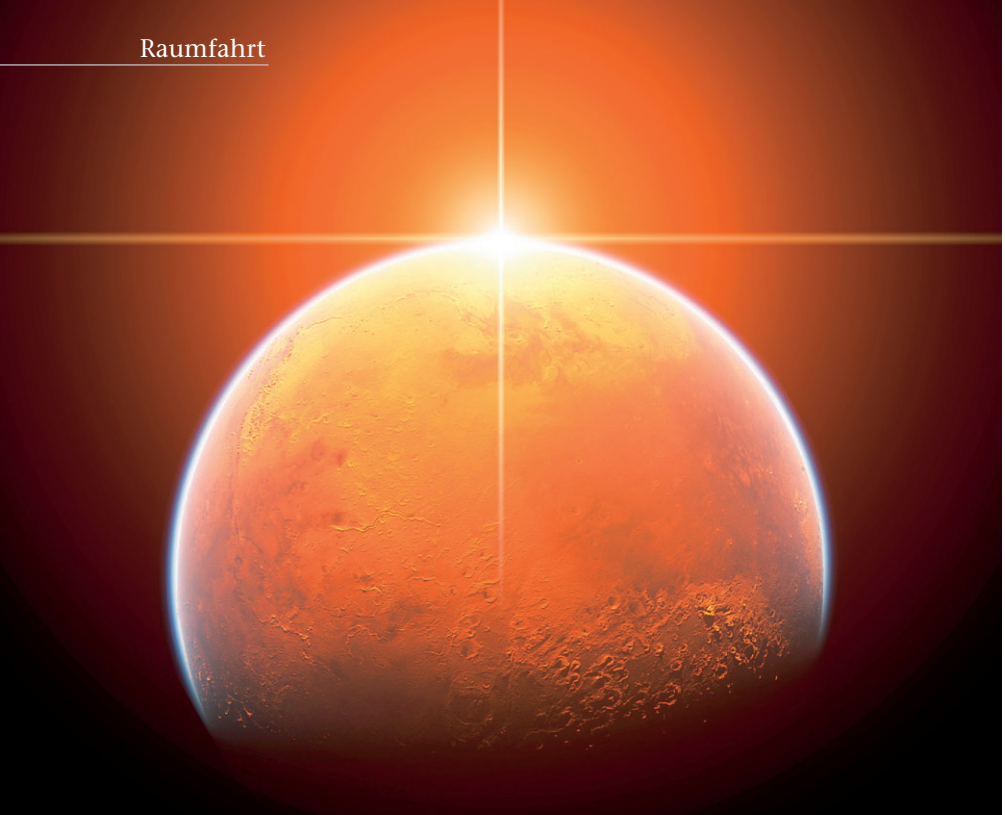

Das Mars-Experiment

Designvalidierung von Komponenten des Mars-Rovers mit Scanning-Laservibrometrie

Mit Hilfe des PSV-400-3D Scanning Vibrometers von Polytec konnten Forscher am Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA die dynamischen Eigenschaften des Probeneinlasssystems für Bodenuntersuchungen auf dem Mars validieren.

Mit der im November 2011 gestarteten neuen Mission fliegt "Curiosity", so der Name des rollenden Analysenlabors, zum roten Planeten, um herauszufinden, ob die Verhältnisse an der Marsoberfläche Leben ermöglichen oder früher ermöglicht haben. Quasi als ein Roboter-Geologe wird der Rover die Marsoberfläche untersuchen, um Informationen über den Untergrund, die Atmosphäre, die Umweltbedingungen und eventuelle Biosignaturen zu gewinnen.

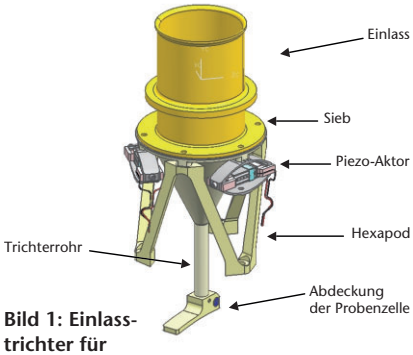

Bild 1: Einlasstrichter für Bodenproben

Während seiner Mission wird Curiosity Boden- und Umweltproben sammeln und diese mit Hilfe von Kameras, Spektrometern, Radiometern, Umwelt- und Gassensoren vor Ort analysieren. Die Ergebnisse werden dann an die NASA-Wissenschaftler zur weiteren Auswertung übermittelt.

Für die Richtigkeit der Ergebnisse ist es sehr wichtig, dass der Rover nicht mit Material von der Erde kontaminiert wurde. Von jeder Systemkomponente werden daher die Laborversionen und die Exemplare, die später an Bord eingesetzt werden, getrennt voneinander getestet.

