

MONDFORSCHUNG

Geschichtliches und Aktuelles

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, Bremen

Der Mond hat die Menschen seit jeher fasziniert, ist er doch der einzige natürliche Satellit der Erde und besitzt aufgrund seiner Größe eine hervorragender Sichtbarkeit. Die älteste bekannte Darstellung des Mondes ist eine alte Mondkarte aus dem irischen Knowth (das von der AVL im Jahr 2008 besichtigt wurde), die sich 5.000 Jahre zurückdatieren lässt. Damals hatte der Mond in Europa eine große kultische Bedeutung und stellte meist eine zentrale Gottheit dar. In China dagegen galt der Mond lediglich als Symbol für Westen, Herbst oder Weiblichkeit. Bis in die heutige Zeit hat sich der Erdtrabant seine Faszination bewahrt. In vielen Zukunftsromanen war er der Hauptgegenstand der Betrachtung und er ist bis heute der einzige fremde Himmelskörper, der von Menschen betreten worden ist. Trotz der umfangreichen Informationen, die über ihn gesammelt worden sind, gibt es aber immer noch offene Fragen, z.B. über seine Entstehung. In diesem Artikel wird betrachtet, was der Mensch bereits erreicht hat und was er noch durch die Forschung in naher Zukunft erreichen möchte.

Historisches

Die größte historische Bedeutung einer Abbildung des Mondes erlangte die Himmelscheibe von Nebra. Sie besteht aus einer Bronzeplatte mit Applikationen aus Gold und zeigt astronomische Phänomene. Ihr Alter wird auf 2.100 bis 1.700 vor Christi geschätzt. Sie wurde in Sachsen-Anhalt, in der Nähe der Stadt Nebra im Jahr 1999 gefunden. Ungewöhnlich ist die Tatsache, dass die Scheibe mehrfach verändert wurde, was durch die Überlagerung der Bearbeitungen rekonstruiert werden konnte. Außerdem herrscht etwas Unklarheit, was die Symbole alle aussagen sollen. Abgebildet sind anscheinend die Sonne, das Horizontland für die Sonnenwende, Sonnenbarke, Mond und die Plejaden. Unklar sind aber weitere bogenförmige Elemente, die teilweise auch als Schiff gedeutet werden. Unabhängig von den verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten gibt aber die Scheibe Auskunft darüber, wie lange sich die Menschen schon mit der Himmelsmechanik – und insbesondere mit dem Mond – beschäftigt haben. [1]



Abb. 1: Himmelscheibe von Nebra (Foto D. Bachmann, GPL Lizenz)

Die erste erdgebundene Erforschung des Mondes fing im Jahre 1600 an, indem William Gilbert mit bloßem Auge eine Mondkarte skizzierte und ein erstes Namensverzeichnis daraus zu definieren versuchte. Galileo Galilei skizzierte um 1609 den Mond zum ersten Mal durch ein selbstgebautes Fernrohr. Letztendlich setzte sich aber dann die

Namensgebung von Giovanni Riccioli durch, der in seinen Mondkarten von 1651 die dunkleren Regionen als Meere (Mare) und die helleren Regionen als Land (Terra) bezeichnete.

Damals nahm man an, dass die dunkleren Gebiete aus Wasser bestehen würden, weshalb die Namensgebung „Meere“ die logische Konsequenz

war. Die Krater wurden von ihm nach Philosophen und Astronomen bezeichnete. Aber erst im 19. Jahrhundert wurde das System von Riccioli endgültig weltweit anerkannt. Viele Detailzeichnungen des Mondes sind auch von Johann Hieronymus Schröter in Lilienthal angefertigt worden, der viele Rillen und Mondtäler mit



