Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 77 (2019)
Heft: 3

Artikel: 50 Jahre Mondlandung : Rückblick und Ausblick
Autor: Fischer, Beat
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-960558

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Faszination Mond

50 Jahre Mondlandung – Rückblick und Ausblick

Der uns nächste Himmelskörper, unser Mond, war neben der Erde das erste natürliche Ziel der Raumfahrt. Im September 1959 wurde er das erste Mal von einer sowjetischen Sonde namens Lunik 2 getroffen. Am 20. Juli 1969 betraten erstmals Menschen die Oberfläche eines anderen Himmelskörpers. Wir schauen zurück und in die Zukunft. Reist der Mensch schon bald wieder zu unserem Nachbarn ins All?

Die Astronauten *Neil Armstrong* und *Buzz Aldrin* der Mission Apollo 11 erfuhren als erste die reduzierte Schwerkraft von einem Sechstel der irdischen. Danach wurde es um die Mondflüge medial ruhiger, trotz spektakulären Missionen wie Apollo 15, 16 und 17. Mit Luna 24, welche unbemannt Proben vom Mond zurückbrachte, endete die erste Serie der Mondmissionen. Nach 15 Jahren Pause wurden ab 1990 wieder Mondmissionen unternommen.

Eine gute Übersicht über alle bisherigen Mondmissionen bietet [1]. Per Link kommt man auch an die Informationen über alle einzelnen Missionen. In Abbildung 1 fällt auf, dass bis Anfang der 1970er-Jahre sehr viele Misserfolge zu verzeichnen waren. Ursachen waren z. B. Rakete explodiert, Bahn wurde verfehlt, Sonde funktionierte nicht.

DER WETTLAUF ZUM MOND – DAS KRÄFTEMESSEN ZWEIER SUPERMÄCHTE

Die Mächtekonstellation nach dem 2. Weltkrieg und der darauf basierende kalte Krieg führten zum Wettlauf zum Mond, welcher zwischen den USA und der UdSSR ausgetragen wurde (Abbildung 2). Obwohl kein sowjetischer Kosmonaut den Mond umrundete oder betrat, konnte die UdSSR diverse Ersterfolge erzielen. Am 13. September 1959 traf Lunik 2 den Mond, einen knappen Monat später schoss Lunik 3 das erste Bild der Mondrückseite (Abbildung 3). Luna 9 landete am 31. Januar 1966 sanft auf der Mondoberfläche, während Luna 10 im April desselben Jahres den Mond umkreiste. Zond 5 war die erste russische Sonde, die im September 1968 zum Erdtrabanten und wieder zurück zur Erde flog. Schliesslich brachte Luna 17 den Mondrover Lunokhod 1 zu unserem Nachbarn, während Luna 24 Ende August 1976 eine unbemannte Probenmission war.

Vor allem zwei dieser Ersterfolge sind bemerkenswert: Der erste Rover auf einem anderen Himmelskörper war Lunokhod 1, welcher von Luna 17 auf den Mond gebracht wurde. Heute betreiben die NASA solche Rover auf dem Mars. Die erste unbemannte Probenmission Luna 24 findet aktuell eine Nachfolgerin in der japanischen Mission Hayabusa, welche vom Asteroiden Ryugu eine Probe entnahm und diese nun noch zur Erde zurückbringen soll.

Wegen der damaligen strengen sowjetischen Geheimhaltungspraxis fanden diese Ersterfolge für die Öffentlichkeit immer überraschend statt. Das sowjetische Raumprogramm blieb folglich unbekannt, dürfte aber in etwa im unbemannten Teil demjenigen der USA entsprochen haben.

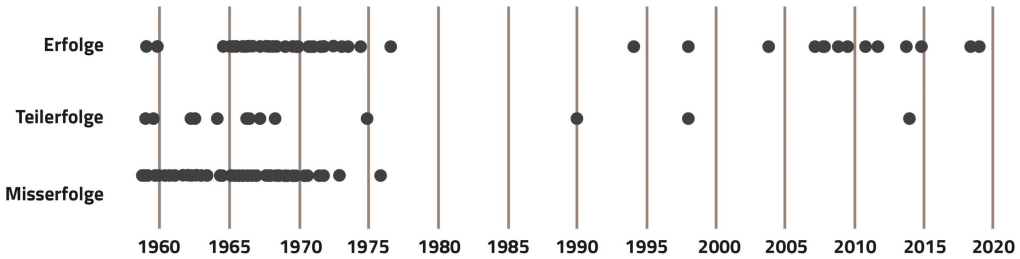


Abbildung 1: Übersicht über alle Mondmissionen bis 31. Dezember 2018 nach [1]. Markiert sind die Startdaten der Missionen.

