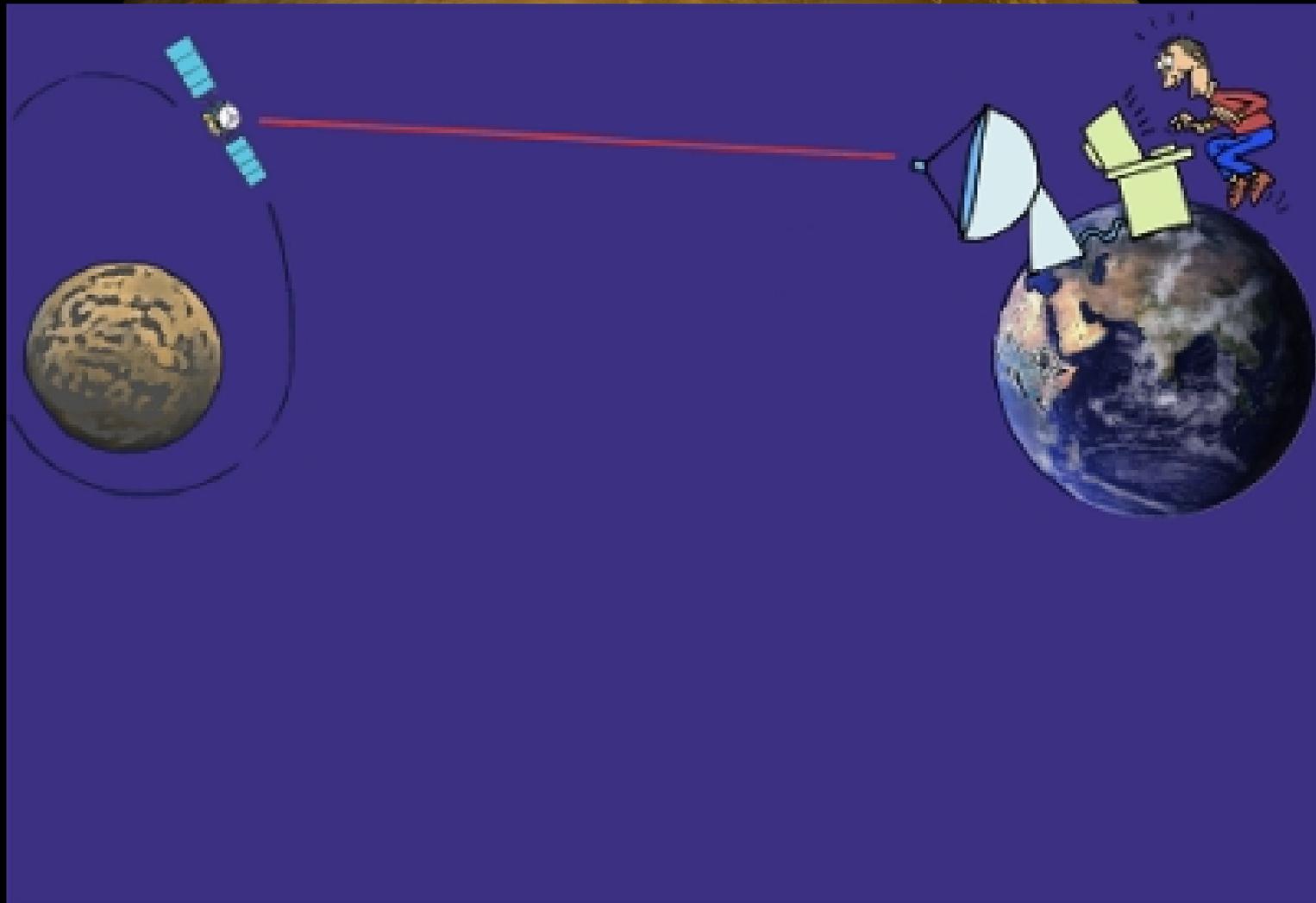
... genau zielen ...

Ankunftsgeschwindigkeit: ca. 20 000 km/h

Zielgenauigkeit: 200 m



... Daten, Daten, Daten ...



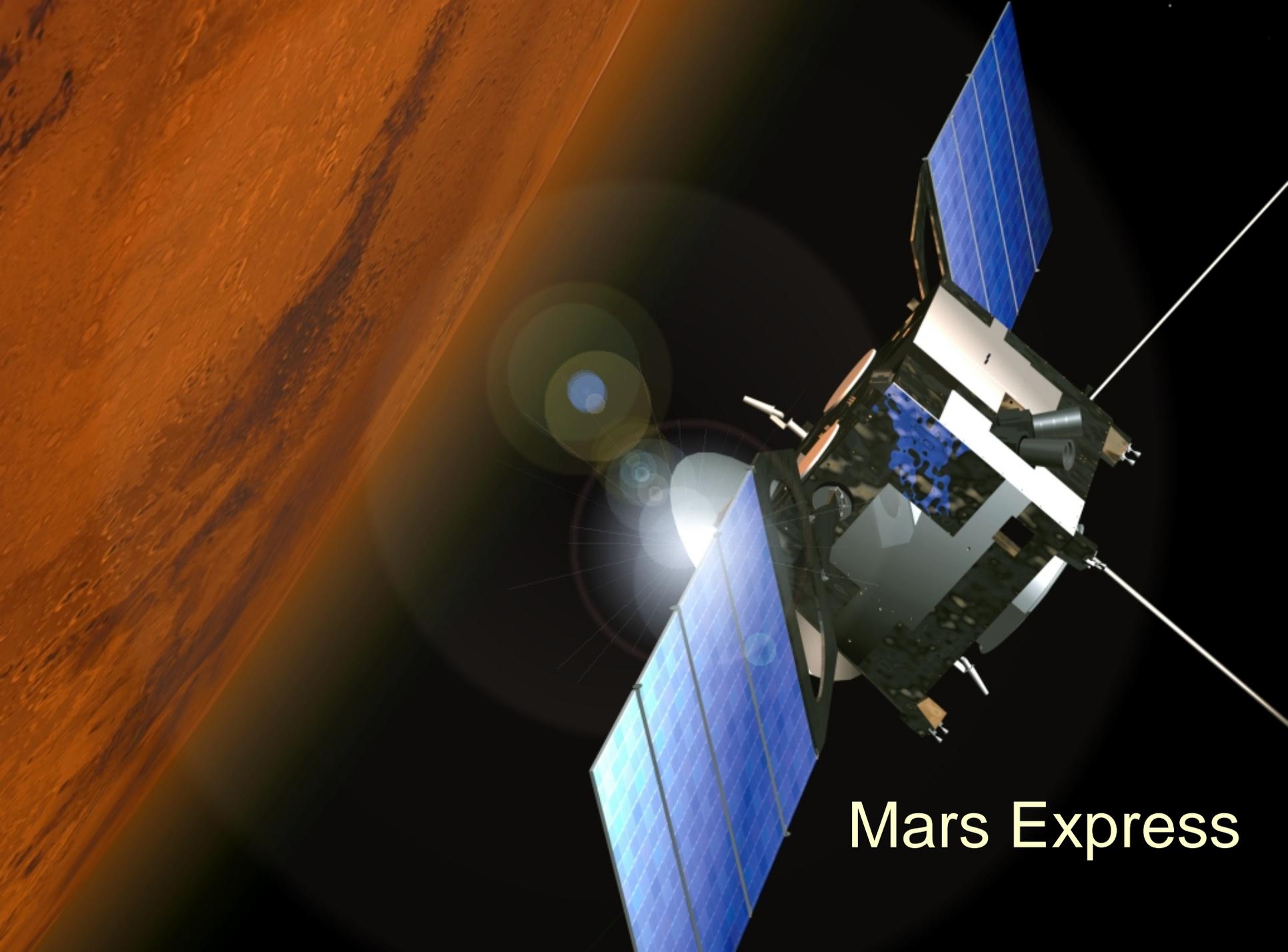
Über Erfolge und Misserfolge



Wo sind all die Sonden hin

- Es gab bis heute insgesamt 39 Marsmissionen
- Davon waren gerade mal 14 erfolgreich
- 25 Missionen sind gescheitert

→ also eine Erfolgsrate von nur 36%

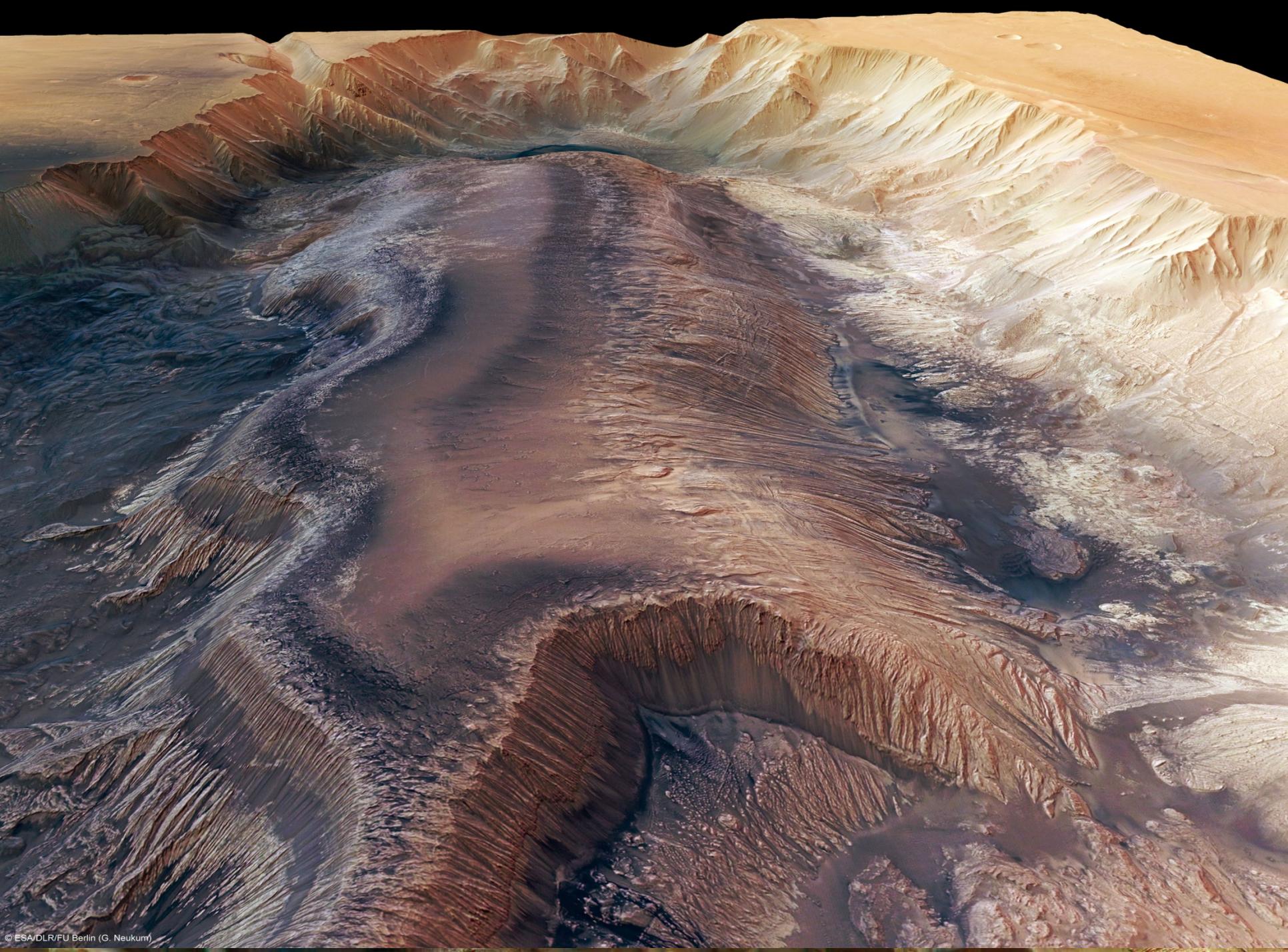


Mars Express

Mars Express

The background of the slide is a photograph of the Mars Express satellite in orbit. The satellite is a complex structure with a central body and several large, rectangular solar panels extending outwards. It is positioned against the dark, reddish-brown surface of Mars, which shows some craters and geological features. The lighting is dramatic, highlighting the metallic surfaces of the satellite and the texture of the planet's surface.

- Mars Express ist die erste europäische Marsmission
- Start 2003
- Instrumente
 - Hochauflösende Stereokamera
 - Neutronendetektor (Interaktion Sonnenwind – Atmosphäre)
 - Fourierspektrometer (Atmosphärenströmungen)
 - Spektrometer (Oberflächenzusammensetzung)
 - Radar (suche nach Wasser bis mehrere Kilometer Tiefe)
 - Ultraviolet-Spektrometer (Atmosphärenbestandteile)
 - Lander Beagle 2 (Geochemie & Exobiologie)
- Mars Express liefert die bis heute besten 3D Bilder vom Mars



Mars Exploration Rover A & B



Spirit & Opportunity

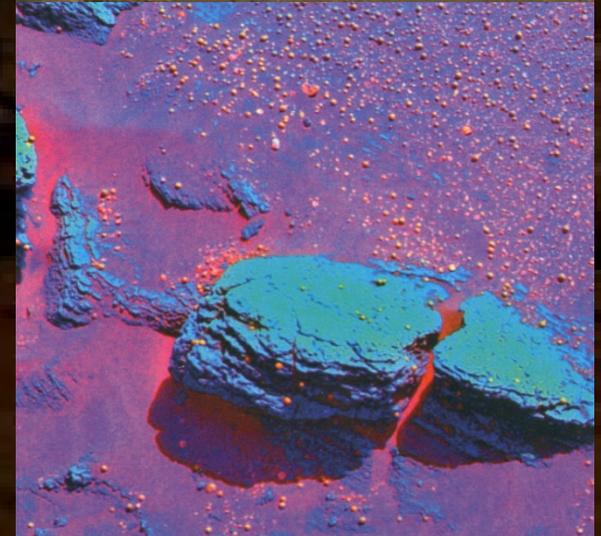
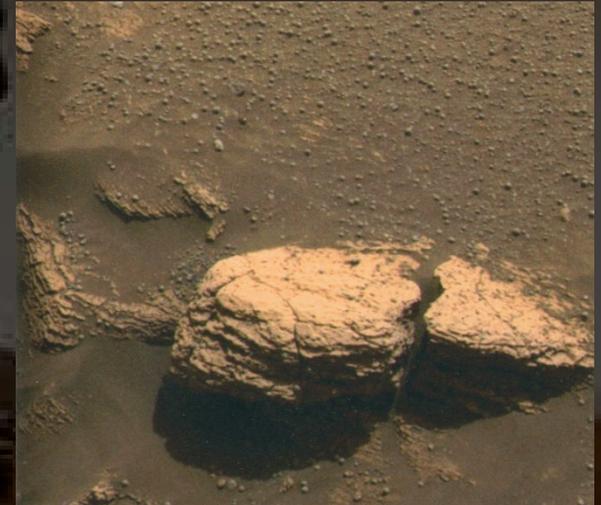
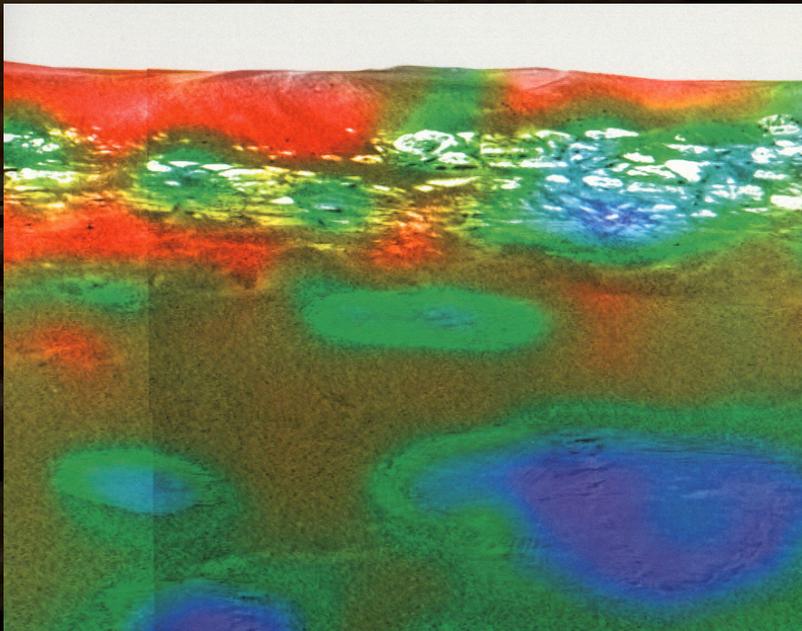
Die Mission