Abb. 2: Der Mond mit der Tag-/Nachtgrenze (Foto: E-J. Stracke)

dem damals größtem Teleskop des europäischen Festlands entdecken konnte. Aus Wertschätzung seiner Arbeiten wurden später nach ihm Mondkrater und Asteroiden benannt. Im Jahr 1837 erscheint dann der erste richtige Mondatlas von Wilhelm Beer und Johann Heinrich Mädler, der erst später durch fotografierte Werke aktualisiert wurden. Im 19. Jahrhundert fanden eine Reihe von Forschungsaktivitäten von der Erde aus statt, die bereits herausfanden, dass der Mond keine Atmosphäre besitzt, es kein Wasser auf der Oberfläche gibt (jedenfalls nicht in der Menge wie vorher gedacht) und dass er viele kraterförmige Ringgebirge enthält. Wie diese Krater entstanden waren, konnte damals allerdings noch nicht gesagt werden. [2]

Apollo-Missionen

Im 20. Jahrhundert kam es dann zum nächsten bedeutenden Schritt in der Monderforschung. Als Resultat aus dem Wettstreit über die Vorherrschaft im Weltraum zwischen der Sowjetunion und den Amerikanern sind eine Reihe von Sonden gebaut und zum Mond geschossen worden. Sie sollten die Vorläufer für die ersten bemannten Missionen darstellen, die später von

den Amerikanern auch erfolgreich umgesetzt wurden. Die russische Sonde Lunik 3 lieferte dann die ersten Bilder von der Rückseite des Mondes, die bisher dem Menschen immer verborgen blieb. Sie unterschied sich von der Vorderseite bzgl. ihrer Oberfläche, da sie fast nur kraterreiche Hochländer bietet. Während das erste Foto der Lunik-Sonde aber noch sehr grob war, wurde die Kartenqualität durch die nachfolgenden Sonden in den 1960er Jahren



Abb. 3: ALSEP bei der Apollo 16 Mission NASA-Archiv, Public Domain [4]

erheblich verbessert. Weiter verfeinert wurden die Karten Ende der 1990er Jahre nochmals durch die Lunar Prospector (Mondsucher) Missionen – doch dazu später mehr.

Nach den ersten Sonden kamen die bemannten Mondmissionen, in deren Verlauf von 1969 bis 1972 insgesamt 12 Astronauten den Fuß auf den Erdtrabanten setzen sollten. Innerhalb dieser Missionen wurden auch diverse Messungen durchgeführt und ca. 380 kg Mondgestein zur Erde gebracht. 1979 wurde auf der Erde der erste Mondmeteorit entdeckt, was nur durch die gesammelten Mondsteine einwandfrei bewiesen werden konnte. Außerdem konnte das Mondalter durch das Mondgestein sehr genau bestimmt werden: der Mond ist genau 4.527 Millionen Jahre alt. Neben Mondgestein wurden bei jeder Mission Messungen durchgeführt, die durch das Apollo Lunar Surface Experiments Package (ALSEP) ermöglicht wurden. Dieser Gerätekomplex enthielt diverse wissenschaftliche Experimente, deren Zusammensetzung je nach Mission variierte. Unter anderem kamen folgende Instrumente zum Einsatz:

Seismometer: ist ein Gerät, das Bodenerschütterungen von Erdbeben und anderen seismischen Wellen registrieren, erkennen und lokalisieren kann.

Magnetometer: ist eine sensorische Einrichtung zum Messen von magnetischen Flussdichten. Dadurch können ferromagnetische Materialien im Untergrund aufgespürt werden.

Spektrometer: ist ein Gerät zur Darstellung eines Spektrums. Im Unterschied zu einem Spektroskop bietet es die Möglichkeit, die Spektren auszumessen.

Ionendetektor: ist ein Messgerät zum Nachweisen bewegter Moleküle, Atome oder Elementarteilchen. Es können hiermit Teilchen mit äußerst gegensätzlichen Eigenschaften nachgewiesen werden.

