



Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)

LRO Mission: Warum wieder zum Mond?

Die fundamentalen Fragen zur Evolution der Erde und deren Einbindung in unser Sonnensystem und in das Universum beschäftigen die Wissenschaftler seit Jahrhunderten, ohne jemals umfassend beantwortet worden zu sein. Der erste Anlaufpunkt bei der Klärung dieser Fragen ist unser nächster Nachbar-Himmelskörper, der Mond. Seit den Tagen der Apollo-Missionen in den 70er Jahren wartet unser Trabant, der Erdmond, auf eine Entschlüsselung seiner Herkunft und auf eine umfassende Kartierung seiner Oberfläche und der Verteilung seiner Mineralien. Dies wird sich ab dem Sommer 2009 wesentlich ändern.

Die NASA plant ab dem 17. Juni 2009 die Mond-Mission „Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)“ auf den Weg zum Mond zu schicken. Das NASA-Team wird unterstützt durch ein internationales Team, in dem auch namhafte Wissenschaftler aus Deutschland eingebunden sind. Die Raumfahrtagentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) fördert die beteiligten deutschen Mitglieder im Team aus dem nationalen deutschen Raumfahrtprogramm.

Die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA hat vor einigen Jahren das Programm „Vision for Space Exploration“ initiiert, ein Plan, der zuerst bemannte und unbemannte Erkundung des Mondes und danach des Mars vorsieht. LRO ist der erste Schritt zum Mond im Rahmen des „Lunar Precursor Robotic Program (LPRP)“. Die LRO-Mission hat folgende Ziele:

- (1) sichere Landeplätze auffinden,
- (2) die Ressourcen auf dem Mond lokalisieren,
- (3) die Strahlungsumgebung auf dem Mond erkunden und
- (4) Schlüsseltechnologien demonstrieren und verifizieren.

Zur Verfolgung seiner wissenschaftlichen Ziele transportiert LRO sechs Instrumente und einen Technologie-Demonstrator. Die Ergebnisse der LRO-Messungen dienen der:

- (1) Einschätzung der Gegebenheiten zukünftiger Landeplätze,
- (2) Abbildung der Mondoberfläche mit einer Auflösung von unter einem Meter, inklusive der Gebiete im Permanschatten,
- (3) Darstellung der Mineralienverteilung auf der gesamten Mondoberfläche,
- (4) Identifizierung flüchtiger Bestandteile in Polgebieten, insbesondere von Wassereis,
- (5) Lieferung der ersten hochgenauen Mondkarte in 3D,
- (6) Darstellung der Strahlungsverhältnisse auf dem Mond,

- (7) Untersuchung der Auswirkungen der Mondumgebung auf biologische Proben und Entwicklung von Technologien zu deren Schutz.

LRO wird seine Beobachtungen und Messungen aus einem polaren Mondorbit aus einer Höhe von 50 km durchführen. Als Missionsdauer ist zunächst 1 Jahr vorgesehen, mit der Option einer Verlängerung auf 5 Jahre.

Zusammen mit LRO wird die NASA eine weitere Sonde zum Mond schicken, den „Lunar CRater Observation and Sensing Satellite (LCROSS)“. LCROSS wiegt etwa 1 Tonne und wird die Staubwolke des Einschlags der Centaur-Oberstufe in einem Gebiet im Permanschatten nahe des Mond-Südpols beobachten, bevor LCROSS selbst wenige Minuten später dort einschlägt. Die Untersuchungen aus dem Orbit von LCROSS sollen Eisvorkommen in Kratern der Polgebiete nachweisen und damit Daten aus früheren Mondmissionen wie Clementine (1994) und Lunar Prospector (1998) bestätigen.



Die amerikanische Mondmission LRO ist im Kontext zu sehen mit anderen internationalen Mondmissionen, die bereits gestartet wurden oder die in der Planung sind: Kaguya (ex SELENE, Japan), gestartet Oktober 2007, Chang'e-1 (China), gestartet Oktober 2007, Chandrayaan-1 (Indien), gestartet Oktober 2008 und LEO (Deutschland), in Planung.