- Start: 10. Juni und 7. Juli 2003
- Ankunft: 4. Januar und 25. Januar 2004
- Die Navigation war extrem genau
 - Man brauchte nur 3 Korrekturmanöver
 - Die Landung war genau im Zielgebiet



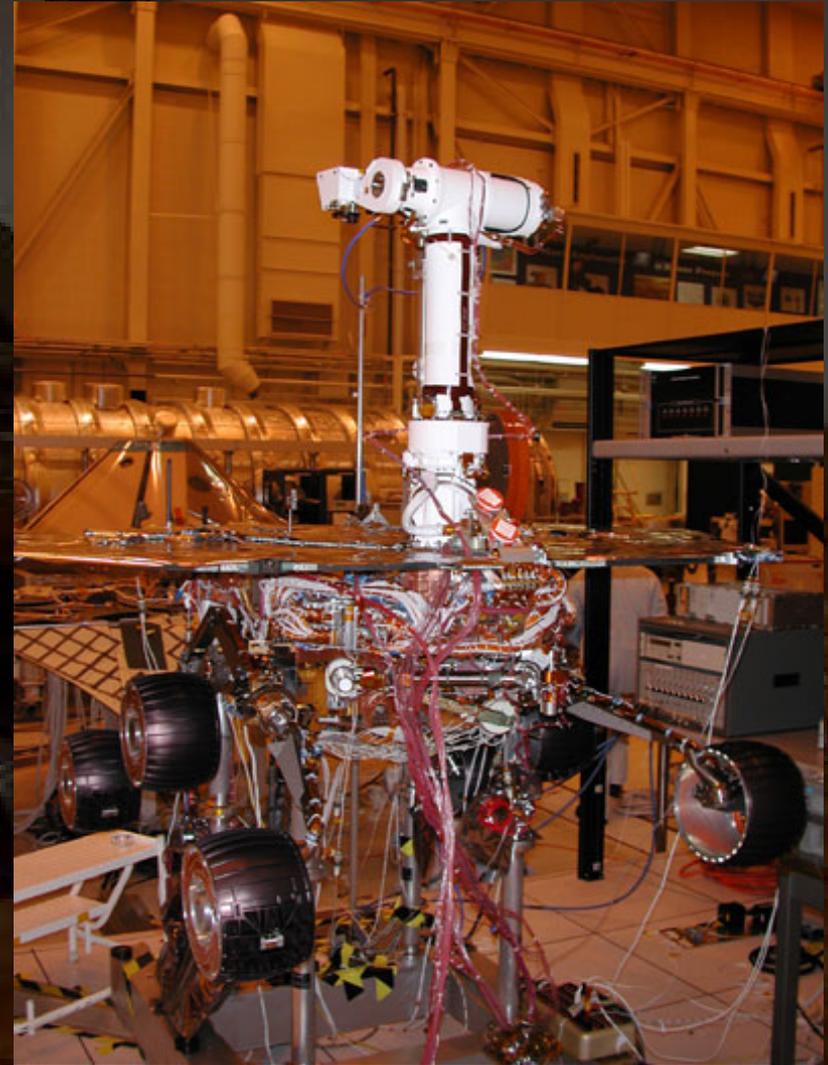
Wissenschaftliche Ziele

- Hauptfrage: Gab es Flüsse und Ozeane auf dem Mars?
- Die bisherigen Funde lassen nahezu keinen Zweifel mehr zu



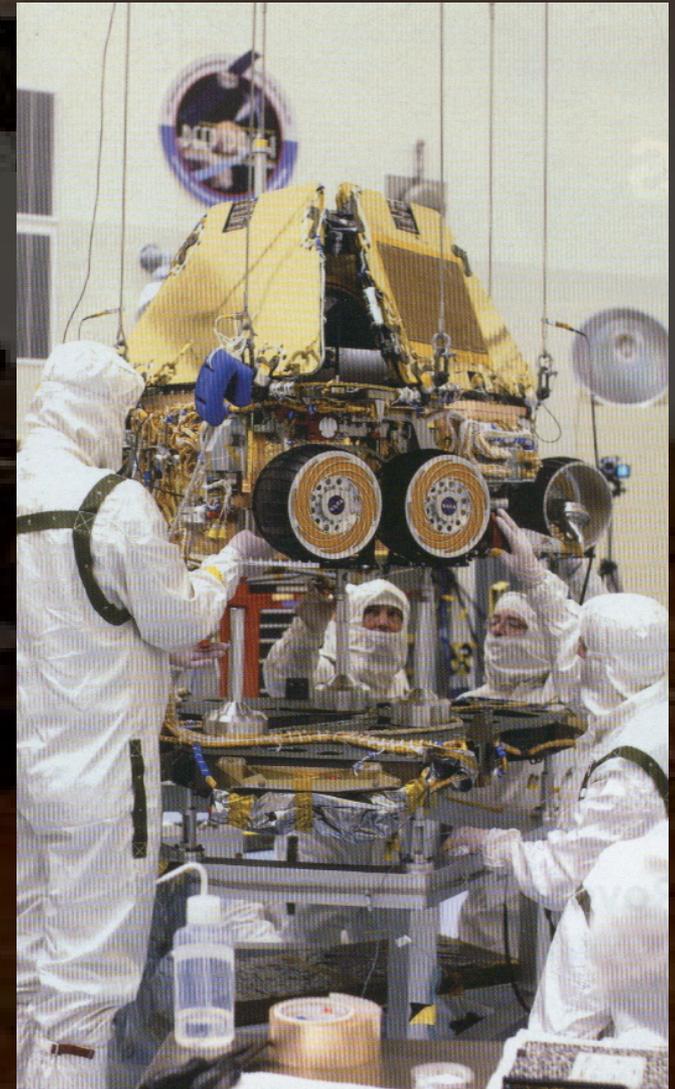
Die Rover

- Beim Zusammenbau muß man sehr sorgfältig vorgehen
- Bei Raumfahrzeugen handelt es sich immer um hochkomplexe Systeme

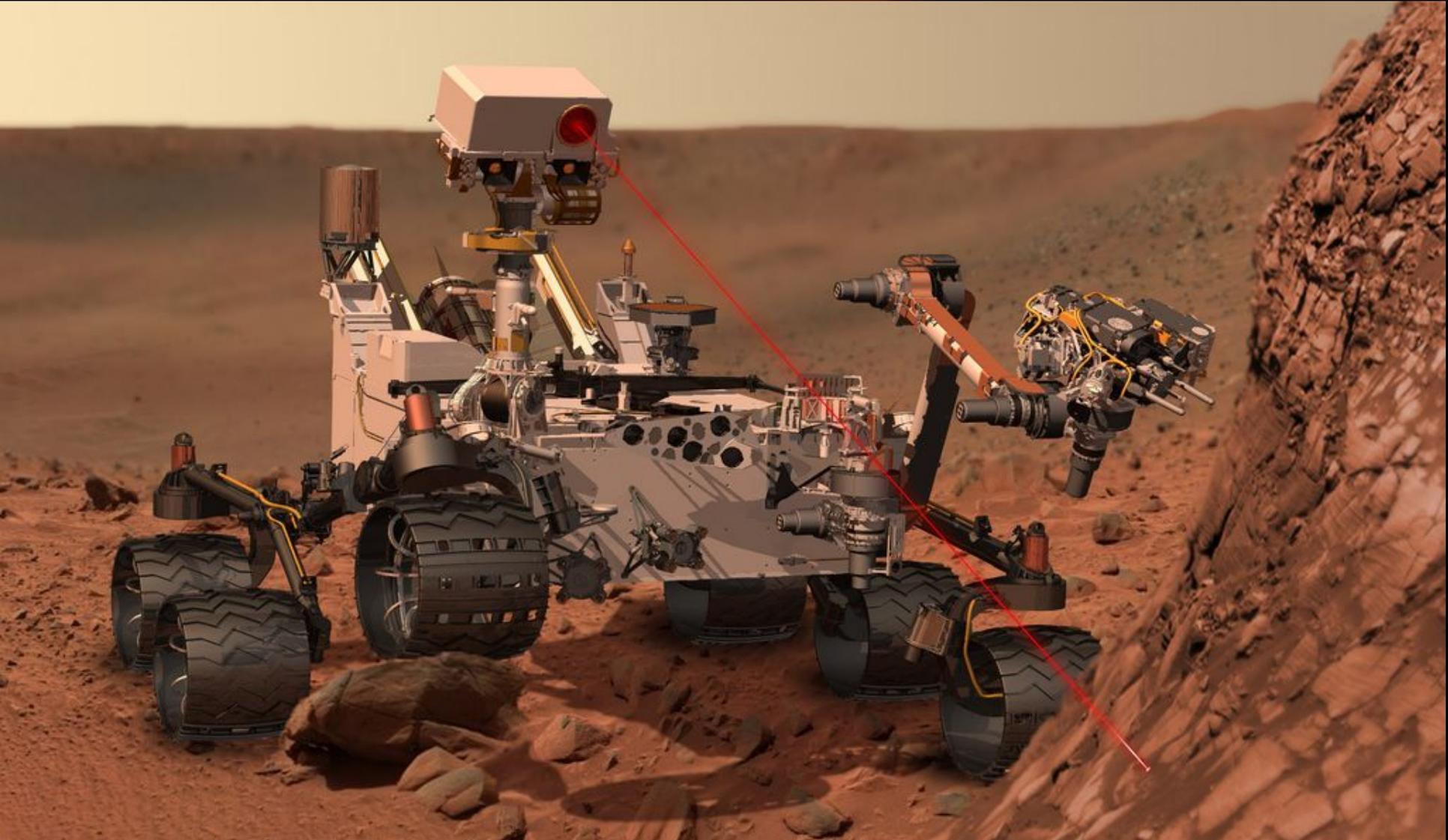


Die Rover

- Die Rover müssen „faltbar“ sein
- Das Zusammenfalten kann nur durch komplexe Mechanismen verwirklicht werden → Gefahr des Versagens
- Die Rover müssen steril sein, damit der Mars nicht durch irdische Bakterien verunreinigt wird



Mars Science Laboratory - Curiosity



Auf der Erde



Auf dem Mars

Start: Nov. 2011
Ankunft: Aug. 2012
Masse: 900 kg
Länge: 3 m
Breite: 2,7 m
Höhe: 2,2 m