Wärmeflussmessgerät: Die Wärmeleitfähigkeit eines Festkörpers, einer Flüssigkeit oder eines Gases ist sein Vermögen, thermische Energie mittels Wärmeleitung in Form von Wärme zu transportieren. Mit den Wärmefluss-Messgeräten wurde der Energietransport aus dem Mondinnern in den oberen drei Metern des Mondbodens untersucht.

Staubdetektor: Es wurde der Staubgehalt auf dem Mond unter verschiedenen Einflüssen bestimmt.

Laserreflektor: Beim Lunar Laser Ranging (LLR) werden Laufzeitmessungen von Laserpulsen von der Erde zum Mond nach dem Puls-Echo-Verfahren durchgeführt. LLR-Messungen liefern Informationen zum Erde-Mond-System, zu Erdrotationsparametern sowie Parametern zur Überprüfung von Grundannahmen der Gravitationsphysik.

Die Experimente wurden dabei auch nach dem Abflug der Astronauten weiter fortgeführt, da die Energieversorgung von einem Radioisotopengenerator mit 70 Watt Leistung ermöglicht werden konnte. Trotzdem wurden am 30. September 1977 alle noch laufenden Geräte abgeschaltet. Die Reflektoren sind allerdings heute noch nutzbar. Sie lieferten den Beweis, dass sich der Mond aufgrund seiner Gezeitenreibung, was das Abbremsen der Erdrotation zur Folge hat, ca. 3,8 cm pro Jahr von der Erde entfernt. Dies ist deshalb möglich, weil der Drehimpuls des Erde-Mond-Systems gleichzeitig erhalten bleibt. Als man 1972 aufgrund der hohen Kosten die Mondmissionen einstellte, war noch nicht klar, dass es Jahrzehnte dauern würde, bis vielleicht der nächste Mensch den Mond wieder betreten würde. Inzwischen sind neue Pläne bekannt geworden, dass ab 2020 bemannte Mondflüge wieder geplant werden. Neben der NASA haben Russland, China, Europa und Japan Interesse daran bekundet. [3]

Weitere Erforschung mittels Sonden

Nachdem 1977 die letzten Experimente auf dem Mond abgeschaltet wurden, dauerte es 13 Jahre bis zur nächsten Sondenexpedition. Die japanische Sonde Hiten flog zum Mond und setzte am 19. März 1990 die Tochtersonde Hagoromo aus. Allerdings ging der Kontakt zu ihr noch am selben Tag verloren. Im April 1992 schwenkte sie selbst in die Mondumlaufbahn ein und schlug ein Jahr später auf dem Mond auf. Bei Hiten handelte es sich allerdings lediglich um ein Technologie-Experiment. So wurden lediglich Staubpartikel zwischen Erde und Mond gemessen.

Im Jahr 1994 startete die NASA nach längerer Pause (zum letzten Mal 1973 durch die Explorer 49) die Raumsonde Clementine. Einen Monat nach ihrem Start erreichte sie die Mondumlaufbahn und kartierte von dort aus ca. 95% der Oberfläche. Mit Clementine sollte neuartige Kameras, Solarzellen und andere Instrumente getestet werden. Sie machte zahlreiche Fotos und ließ die Vermutung aufkommen, dass es am Südpol Wassereis geben könnte. Dadurch war man auch an Nachfolgemissionen interessiert. Clementine erlitt allerdings eine fehlerhafte Triebwerkszündung und verbrauchte sämtliche Treibstoffreserven, weshalb man sie nicht mehr für die weitere Mission gebrauchen konnte.