Grafik: Wikipedia

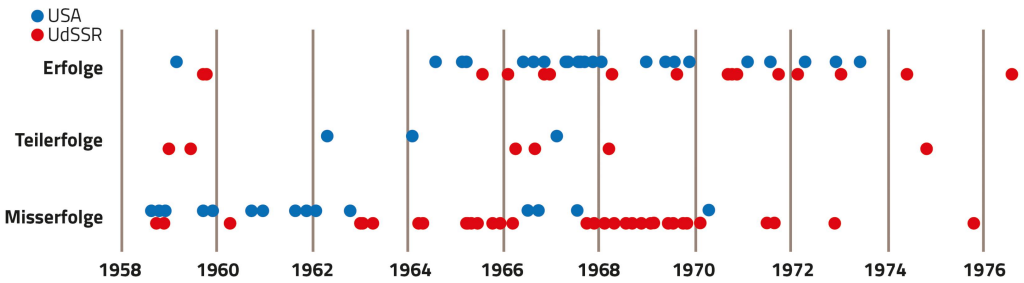


Abbildung 2: Übersicht über alle Mondmissionen bis und mit 1976 nach [1]. Man achte, dass die Erfolge der Amerikaner erst ab 1964 kamen, während die UdSSR viele Misserfolge zu verbuchen hatten.

Grafik: Wikipedia

DAS AMERIKANISCHE MONDPROGRAMM

Als Vorbereitung für eine Landung mit Astronauten waren die folgenden Fragen zu klären: Wo landen? Wie ist die Staubschicht an der Oberfläche beschaffen? Wie weit versinkt eine Sonde in dieser? Die USA gingen diese Fragen mit den drei Sondentypen Ranger, Lunar Orbiter und Surveyor an.

Die Ranger-Sonden 1 bis 6 waren allesamt Misserfolge; 7, 8, 9 lieferten Nahaufnahmen der Mondoberfläche. Sie schlugen ungebremst auf dem Mond auf. Vor dem Aufprall sandten sie die Fotos der Mondoberfläche zur Erde.

Lunar Orbiter 1 bis 5 waren alle erfolgreich. Die Mondvorderseite und rund ¾ der Rückseite wurden kartiert, und das Schwerefeld des Mondes vermessen. Die Lunar Orbiter-Sonden umkreisten den Mond während Wochen bis Monaten und fotografierten die Mondoberfläche in möglichst grosser Auflösung, um die optimalen Landeplätze zu finden. Dabei entstanden auch sehr schöne Aufnahmen.

Die Surveyor-Sonden 1, 3, 5, 6 und 7 waren weich gelandet, 2 und 4 zerschellt. Es handelte sich um unbemannte Landegeräte, welche testen sollten, ob eine Mondlandung möglich ist und ein Landegerät nicht im Regolith (Staub der Mondoberfläche) versinkt. Darüber hinaus wurden die Umgebungen des Landeortes fotografiert und chemische Analysen des Mondgesteins durchgeführt. Damit war der Weg für die bemannten Apollo-Mondmissionen frei.

BEMANNTE APOLLO-MISSIONEN

Auf dem Mond gelandet wurde von einer Mondumlaufbahn aus. Das Mondlandegerät LEM (Lunar Excursion Module) mit zwei Astronauten trennte sich im Mondorbit von der Apollokapsel und landete auf der Mondvorderseite. Der dritte Astronaut umkreiste weiterhin den Mond. Nach dem Verlassen der Mondoberfläche erfolgte das Rendezvous-Manöver des Treffens von Apollokapsel und LEM. Entscheidend für den Erfolg der bemannten Mondflüge war das Beherrschen der Rendezvous-Technik. In den bemannten Gemini-Flügen von 1965/66 der NASA wurde diese Technik erarbeitet. Neben den Missionen mit gelungener Landung fanden im Vorfeld die in den letzten ORION-Ausgaben vorgestellten Missionen Apollo 8, Apollo 9 und Apollo 10 statt. Nach der erfolgreichen Erstlandung von Apollo 11 (20. Juli 1969) erfolgte mit Apollo 12 im November desselben Jahres gleich ein weiterer Flug. Apollo 13 war die einzige Mission, welche die Astronauten nach der Explosion am Serviceteil zur Rückkehr nach einer Mondumrundung zwang.

