

Die Nasa will über und auf den Mond



Mit der Raumstation Deep Space Gateway in Mondnähe und einem kleineren Basislager auf der Oberfläche will die US-Raumfahrtbehörde sowohl Exkursionen ins All als auch die Forschung an Weltraum- und Sonnenstrahlung fördern.

November 2023
Egbert Manns



Ein Blick in die mögliche Zukunft:
Die Mondstation Gateway nach dem
Ausbau. Hinten links die Module,
die von der Esa geliefert werden.

Foto: Nasa

China will vor 2030 Astronauten auf den Mond schicken ¹, Russland vor 2040 ², Indien „in absehbarer Zukunft“ (Premierminister Narendra Modi) ³. Die Nation, die vor fünf Jahrzehnten Astronauten auf dem Mond gebracht hat, die USA, wollen zurück zum Mond, diesmal mit einer Niederlassung auf der Oberfläche ⁴ und einer Raumstation in Mondnähe ⁵, „Deep Space Gateway“ (Portal zum All) genannt, von der aus Exkursionen auf den Mond geflogen werden, beides noch in diesem Jahrzehnt beginnend. Und Europa? Das hält sich aus der bemannten Mondfahrt heraus, stellt aber einiges an Ausrüstung für die Mondmissionen der USA.

Die Bemühung der USA, wieder Astronauten (m/w/d) auf den Mond zu bringen, geht zurück auf einen Auftrag, den der damalige Präsident Donald Trump der Raumfahrtbehörde Nasa gegeben hat. „Artemis“ heißt das Projekt für Mondlandung und Raumstation, benannt nach der Mondgöttin aus der griechischen Sagenwelt, und als Jahr der Landung eines Mannes und einer Frau auf dem Mond hat der damalige US-Vizepräsident Mike Pence 2024 vorgegeben.

Zu wenig Geld, Mismanagement und Lieferschwierigkeiten

Das Datum war nie einzuhalten. Schon deshalb nicht, weil die Nasa eine Zeitlang nur einen Bruchteil der Mittel bekommen hat, mit denen sie das Projekt finanziert. Sogar die Entwicklung neuer Raumanzüge, die für den Aufenthalt auf einem Mondpol geeignet sind ⁶, hat sich verzögert, erst im Mai 2023 hat sich die Nasa für Raumanzüge entschieden, die von der Firma Axiom Space hergestellt werden sollen. ⁷

Mismanagement der Nasa und ihrer Zulieferer ist immer wieder ein Thema ⁸. Auch die Lieferschwierigkeiten in der Folge der Covid-Pandemie treffen die Raumfahrt. Ziemlich hart sogar, schreibt Anatoly Zak. So lasse die sehr lange

¹ <https://spacenews.com/china-sets-out-preliminary-crewed-lunar-landing-plan/>

² https://tass.com/science/1706361?utm_source=duckduckgo.com&utm_medium=referral&utm_campaign=duckduckgo.com&utm_referrer=duckduckgo.com

³ <https://www.businessinsider.com/india-plans-send-humans-to-moon-celebrates-lunar-probe-success-2023-8?op=1>

⁴ <https://blogs.nasa.gov/artemis/2020/10/28/lunar-living-nasas-artemis-base-camp-concept/>

⁵ <https://www.nasa.gov/mission/gateway/>

⁶ Zu den Anforderungen an den Artemis-Raumanzug: https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2022/10/artemis_generation_spacesuits_508.pdf, S. 7 ff

⁷ <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/johnson/spacesuit-for-nasas-artemis-iii-moon-surface-mission-debuts/>

⁸ <https://spaceref.com/space-commerce/nasa-inspector-general-blames-rocket-engine-contract-mismanagement-artemis-moon-programs-problems/> und <https://oig.nasa.gov/docs/IG-22-003.pdf>



Bearbeitungszeit von Elektronik, die gegen Weltraumstrahlung gehärtet ist, die Fertigstellung von wichtigen Komponenten des Gateway stark verzögern, wenn nicht sogar scheitern. 2022 hätten Entwickler eines Moduls festgestellt, dass ein bestimmtes, unverzichtbares Elektronikteil erst in sechs oder sieben Jahren geliefert werden könne. Covid lässt grüßen . . .

Weitere zwei bis drei Jahre Verzögerung scheinen realistisch

Die Nasa hat im November 2022 die Mission Artemis I durchgezogen – das Orion-Raumschiff, von der Nasa-Rakete SLS ins All getragen, umkreiste den Mond mit den vom deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt gestellten Puppen Helga und Zohar als Besatzung. Frühestens in November 2024 soll Artemis II Astronauten im Raumschiff Orion um den Mond fliegen lassen, teilt die Nasa mit ⁹.

Dass die Mission Artemis III in den Jahren 2026 bis 2028 Astronauten auf den Mond bringt, könnte realistisch sein, schätzte der US-amerikanische Raumfahrtjournalist Eric Berger

Die Mission Artemis I beginnt: Die SLS-Rakete der Nasa trägt das Raumschiff Orion am 6. November 2022 vom Kennedy-Raumflughafen ins All zum Flug um den Mond.