Durch das neue Interesse an Wasservorkommen auf dem Mond, wurde die amerikanische Mondsonde Lunar Prospector gebaut. Sie sollte an den Mondpolen nach dem Wassereis forschen, welches durch Clementine angeblich entdeckt worden war. Der Sonde gelang der fast sichere Nachweis, dass es auf dem Mond Wassereis geben könnte, durch Neutronenspektroskopie. Das Eis ist dabei mit dem Gestein vermischt. Man ließ die Sonde auf dem Mond aufschlagen, um durch die aufgewirbelten Teile dieses Eis erkennen zu können. Das Experiment schlug allerdings fehl. Neben dieser Forschungsarbeit lieferte die Sonde ausreichend Daten für die Fertigung einer globalen Mondkarte des lunaren

Schwerfelds. Dadurch konnten nachfolgende Missionen treibstoffsparender geplant werden.

Die Europäer beteiligten sich ebenfalls auf einmal selbst an der Mondforschung. Mit dem SMART-1 flog die erste Mondsonde 1994 zum Mond, um die chemische Zusammensetzung zu erforschen und ebenfalls den Mond nach Wassereis zu erkunden. Zusätzlich wurde die Mondoberfläche



Abb. 4: Lunar Prospector im Reinraum bei der Fertigung (NASA, Public Domain) [4]

che fotografiert. Die Sonde testete bei ihrem Flug auch neuartige Antriebe (solarelektrischer Ionenantrieb) und Navigations- und Kommunikationstechniken. Die Sonde detonierte im September 2006 in der Formation **Lacus Excellentiae**. Den Einschlag konnte man von der Erde aus mitverfolgen.

Im Oktober 2007 stießen die Japaner zum illustren Kreis der Monderforscher. Die Sonde Kaguya enthielt dabei drei Satelliten: einen großen Orbiter, der die wissenschaftlichen Experimente enthielt, einen Radiosatelliten und eine Relaisstation, die zur Kommunikation mit der Erde benötigt wurde, während der Hauptorbiter sich hinter dem Mond befand. Während der Testphase nahm eine HDTV-Kamera zwei Filme in hochauflösender Qualität auf, was eine Premiere dar-

stellte. Nach zwei Monaten konnte der Regelbetrieb beginnen, wodurch die Röntgen- und Ladungsteilchenspektrometer zum Einsatz kamen. Bei der Mission kam es zu neuen Erkenntnissen was die Verteilung von Uran, Thorium und Kalium auf der Mondoberfläche anging. Im Juni 2009 wurde die Mission planmäßig beendet, indem der Orbiter in der Nähe des Kraters Gill einschlug. Auch dies konnte von der Erde mit den entsprechenden Teleskopen mitverfolgt werden. [5]

Im gleichen Monat, indem die Japaner ihre Mondmission starteten, schickte ebenfalls China seine Sonde Chang'e-1 los. Sie erreichte den Mond im November und kartografierte die Mondoberfläche dreidimensional. Zusätzlich wurden spektrometrische Analysen der Gesteine durchgeführt. Nachdem die Sonde ein Jahr nach ihrer Mondumkreisung wie geplant auf den Mond stürzen wird, will man zwei weitere Missionen in 2010 und 2013 starten. Während die zweite Sonde eine verbesserte CCD-Kamera an Bord haben wird, soll die dritte sogar aus einem Mondlander und einem Rover bestehen.

Aber es wird noch exotischer: selbst Indien ist in die Monderforschung eingestiegen und hat im Oktober 2008 seine Sonde Chandrayaan-1 auf den Weg gebracht. Sie hat in der Mondumlaufbahn einen Lander in der Nähe des Südpols einschlagen lassen, um u.a. eine mineralogische, topografische und eine Höhenkarte des Mondes zu erstellen. Auch diese Sonde sollte nach Wassereis forschen und sich zwei Jahre in der Umlaufbahn befinden. Neben ersten Erfahrungen durch Indien außerhalb des Erdorbits, sollten die wirtschaftlichen Möglichkeiten des Mondes untersucht werden. Ebenfalls an Bord war eine Stereokamera, die 3D-Bilder aufnehmen konnte. Zusätzlich wurde über ein Laserinstrument eine topografische Karte erstellt. Neben Indien kamen auch Instrumente aus Deutschland, Großbritannien, Schweden/Schweiz, Bulgarien und der USA zum Einsatz.