Es ist zwischen Apollo 11 bis 14 und Apollo 15 bis 17 zu unterscheiden. Bei den ersten drei Missionen waren die Astronauten zu Fuss unterwegs, bei den letzten drei fuhren die Astronauten mit einem elektrogetriebenen Mondrover herum (Abbildung 4). Es konnten in der Umgebung der Landeplätze ausgedehnte Ausflüge unternommen werden. Entsprechend stieg auch die wissenschaftliche Ausbeute an.

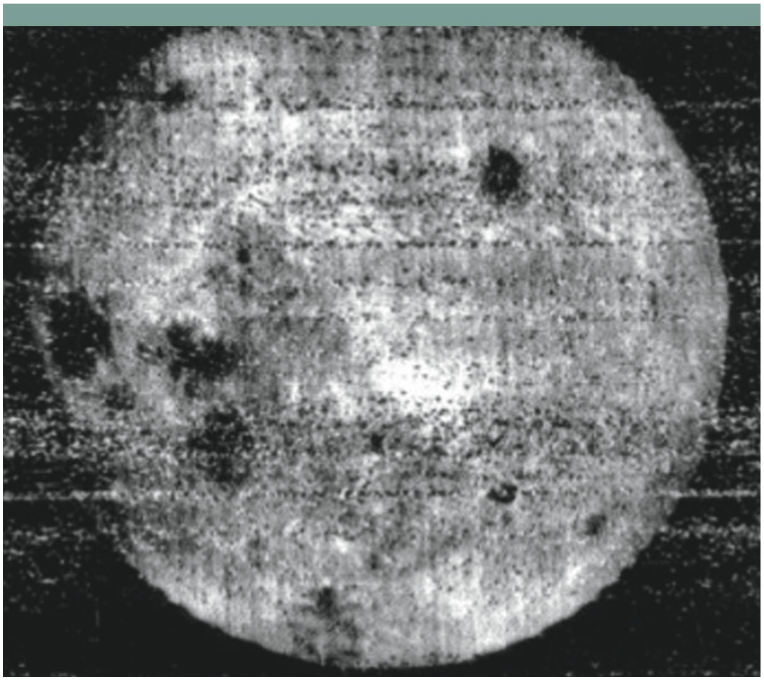


Abbildung 3: Das allererste Bild der Mondrückseite.

Bild: Wikipedia

RESULTATE DER MONDMISSIONEN

Praktisch alle Mondkrater sind Einschlagkrater und nicht Vulkankrater, es gibt nur wenige und kleine erloschene Vulkane auf dem Mond. Die Mond-Maria (dunkle Ebenen) bestehen aus dunklem Basalt und sind vulkanischen Ursprungs. Sie entstanden durch Überflutung von Einschlagbecken durch basaltisches Magma. Dabei sind Vorder- und Rückseite verschieden (Abbildung 5). Die Rückseite weist eine dickere äussere Kruste auf, sodass grosse Einschlagbecken der Rückseite nicht von Lava überflutet wurden. Deshalb befinden sich praktische alle von blossem Auge sichtbaren dunklen Flecken auf der Mondvorderseite, obwohl das tiefste Einschlagbecken auf der Rückseite liegt.

Die meisten Mondgesteinsproben sind 3.7 – 4.3 Milliarden Jahre alt, d. h. so alt oder älter als die ältesten Erdgesteine. Der Mond ist extrem trocken, da in seinen Mineralien das in irdischen Mineralien übliche Kristallwasser fehlt, [2] p. 176. Kristallwasser sind OH-Gruppen, welche ins Kristallgitter eingebaut sind. Diese Trockenheit dürfte mit ein Grund sein, warum eine Mondstation aufwändig zu betreiben wäre. Eis kommt höchstens als Kometen-Eis in Polkratern ohne Sonnenlicht vor.