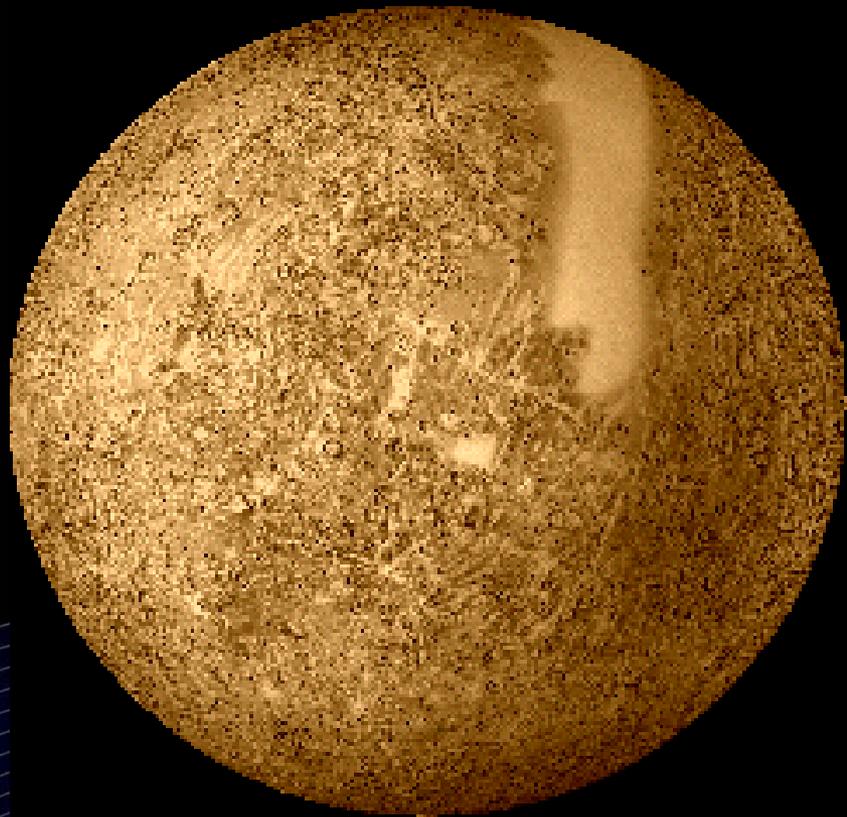


Die Landung mit dem „Sky Crane“ war ein Meisterstück

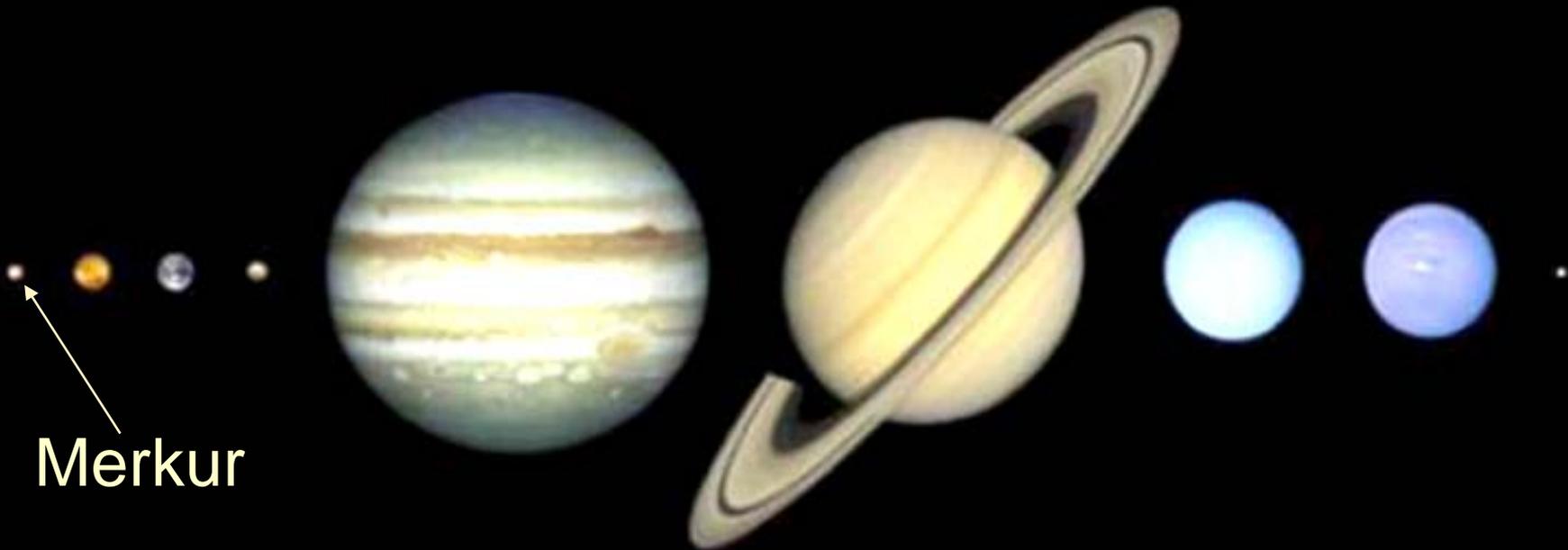
Film



Merkur



Position im Sonnensystem

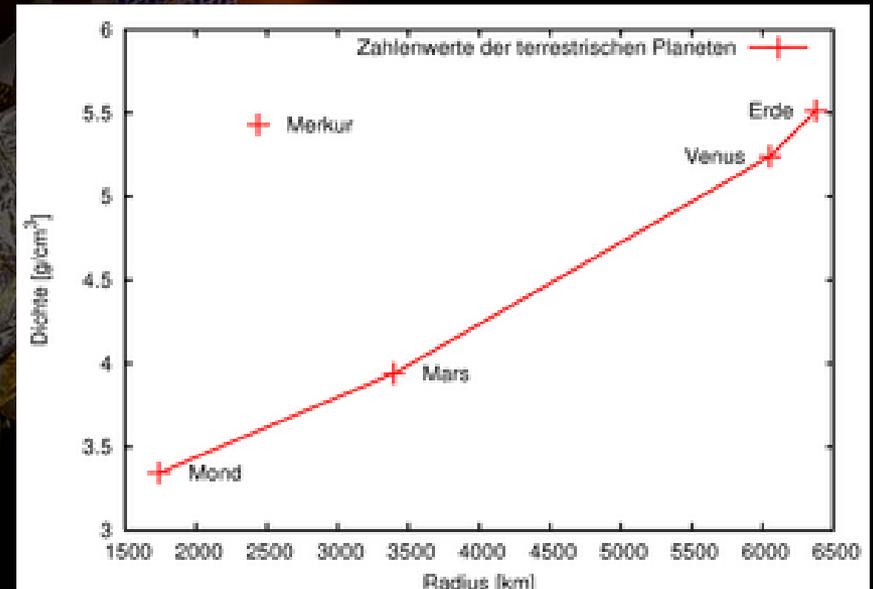


Merkur

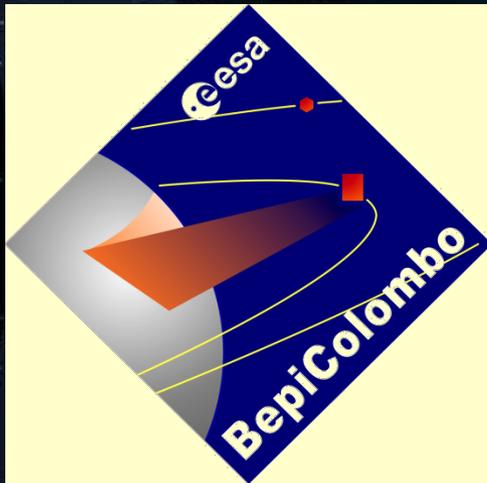
- Mittlerer Abstand zur Sonne: 58 Mio. km (0.39 AU)
(Perihel: 46 Mio. km (0.31 AU); Apohel: 70 Mio. km (0.47 AU))
- Umlaufzeit um die Sonne: 88 Tage
- Bahnneigung zu Ekliptik: 7°
- Merkur ist durch seine Sonnennähe nur schwer zu beobachten

Merkur

- Äquatordurchmesser: 4878 km
- Sternentag: 59 Tage
- Sonnentag: 176 Tage
- Masse: 5.5 % der Erdmasse
- Die Dichte von Merkur ist sehr hoch
 - Dies wird auf einen großen Eisenkern zurückgeführt



BepiColombo - Europas Merkurmission



- Das Gesamtsystem besteht aus mehreren Modulen:
 - Der japanische Orbiter → MMO
 - Operation der wissenschaftlichen Nutzlast
 - Das Sonnenschild → MOSIF
 - Schützt den MMO vor der Sonne
 - Der europäische Orbiter → MPO
 - Operation der wissenschaftlichen Nutzlast
 - Elektrisches Antriebsmodul → SEPM
 - Transfer Erde - Merkur



Merkur Umweltbedingungen



Entfernung zur Sonne: 1/3
der Erddistanz



Sonneneinstrahlung: 10x
Erdeinstrahlung = 14000 W/m²



Nachttemperatur: -173 °C



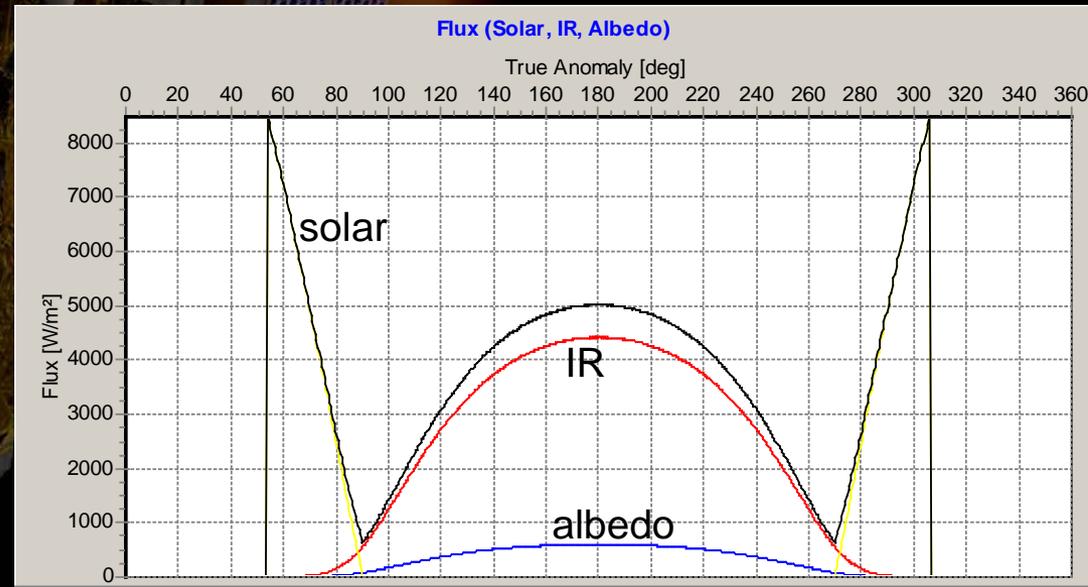
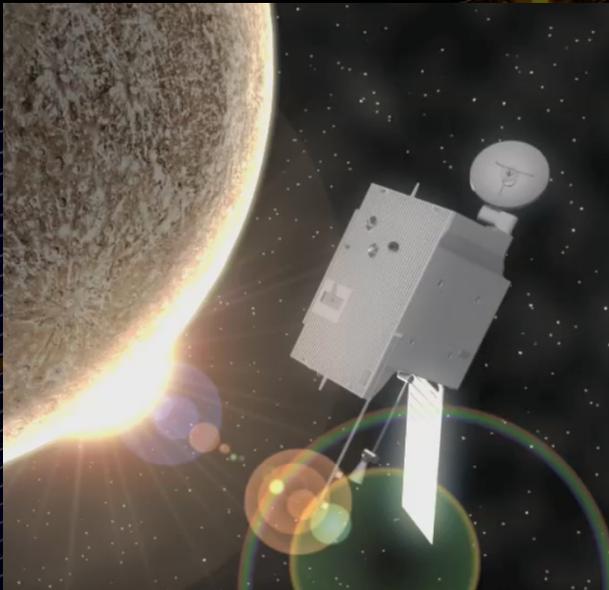
Tagtemperatur: +430 °C

1 Merkurtag = 176 Erdtage



Merkur Thermalbedingungen

- Die bestrahlte Fläche beträgt ca. 3.2 m^2 was zu einer Gesamteinstrahlung von ca. $61\,000 \text{ W}$ führt
- Das Problem ist, dass man im Weltraum wiederum nur über Strahlung kühlen kann
- Deshalb ist es wichtig, so wenig Strahlung wie möglich zu absorbieren
- Um dies zu erreichen, ist die Raumsonde fast ausschließlich weiß



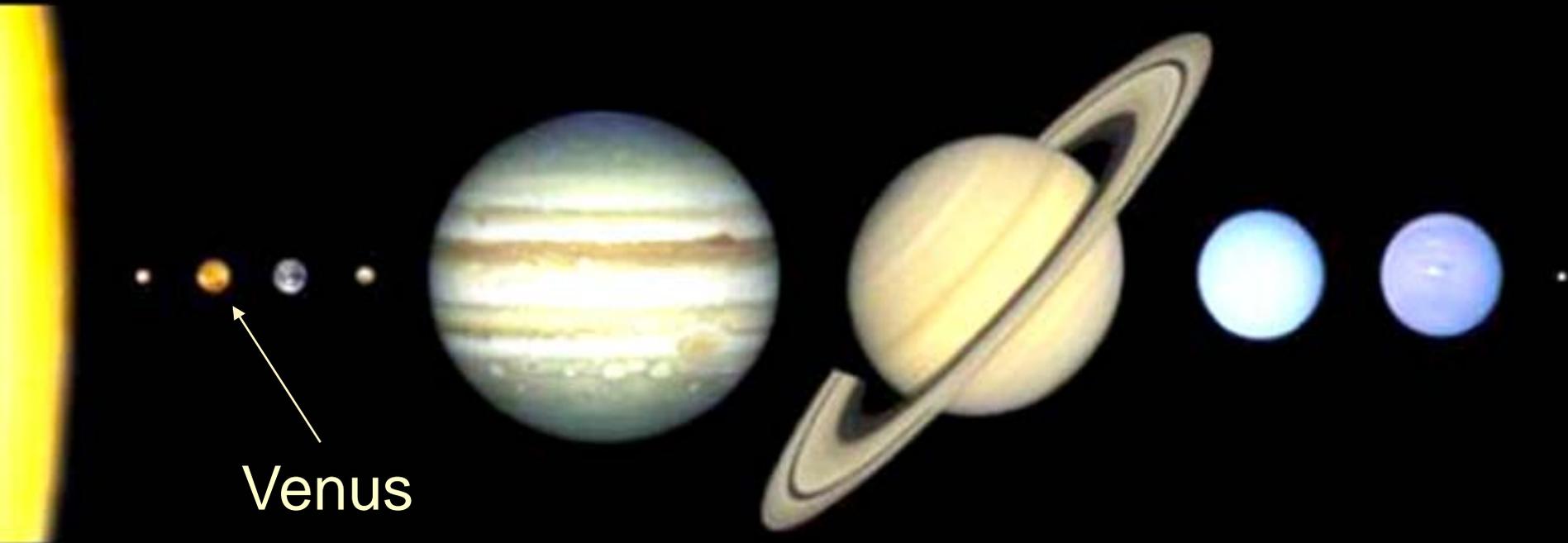


UAG

Die Venus



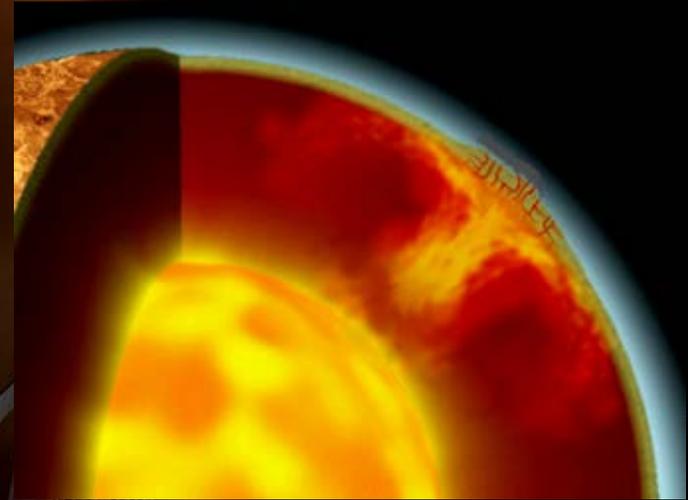
Position im Sonnensystem



- Mittlerer Abstand zur Sonne: 108 Mio. km (0.72 AU)
- Umlaufzeit um die Sonne: 224.7 Tage
- Bahnneigung zu Ekliptik: 3.4°
- Gute Sichtbarkeit nur kurz vor Sonnenaufgang und kurz nach Sonneuntergang (Morgen-, Abendstern)

Venus

- Äquatordurchmesser: 12104 km
- Sternentag: 243 Tage
- Sonnentag: 117 Tage
- Masse: 82 % der Erdmasse
- Die Venus dreht sich „verkehrt herum“ (retrograd)
- Zwei Tage auf der Venus dauern nur etwas länger als ein Venusjahr
- Die Venus verfügt wegen ihrer langsamen rotation über kein nennenswertes Magnetfeld



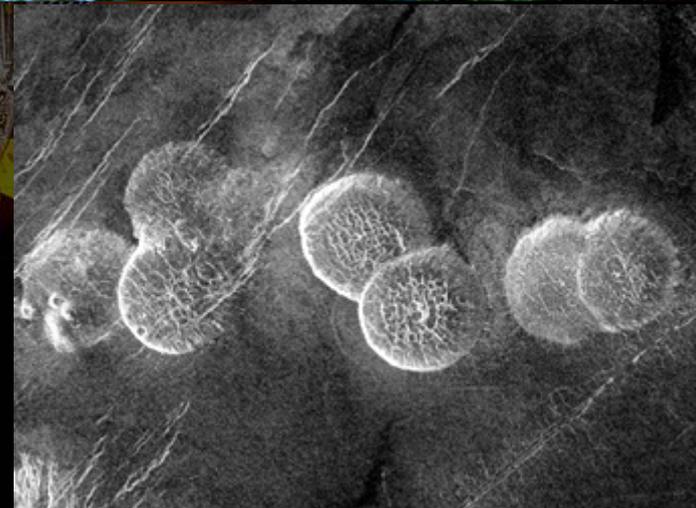
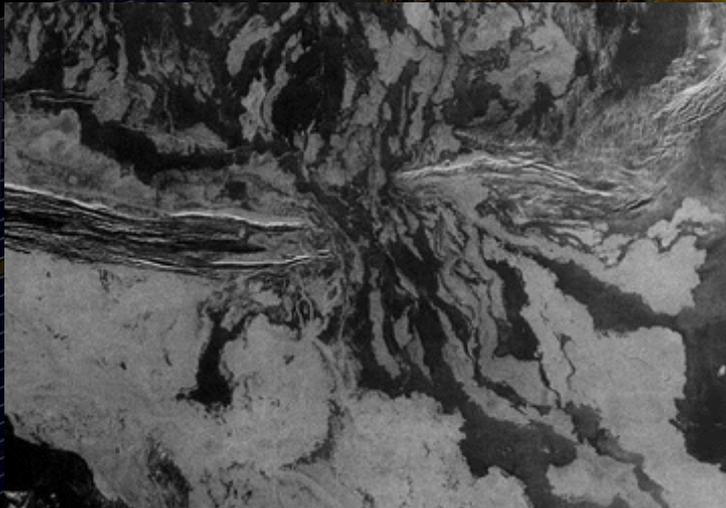
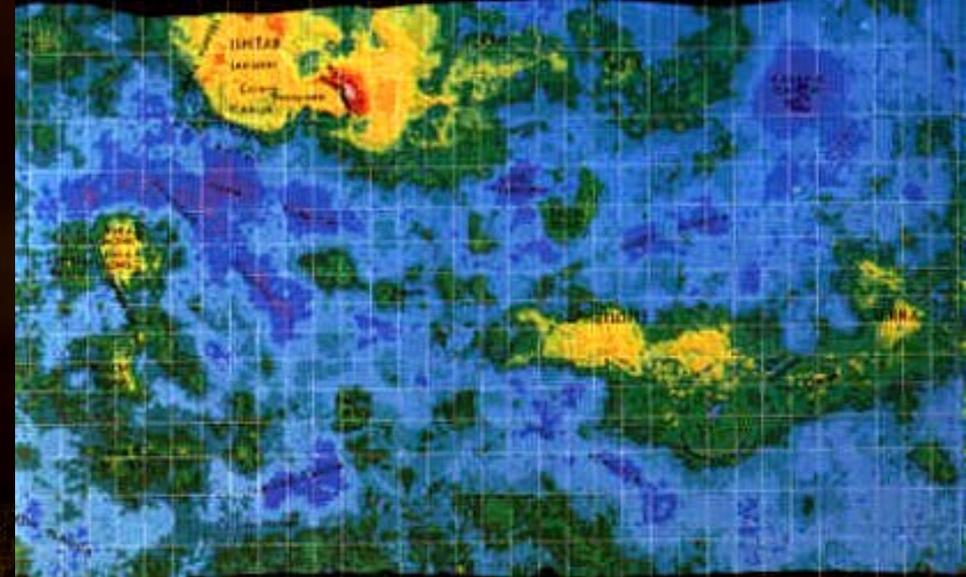
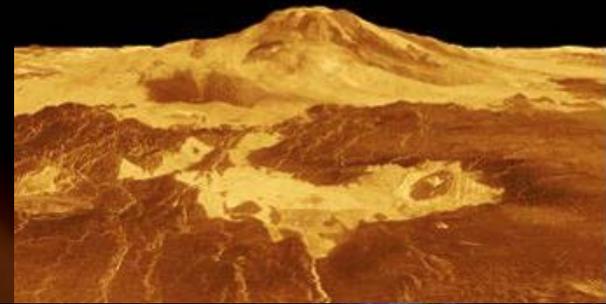
Venus