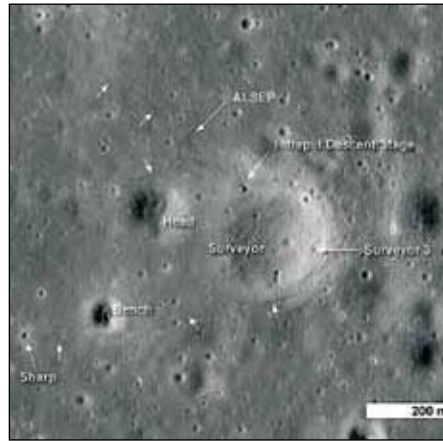


Abb. 5: Apollo 12/Surveyor 3 Landeplatz von LRO (NASA, Public Domain) [4]

Ein Nachfolger der Mission ist in der Planung und soll dann ebenfalls einen Rover mit im Gepäck haben. [6]

Allerdings ist auch die NASA nicht untätig und schwenkte im Juni 2009 mit dem Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) in die Mondumlaufbahn ein. Dabei stehen beide Pole im Vordergrund, die ein Jahr umkreist werden sollen. Ziel der Mission ist die hochauflösende Kartierung der gesamten Mondoberfläche (Topographie, Fotografie, Indikatoren für Vorkommen von Wassereis) und die Messung der kosmischen Strahlenbelastung. Bis zu 50 Ziele der Mondoberfläche sollten priorisiert aufgenommen werden, u.a. auch die Landstellen der verschiedenen bemannten Mondmissionen. Rechtzeitig zum 40-jährigen Jahrestag sind dann erste Bilder des LRO von der Apollo11-Landestelle übermittelt worden. Besonders die Unterstufen der Mondlandefähren sind relativ gut auf den Bildern zu erkennen. Inzwischen liegen auch andere Apollo-Missionen vor (siehe Abbildung 5: Apollo 12). Durch die neuen Bilder sollte nicht unbedingt ein Beweis vorgelegt werden, dass die Landungen wirklich stattgefunden haben (was auch schwerlich geht, wenn man die Aufnahmen betrachtet). Man will dadurch eher herausfinden, wie relevant die geologische Umgebung eigentlich für die Auswertungen war. Ebenfalls enthalten ist das Wieder-Auffinden des russischen Rovers Lunochod 1, der nach fast einjähriger Fahrt im Jahr 1971 zu senden aufgehört hat. Davor

hatte er über 10 km zurückgelegt und an die 20.000 Bilder zur Erde geschickt. [7]

Zusammen mit der LRO-Sonde machte sich auch die Sonde Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS) im Juni 2009 mit auf den Weg. Anfang Oktober 2009 schlug sie auf dem Mond ein, um einen künstlichen Krater zu erzeugen. Er sollte definitiv die letzte Gewissheit bringen, ob gefrorenes Wasser auf dem Mond vorhanden ist. Der Einschlag fand im westlichen Teil des Kraters Cabeus in einem permanenten Schattenbereich des Südpols statt. Ohne Sonneneinwirkung erhoffte man sich die größte Chance Eis zu finden. Ungefähr 10 Stunden vor dem Einschlag trennte sich LCROSS in die Centaur-Oberstufe und das Shephering Spacecraft. Während die Oberstufe weiter flog, verringerte LCROSS seine Geschwindigkeit, um einen Vier-Minuten Abstand zu gewinnen. Diese vier Minuten waren wichtig, um die Auswurfwolke des Centaur-Einschlags sich entwickeln zu lassen und Informationen über deren Zusammensetzung sammeln zu können. Diese Daten mussten sofort zur Erde geschickt werden, bevor auch LCROSS auf dem Mond aufschlug. Das Ereignis wurde von Teleskopen auf der Erde und dem Hubble-Weltraumteleskop beobachtet. Die Analyse der Auswurfwolke ergab dann endlich, dass einige Mengen an Hydroxyl nachgewiesen werden konnten, was Rückschlüsse auf den Gehalt von Wasser zulässt. Aktuell werden aber noch weiter die gesammelten Daten analysiert, um die Wassermenge exakter bestimmen zu können. Wassermoleküle wurden auch bereits an den gesammelten Mondgesteinsproben gefunden, die die Apollo-Missionen mit zur Erde brachten. Man nahm aber an, dass diese durch die Erdatmosphäre verunreinigt wurden. Durch die LCROSS-Sonde ist heute aber klar geworden, dass es Wasser auf dem Mond gibt und dass sich die Wissenschaftler damals bei der Analyse der Bodenproben nicht geirrt haben. [8]