Die Landestellen der bemannten Apollo-Flüge wurden von der NASA so ausgewählt, dass Auswurfmaterial möglichst aller grossen Einschlagbecken unter den gesammelten Steinen war [2], p. 364. Die Auswertung dieses Materials führte zu einer ersten Übersicht über die geologische Geschichte des Mondes, [2] p. 362. Der Mond war geologisch nur in den ersten 35 % seiner Existenz «aktiv», d. h. von vor ca. 4.6 Milliarden Jahren bis vor ca. 3 Milliarden Jahre.

Das Mondgestein hat praktisch die gleiche Dichte und Zusammensetzung wie das Gestein des Erdmantels. Dies führte zur Hypothese, dass in der Frühzeit des Sonnensystems der Erdmond nach einer Kollision eines marsgrossen Planeten Theia mit der Erde aus den die Erde umkreisenden Trümmern entstand [5]. Interessanterweise wurde der älteste irdische Stein auf dem Mond gefunden [6].

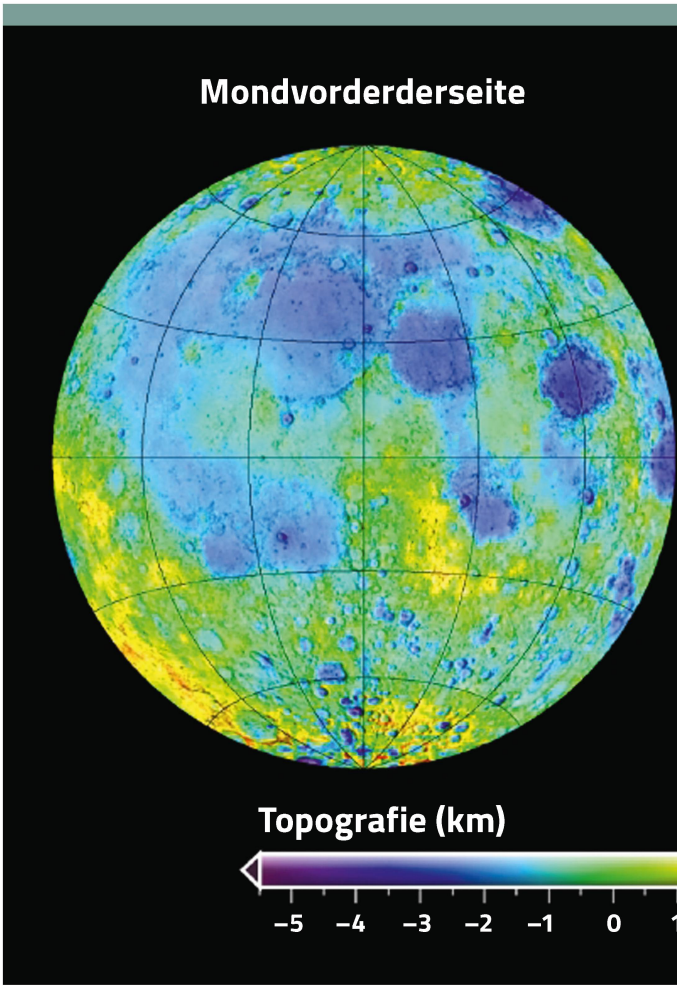


Abbildung 5: *Falschfarbenaufnahme der Mondtopografie.*

Bild: NASA

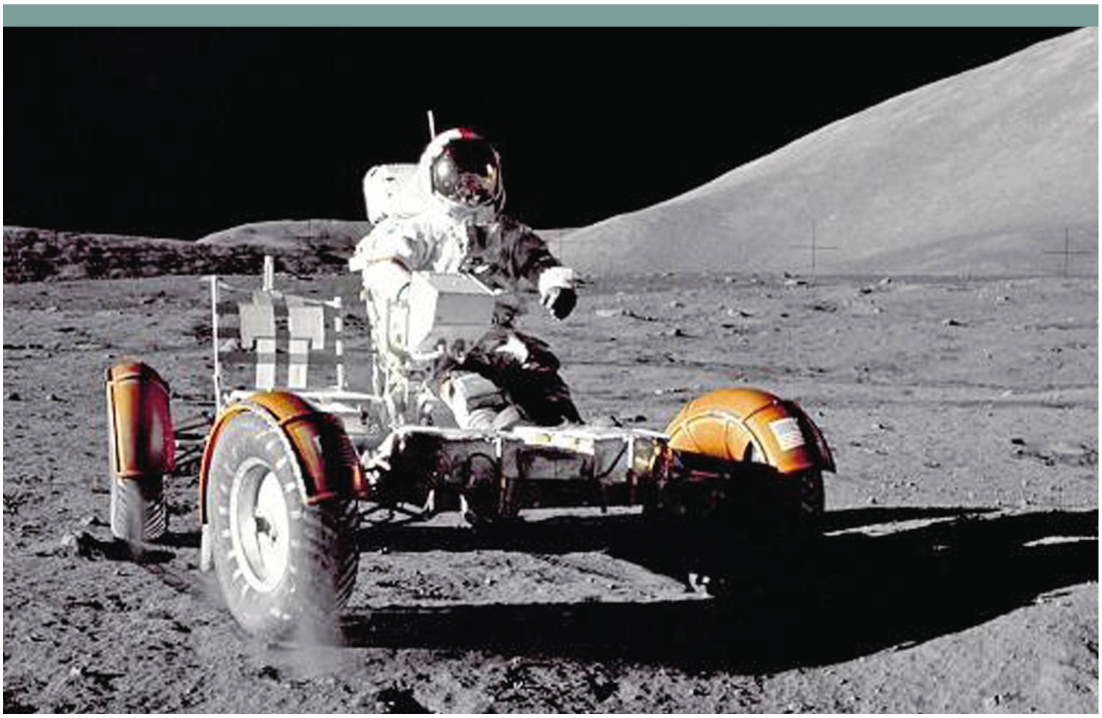
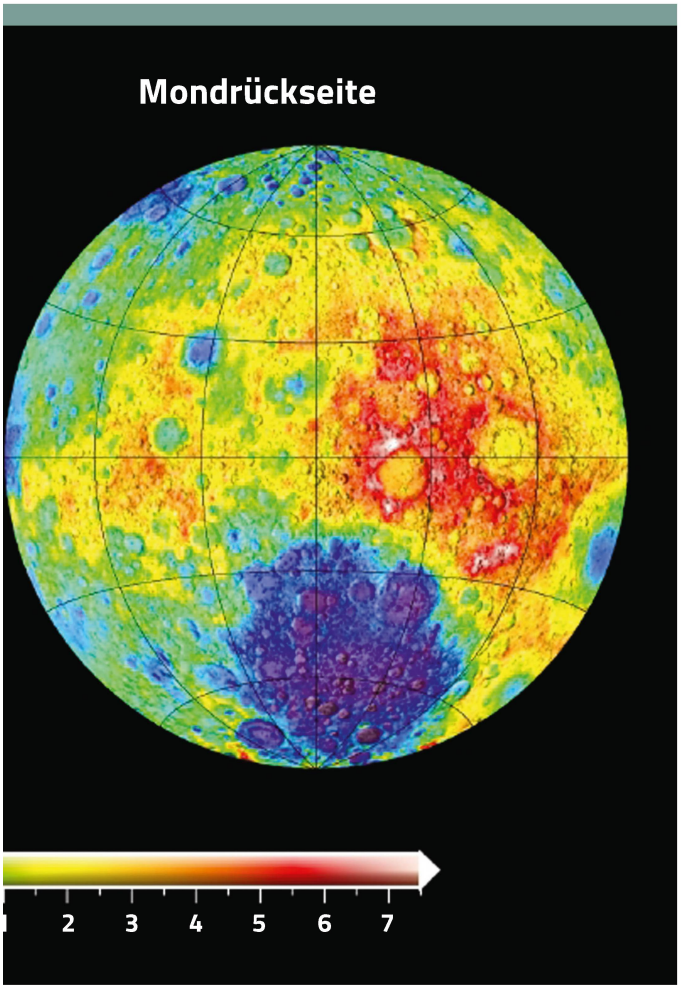


Abbildung 4: *Eugene Cernan* fährt das dritte und letzte LVR, das auf dem Mond abgesetzt wurde.