Erde

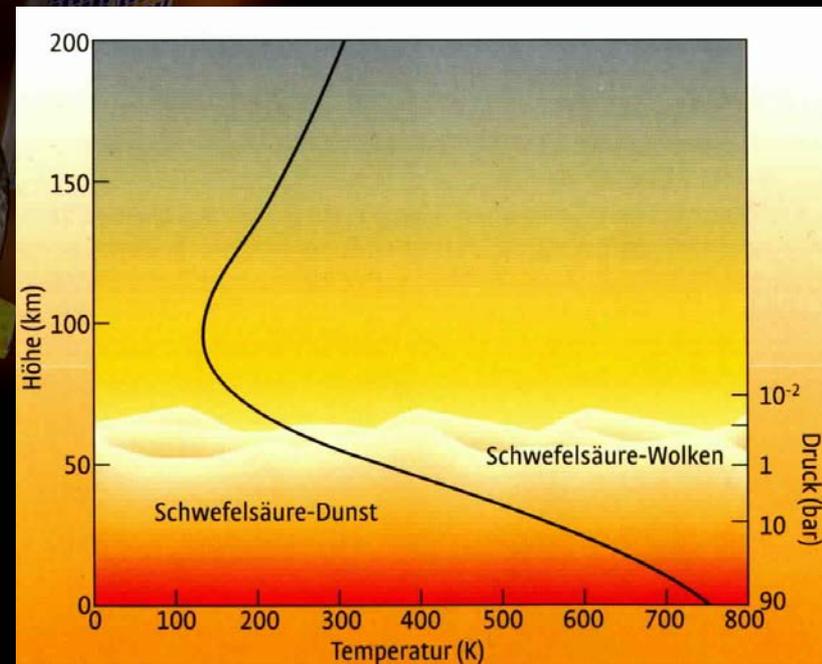
Oberfläche

- Die Landschaft ist größtenteils leicht hügelig
- Es gibt 3 Hochlandregionen und größere Vulkangebiete
- Die Oberfläche besteht hauptsächlich aus Vulkangestein
- Die Zusammensetzung ist ähnlich wie auf der Erde



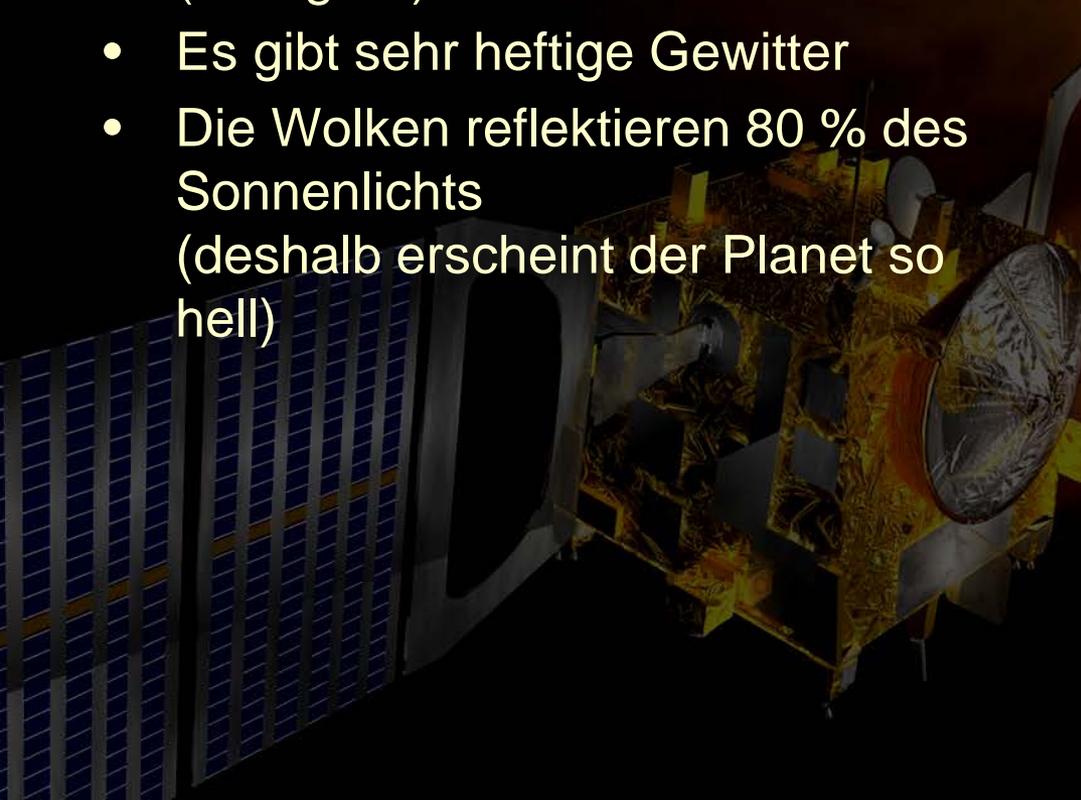
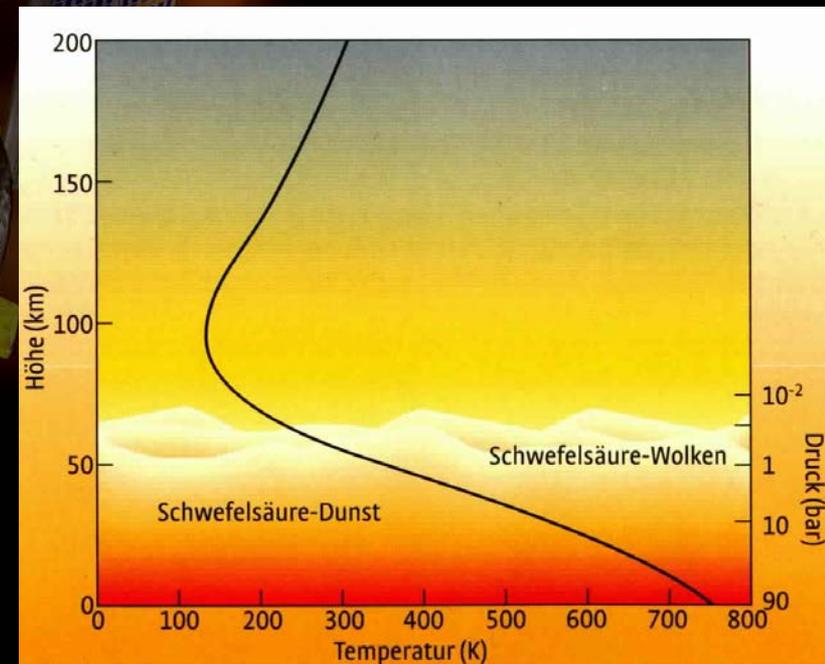
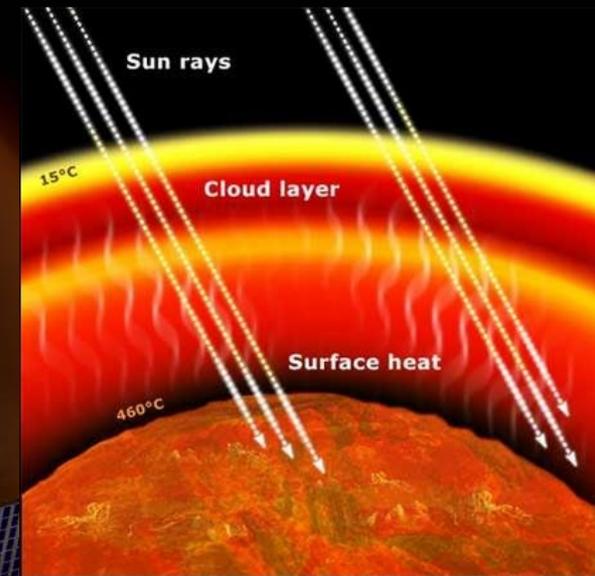
Atmosphäre

- Atmosphäre: 96 % Kohlendioxid (Dadurch entsteht ein ausgeprägter Treibhauseffekt)
- Oberflächentemperatur: 470 °C (kein Unterschied zwischen Tag und Nacht)
- Bodendruck: >90 bar (entspricht einer Tauchtiefe von ca. 900 m)



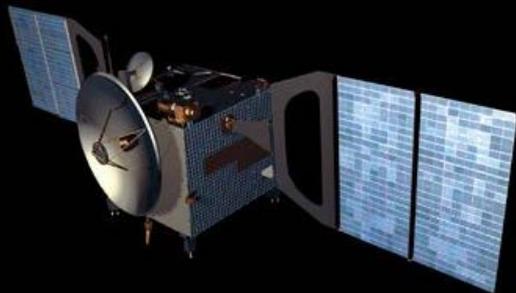
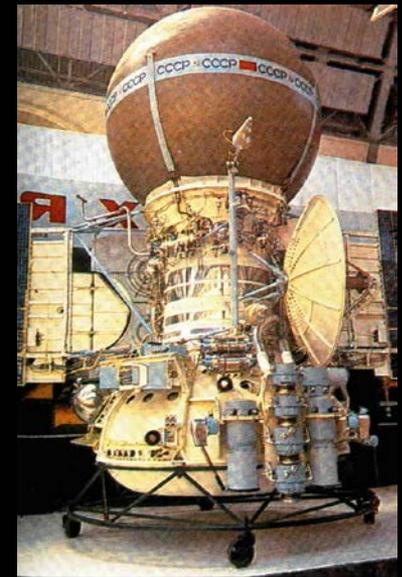
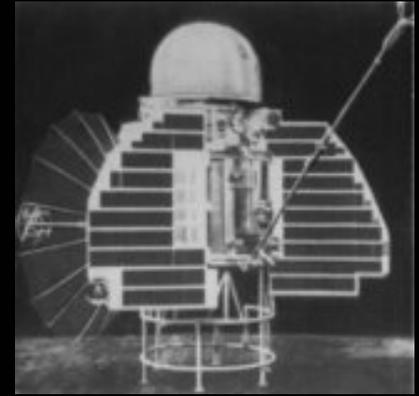
Atmosphäre

- Die Wolken bestehen aus Schwefelsäure
- Die höheren Schichten wirbeln mit ca. 400 km/h um den Planeten (retrograd)
- Es gibt sehr heftige Gewitter
- Die Wolken reflektieren 80 % des Sonnenlichts (deshalb erscheint der Planet so hell)



Missionen zur Venus

- Es wurden bislang 35 Missionen zur Venus durchgeführt (28 sowjetische, 6 amerikanische und 1 europäische)
- Davon waren 21 erfolgreich (15 sowjetische, 5 amerikanische und 1 europäische)
- Die erste Landung auf einem Planeten gelang 1970 mit Venera 7 (die Sonde funkte 23 min. Daten von der Oberfläche)



Landen auf der Venus

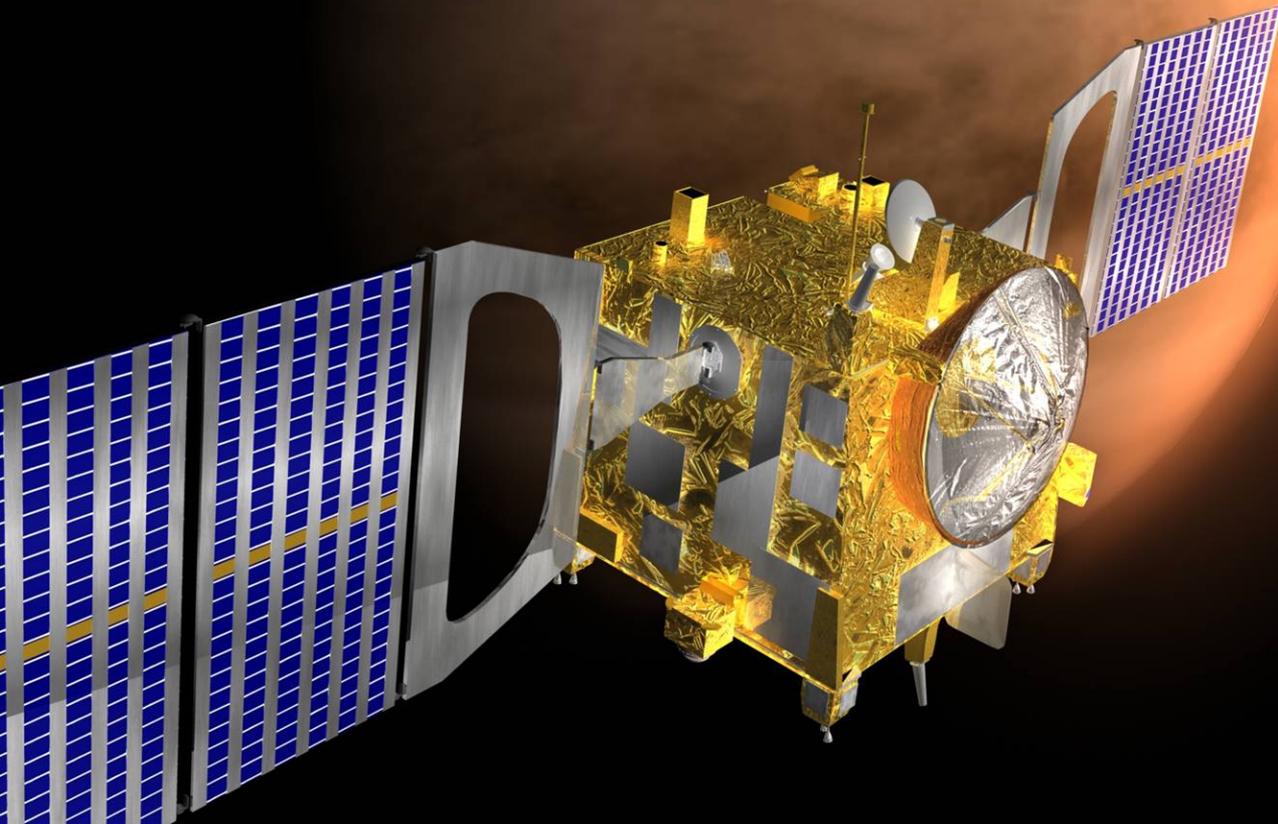
- Die Sonden müssen schwierigen Umweltbedingungen standhalten:
 - Schwefelsäurewolken
 - Temperaturen bis über 470 °C
(Blei, Zink, Zinn sind dann schon flüssig)
 - Oberflächendruck bis über 90 bar (900 t/m²)