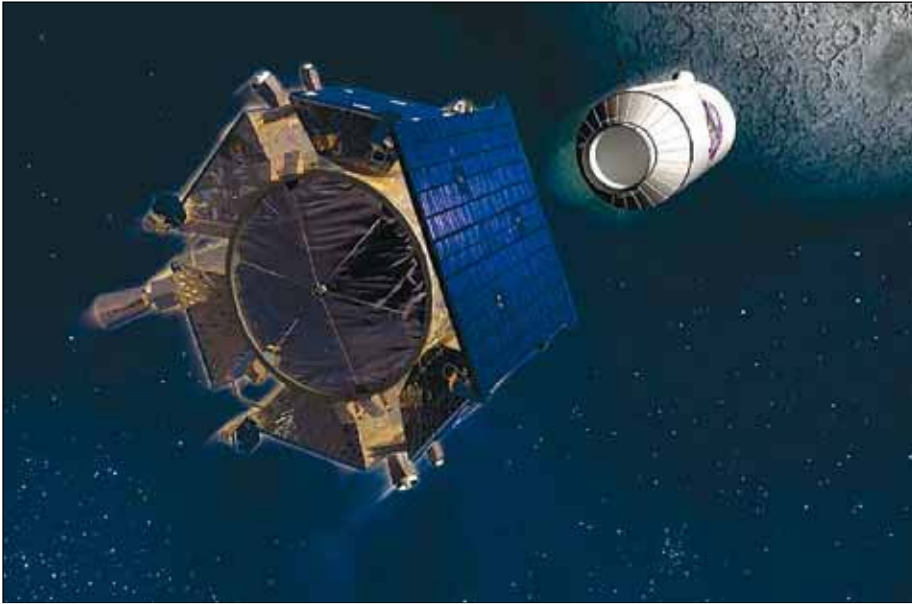


Abb. 6: LCROSS S-S/C mit abgetrennter EDUS-Stufe (NASA, Public Domain) [4]

Inzwischen hat auch die indische Sonde Chandrayaan-1 Wassereis in großen Mengen am Nordpol des Mondes in mehr als 40 Kratern nachweisen können. Insgesamt werden ca. 600 Millionen Tonnen Eis vermutet. Dabei soll auch heute noch Wasser auf dem Mond durch die Sonnenwinde entstehen, die regelmäßig auf die Mondoberfläche auftreffen. Die darin enthaltenen Wasserstoffteilchen prallen mit hoher Geschwindigkeit auf den Sauerstoff, der im Mondgestein enthalten ist, und verbinden sich dann zu Wasser. Diese jüngste Erkenntnis lässt den Mond noch interessanter für weitere Missionen erscheinen. [9]

Weitere Mondsonden sind geplant. So sollte eigentlich die japanische Sonde LUNAR-A dieses Jahr aufbrechen, um zwei Penetratoren anzusetzen, die in den Mondboden eindringen sollen, um Mondbeben und Wärmefluss zu messen. Die Mission wurde allerdings gestrichen. Dasselbe haben auch die Russen mit der Sonde Luna-Glob in zwei Jahren vor, die allerdings dann 12 Penetratoren enthalten soll. Zusätzlich will man einen Lander für die Suche nach Wassereis am lunaren Südpol aufsetzen lassen. Jede Nation scheint daher ihre eigenen Erfahrungen machen zu wollen, ohne eine Kooperation in Betracht zu ziehen.