Bild: NASA



MONDMISSIONEN VON 1990 BIS HEUTE

Nach 13 Jahren Pause wurden wieder Mondmissionen durchgeführt. Bemerkenswert ist dabei, dass neben den USA die neuen Akteure Japan, Indien, China, ESA (European Space Agency) auftraten und die inzwischen aufgelöste UdSSR in Russland bis jetzt keinen Nachfolger fand. Diese Missionen fanden wenig Präsenz in den Medien, mit Ausnahme der aufsehenerregenden chinesischen unbemannten Landung auf der Mondrückseite. Diese Missionen dauerten länger als diejenigen vor 1977, und bearbeiteten mehrfache Fragestellungen. Ferner gab es keine vollständigen Fehlschläge mehr.

US-MISSIONEN AB 1994

Seit 1994 wurden von der NASA eine ganze Reihe von Orbiter-Mondmissionen durchgeführt: Clementine 1994, AsiaSat3 1997, Lunar Prospector 1998, ARTEMIS P1 u. p2 2007, LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) 2009, LCROSS 2009, GRAIL 2011, LADEE 2013.

Zwei Beispiele sollen zeigen, wie die Missionsnamen zu Stande kommen. An den Mondpolen gibt es Krater, in denen die Sonne nie hineinscheint. Mit der Mission LCROSS = Lunar Crater Observation and Sensing Satellite suchte die NASA nach Wasser und Wasserstoff in diesen Kratern. Es konnte das vorhandensein von Wasser, vermutlich in der Form von Eiskristallen, bestätigt werden [7]. Die Mission LADEE = Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer erforschte die äusserst dünne Mondatmosphäre und den Einfluss des Mondstaubes auf die Umgebung des Mondes.

Der LRO kartierte die Mondoberfläche hoch aufgelöst. Auf den dabei gemachten Bildern der Oberfläche sind sämtliche Apollo-Landestellen zu sehen. Damit dürften die Zweifel, die Amerikaner seien nie auf dem Erdtrabanten gelandet, ein für allemal vom Tisch sein. Es ist kaum anzunehmen, dass jemand die Fuss- und Fahrzeugspuren in einem Bildbearbeitungsprogramm in mühsamer Arbeit nachgezeichnet hat!

CHINESISCHE MONDMISSIONEN

Seit der unbemannten Landung auf der Mondrückseite findet das chinesische Mondprogramm eine erhöhte Aufmerksamkeit. Die erste Landung auf der erdabgewandten Seite fand im Südpol-Aitken-Einschlagbecken, dem tiefsten solchen Becken statt. Der Funkverkehr mit der Sonde auf der Rückseite erfolgt über einen Relaissatelliten, welcher um den Lagrangepunkt L2 des Erde-Mond-Systems kreist.

MISSIONEN ANDERER LÄNDER

Neben den Raumfahrtnationen USA, UdSSR/Russland führten weitere Nationen Orbitermissionen durch, nämlich Japan mit den Sonden Hiten 1990–1994 und Kaguya 2007–2009 sowie Indien mit Chandrayaan-1 2008–2009. Der europäische Beitrag Smart 1 2003–2006 diente der Suche nach Wassereis und Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Oberfläche. Smart-1 war auch die erste ESA-Sonde mit einem Ionenantrieb, welcher mit dieser Mission ein erstes Mal getestet wurde. Die Mission Kaguya der JAXA (Japanese Space Agency) lieferte sehr schöne Bilder von Mond und Erde. Eigentliche wissenschaftliche Ziele waren die mineralogische Zusammensetzung, die Topographie und Geologie der Mondoberfläche sowie das Schwerefeld des Mondes zu untersuchen..

GEGENWART UND ZUKUNFT

Weiterhin sind Mondmissionen geplant, und auch Russland plant, wieder zum Mond zu fliegen, [1]. Während der Abfassung dieses ORION-Beitrags war die Mission Beresheet am laufen, ist jedoch am 11. April 2019 gescheitert. Mit mehrfachem zünden des Triebwerks wird der höchste Punkt der Bahn langsam auf Mondentfernung angehoben, [8]. Beresheet ist eine private Mission der Nonprofitorganisation SpaceIL, dementsprechend erfolgte der Start mit einer SpaceX-Falcon9 Rakete von *Elon Musk* [9]. Weitere geplante oder nächstens startende Missionen sind gemäss [1] (Stand 31. März 2019) der indische Orbiter und Lander Chandrayaan 2 (geplant 2019) sowie der chinesische Lander mit Rückkehr Chang'e 5 (ebenfalls noch dieses Jahr). 2020 will die NASA einen Mondflug mit dem unbemannten Raumschiff Orion starten. Auch Südkorea plant einen Orbiter namens Pathfinder für das kommende Jahr. Japan will 2021 mit dem Lander SLIM erfolgreich sein. 2022 wollen die Amerikaner wieder einen bemannten Mondflug mit Raumschiff