Vor Ort



Venus Express



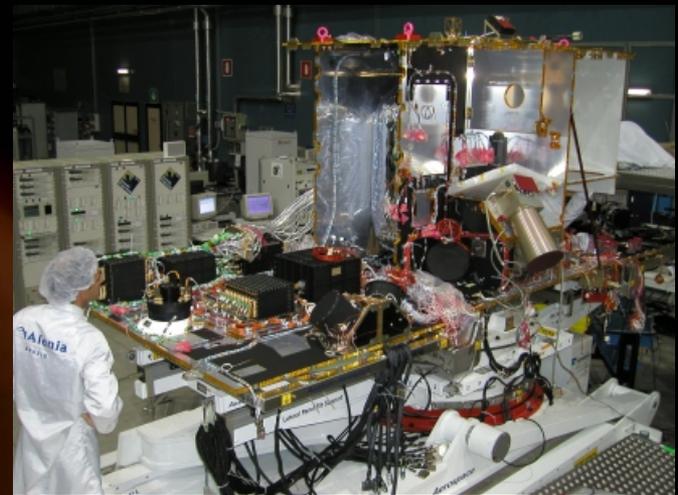
Missionsparameter

- Startrakete: Soyuz/Fregat von Baikonur aus
- Start: 9. November 2005
- Transferzeit: 153 Tage
- Ankunft: 11. April 2006
- Einschuss: 53 min. Zündung des Haupttriebwerks (ΔV : 1300 m/s)
- Wissenschaftliche Missionsdauer: 500 Tage (ca. 2 Venustage)
- Orbit:
 - Inertial fest
 - 90° Inklination
 - 240 x 66 600 km
 - 24 h Periode

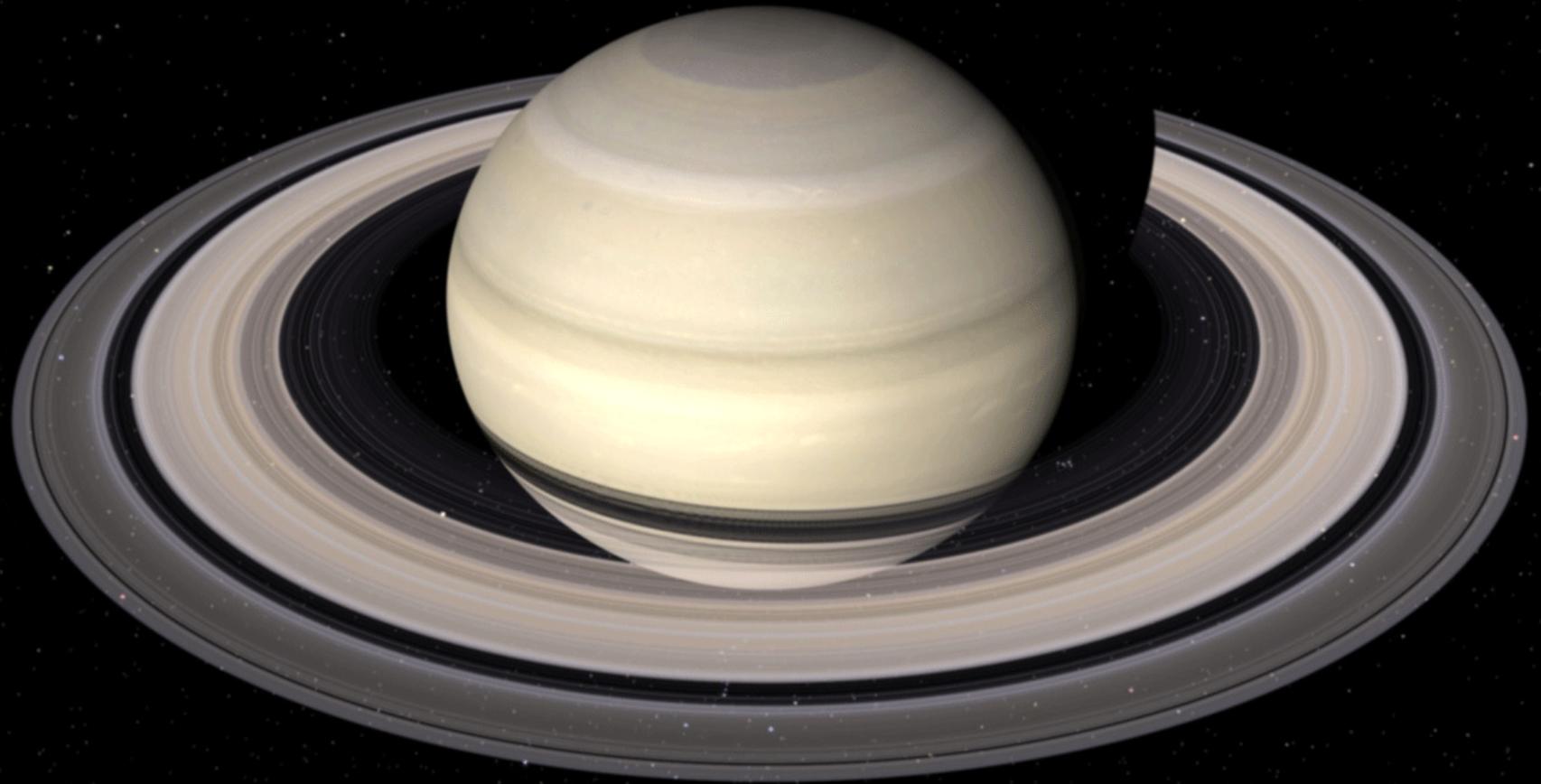


Die Raumsonde

- Masse: 1270 kg
 - Incl. 93 kg Nutzlast
 - Incl. 570 kg Treibstoff
- Volumen: 1.5 x 1.8 x 1.4 m³
- Antrieb: 400 N Haupttriebwerk
- Lageregelung:
 - Aktuatoren:
 - 2x4 10 N Triebwerke
 - Reaktionsräder
 - Sensoren
 - Sternsensoren
 - Laserkreisel
 - Sonnensensoren



Der Saturn



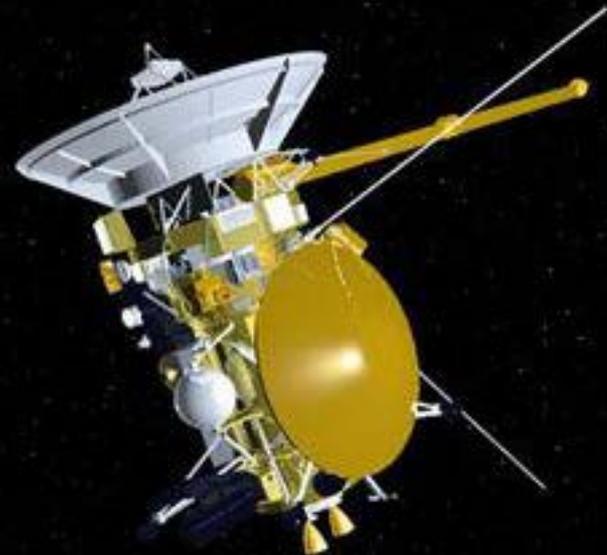
Cassini / Huygens



Saturn und Titan

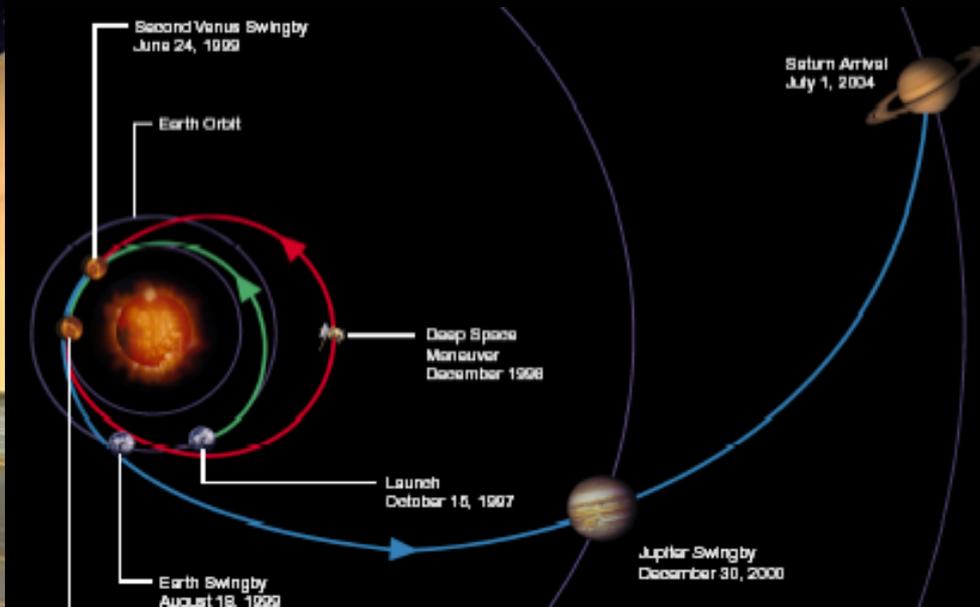
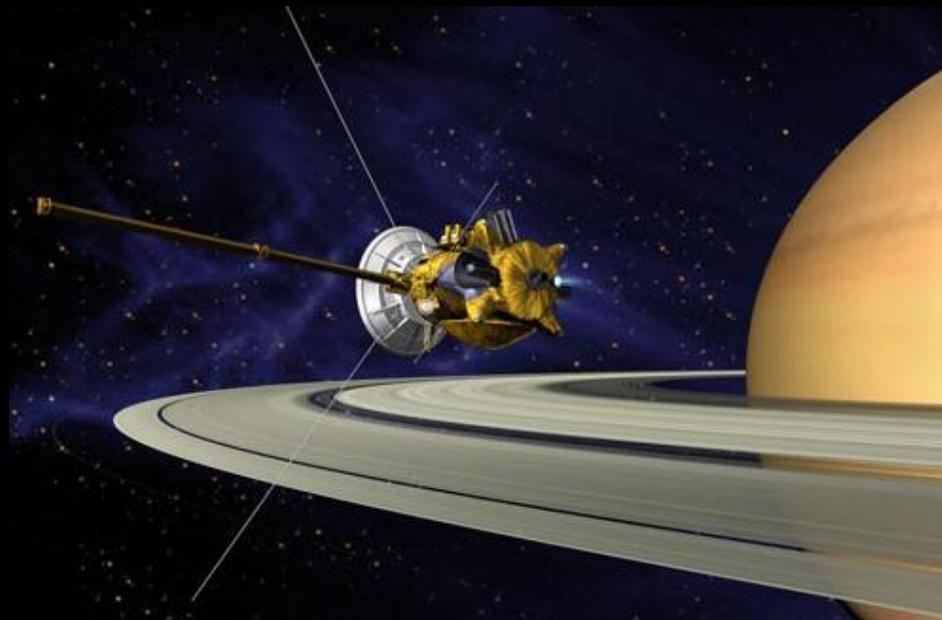


Start: Okt. 1997
Ankunft: Juli 2004
Masse: ca. 8 t

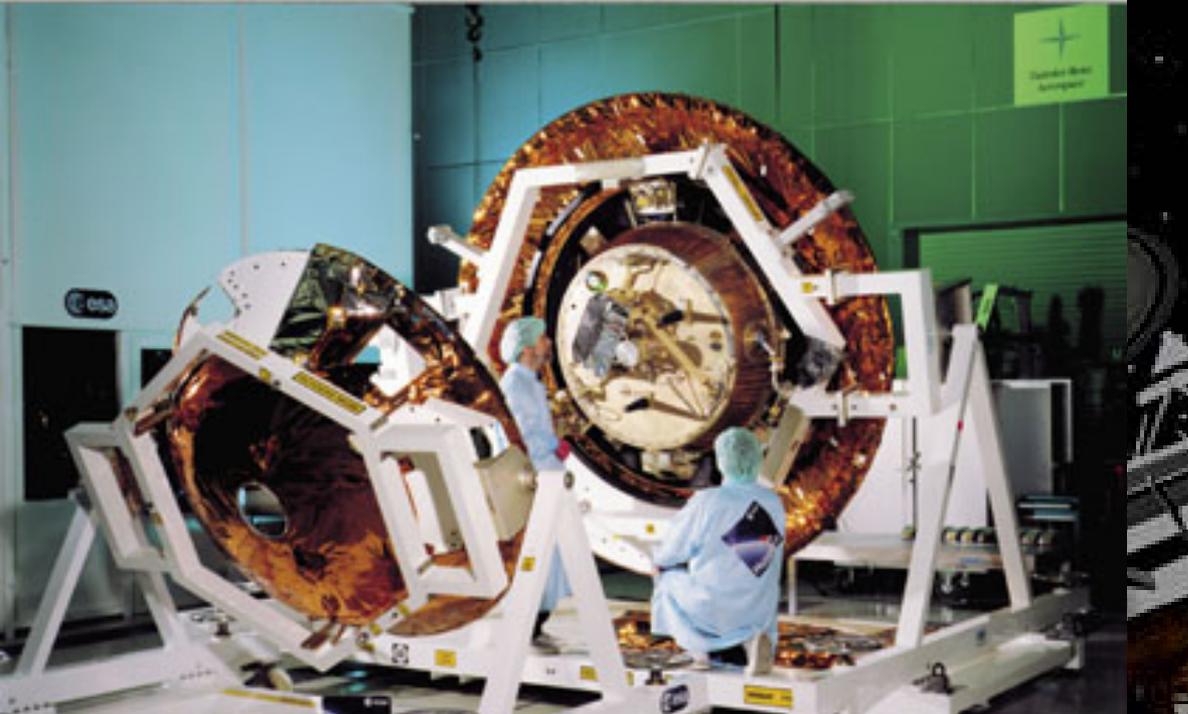


Der Weg zum Saturn

- Cassini flog ca. 5 000 000 000 km weit
- Flugzeit: 6.7 Jahre
- Durchschnittsgeschwindigkeit: 85 000 Km/h
- Mit dem Auto (100 km/h): 5700 Jahre

