

## 11 Ausblick

Bereits laufende und geplante Missionen werden die bisher sehr zahlreich aufgeworfenen Theorien zur Entstehung der Erosionsrinnen bestätigen oder verwerfen. Neben den Daten der **Mars Global Surveyor (MGS)** Mission, die Grundlage dieser Arbeit waren, sind bereits jetzt zwei weitere Orbiter im Einsatz und liefern sehr große Datenmengen.

Seit 2001 zeichnet die US-amerikanische Raumsonde **Mars Odyssey** mit dem **Thermal Emission Imaging System (THEMIS)** im sichtbaren (THEMIS-VIS) und infraroten (THEMIS-IR) Bereich Bilddaten auf (*Christensen et al.*, 2004). Die panchromatischen Bilder haben eine Auflösung von bis zu 17 m und decken eine etwa 10 mal so große Fläche ab wie die MOC-NA Bilder. Kleinskalige Erosionsrinnen sind bei dieser Bildauflösung jedoch nur schwer zu erkennen. Die größere Abdeckung erlaubt aber teilweise bessere Rückschlüsse auf die Richtungsverteilung der Erosionsrinnen, da die schmalen MOC-NA Bildstreifen z.B. bei Kratern eine gute Nord-Süd-Abdeckung erreichen (aufgrund des polaren Orbitverlaufs von MGS), aber westliche und östliche Hänge unzureichend aufgenommen werden. Die THEMIS-IR Kamera zeichnet Bilddaten zwar nur mit einer Auflösung von 100 m/pxl auf, dafür aber in 10 Infrarotbändern. Die Aufnahmen erfolgen zudem am Tag und in der Nacht, woraus Rückschlüsse auf das Wärmeleitvermögen der Oberflächenmaterialien und damit auf die Korngrößenzusammensetzung geschlossen werden können. Da Erosionsrinnen auf der Erde an Hänge gebunden sind, die Schutt- und/oder Feinmaterial aufweisen, könnte mit diesen Daten geklärt werden, warum Erosionsrinnen regional nur in einigen Kratern vorkommen, in benachbarten aber nicht oder ob dies, wie von *Edgett et al.* (2003) vermutet, an regionalen Aquiferen liegt.

Die erste europäische Marsmission **Mars Express** befindet sich seit Dezember 2003 in einem polaren Orbit um den Roten Planeten.

Die deutsche, hochauflösende **High Resolution Stereo Camera (HRSC)** (*Neukum et al.*, 2004) wird innerhalb eines Marsjahres etwa 50 % der Oberfläche mit einer Auflösung von bis zu 10 m (in der Periapsis) kartieren und bei einer erweiterten Mission nahezu eine globale Abdeckung erreichen. Einzelne Bildstreifen decken in der Regel eine Fläche von 50 km Breite und bis zu 3000 km Länge ab. Zudem werden synchron mit den sichtbaren Nadir-Bilddaten ein Blau-, Grün-, Rot- und Infrarotkanal, sowie Stereobildpaare, aus denen hochauflösende Geländemodelle erstellt werden können, aufgenommen. Die Auflösung der zusätzlichen Kanäle ist je nach Kommandierung gegenüber dem panchromatischen um den Faktor 2 - 8 niedriger. Zusätzlich zur HRSC werden simultan von einem Teleobjektiv, der Super Resolution Camera (SRC), Aufnahmen von 1024 mal 1024 Bildpunkten mit einer Auflösung von bis zu 2 m/pxl gemacht. Die überlappenden Einzelaufnahmen können zu größeren Bildstreifen zusammengesetzt werden und die Lage ist zu den HRSC-Aufnahmen referenziert. Der Kontext der hochaufgelösten SRC-Aufnahmen ist damit für die morphologische Interpretation ersichtlich. Die globale Kartierung der HRSC-Kamera in dieser Auflösung erlaubt eine vollständige Erfassung der Erosionsformen hinsichtlich ihrer Lage und Richtungsverteilung und kann wertvolle Informationen für die Bildungsbedingungen liefern. Desweiteren können aus den digitalen Höhenmodellen der Stereoaufnahmen die Erosionsvolumen von größeren Rinnen abgeleitet werden, was Rückschlüsse auf die benötigten Wasservolumen zulässt.