Wiederaufnahme der bemannten Mondflüge

Neben den Mondsonden, haben auch diverse Nationen ihre Motivation dargelegt, um wieder bemannte Mondflüge zu ermöglichen. Dazu müsste aber eine völlig neue Trägerrakete konstruiert werden, da die früheren Saturn-V-Raketen komplett veraltet sind und auch ohne die damaligen Wissenschaftler nicht mehr rekonstruiert werden könnten. Der Mond ist aus zwei Gründen für einen bemannten Raumflug interessant: Zum einen will man analysieren, ob er sich für eine zweite Startplattform in Richtung Mars eignet und zum anderen wollen alle Nationen Erfahrungen für die schwierigen Manöver sammeln.

Die Amerikaner sind hier aufgrund ihrer bisherigen Erfahrungen im Vorteil und wollten auch durch den neuen Raumgleiter Orion eine Ära nach den Space Shuttles einläuten. Als neue Trägerrakete wurde die Ares entwickelt. Während man erst davon ausging, dass der Space-Shuttle-Betrieb in den nächsten zwei Jahren eingestellt wird, ist diese Frist jetzt bis zum Jahr 2015 verlängert worden. Und dass, obwohl die Space Shuttles dringend einer Überarbeitung bedürften, wie der letzte Unfall im Jahr 2003 aufgezeigt hat. Aufgrund von Budgetüberschreitungen und der aktuellen Wirtschaftskrise in den USA hat sich aber

der neue Präsident Obama von dem Traum einer amerikanischen Mondstation und eines Flugs zum Mars erst einmal verabschiedet. Dagegen will die amerikanische Firma Space Adventures ab 2011 Mondflüge für Weltraum-Touristen anbieten. [10]

Auch die Russen verfolgen immer noch ihr Ziel einer ständigen Mondstation am Südpol. Man verspricht sich davon nach Helium-3 zu forschen, um dies evtl. ab 2020 abbauen zu können. Helium gehört zur Gruppe der Edelgase und wurde in den Mondproben entdeckt. Es müsste auf dem Mond nach Schätzungen ca. eine Million Tonnen davon geben. 40 Tonnen von Helium-3 würden beispielsweise ausreichen, um den Energiebedarf der USA für ein Jahr zu decken. Allerdings wird es schwer sein Helium-3 abzubauen, da eine Tonne Mondgestein gerade einmal 0,01 g davon enthält. Im aktuellen Roman „Limit“ von Bestsellerautor Frank Schätzing wird dieses Thema bereits aufgegriffen und in der gewohnten Detailliertheit des Autors beschrieben. Hier wird auch von einem Weltraumfahrstuhl berichtet, der Lasten ohne immense Raketenergie in die erdnahe Umlaufbahn transportieren kann. Dieser Lift besteht im Grunde aus einem hochfesten Seil, das an einer Orbitalstation in geostationärer Umlaufbahn (36.000 km) befestigt wird. Ein Stahlseil würde allerdings in ca. 5 km durch sein Eigengewicht zerreißen, weshalb man an anderen Materialien wie Polyethylenfaser namens Dyneema oder Kohlenstoff-Nanoröhren forscht. Der Roman beschreibt daher nicht nur eine Fiktion, sondern eine absehbare Zukunft. [11]

Die Volksrepublik China hat ebenfalls ein Mondprogramm aufgelegt, will aber vorerst nur unbemannte Flüge durchführen. Man muss erst einmal eigene Erfahrungen sammeln, bevor man zum nächsten Schritt übergeht. China sieht als Mondlandung das Datum 2024 als realistisch an. Auch Europa will im Jahr 2024 Astronauten auf den Mond schicken. In Bremen hat man bei der OHB System die Machbarkeit des Lunar-Rovers Mona Lisa für die unbemannte Erkundung nachgewiesen. [12]



