

nimmt diese Absorptionsbande zu. Diese Beobachtung bedeutet aber nicht zwingenderweise, dass wasserhaltige Phasen tatsächlich verstärkt vorkommen, da im Bereich ab 2,6  $\mu\text{m}$  thermische Emissionen auftreten, welche die Absorptionsbanden maskieren können. In den wärmeren Gebieten nahe dem Äquator sind diese Emissionen stärker ausgeprägt als an den Polen. Genaue Temperaturmessungen, die zur Kalibration dieses Effekts nötig wären, hat aber leider keine Mission durchgeführt.

### Dreifache Bestätigung

Spektren, die das Visual and Infrared Mapping Spectrometer (VIMS) der Cassini-Mission beim Vorbeiflug am Mond aufgenommen hat, zeigen eine breite Absorptionsbande bei 3,0  $\mu\text{m}$ , die auf adsorbiertes Wasser zurückzuführen ist, sowie eine Bande bei 2,8  $\mu\text{m}$ , die auf OH-Gruppen hinweist [7]. Die Mengen an Wasser hängen u. a. von der Korngröße in der obersten Staubschicht, die durch kontinuierliche Meteoriteneinschläge entstanden ist, ab und davon, wie das Wasser dort verteilt ist. Modellrechnungen haben ergeben, dass zwischen 10 und 1000 ppm an Wasser nötig sind, um die beobachteten Absorptionsbanden zu erklären. Basierend auf den VIMS-Daten lässt sich argumentieren, dass das Wasser vermutlich über die Oberfläche zu den Polen migriert und sich dort in den kalten Polkratern ansammelt.

Die Daten der Deep Impact Mission weisen darauf hin, dass bis zu 0,5 Gewichtsprozent Wasser an den Polen auftreten können [8]. Die Sonde hat den Mond zu verschiedenen Zeiten beobachtet und innerhalb einer Woche – das entspricht dem Viertel eines Mondtages – Unterschiede in der Hydratisierung gefunden. Diese Unterschiede waren besonders stark in vulkanischen Marebasaltgebieten und weniger stark in hellen Hochlandgebieten ausgeprägt. Die Maregebiete verlieren also an einem Mondvormittag mehr Wasser als Hochlandgebiete. Diese periodische Zu- und Abnahme der Konzentration im Laufe eines Mondtages lässt

auf einen dynamischen Hydratisierungsprozess schließen. Da die gesamte Mondoberfläche hydratisiert wird und die absoluten Konzentrationen relativ gering sind, ist anzunehmen, dass der Sonnenwind dies verursacht. Mit der Zeit könnten die Hydratisierung und Dehydratisierung dazu führen, dass sich  $\text{H}^+$  und  $\text{OH}^-$  zu den Polen verlagern, was ihre erhöhte Konzentration dort erklären würde.

In den Daten des Moon Mineralogy Mapper ( $\text{M}^3$ ) Spektrometers an Bord der indischen Raumsonde Chandrayaan sind die Absorptionsbanden bei 2,8 und 3,0  $\mu\text{m}$  weit verbreitert [9]. In den kühleren hohen Breitengraden und in mehreren frischen feldspatreichen Kratern ist die OH-Konzentration höher. Interessanterweise sind die mit  $\text{M}^3$  gemessenen Absorptionsbanden nicht mit den Wasserstoffkonzentrationen des Neutronenspektrometers von Lunar Prospector korreliert. Zu erklären ist dies damit, dass  $\text{M}^3$  nur die obersten Millimeter der Oberfläche untersucht hat, während das Neutronenspektrometer Wasserstoff bis in eine Tiefe von 50 cm aufspüren konnte, wo er vor dem Verlust in den Weltraum geschützt ist. Die  $\text{M}^3$ -Ergebnisse zeigen, dass an der Mondoberfläche entweder hydratisierte Mineralphasen oder ein Hydratisierungsprozess auftre-

ten. Solche wasserhaltigen Minerale fehlen in den Apolloproben – vermutlich aufgrund der begrenzten Probenahme. Diese Minerale könnten aus dem Mondinneren stammen und durch frische Krater an die Oberfläche gelangt sein, oder sie könnten sich beim Einschlag wasserhaltiger Asteroiden oder Kometen gebildet haben. Andererseits ist es auch möglich, dass Wasser und OH durch die Reduktion von zweiwertigem Eisen zu metallischem Eisen durch den Beschuss mit Sonnenwindprotonen kontinuierlich entstehen. Nachdem nun alles darauf hindeutet, dass sich tatsächlich Wasser auf dem Mond findet, stellen sich den Forschern neue Fragen: Woher kommt es? Wie viel ist vorhanden? In welcher Form liegt es vor? Wo ist es konzentriert?

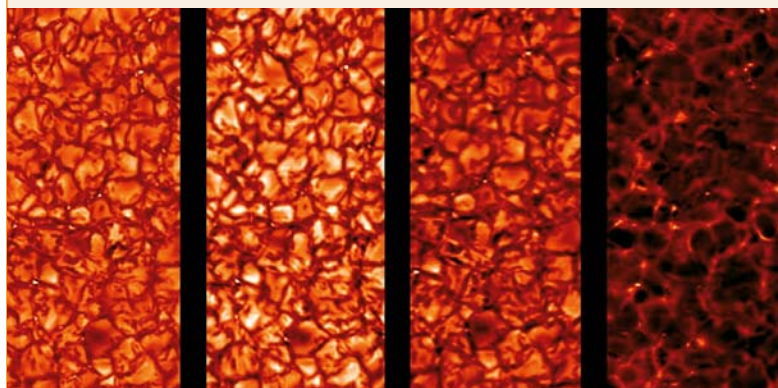
Harald Hiesinger

- [1] S. J. Peale et al., *Nature* **220**, 1222 (1968)
- [2] S. Nozette et al., *Science* **266**, 1835 (1994)
- [3] W. C. Feldman et al., *Science* **281**, 1496 (1998)
- [4] A. E. Saal et al., *Nature* **454**, 192 (2008)
- [5] J. Haruyama et al., *Science* **322**, 938 (2008)
- [6] A. Colaprete et al., *LPI Contrib.* **1415**, abstract 2012 (2008)
- [7] R. N. Clark, *Science* **326**, 562 (2009)
- [8] J. M. Sunshine et al., *Science* **326**, 565 (2009)
- [9] C. M. Pieters et al., *Science* **326**, 568 (2009)

### KÖRNIGE SONNE

Mit bisher unerreichter Detailauflösung zeigen neue Bilder die Oberfläche der Sonne im ultravioletten Spektralbereich zwischen 300 nm (links) und 397 nm (rechts). Die Bilder sind die ersten Ergebnisse des Ballontelekops SUNRISE, das Anfang Juni die Sonne fünf Tage lang aus einer Höhe von 37 Kilometern beobachtet hat.

Die Kollaboration aus deutschen, spanischen und amerikanischen Forschern erhofft sich von SUNRISE neue Erkenntnisse über das komplexe Wechselspiel von Magnetfeldern und Wärmekonvektion, das zu der körnigen Oberflächenstruktur der Sonne führt. Die Ausschnitte zeigen jeweils 1/20 000 der gesamten Sonnenoberfläche.



MPS