

Marsforschung am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Das Klima und Wetter auf dem Mars

Simulation des Marsklimas

Der Mars ist einer der so genannten erdähnlichen Planeten. Er besitzt eine dünne Atmosphäre, die zu etwa 95% aus CO₂ besteht. Wie die Erde auch durchläuft der Mars Klimaschwankungen. Das liegt zu einem großen Teil daran, dass sich die Bahn des Mars um die Sonne mit der Zeit (von Jahrtausenden bis Millionen von Jahren) leicht verändert. So ist die Bahnform mal mehr und mal weniger elliptisch, mal durchläuft Mars seinen sonnennächsten Punkt im Winter und mal im Sommer. Auch die Neigung der Rotationsachse, der „Erdachse“ des Mars, verändert sich ständig, was eine unterschiedliche Sonneneinstrahlung an den Polen zur Folge hat. In den letzten 5 Millionen Jahren schwankte die Achse des Mars zwischen 15° und 35° und hat jetzt einen Winkel von 25,2°. Zum Vergleich: Die Erdachse ist um 23,5° geneigt (Abbildung 1).

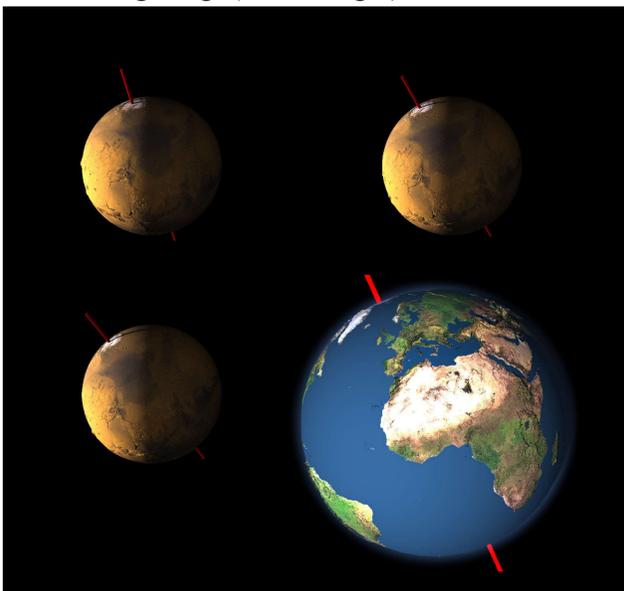


Abbildung 1 Der Mars und die Erde. Die Rotationsachse des Mars hat sich in den letzten 5 Millionen Jahren stetig zwischen 15° und etwa 35° verändert. Dadurch erhalten die Polarregionen unterschiedliche Sonneneinstrahlungen. Von oben links nach unten rechts sind der Mars bei 15°, 25,2° und 35° Achsneigung sowie die Erde dargestellt. Die Gebirge auf den Abbildungen sind zur Verdeutlichung stark überhöht wiedergegeben.

Um nun zu verstehen, wie die Änderungen der Marsbahn das Klima auf selbigen Planeten beeinflussen, werden am MPI für Sonnensystemforschung in Kooperation mit der Universität Hamburg und Prof. Dr. Greve vom Institut für Tief-Temperatur Wissenschaften in Sapporo, Japan zwei numerische Simulationsprogramme entwickelt und eingesetzt. Anhand der physikalischen Gesetze und der Bahn des Mars um die

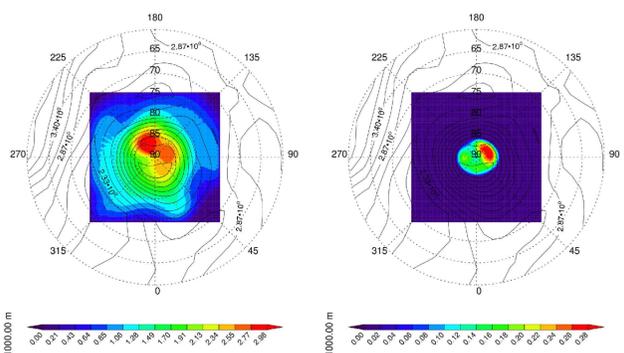


Abbildung 2 Die simulierten Eiskappen des Mars bei einer Neigung der Rotationsachse um 15° (links) und um 35° (rechts). Es ist für beide Fälle in der Draufsicht dargestellt, wie die Eiskappe am Nordpol wächst bzw. schmilzt, wenn die Achse entsprechend gekippt ist.