www.teleskop-express.de
Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

Der große Onlineshop für **Astronomie**, **Fotografie** und **Naturbeobachtung**
mit über **7000 Angeboten!**

Neue Astrographen von TS Optics!

TS-Optics 71SDQ - 71 mm f/6,3 Quadruplet Apo mit Feldebnung

Der neueste Refraktor aus der TS Quadruplet Reihe ist ein idealer Reiseapochromat für Astrofotografen und visuelle Beobachter.
- 2,5” CNC Fokussierer
- Kamera kann verschraubt werden
- 115 mm Arbeitsabstand

Einführungspreis TS71SDQ: 726,05 €*

TS-Optics 150 mm f/2,8 hyperbolischer Astrograph mit Korrektor und Carbontubus

Hyperbolischer Flat-Field Astrograph, speziell für Deep Sky Fotografie mit DSLR- und Astro-Kameras
- 2,5” CNC Fokussierer
- Verschraubte Kameraadaption
- 45 mm Bildkreisdurchmesser

Einführungspreis Hypergraph6: 1.931,93 €*

Qualität zu einem interessanten Preis: Optolong Filter

Seit 1999 fertigt Optolong verschiedenste Filter für Mikroskopie, Fotografie und astronomische Zwecke. Es handelt sich um durchweg hochwertige Substrate mit λ/4 RMS Oberflächengenauigkeit und Planparallelität (Keilfehler) von besser als 30 Bogensekunden. Wir haben das astronomische Optolong Sortiment in unserem Programm, z.B.:
- LRGB-Filtersets in 1,25”, 2”, 31 und 36 mm
- Schmalbandfilter (O [III], H-α etc.)
- L-Pro und UHC Filter gegen Lichtverschmutzung (auch als Clip-in-Filter für DSLR Kameras)
- IR-Passfilter
- Venus-U Filter

* alle Preise excl. UST

Teleskop-Service, Von-Myra-Straße 8, DE-85599 Parsdorf bei München
Telefon: +49 89-9922875-0 • info@teleskop-service.de

Orion und dem erstem Modul der LOP-G (Lunar Orbital Gateway Platform [10]) starten, gefolgt von der Exploration Mission 3, die auf 2024 vorgesehen ist. Diese Raumstation soll als Zwischenstation für zukünftige bemannte Mond- und allenfalls auch Marsmissionen dienen. Mögliche Stationierungsorte sind die Punkte L1, L2 oder ein Mondorbit. LOP-G soll in Zusammenarbeit von NASA und der russischen Roskosmos entstehen. Ferner gibt es Pläne für neun weitere amerikanisch-japanische Missionen mit Kleinsatelliten Cubesats, welche zusammen mit der Exploration Mission 1 gestartet werden sollen. Auch die Russen planen ab 2024 mit Luna 25 bis 27 die Rückkehr zum Erdtrabanten.

BEMERKUNGEN

Vergleicht man den heutigen Wissensstand über den Mond mit demjenigen von 1957, z. B. [11], so fällt ein enormer Wissenszuwachs auf, angefangen bei den Bildern der Mondrückseite. Auch zum Verständnis der Vorgänge bei der Entstehung des Sonnensystems haben die durchgeführten Mondmissionen viel beigetragen, insbesondere zum Entstehen des Systems Erde-Mond.