Das französische Infrarot-Spektrometer **Observatoire pour la Minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité (OMEGA)** auf Mars Express kartiert die Oberfläche im sichtbaren und infraroten Bereich (0,5 - 5,2 microns) mit einer Auflösung von 100 m/pxl (*Bonello et al.*, 2004). Hauptaufgaben des Instrumentes sind die Bestimmung der Verteilung von Oberflächenmineralien, Oberflächeneis und Wasserdampfgehalten in der Atmosphäre. Am Südpol konnten bereits erstmals direkt große Wassereismengen an den Randbereichen der überlagernden Kohlendioxideiskappe nachgewiesen werden (*Bibring et al.*, 2004). Die hohe räumliche Auflösung des

Instrumentes ermöglicht den regionalen Nachweis von Wassereis, der die Grundvoraussetzung für mögliche, lokal begrenzte, rezente Prozesse von Oberflächenabfluß ist.

Das italienische **Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionospheric Sounding (MARSIS)** auf Mars Express dient der Untersuchung von Wasser und Wassereis in den Tiefenschichten des Mars (*Picardi et al., 2004*). Das Radar Altimeter, das im Radio-Wellenlängenbereich zwischen 1,3 - 5,5 MHz arbeitet, kann bis in Tiefen von 5 km vordringen. Die räumliche Auflösung der Radardaten liegt je nach Orbithöhe zwischen 5 km/pxl und 30 km/pxl, bei einer vertikalen Auflösung (bei 1 MHz Bandbreite) zwischen 50 - 100 m. Erstmals kann damit Wasser in den Tiefenschichten des Mars nachgewiesen werden. Dadurch kann die Theorie zur Bildung von Erosionsrinnen durch Sickerwasseraustritte überprüft werden. Sollte es die vermuteten fossilen Aquifere im Untergrund des Mars geben und diese teilweise mit der Verteilung der Erosionsrinnen übereinstimmen, wäre dies ein Hinweis zur Bestätigung dieser Theorie. Eingeschränkt wird diese Überprüfung aber von der räumlichen und vertikalen Auflösung der Daten, die eine Identifizierung regionaler Eis- oder Wasserschichten im Untergrund zuläßt, jedoch nicht von kleinen, lokalen Vorkommen.

Bereits im August 2005 soll der US-amerikanische **Mars Reconnaissance Orbiter (MRO)** starten. Die Raumsonde trägt zahlreiche Instrumente, die Daten mit einer wesentlich höheren räumlichen Auflösung aufnehmen sollen.

Das **High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE)** wird, wenn keine Probleme auftreten, ab 2006 Aufnahmen im sichtbaren und nahen Infrarot liefern. Die räumliche Auflösung der Bilddaten soll, in Abhängigkeit von der Orbithöhe, im sichtbaren Bereich bei bis zu 1 m/pxl und im nahen Infrarot bis zu 30 - 60 cm betragen. Bilddaten dieser bisher unerreichten Auflösungen werden einen genaueren Einblick in die Morphologie der Erosionsrinnen gestatten. Zum einen kann festgestellt werden, ob viele der Erosionsrinnen wirklich so jung sind wie vermutet wird, oder ob Degradationsprozesse oder kleine Krater auch auf den jung erscheinenden Erosionsrinnen erkennbar sind. Zum anderen ist es hinsichtlich des vielleicht rezenten Oberflächenabflusses von geringen Wassermengen möglich, kleine Veränderungen in der Morphologie der Erosionsrinnen über ein oder mehrere Marsjahre zu dokumentieren.

Das italienische **Shallow Subsurface Radar (SHARAD)** dient wie sein Vorgängerinstrument **MARSIS** zum Aufspüren von Grundwasser oder -eis, jedoch mit einer wesentlich höheren Auflösung. Es arbeitet in einem Frequenzbereich von 15 - 25 MHz und erreicht Tiefen von bis zu 1 km. Die horizontale Auflösung erreicht 0,3 - 3 km, sowie vertikal bis zu 15 m. Damit können nicht nur regionale Grundwasseraquifere aufgelöst werden, sondern auch lokale Wasservorkommen in den Tiefen des Mars aufgespürt werden.

Außer Frage steht, daß die zahlreichen heutigen und in naher Zukunft gewonnenen Datensätze - NASA plant, alle 2 Jahre einen Orbiter oder Lander zum Mars zu schicken - die Erkenntnisse über unseren Nachbarplaneten grundlegend verbessern werden. Die bisherige Wissenschaftsgeschichte zeigte jedoch auch, daß neue Erkenntnisse vielfache, neue ungelöste Fragen aufwarfen.