Foto: NASA/Keeqan Barber

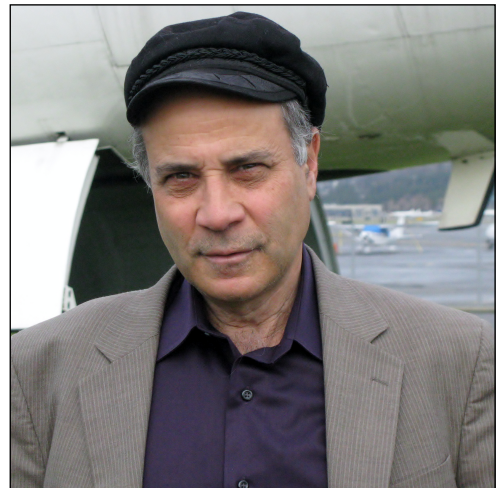
⁹ <https://www.nasa.gov/mission/artemis-ii/>

schon im Jahr 2021 ¹⁰. Die Nasa selbst hat die Artemis-III-Mission samt Mondlandung im Budgetantrag für das Finanzjahr 2023 ¹¹ auf 2025 terminiert und, nachdem eine Falcon Heavy von SpaceX die ersten zwei Module zur Mondbahn gebracht hat, Artemis IV, den bemannten Flug zum weiteren Ausbau und zur Montage des Gateway, auf 2027 ¹². Allerdings steht deren Finanzierung noch nicht – nichts Neues für die Raumfahrtindustrie, nicht nur in den USA.

Kritiker: Geld besser für produktive Mondbasis ausgeben

Von den beiden Artemis-Projekten Gateway und Mondlandung ist vor allem das Gateway unter Experten umstritten. „Kritiker bemängeln, dass dieses Habitat Ressourcen und Aufmerksamkeit von maßgebenden Elementen der Mondinfrastruktur abziehe“, schreibt der russische Raumfahrtjournalist Anatoly Zak in russianspaceweb.com ¹³. „Darunter eine Mondbasis und ein Landegerät.“

Robert Zubrin, ein ehemaliger Raumfahrtingenieur bei Lockheed und Befürworter bemannter Flüge zum Mars, hält das Gateway für eine „dumme Idee“. Das brauche man nicht, um auf den Mond oder sonstwohin zu gelangen, schrieb er schon vor fünf Jahren in „The New Atlantis“. ¹⁴ Es gebe auch wenig Forschung, die man im Mondorbit durchführen müsse, die nicht schon auf der Internationalen Raumstation oder mit Robotern erledigt werden kann.“



Kein Magnetfeld, keine Atmosphäre

Damit trifft er den Kern des Gateway-Konzepts: Diese Raumstation in Mondnähe soll für mindestens 15 Jahre einerseits ein Ausgangspunkt, eine Arte Relais, für Expeditionen sein: zum Mond, zum Mars, zu Asteroiden. Außerdem soll darin Forschung vor allem zur Auswirkung der Sonnen- und Weltraumstrahlung auf die Bevölkerung möglich sein – und speziell auf Astronauten, die sich länger im

Das Gateway sei eine „dumme Idee“, schreibt der Raumfahrtingenieur Robert Zubrin, der Gründer der Mars Society.

Foto: Von The Mars Society, Wikipedia

¹⁰ <https://arstechnica.com/science/2021/02/senate-democrats-send-a-strong-signal-of-support-for-artemis-moon-program/>

¹¹ <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2023/07/nasa-fy-2023-budget-request-summary.pdf>

¹² <https://www.nasa.gov/reference/nasas-gateway-program/>

¹³ <https://russianspaceweb.com/protected/imp-2022.html>

¹⁴ <https://www.thenewatlantis.com/publications/moon-direct>

Weltraum aufhalten. In Mondnähe würde solche Forschung, anders als auf der ISS,, nicht von der Atmosphäre und dem Magnetfeld der Erde erschwert. ¹⁵ Auch könnte das Gateway die ISS ersetzen, sagte Esa-Chef Jan Wörner ¹⁶. Deren Zukunft über 2024 hinaus ist immer wieder nicht gesichert, nicht zuletzt wegen der russischen Aggression gegenüber dem Westen.

Aktivitäten auf dem Mond gehören zwar zum Artemis-Konzept, jedoch zunächst eher als Forschungsauftrag mit einem kleineren Basislager (Base Camp) für kürzere Aufenthalte. ¹⁷ Gemeinsam mit der Industrie will die Nasa Techniken und Instrumente entwickeln, mit denen Mondmaterial erforscht, gehoben und verarbeitet werden kann, heißt es im Artemis-Plan vom September 2020.