Sonne simuliert das erste davon die Atmosphäre, das zweite die polaren Eiskappen, die einen großen Teil der Wasserreservoir des Mars bilden. In der Abbildung 2 ist dargestellt, wie sich der nördliche Eisschild in der Simulation entwickelt, wenn sich die Schräglage der Rotationsachse des Mars auf 15° bzw. 35° ändert. Bei 15° bekommen die Polregionen selbst im Sommer

wenig Sonnenlicht und damit Wärme ab. Hingegen ist bei einem Winkel der Achse von 35° eine verstärkte Einstrahlung zu beobachten. Dies hat zur Folge, dass bei 15° im Sommer weniger Eis verdunsten kann als beim heutigen Winkel von 25,2° oder bei 35°. So ist in der Abbildung 2 für 15° (links) eine weiträumigere Vereisung festzustellen als für 35° (rechts).

Das Wetter und die mittlere Atmosphäre des Mars

Ein weiteres numerisches Modell der Atmosphäre wird am MPS entwickelt und betrieben, um das derzeitige Wetter- und Klimageschehen auf dem Mars besser zu verstehen. In diesem Projekt, das den Namen MAOAM (The Mars Atmosphere: Observation And Modeling) trägt, steht die vertikal hochauflösende Simulation der physikalischen und chemischen Prozesse im Vordergrund. So wird beispielsweise die Erwärmung der Atmosphäre in 30 bis 60 km Höhe durch atmosphärische Gezeitenwellen erfolgreich simuliert. Ein ähnliches Phänomen lässt sich auch in der Stratosphäre der Erde beobachten. Diese Erwärmungen dauern allerdings, im Gegensatz zum Mars, bei dem dies dauerhaft der Fall ist, nur zirka eine Woche. Warum sich Mars- und Erdatmosphäre in diesem Punkt unterscheiden, wird zur Zeit am Institut erforscht.

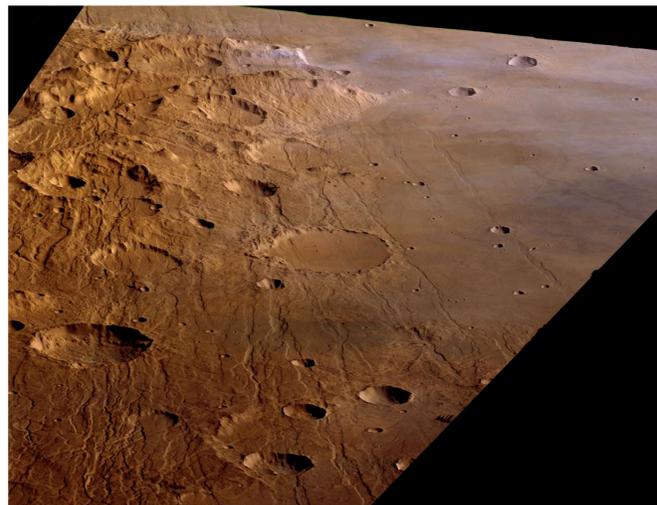


Abbildung 3 Wolken und Aerosole, aufgenommen von Mars Express. Ort: Claritas Fossae, Bild:ESA

Nebel und Wolken auf dem Mars – Mesoskalige Modellierung

Bilder der hochauflösenden Stereokamera HRSC auf der Mars Express Sonde zeigen (Abb. 3) die Bildung dünner Schleierwolken auf Mars. Um die Prozesse besser zu verstehen, die diese Wolken und Nebel entstehen lassen, sind Wettermodelle erforderlich, die einen kleineren Bereich der Atmosphäre genauer auflösen, als das die globalen Klimamodelle können. Dies sind die so genannten mesoskaligen Modelle. Zu diesem Zweck wird am MPS das MM5 Modell des amerikanischen NCAR (National Center for Atmospheric Research) verwendet. In seiner Erdversion wird es in vielen Ländern als regionales Wettervorhersagemodell verwendet.

Die Untersuchung des „Innenlebens“ des Mars

Auf dem Mars konzentrieren sich der Vulkanismus, tektonische Aktivität und Anomalien im Schwerfeld auf die Tarsis-Region. Das deutet darauf hin, dass die Auf- und Abwärts-Bewegungen im Mantel, das ist die äußerst zähflüssige Schicht zwischen der äußeren festen Kruste und dem Planetenkern, sich anders verhalten,

als auf der Erde. Um dies zu untersuchen, wird am MPS ein Computermodell betrieben, das anhand der physikalischen Gesetze die geophysikalische und thermische Entwicklung des Mars seit seiner Entstehung simuliert.