Leider nicht vermeidbar ist das Zurücklassen von ausgedienten Sonden und von auf dem Mond aufgeprallten Satelliten, Raketenteilen oder Resten von Apollo-Missionen. Eine Liste von solchem Weltraumschrott auf dem Mond findet man in [12]. <

QUELLEN:

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie
[2] *Cadogan, Peter*: The Moon – Our Sister Planet, Cambridge Univ. Press, 1981
[3] www.earthlyissues.com/apollo.htm
[4] *Baer, Thomas*: Umstieg von Gumdrop in den Spider, ORION 1/19, S. 12
[5] https://en.wikipedia.org/wiki/Giant-impact_hypothesis
[6] https://edition.cnn.com/2019/01/24/world/earth-oldest-rock-moon/index.html
[7] www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2010/10-89AR.html
[8] www.youtube.com/watch?v=_R4zk448oPs
[9] www.theverge.com/2019/2/26/18239738/spaceil-beresheet-lunar-lander-israeli-private-industry-moon-missions
[10] https://de.wikipedia.org/wiki/Lunar_Orbital_Platform-Gateway
[11] *Moore, Patrick*: Die Welt des Mondes, Oldenbourg 1957
[12] https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_künstlichen_Objekte_auf_dem_Mond

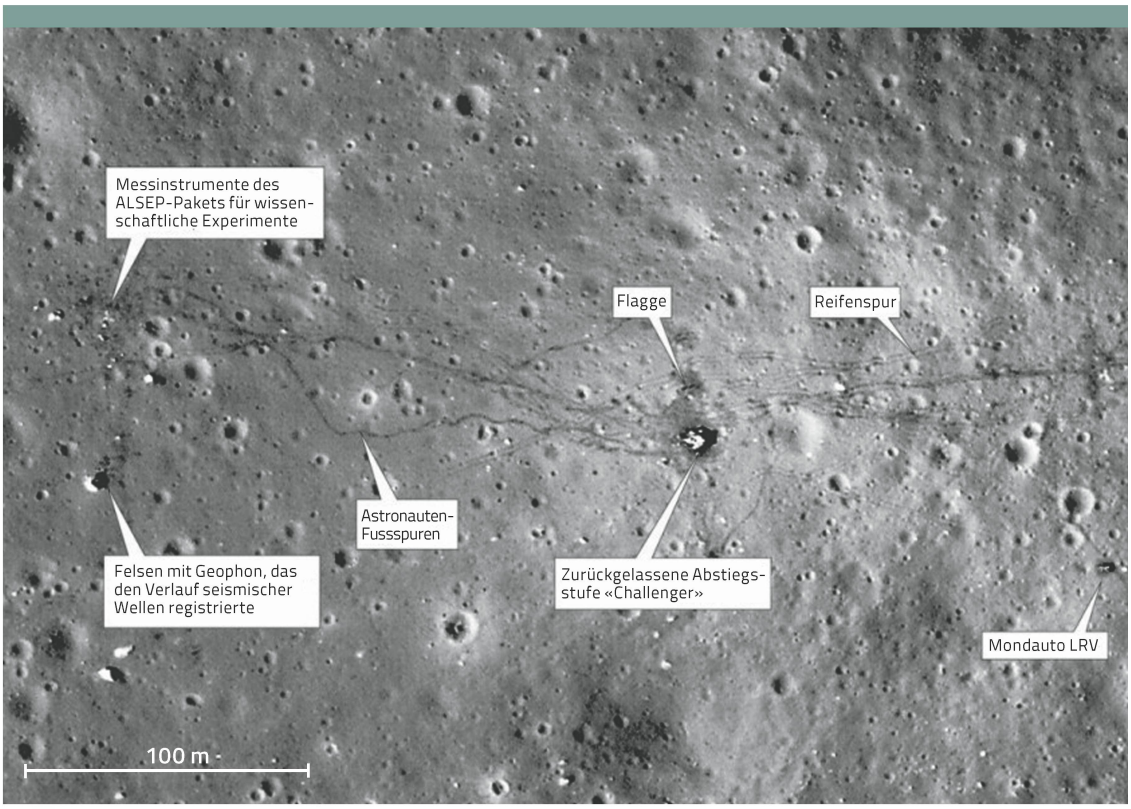


Abbildung 5: Der Landeplatz von Apollo 17 zeigt zahlreiche Details. Deutlich sind die Reifenspuren des Mondautos und die Fussspuren der Astronauten zu sehen. Das Bild wurde vom Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) aufgenommen. Damit dürften die Zweifler der Mondlandung endgültig widerlegt sein.

Bild: NASA