Die Probeneinlässe (Bild 1) der beiden Einheiten "Chemistry & Mineralogy" mit Röntgen-Fluoreszenz- und -Beugungsanalyse (CheMin) und "Sample Analysis at Mars" (SAM) werden durch Piezoaktoren am unteren Ende der Trichter zum Vibrieren gebracht, um die Bodenproben vom Mars für die nachfolgende spektrometrische Analyse zu sieben und zu homogenisieren.

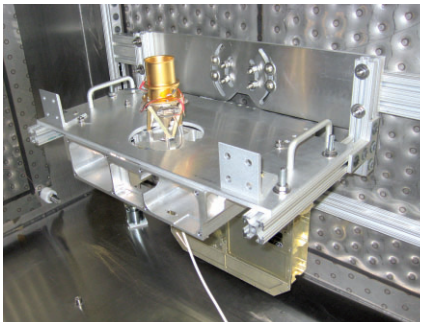

Bild 2: Labormodell des Probeneinlasses

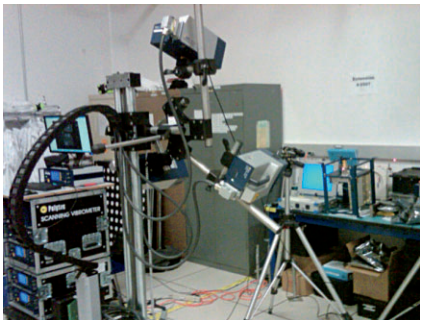

Bild 3: Schwingungsanalyse am Labormodell

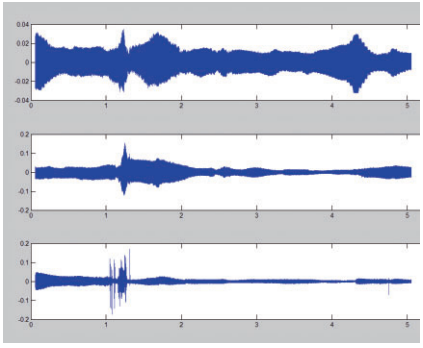

Bild 4: Frequenzantwort des Modells in x-, y- und z-Richtung

Frühere Tests unter Verwendung von Beschleunigungsaufnehmern hatten wegen der zusätzlichen Massenbeladung und der limitierten Anzahl an Messpunkten ungenaue Daten ergeben. Die Forscher am JPL haben deshalb eine berührungslose Methode entwickelt, um für die Designvalidierung das Schwingungsmuster des Probeneinlasssystems genau zu messen.

Messungen am Labormodell und am Rover

Der erste Schritt im Validierungsprozess hatte zum Ziel, das Labormodell (Bild 2), bei denen der Probentransport durch den Trichter nachweislich funktioniert, dynamisch zu charakterisieren. Die Messung der Schwingungspegel an verschiedenen Positionen erlaubt einen Vergleich der Daten mit den Vorhersagen des Finite-Elemente-Modells (FEM) und ergibt damit eine Richtgröße für spätere Vergleiche mit Messungen am Einsatzexemplar, das nicht mit irdischen Proben getestet werden darf.

Für die Messungen am Labormodell (Bild 3) wurden die Piezoaktoren für die SAM-Einheit mit einem Sweep von 100 Hz bis 500 Hz über 15 Sekunden und für die CheMin-Einheit mit einem Sweep von 10,5 kHz bis 12,5 kHz über 5 Sekunden angeregt. Laut Plan sollten die drei Piezos zunächst einzeln, dann in Gruppen von zwei und dann alle gleichzeitig angeregt werden. Für die 3D-Schwingungsmessungen wurde ein PSV-400-3D Scanning Vibrometer verwendet. Um an der CheMin-Einheit die Innen- und Außenseite der Einlässe, den Trichter, das Sammelsieb und schließlich die Einlässe der SAM-Einheit jeweils für die Messköpfe optisch zugänglich zu machen, wurde das Modell immer wieder neu positioniert. Das Messgitter bestand bei den Einlässen aus 20 bis 30 Punkten und bei Trichter und Sammelsieb aus einigen wenigen Punkten. An jedem Messpunkt wurde der Zeitverlauf der Frequenzantwort auf die Sweep-Anregung in x-, y- und z-Richtung gemessen.