Die Erkundung des Mars mit dem Mars Express

Das MPS ist beteiligt am Mars Express, Europas Mission zum Mars. Ein Teil davon ist die Untersuchung der Marsatmosphäre mit Hilfe der hochauflösenden Stereokamera (HRSC, Abb. 5)

DLR Die HRSC Stereo Kamera des DLR **MPS**

Filter:	5 panchromatisch und 4 Farben
Nadir	675 (+- 90) nm
Äusseres Stereo (2)	675 (+- 90) nm
Inneres Stereo (2)	675 (+- 90) nm
Blau	440 (+- 45) nm
Grün	530 (+- 45) nm
Rot	750 (+- 20) nm
Nahes Infrarot	970 (+- 45) nm
Radiometrische Auflösung	8 bit
Aktive Pixel pro Sensor	5184
Operationale Lebensdauer	>4 years
Typische Einsatzdauer	4-30 min
Stereo Winkel [Grad]	-18,9, -12,6, 0, +12,6, +18,9
Pixel am Boden	12 x 12 m ² von 300 km Höhe
Swath-Breite am Boden	11,9° bzw. 62,2 km von 300 km Höhe
SNR	blau >40, rest >80, panchrom. >>100
Abdeckung im ersten Mars-Jahr	50% bei 15m/Pixel panchromatisch im Nadir
Typische Bildgröße	62 x 330 km ²

Abbildung 5 Die Hochauflösende Stereokamera HRSC Mars, der rote Planet, hat nur eine sehr dünne Atmosphäre. Diese ist jedoch häufig durch Staub eingetrübt. Zudem liefert der in der Luft schwebende Staub Kondensationskeime für Wolken aus Wasser und CO₂. Die Jahreszeit, die Höhe über dem Boden, die Tageszeit und viele andere Parameter haben großen Einfluss auf die Dunstigkeit der Atmosphäre. Diese Dunstschleier und Wolken beeinflussen die Beobachtung und das Fotografieren der Marsoberfläche. Manchmal, insbesondere zu Zeiten globaler Staubstürme, ist die Atmosphäre so undurchlässig, das man aus dem Welt- raum die Oberfläche so gut wie gar nicht sehen kann. Normalerweise ist die Oberfläche allerdings schon zu sehen, wenn auch nicht so scharf, als wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre.

Die Stereobilder bieten eine einzigartige Möglichkeit, atmosphärische Effekte zu analysieren und aus den Bildern herauszufiltern. Das ist möglich, da das Licht für Bilder die senkrecht nach unten aufgenommen werden (Nadir) einen kürzeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegt und daher weniger beeinflusst wird als dies bei den Stereobilder der Fall ist, die unter

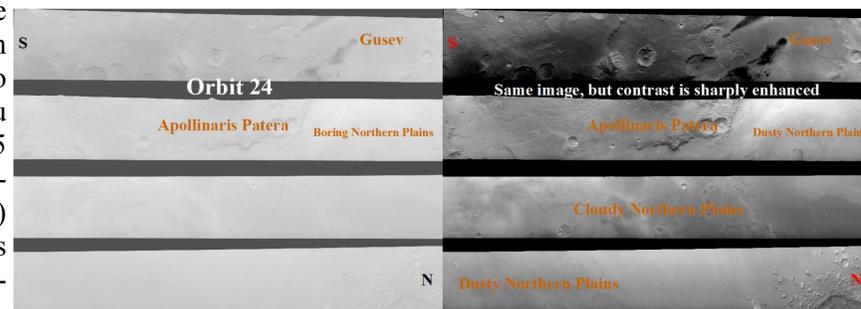


Abbildung 4 Diese beiden Bilder wurden während ein Staubsturms aufgenommen. Im Originalbild (links) ist kaum etwas zu erkennen. Erst durch die Erhöhung des Kontrastes werden Details erkennbar (rechts).

einem Winkel von 19° aufgenommen werden. Durch den Vergleich der Nadir-Bilder mit den Stereobildern ist es dann möglich, atmosphärische Effekte zu analysieren und die Bilder zu korrigieren (Abb. 4).