

Harte und weiche Landungen

Die Raumfahrt zum Mond erlebt eine Renaissance. Indien ist die vierte Nation, der eine weiche Landung auf dem Mond gelungen ist.

„Guter Mond Du stehst so stille“, sang 1979 Neil Armstrong im Duett mit Peter Alexander im Deutschen Fernsehen. Tatsächlich war es damals auf dem Mond ruhig geworden. Mit der sowjetischen Sonde Luna 24 war am 16. August 1976 zuletzt eine weiche Landung auf dem Mond gelungen. Eine Rückkehrkapsel brachte damals 170 Gramm Mondgestein zur Erde. Es sollte rund 37 Jahre dauern, bis China mit dem Lander Chang'e 3 am 14. Dezember 2013 erfolgreich auf dem Mond aufsetzte. Der Lander besitzt ein fernsteuerbares UV-Teleskop und ist noch heute im Betrieb.

Mit Luna 25 wollte die russische Raumfahrtbehörde Roskosmos wieder zum Mond zurückkehren. Erste Pläne dafür gab es bereits 1997. Die europäische Weltraumagentur ESA hatte sich am neuen Luna-Programm mit einer speziell entwickelten Kamera beteiligt, beendete jedoch wegen des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine im April 2022 die Zusammenarbeit mit Russland und holte ihre Hardware zurück.

Luna 25 startete am 10. August vom Kosmodrom Wostotschny in der Amur-Region rund hundert Kilometer östlich der Grenze zu China und erreichte am 16. August die Mond-



Der Lander Vikram der indischen Mondmission Chandrayaan-3 ist erfolgreich auf dem Mond gelandet, dokumentiert von der Kamera des Rovers Pragyan.

umlaufbahn. Dort nahmen mehrere wissenschaftliche Instrumente ihren Betrieb auf, darunter ein Neutronen- und Gammaskpektrometer und ein Ionenenergie-Massenanalysator. Ein Manöver, das die Sonde am 19. August in eine niedrigere Umlaufbahn bringen sollte, misslang wegen eines Fehlers bei der Triebwerkssteuerung: Die Funkverbindung brach ab. Luna 25 stürzte wenige hundert Kilometer von der geplanten Zielregion entfernt beim Boguslawsky-Krater ab, der

sich im äußersten Süden des Mondes befindet.

Nur wenige Tage nach dem Scheitern der russischen Mondmission versuchte die indische Raumfahrtbehörde ISRO ein zweites Mal ihr Glück, mit einer Sonde auf dem Mond zu landen. Der erste Versuch mit der Mission Chandrayaan-2 scheiterte am 6. September 2019. Bei Chandrayaan-3, die am 14. Juli vom Satish Dhawan Space Centre auf der südindischen Insel Sriharikota startete, verlief dagegen alles reibungslos. Am 23. August um etwa 15:25 MESZ landete die Sonde weich auf dem Mond. Damit ist Indien das vierte Land nach der Sowjetunion, den USA und China, dem dies gelang – und das zudem erstmals in der Südpolregion des Mondes.

An Bord des Landers Vikram befindet sich der nur 26 Kilogramm schwere Rover Pragyan. Mit dem Alpha Particle X-ray Spectrometer (APXS) konnte er neben den erwarteten Elementen wie Aluminium, Silizium, Kalzium und Eisen auch andere Spurenelemente nachweisen wie Schwefel. Auch die Langmuir-Sonde RAMBHA wies Schwefel nach. Die kugelförmige Sonde befindet sich auf einem Ausleger des Landers und dient dazu, die Veränderung der Plasma-



NASA-Administrator Bill Nelson (4. v. r.) und DLR-Generaldirektor Walther Pelzer halten die nun auch von Deutschland unterzeichneten Artemis Accords in Händen. Bei der Unterzeichnung waren auch die beiden deutschen ESA-Astronauten Matthias Maurer (links) und Alexander Gerst (rechts) anwesend.

umgebung des Mondes im Verlauf eines Mondtages zu charakterisieren, insbesondere als Reaktion auf Schwankungen des Sonnenwetters. Die NASA hat einen Laser-Retroreflektor für Laufzeitmessungen zwischen Erde und Mond beigesteuert.

Die nächste Nation, die sich anschickt, auf dem Mond zu landen, ist Japan. Nach mehrfachen Verschiebungen startete am 7. September die Mondsonde SLIM an Bord einer Trägerrakete vom Typ H2A zusammen mit dem Röntgenteleskop XRISM (vgl. S. 16) vom Weltraumbahnhof Tanegashima aus ins All. Mit einer Landung ist frühestens in vier Monaten zu rechnen. SLIM wurde von der japanischen Raumfahrtagentur Jaxa entwickelt. Die auf dem Mond ge-

sammelten Daten sollen das von den USA geleitete Artemis-Projekt unterstützen. Ziel dieses Projekts ist es, Menschen auf den Mond zurückzubringen. Für frühestens 2024 ist eine bemannte Umrundung des Mondes geplant.