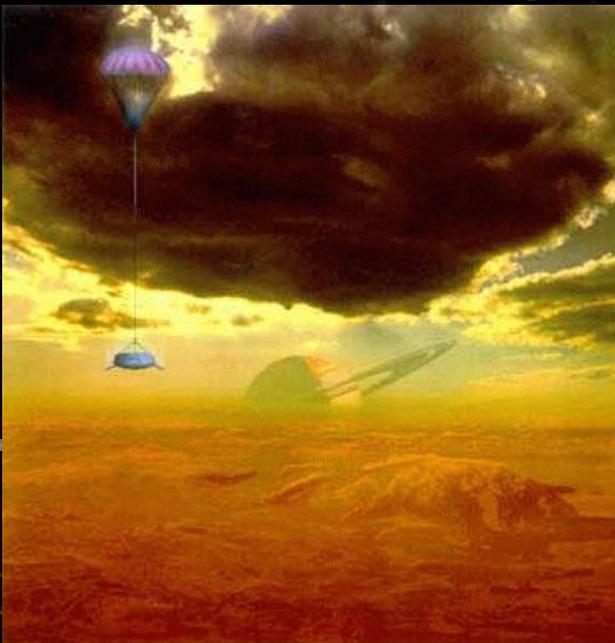




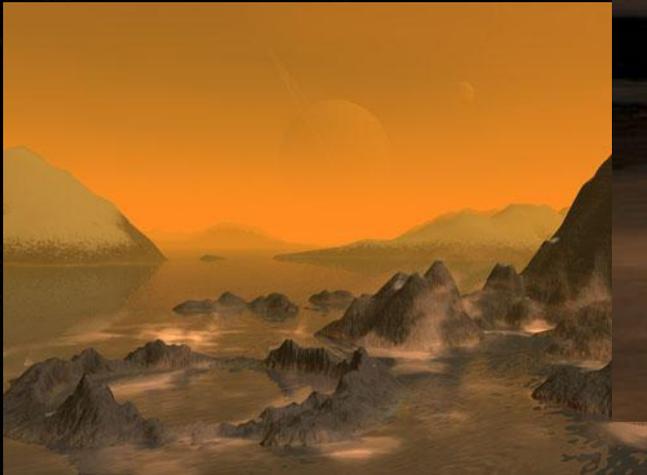


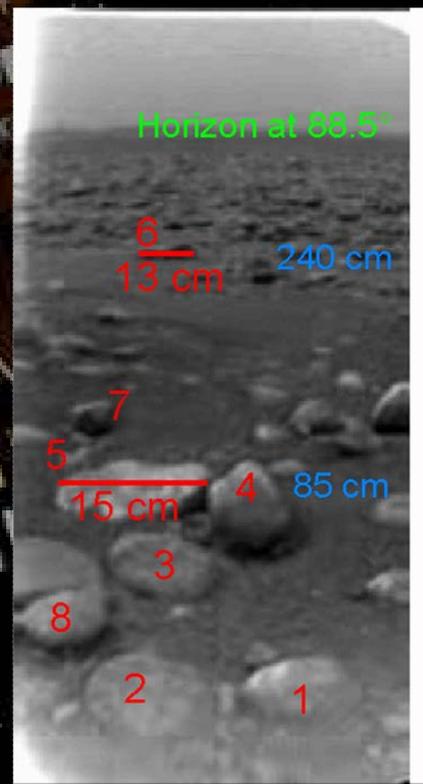
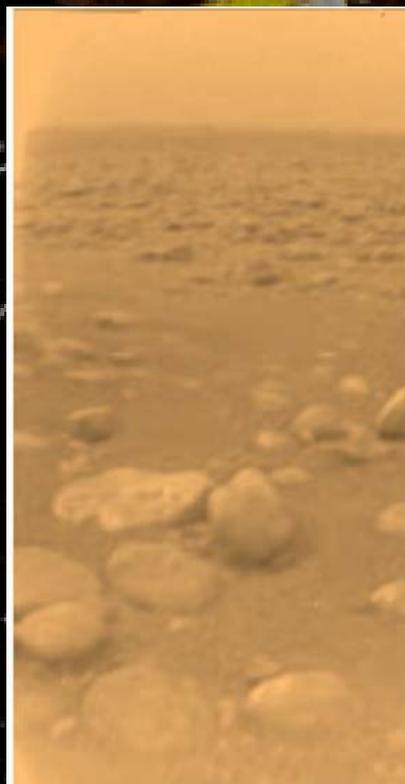
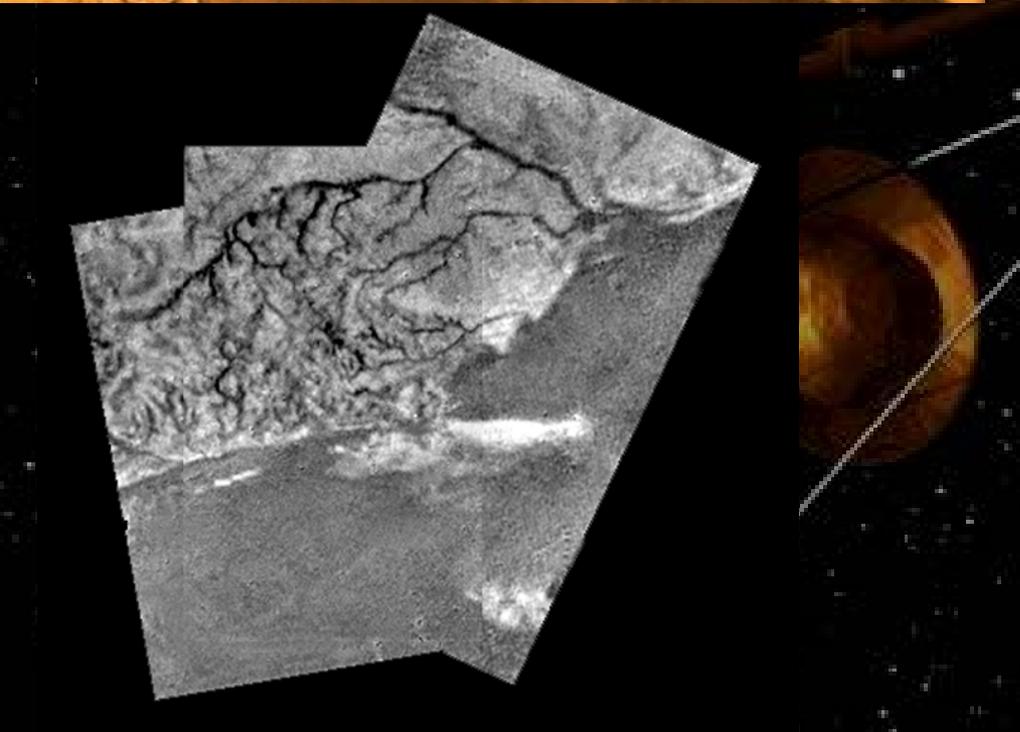
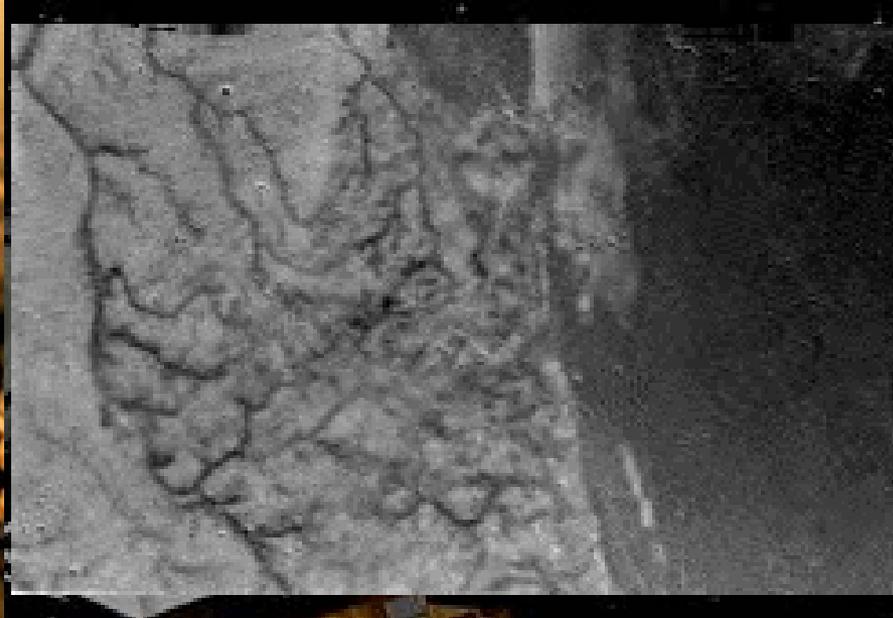
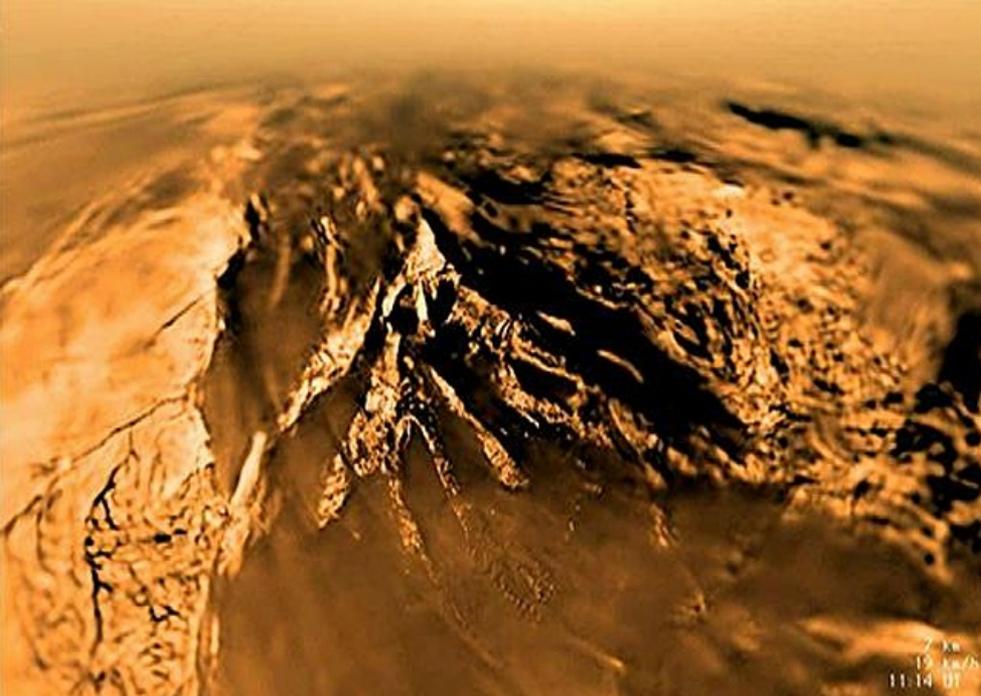
Die Landesonde wurde in Ottobrunn von
DASA (heute Airbus DS) gebaut





Die Landeumgebung auf Titan war unbekannt

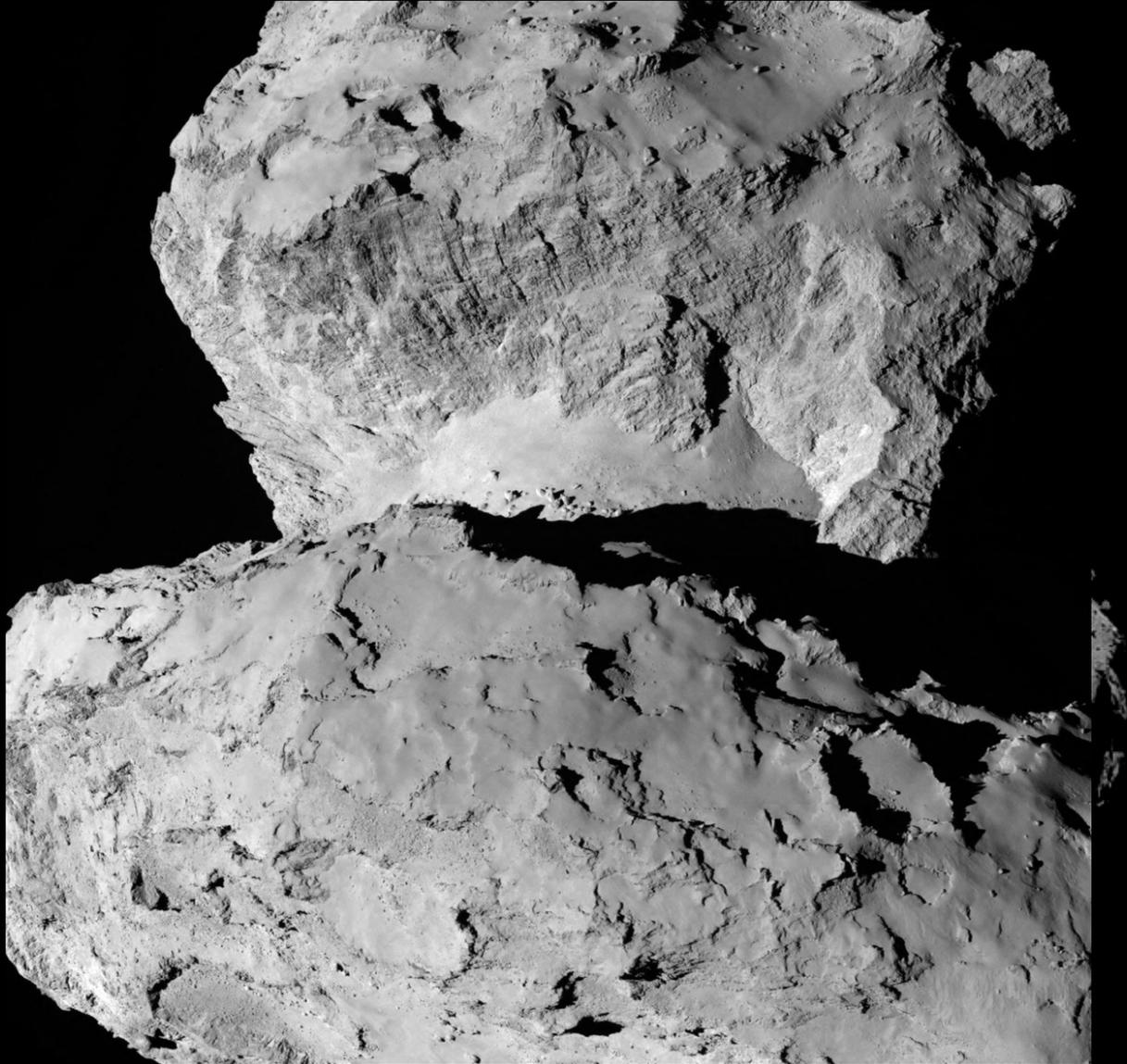




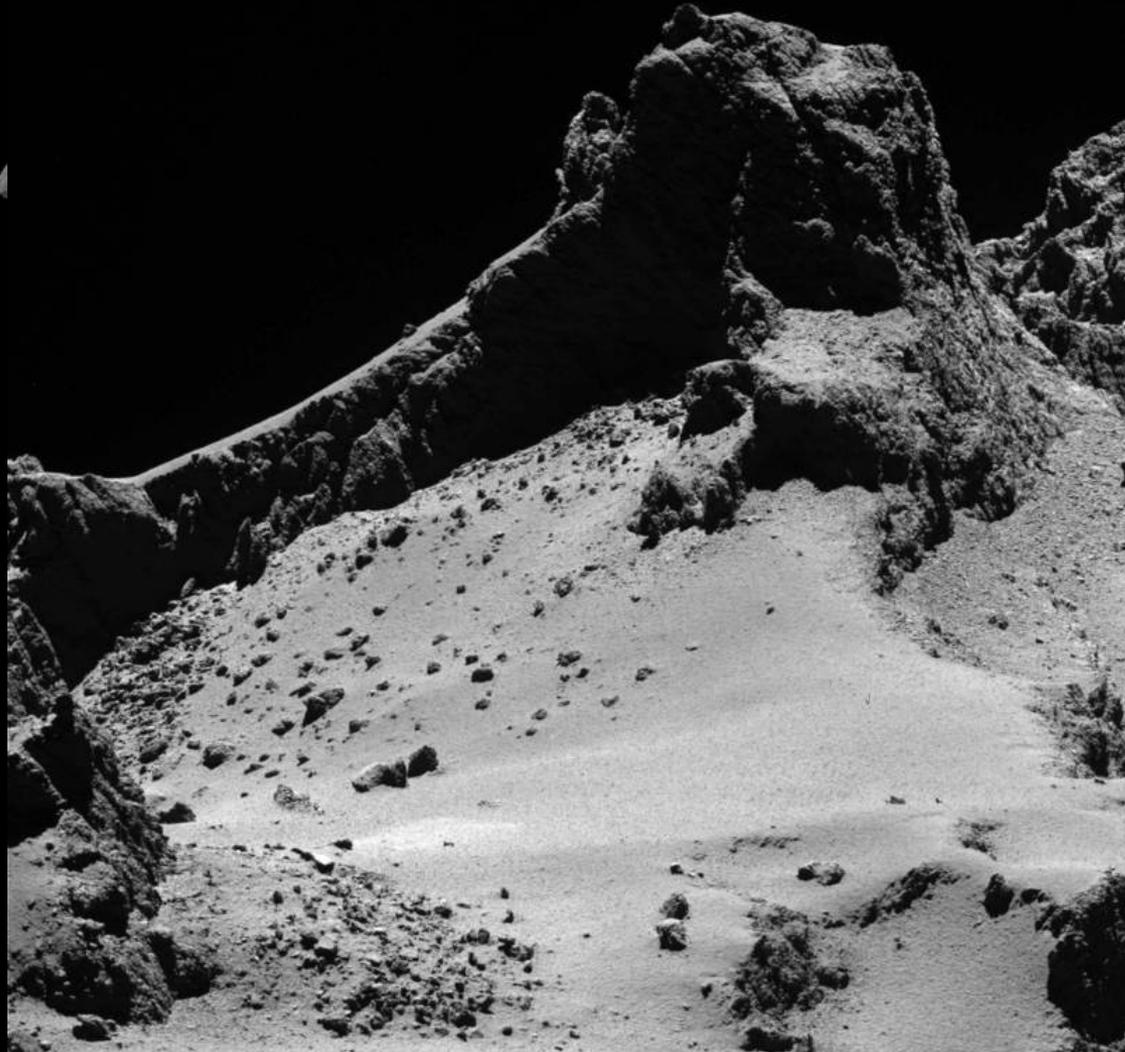
Der Komet Tschurjumow-Gerassimenko und die Rosetta / Philae Mission