Die Instrumente auf LRO

LRO trägt auf seiner Instrumentenplattform folgende sieben Experimente als **Nutzlast**:

- Cosmic Ray Telescope for the Effects of Radiation (**CRaTER**) von der Boston University und dem Massachusetts Institute of Technology in Boston: Instrument zur Messung der Strahlungsbedingungen auf dem Mond.
- Diviner Lunar Radiometer Experiment (**DLRE**) von der University of California Los Angeles (UCLA) und vom Jet Propulsion Laboratory in Pasadena: Instrument zur Messung der Temperatur auf der Mondoberfläche und in den oberen Bodenschichten aus dem Orbit, zur Bestimmung von Kältestellen und Eisablagerungen.
- Lyman-Alpha Mapping Project (**LAMP**) vom Southwest Research Institute (SwRI) in San Antonio, Texas: Instrument zur Kartierung der Mondoberfläche im fernen Ultraviolettbereich zur Suche nach Oberflächeneis und Frost in polaren Regionen.
- Lunar Exploration Neutron Detector (**LEND**) vom Institut für Weltraumforschung in Moskau, Russland: Instrument zur

hochauflösenden Messung der Verteilung von Wasserstoff auf dem Mond und zur Messung des Neutronengehalts in der Mondstrahlung.

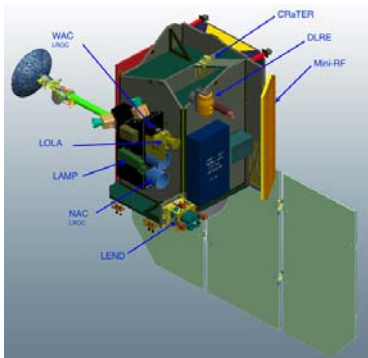
- Lunar Orbiter Laser Altimeter (**LOLA**) vom Goddard Space Flight Center der NASA: Instrument zur hochgenauen Vermessung der globalen Mondtopographie. Prof. Jürgen Oberst von der **Technischen Universität Berlin** ist am Experiment beteiligt.
- Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (**LROC**) von der Arizona State University in Tempe: Instrument mit zwei Teleobjektivkameras für Schwarz-Weiß-Bilder bis 1m Auflösung und 1 Weitwinkelkamera für Farb- und UV-Bilder der Mondoberfläche mit einer Auflösung von 100m. Als einziger Nicht-Amerikaner ist der deutsche Wissenschaftler Prof. Harald Hiesinger von der **Westfälischen Wilhelms-Universität Münster** an LROC beteiligt.
- Miniature Radio Frequency Technology Demonstration (**Mini-RF**) von der NASA: Instrument mit synthetischem Radar im X- und im S-Band zur Abbildung der Polregionen und zur Suche nach oberflächennahem Wassereis.

Der deutsche Beitrag: Die Betriebsunterstützung bei der Mondkamera (LROC) und beim Laser Altimeter (LOLA)

Die Mondkameras LROC sind quasi „die Augen“ der Mondsonde LRO. LROC besteht aus zwei baugleichen Teleobjektivkameras (Narrow Angle Camera, NAC) für Detailaufnahmen in Schwarz-Weiß mit einer Auflösung von besser als 1 Meter pro Bildpunkt. Hiermit sollen etwa 10% der Mondoberfläche kartiert werden. Es werden bei jedem Überflug Bildstreifen von 5 km Breite erfasst. Der zweite Teil der LROC ist die Weitwinkelkamera (Wide Angle Camera, WAC). Sie soll die gesamte Mondoberfläche in Farbe und im UV-Bereich erfassen. Die Bildbreite pro Überflug wird etwa 100 km betragen. Erwartet wird eine Bildauflösung der WAC von 100 m pro Bildpunkt. Der verantwortliche Wissenschaftler von LROC ist Prof. Mark Robinson von der Arizona State University in Tempe, USA.

Das neuartige Laser Altimeter LOLA (Lunar Orbiter Laser Altimeter) soll die Oberfläche mit hoher Auflösung abtasten und präzise Höhenprofile sowie reflektierende Eigenschaften und die Rauigkeit der Oberfläche bestimmen. Der verantwortliche Wissenschaftler von LOLA ist Dr. David Smith vom Goddard Space Flight Center der NASA.

