GRAZIL

Gravity field of the Moon from radio science tracking and inter-satellite measurements of the GRAIL spacecraft

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP, ASAP 10 Projekte	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.09.2014	**Projektende**	31.01.2017
Zeitraum	2014 - 2017	**Projektlaufzeit**	29 Monate
Keywords	Satellite geodesy; Gravity field; Lunar sciene; Orbit determination; GRAIL		

Projektbeschreibung

Als einziger natürlicher Trabant unseres Heimatplaneten kommt dem Erdmond besondere Bedeutung unter den Himmelskörpern zu. Aufgrund geringer geologischer Aktivität lassen sich mit dem Wissen um die physikalische Natur des Mondes Rückschlüsse auf die Evolution der Erde und des Sonnensystems ziehen. Eines der eindrucksvollsten Beispiele sind die beträchtlichen positiven Schwereanomalien an der Mondoberfläche, die von großen Einschlägen her rühren und einen tiefen Blick in die Krustenstruktur terrestrischer Planeten (im Sonnensystem sind dies Merkur, Venus, Erde und Mars) erlauben. Die Nähe zur Erde bringt es mit sich, dass in der Planetologie der Mond nicht nur aus Sicht der Evolution im Fokus liegt, sondern auch im Hinblick auf Landung von Menschen auf einem extra-terrestrischen Himmelskörper, oder gar dessen Besiedlung. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind noch viele Fragen in den Mondwissenschaften unbeantwortet. Deshalb sprechen sich Raumfahrtagenturen weltweit für das fortführende Investment in diesen Bereich aus.

Dem lunaren Schwerefeld kommt zur Erforschung des Mondes eine Schlüsselstellung zu. Das Schwerefeld ist sensitiv gegenüber der Zusammensetzung eines Körpers, seiner Dichtestruktur und Rotation. Darüber hinaus dominiert das Schwerefeld die Kraft, welche auf eine Testmasse im Außenraum des Körpers wirkt, was essentielle Relevanz für das Design von Satellitenbahnen und die Navigation von Raumsonden mit sich bringt. Mit der Gravity Recovery And Interior Laboratory (GRAIL) Mission wurde erstmalig ein planetares Satellitenprojekt realisiert, das ausschließlich der Bestimmung des Schwerefeldes gewidmet ist. Die GRAIL Daten erlauben die Rekonstruktion des Mondschwerefeldes mit noch nie dagewesener Genauigkeit und Auflösung. Geophysikalische Größen können gemeinsamen mit den Schwerefeldparametern geschätzt werden. Aufgrund des Fehlens zweckmäßiger seismischen Daten agieren diese Größen als fundamentale Randbedingungen zur Bestimmung des Zustandes und der Größe des Mondkerns.

Das Ziel des Projektes GRAZIL ist die Ableitung hochgenauer Schwerefeldinformation aus den Daten der GRAIL Mission. Zu diesem Zweck kommt präzise Bahnbestimmung in Kombination mit einer in den Mondwissenschaften neuartigen Analysemethode zur Anwendung. Bei letzterer handelt es sich um die adaptierte Version einer Technik, die für die Bestimmung des Erdgravitationsfeldes entwickelt und sehr erfolgreich eingesetzt wurde. Besonderes Augenmerk liegt auf dem lang- bis mittelwelligen Spektrum und der Separation zwischen Schwerefeldparametern und geophysikalischen (Deformations-)Parametern.

Abstract

The Moon – the only natural satellite orbiting our home planet – is one of the most fascinating extraterrestrial objects. Owing to its low geological activity, knowledge about the physical nature of the Moon helps to unlock secrets of the evolution of the Earth and the solar system. One of the most striking examples are the large positive gravity anomalies (so-called mascons) on the lunar surface, which originate from large impacts and provide a window into the crustal structure of terrestrial planets (terrestrial planets in the solar system include Mercury, Venus, Earth, and Mars). Due to its closeness to the Earth, the Moon is not solely of particular interest in planetary science from the evolutionary point of view, but also with regard to human landing, or attempts for human settlement. For the time being, many questions in lunar research are still open; therefore, space agencies all over the globe advocate continuing investment in lunar science.

One key quantity in lunar science is the Moon's gravity field. Gravity is sensitive to a body's composition, density structure and rotation. Furthermore, gravity dominates the force on a test mass in the body's exterior, and hence is of crucial relevance for satellite orbit design and spacecraft navigation. With the Gravity Recovery And Interior Laboratory (GRAIL) mission, for the first time ever, a planetary satellite project exclusively dedicated to the recovery of the gravity field has been realized ("one-sensor mission"). The data collected by the twin-satellite mission allows deriving the lunar gravity field with unprecedented accuracy and resolution. Geophysical parameters, such as the deformation Love numbers, can be estimated together with the gravity field. Due to the lack of appropriate seismic data, these geophysical quantities act as fundamental constraints to determine the state and size of the lunar core.

Our goal is to derive high-accuracy gravity field information from the data collected by GRAIL. For this purpose, we make use of dynamic precise orbit determination in combination with a novel inference technique in lunar sciences. The approach is an adapted version of a method that has been developed and very successfully applied for the recovery of the gravity field of the Earth. We pay particular attention on the long-to-medium-wavelength gravitational spectrum with special view on the separation of gravity field parameters from the deformation Love numbers. We expect to find answers to pending questions in lunar research, especially as far as the state and size of the lunar core is concerned.

Projektkoordinator

- Österreichische Akademie der Wissenschaften

Projektpartner

- Technische Universität Graz