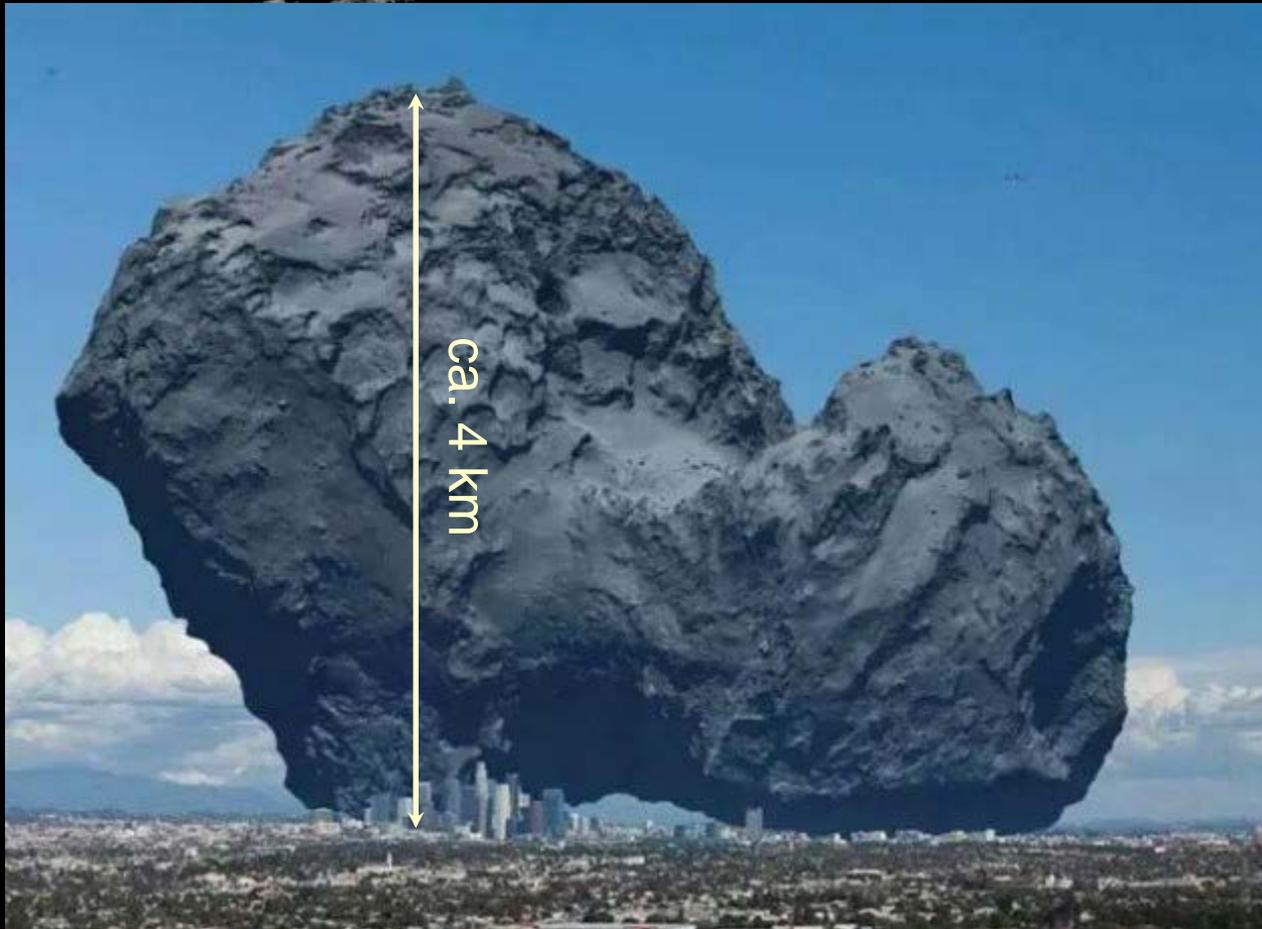
Der Komet Tschurjumow-Gerassimenko



Der Komet Tschurjumow-Gerassimenko

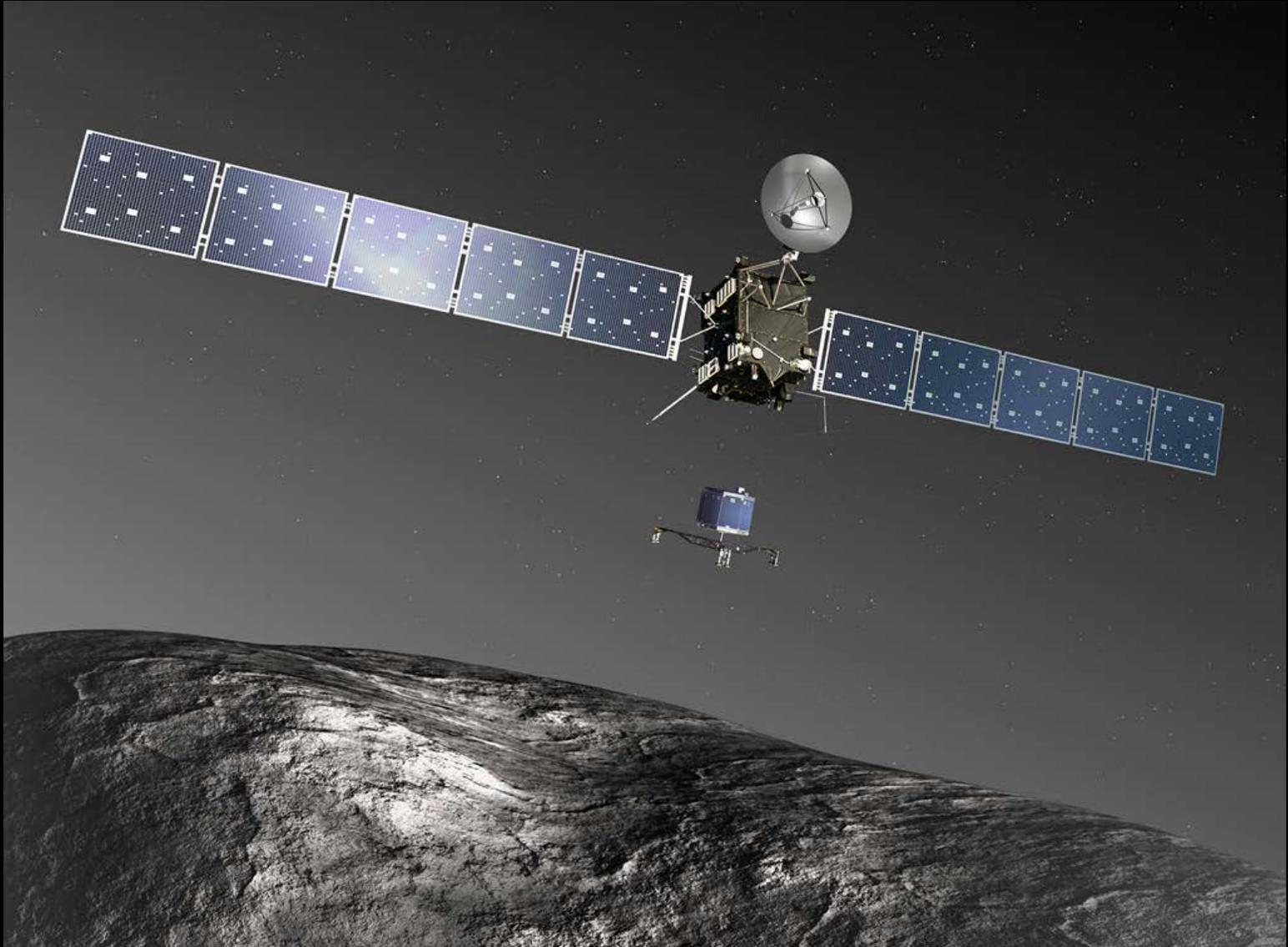


Der Komet Tschurjumow-Gerassimenko



Masse: ca. 10 Mrd. Tonnen

Rosetta und Philae



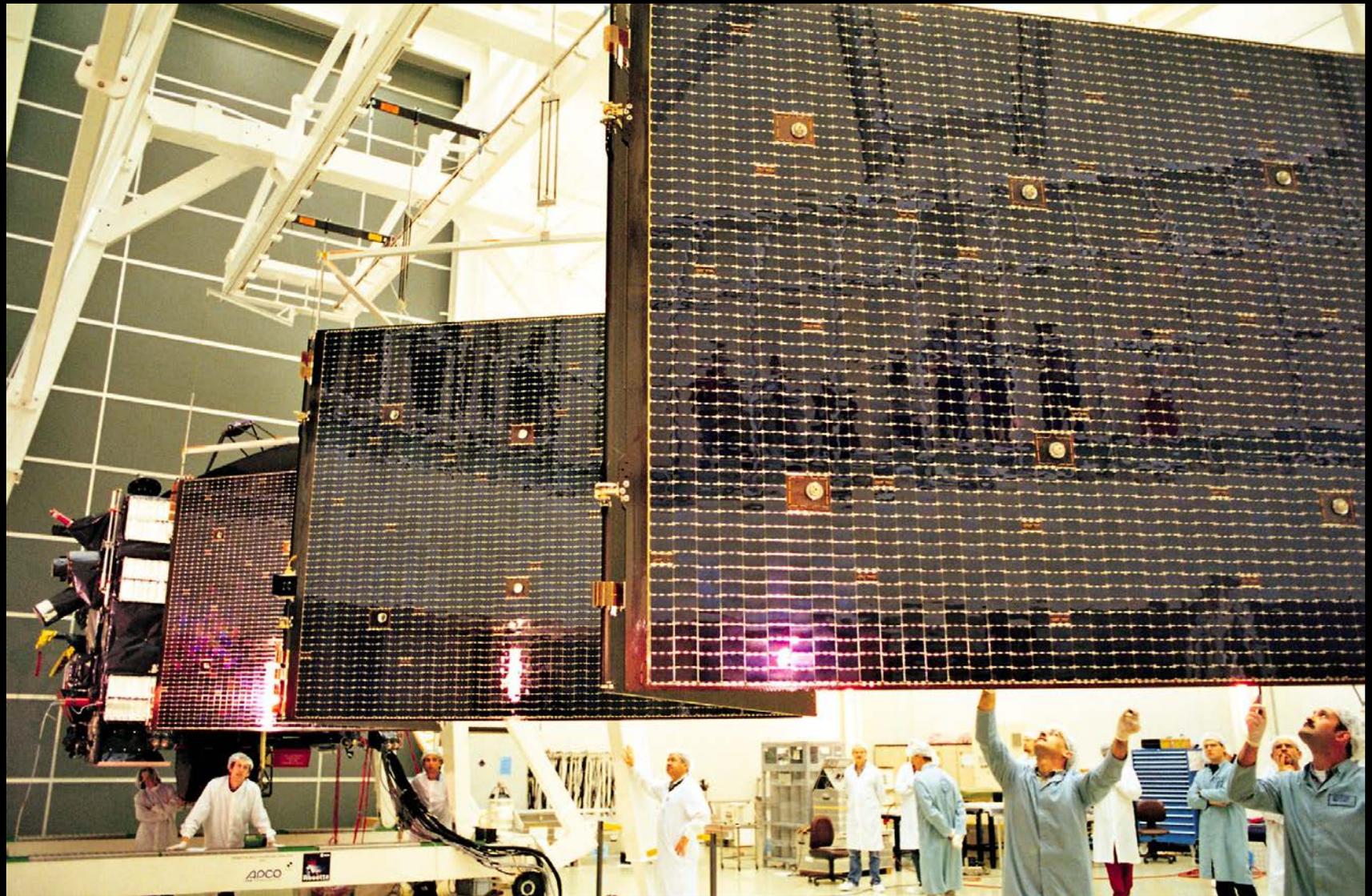
Die Raumsonde Rosetta



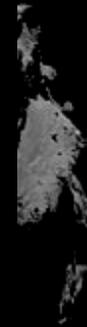
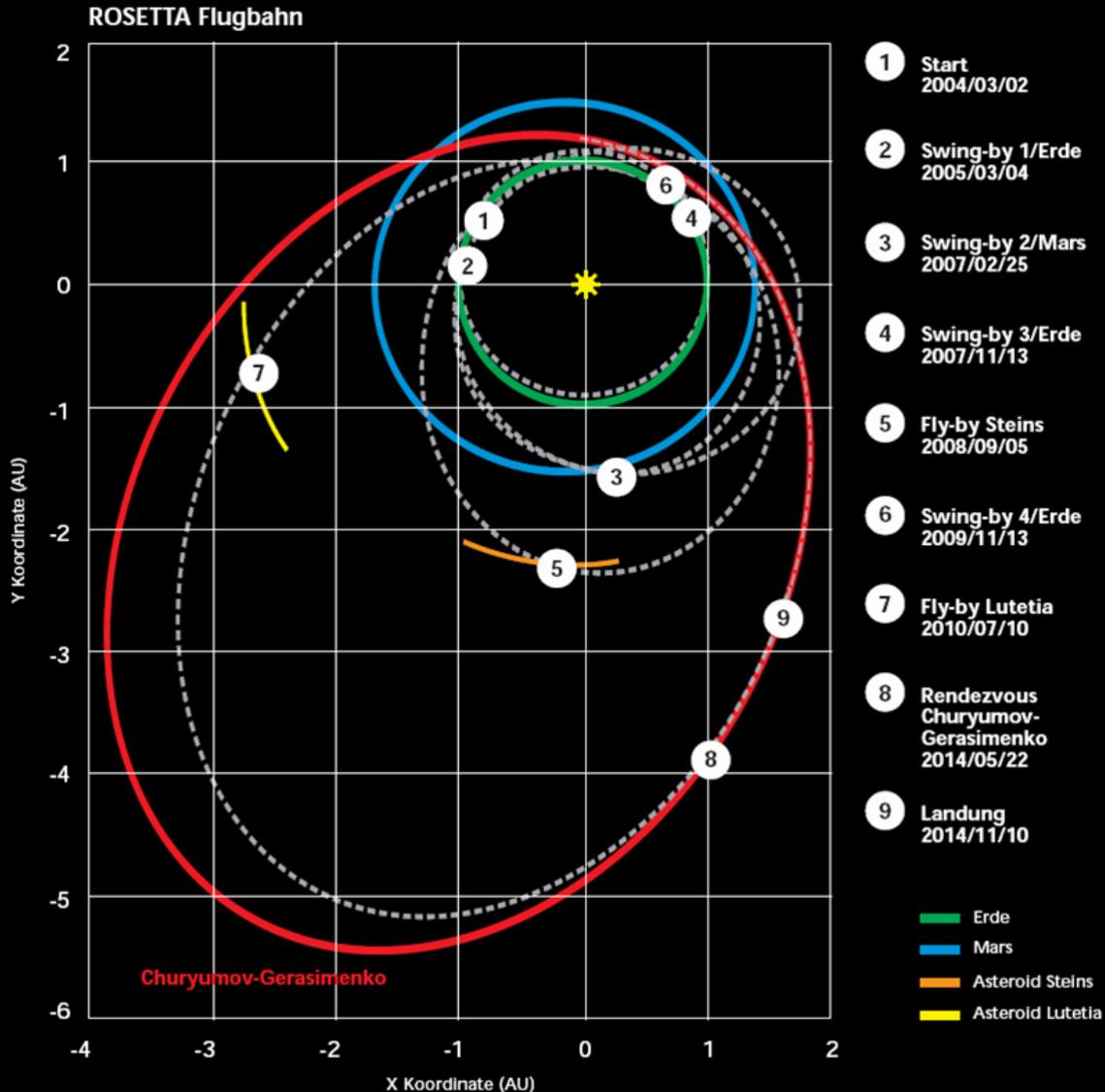
Lander und
Raumsonde kommen
zusammen