Das für den Einsatz an den CheMin- und SAM-Einheiten des Rovers auf dem Mars vorgesehene Exemplar musste nun mit dem getesteten Labormuster verglichen werden, um seine Funktionalität sicherzustellen. In der Spacecraft Assembly Facility (SAF) wurde der Rover unter Reinraumbedingungen zusammengebaut. Dabei war, um Beschädigungen am Rover und seinen Komponenten vorzubeugen, ein Sicherheitsabstand von 1 m vorgeschrieben. Für die Messungen wurde das Scanning Vibrometer gründlich gereinigt und in den Reinraum bis auf 1,5 m an den Rover mit direkter Sicht auf die CheMin- und SAM-Einheiten gebracht (Bild 5). Von diesen waren nur die Einlässe an der Oberfläche des Rovers sichtbar. Die Messungen wurden daher am Innen- und Außenrand der Einlässe durchgeführt, unter denselben Anregungs- und Messbedingungen wie beim Labormodell.

Vielversprechende Ergebnisse

Zur Analyse der Messdaten wurde am JPL für jeden Messpunkt aus dem Tiefpass-gefilterten Zeitsignal die effektive Geschwindigkeit über einen Sweep berechnet. Beim Vergleich der Ergebnisse für das Labor- und das Einsatzmodell zeigte sich, dass das dynamische Verhalten des für den Einsatz auf dem Mars vorgesehenen Exemplars gut mit dem des Labormusters übereinstimmte. Dies verschaffte den Wissenschaftler am JPL die Gewissheit, dass die Piezo-Aktoren am Probeneinlasssystem auf dem Mars wie vorgesehen funktionieren werden.

Autoren · Kontakt
Toby Ban, Anthony Brock
t.ban@polytec.com
Polytec Inc.

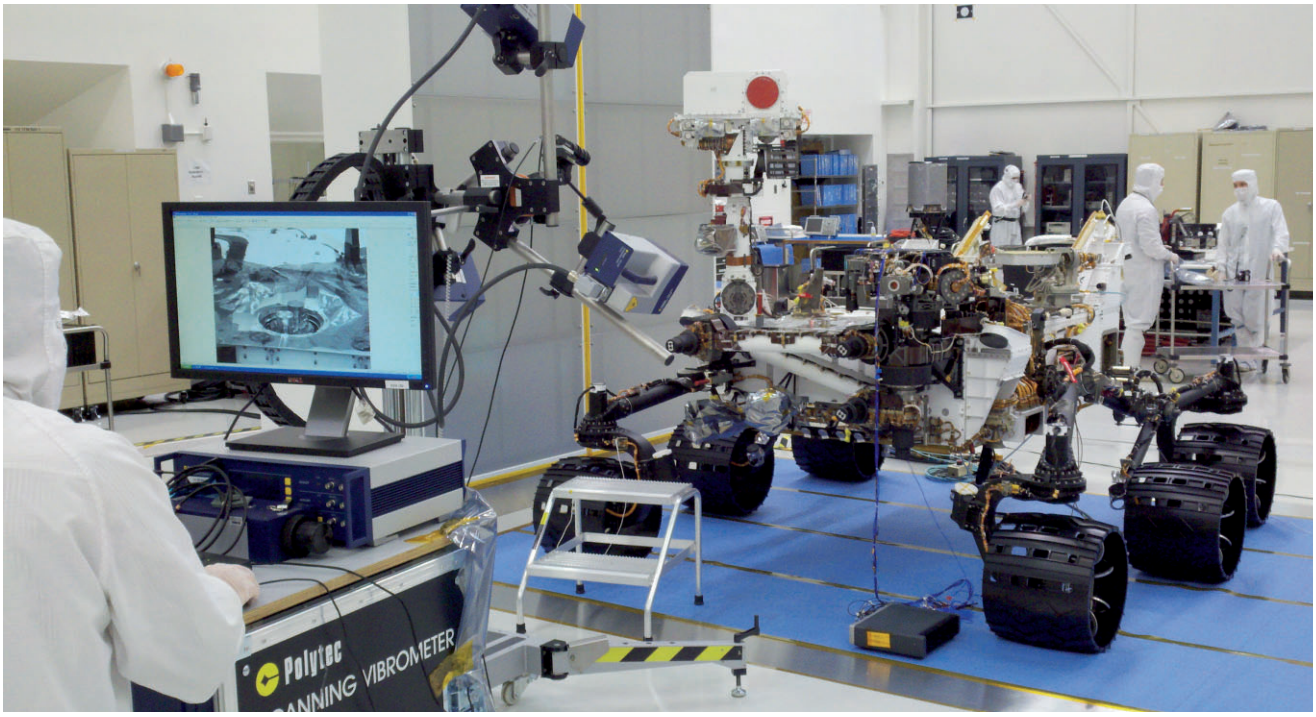

Bild 5: Schwingungsmessungen an den Probeneinlässen auf dem Rover