Die NASA hat 2020 die „Artemis Accords“ in Abstimmung mit dem US-Außenministerium zusammen mit sieben anderen Erstunterzeichnern ins Leben gerufen, darunter auch Japan. Diese Vereinbarungen sollen wichtige Verpflichtungen aus dem Weltraumvertrag von 1967 bekräftigen und umsetzen und sind Voraussetzung für die Teilnahme eines Landes am Artemis-Programm.

Für Deutschland unterzeichnete in Washington am 14. September

der DLR-Vorstand und Generaldirektor der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR Walther Pelzer die Artemis Accords, ergänzt durch eine Zusatzerklärung.¹⁾

„Deutschland ist seit langem einer der engsten und fähigsten internationalen Partner der NASA“, sagte NASA-Administrator Bill Nelson. „Die heutige Unterzeichnung zeigt, dass Deutschland jetzt und in Zukunft eine führende Rolle spielt.“ Das könnte auch die Möglichkeit einer deutschen Teilnahme an zukünftigen bemannten Mondmissionen beinhalten.

Alexander Pawlak

1) Artemis Accords: <https://bit.ly/3PSg2wh>, Zusatzerklärung Deutschlands: <https://bit.ly/45WiQOf>

Knotenpunkt für Quantenkommunikation

In Erfurt fiel der Startschuss für den weiteren Ausbau des deutschen Netzwerks für Quantenkommunikation.

Kaum ein Lebensbereich kommt ohne digitale Kommunikation aus. Um die Privatsphäre zu schützen, Daten zu bewahren oder Infrastruktur jedweder Art am Laufen zu halten, ist verschlüsselte Kommunikation unabdingbar – erst recht in Zeiten, in denen Cyberangriffe Teil der Kriegsführung sind. Klassische Verschlüsselungsverfahren genügen hier nicht mehr, doch mithilfe sogenannter Quantenschlüssel codierte Kommunikation verspricht, zukünftig Netzinfrastrukturen besser abzusichern. Die europäische Initiative EuroQCI zielt darauf ab, diese Quantenkommunikation in bestehenden Telekommunikationsnetzen einzusetzen. In ihrem Rahmen ist das deutsche Projekt Q-net-Q ange-

siedelt, das EU und BMBF mit insgesamt 11,8 Millionen Euro fördern. Aufbauend auf einer gründlichen wissenschaftlichen Analyse geht es auch hier darum, die Quantenschlüsselverteilung in bestehende Systeme der Informations- und Kommunikationstechnologie zu integrieren.

Der Freistaat Thüringen will dabei zu einem wichtigen Knotenpunkt für das deutsche Quantennetz werden. Landesmittel dienen bereits dazu, eine Glasfaser-Teststrecke zwischen dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena und dem Fraunhofer-Zentrum in Erfurt zu etablieren. Hier ließen sich auf einer Distanz von 75 Kilometern – im Rahmen der durch das BMBF geförderten Initiative QuNET¹⁾ – bereits erfolgreich Quantenschlüssel zwischen den Thüringer Metropolen austauschen.

Am 31. August fiel im Rahmen des Forschungsprojekts Q-net-Q am Fraunhofer-Zentrum in Erfurt der Startschuss für den weiteren Ausbau der bestehenden Teststrecken zur Erforschung quantengesicherter Faserverbindungen. An die bereits bestehende Verbindung zwischen Jena und Erfurt werden bis 2024 die Thü-

ringer Gemeinden Nordhausen und Sundhausen angeschlossen. Weiterhin wird innerhalb von Jena auch das Universitätsklinikum an die Teststrecke angekoppelt. Dadurch dehnt sich die faserbasierte Teststrecke auf eine Gesamtlänge von mehr als 150 Kilometern aus.

Erste konkrete Anwendungsfälle für den neuen Streckenabschnitt zwischen Sundhausen und dem Universitätsklinikum Jena liegen im Austausch von Patientendaten. Dies ist interessant, um mit telemedizinischen Methoden dem Ärztemangel speziell in ländlichen Regionen entgegenzuwirken.

Bis voraussichtlich Ende 2024 sollen weitere Streckenabschnitte hinzukommen und das Netz bis nach Berlin und Frankfurt am Main erweitern. Auf diesen weiteren, geplanten Streckenabschnitten steht perspektivisch der Datenaustausch zwischen Rechenzentren und in Hochgeschwindigkeitsverbindungen im Mittelpunkt der Forschung.

Alexander Pawlak

1) Physik Journal, Juli 2019, S. 7

Erratum

Zu: Physik Journal, August / September 2023, S. 22

Bedauerlicherweise haben wir den Namen eines Leserbrief-Autoren falsch geschrieben. Die Zuschrift zum FAIR-Artikel stammt von Prof. Erhard Steffens. Wir bitten, diesen Fehler zu entschuldigen, den wir in der Online-Fassung korrigiert haben.