Riesige Solarpaneele – 32 m Spannweite



Der Weg zum Kometen



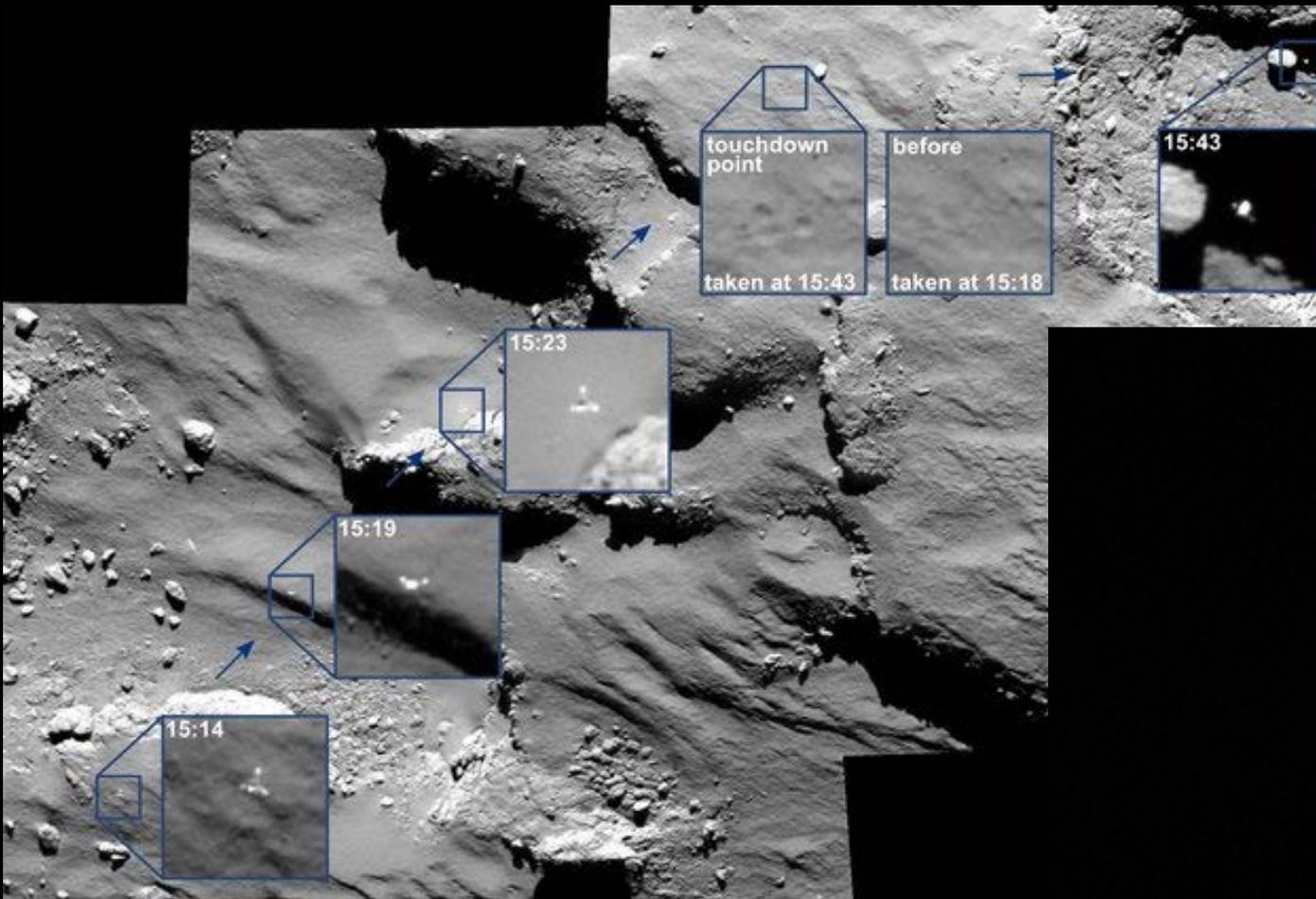
Ankunft am Kometen



Der Lander Philae



Die Landung



Bilder von
der
Oberfläche



Bilder von der Oberfläche



Pluto und New Horizont

Start 2006 - Ankunft Juli 2015

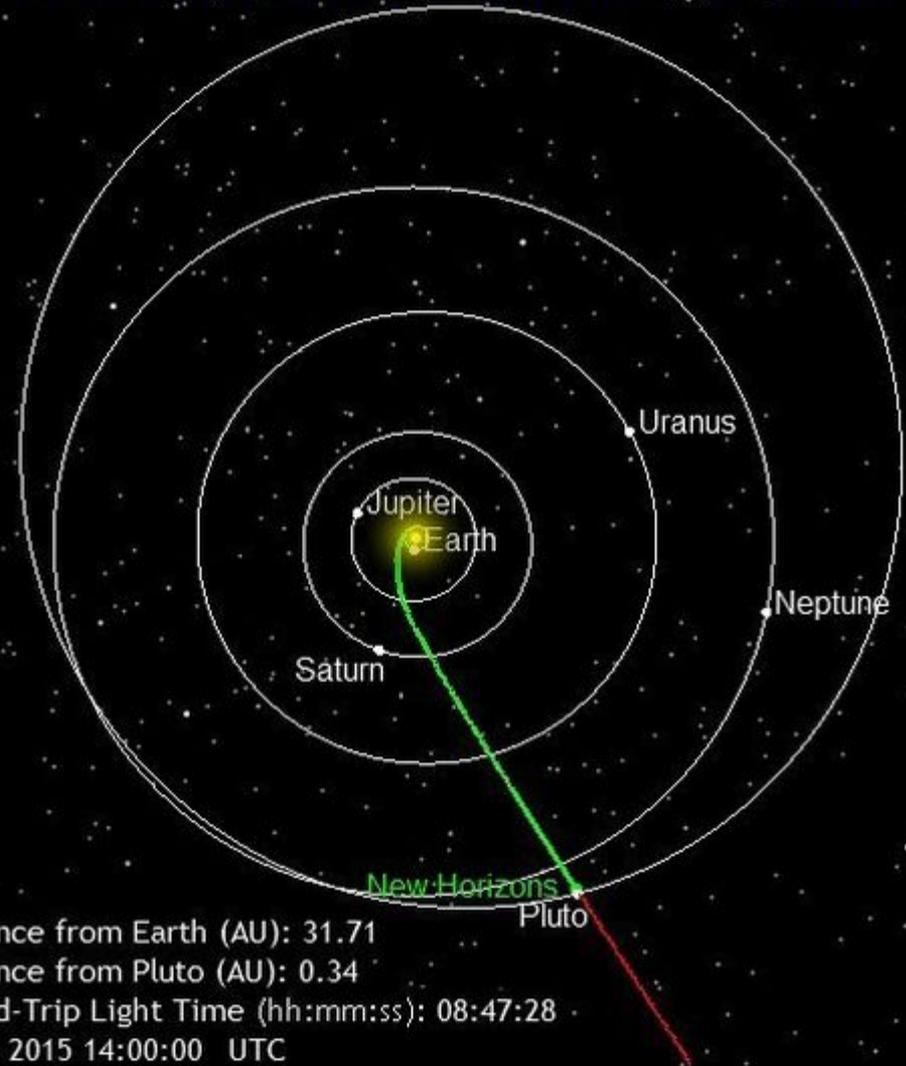


Pluto und New Horizont

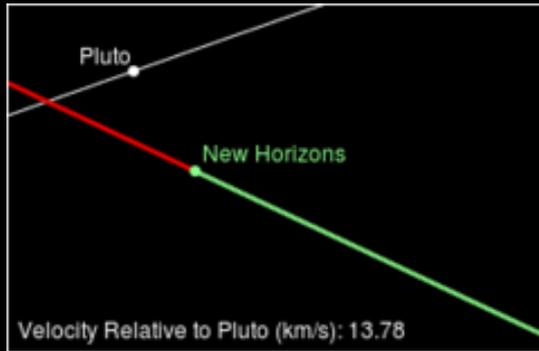
Entfernung: ca. 5 Mrd. km
Geschw.: ca. 52 000 km/h

New Horizons Full Trajectory - Overhead View

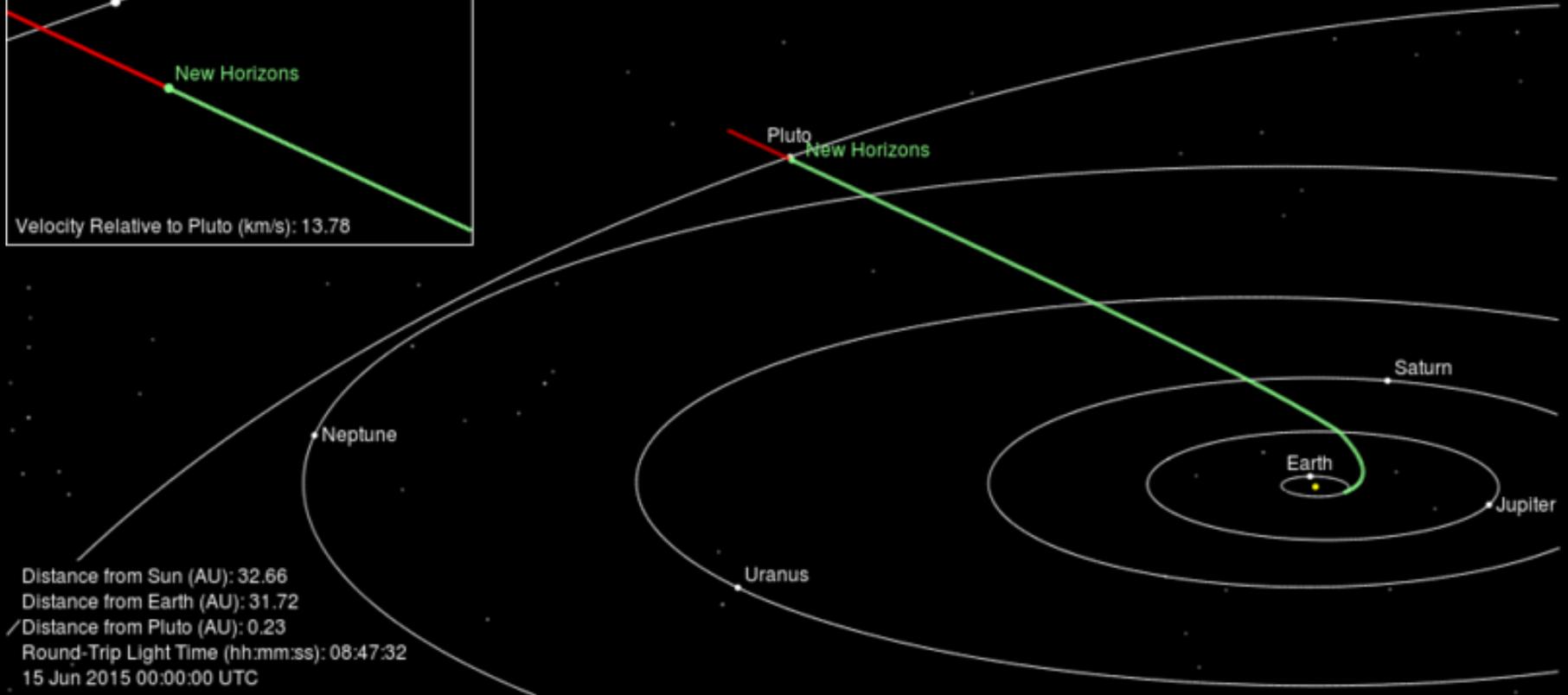
Distance from Sun (AU): 32.55 Heliocentric Velocity (km/s): 14.55



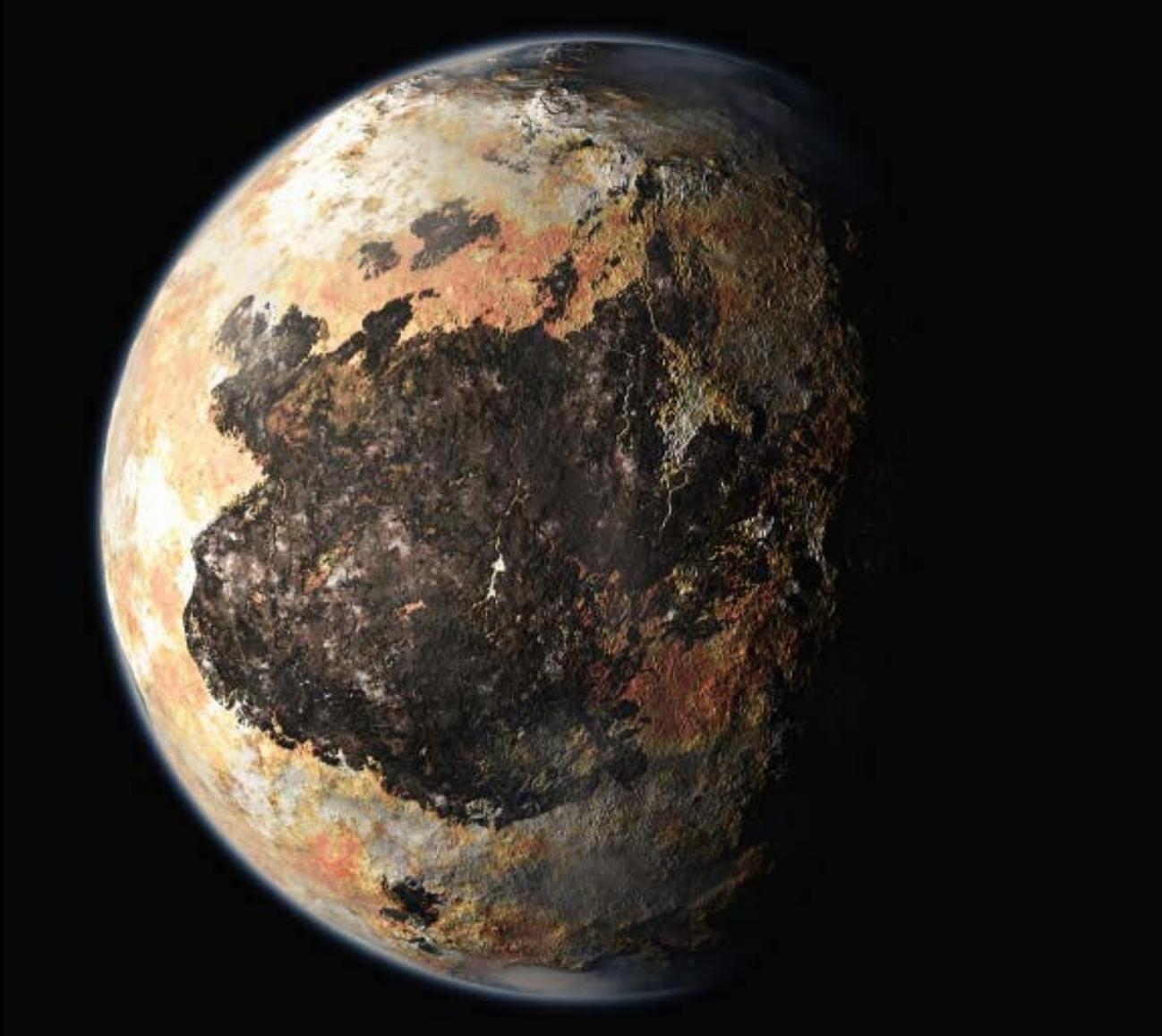
Pluto und New Horizont



New Horizons Full Trajectory - Pluto Flyby



Pluto und New Horizont



Pluto und New Horizont



Ende