Abb. 7: Orion-Raumschiff mit Altair-Mondlandefähre und Earth Departure Stage (NASA-Studie, Public Domain) [4]

Die Finanzierung des Baus ist allerdings noch nicht geklärt. Auch die japanische Raumfahrtorganisation JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) plant bis zum Jahr 2030 eine bemannte Mondstation. Bis zum Jahr 2015 sollen die ersten japanischen Roboter mit dem Sammeln von Mondproben beginnen.

Aufgrund der Bestrebungen unterschiedlicher Nationen auf den Mond zurückzukehren, ist die Wahrscheinlichkeit relativ hoch, dass dies in den nächsten 10-20 Jahren auch gelingen wird. Dabei darf man aber nicht die technischen und finanziellen Anstrengungen der Vergangenheit außer Acht lassen. Die Kosten eines Apollo-Programms kann nämlich keine Nation für sich alleine tragen. Daher macht es eigentlich Sinn die Anstrengungen zu bündeln und gemeinsam den Weg zum Mond anzugehen. Da heute neben dem Prestige aber auch industrielle Gründe für einen Alleingang sprechen, ist dies leider recht unwahrscheinlich.

Dr. Kai-Oliver Detken



Literaturhinweise

- [1] **Katja und Sven Näther: Die ersten Astronomen – Welche Bedeutung hat die Himmelscheibe von Nebra?** interstellarium N. 63; April/Mai 2009
- [2] **Manfred Holl: Teleskopische Beobachtungen – Das 17. Jahrhundert;**
URL: <http://www.manfredholl.de/kart2.htm>
- [3] **Kai-Oliver Detken: Der Wettlauf zum Mond: Die Mondlandung vor 40 Jahren (Teil 1+2);**
Die Himmelspolizey Ausgabe 4/09 und 1/10; Vereinszeitschrift der Astronomische Vereinigung Lilienthal e.V.; ISSN 1861-2547; Lilienthal 2010
- [4] **Quelle NASA:** Die Abbildungen der NASA sind gemeinfrei (public domain), da sie von der NASA erstellt worden ist. Die NASA-Urheberrechtsrichtlinie besagt, dass „NASA-Material nicht durch Urheberrecht geschützt ist wenn es nicht anders angegeben ist“.
- [5] **Axel Orth: Kaguyas Ende als Ouvertüre zu LCROSS;** Quelle: Spaceflight Now;
URL: <http://www.raumfahrer.net>
- [6] **Bernd Leitenberger: Raumsonden zum Mond;**
URL: <http://www.bernd-leitenberger.de/raumsonden-mond.shtml>
- [7] **NASA: Bilder von fünf der sechs Apollolandestellen, 19. Juli 2009;**
URL: http://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/multimedia/lroimages/apollosites.html
- [8] **Stephen Clark: Lunar smash produces surprise, disappointment; Spaceflight Now; 9.**
October 2009; URL: <http://www.spaceflightnow.com/lcross/091009impact/>
- [9] **Focus Online Wissen: Dickes Eis in Mondkratern vermutet;**
FOCUS Magazin Verlag GmbH; 3. März 2010; München 2010
- [10] **Timo Lange: Obama lenkt NASA in neue Richtung;**
Quelle: nasa.gov, whitehouse.gov; URL: <http://www.raumfahrer.net>
- [11] **Michael Odenwald: Raumfahrtvisionen – Der Mega-Brennstoff aus dem All;**
FOCUS Online; FOCUS Magazin Verlag GmbH; 5. Oktober 2009; München 2009
- [12] **Lunar Lander:** URL: <http://www.ohb-system.de/next-lunar-lander.html>