Die amerikanischen Wissenschaftler werden unterstützt von einem internationalen Team. Auf deutscher Seite wurden die Spezialisten Prof. Harald Hiesinger vom Institut für Planetologie der Universität Münster und Prof. Jürgen Oberst von der Technischen Universität Berlin eingeladen, um ihre Expertise einzubringen. Seit Beginn 2009 fördert die **DLR Raumfahrtagentur** aus ihrem nationalen Weltraumprogramm die deutsche Missionsunterstützung der zwei Experimente vor dem Start und die Betreuung während der Missionsphase.



Die Arbeitsanteile der Uni Münster und der TU Berlin

Die deutschen Wissenschaftler haben in der Vergangenheit große Erfahrung in der Handhabung sehr großer Datenmengen von Kameras und Laser Altimetern bewiesen. LRO wird etwa 20 TB an Rohdaten zur Verfügung stellen, aus denen mehr als 70 TB an prozessierten Daten entstehen werden, die später der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Die Aufgaben der deutschen LRO-Partner:

- Beratung des US-Teams bei der Auswahl der Beobachtungsziele
- Unterstützung bei der Kalibration der Kameras und des Laser Altimeters, sowie Mitarbeit bei der Korrektur der Rohdaten
- Auswertung von Stereobildern zur Erstellung von digitalen Höhenmodellen
- Identifizierung und Vermessung der Landstellen ehemaliger Mondmissionen
- Erstellen von verzerrungsfreien topographischen Mondkarten
- Geologische Interpretation der Rohdaten, dabei die umfassende Kartierung lunarer Marebasalte, sowie Altersbestimmung der Mondoberfläche aus Kratergröße und Kraterhäufigkeit

Die Daten von LROC und LOLA liefern die Grundlagen für

- ein überarbeitetes Koordinatensystem für den Mond,
- genaue topographische Karten der Mondoberfläche.
- die Suche nach geeigneten Landstellen für zukünftige Mondmissionen
- die Suche nach leichtflüchtigen Elementen, insbesondere Wassereis, in Kratern der Polgebiete
- Aussagen über die Häufigkeit von Einschlägen von Meteoroiden auf der Mondoberfläche
- Bestimmungen einer neuen Chronologie des Mondes.

Status und Zeitplan

Die LRO-Mission soll ab dem 17.06.2009 mit einer Atlas V Rakete gestartet werden. Die Sonde befindet sich derzeit im Kennedy Space Center in Cape Canaveral zur Integration mit der Starttrakte, gefolgt von abschließenden Tests für die Startvorbereitung.

Kenndaten von LRO

LRO-Orbiter

Startgewicht	1900 kg
Stabilisierung	3-Achsen
Stromversorgung	Solarzellen
Leistung	400 W
Launcher	Atlas V
Startort	Cape Canaveral

LROC WAC: CCD

Spektralbereich	sichtb. Licht, UV
Filter	7, direkt vor CCD
Auflösung/Pixel	100 m bei 50 km
NAC: Linear Array	5000 Pixel
Spektralbereich	sichtbares Licht
Auflösung/Pixel	<1m bei 50 km

Zeitplan der LRO-Mission

Start	ab 17. Juni 2009
Ankunft am Mond	nach 4 Tagen
	Transfer
Orbithöhe	50 km Polarorbit
Missionsdauer	nominal 1 Jahr,
	Option 5 Jahre
Ende der Mission	Mai 2014

Ansprechpartner für LRO

DLR RF-Agentur: Heiner Witte, heiner.witte@dlr.de
 Uni Münster: Prof. Harald Hiesinger, hiesinger@uni-muenster.de
 TU Berlin: Prof. Jürgen Oberst, oberst@igg.tu-berlin.de

DLR: <http://www.dlr.de>
 Uni Münster: <http://www.uni-muenster.de/planetology>
 TU Berlin: <http://www.tu-berlin.de>
 NASA: <http://lro.gsfc.nasa.gov>

Status Mai 2009