Die Alternativposition, die Zubrin vertritt, verlangt, als ersten Schritt eine Mondbasis zu errichten, in der aus Wasser Wasserstoff und Sauerstoff für den Antrieb von Raketen hergestellt werden können. Dass knapp unter der Oberfläche des Mondes Wassereis zu finden sei, sei mittlerweile bewiesen.

Die Nasa findet Partner

Außerdem könne sich die Nasa die geplanten regelmäßigen und teuren Flüge zum Gateway sparen, wenn Treibstoff auf dem Mond produziert würde, schreibt Zubrin. Ein kleineres Raumschiff, das auf dem Mond landen und starten kann, könnte dann zwischen Mond und einer Umlaufbahn um die Erde pendeln, wo Personal und Ausrüstung aufgenommen würden, die von einer billigen SpaceX-Rakete Falcon 9 dahin gebracht würden.

TABLE OF CONTENTS	
	Page Number
SECTION 1 - PURPOSE AND SCOPE.....	2
SECTION 2 - IMPLEMENTATION.....	2
SECTION 3 - PEACEFUL PURPOSES.....	3
SECTION 4 - TRANSPARENCY.....	3
SECTION 5 - INTEROPERABILITY.....	3
SECTION 6 - EMERGENCY ASSISTANCE.....	3
SECTION 7 - REGISTRATION OF SPACE OBJECTS.....	3
SECTION 8 - RELEASE OF SCIENTIFIC DATA.....	4
SECTION 9 - PRESERVING OUTER SPACE HERITAGE.....	4
SECTION 10 - SPACE RESOURCES	4
SECTION 11 - DECONFLICTION OF SPACE ACTIVITIES.....	5
SECTION 12 - ORBITAL DEBRIS	6
SECTION 13 - FINAL PROVISIONS.....	7

Das Inhaltsverzeichnis des Abkommens Artemis Accords, das die Nasa mit Partnern abgeschlossen hat.
Foto: Screenshot

¹⁵ <https://www.nasa.gov/missions/artemis/lunar-gateway-science-payloads/>

¹⁶ <https://www.zeit.de/wissen/2017-09/deep-space-gateway-russland-usa-raumstation-mond-orbit>

¹⁷ https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2020/12/artemis_plan-20200921.pdf

Die Entscheidungsfindung der Nasa ist darüber hinweggegangen. Allerdings ist vieles noch in der Schwebe, und schon gar nicht steht die Finanzierung. Weil das Artemis-Programm den USA zu teuer ist, hat die Nasa Partner gesucht und gefunden: Die Weltraumagenturen von Europa (Esa), Kanada (CSA), Japan (Jaxa) und Russland (Roskosmos) haben Anfang 2017 verabredet, mitzumachen. Mit mehr als 30 Ländern, darunter Deutschland, gibt es das Kooperationsabkommen Artemis Accords – eine Art Codex für die Mitarbeit an der Erkundung und wirtschaftlichen Erschließung des Mondes.¹⁸

Russland kommt nicht wie erhofft zum Zuge

Russland hat sich Anfang 2021 allerdings von dem Projekt verabschiedet.¹⁹ Begründung: Artemis sei zu US-lastig. Roskosmos hatte erwartet, dass es seine Raketen Proton-M und Angara in das Projekt einbringen könnte²⁰ – angesichts der Nasafixierung auf das SLS und private Raketen war das illusorisch. Russland gab dann bekannt, es werde sich am Aufbau einer chinesischen Mondstation beteiligen. Auch daraus wird nichts, mutmaßlich wegen der mangelhaft gewordenen Qualität der russischen Raumfahrt. Roskosmos hat im November 2023 angekündigt, es werde eine eigene Mondstation bauen.²¹

Die Mitarbeit der Industrie ist für die Nasa extrem wichtig. Zwar hat sie ihre eigene Rakete entwickelt, das Space Launch System SLS. Aber SpaceX und BlueOrigin entwickeln ebenfalls superschwere Raketen. Das SLS kann 27 Tonnen in eine Bahn zum Mond schieben. Das Starship von SpaceX soll, wenn es in der Erdumlaufbahn aufgetankt wird, 100 Tonnen Last zum Mond schieben, die New Glenn von Blue Origin ist vermutlich schwächer.

Jedes SLS kostet fünf Milliarden Dollar

Der Nachteil des SLS: Es ist teuer. Seine Entwicklung hat mehr als 20 Mrd. Dollar verschlungen, jede Rakete kostet 5 Mrd.

Stark, aber teuer: Ein Space Launch System, wie die Nasa ihre neue Rakete nennt, auf dem Startplatz.

Foto: NASA/Kim Shiflett



¹⁸ <https://www.nasa.gov/artemis-accords/> und <https://www.state.gov/artemis-accords/>

¹⁹ <https://arstechnica.com/science/2021/03/china-and-russia-say-they-will-work-together-to-build-a-lunar-station/>

²⁰ <https://www.zeit.de/wissen/2017-09/deep-space-gateway-russland-usa-raumstation-mond-orbit>

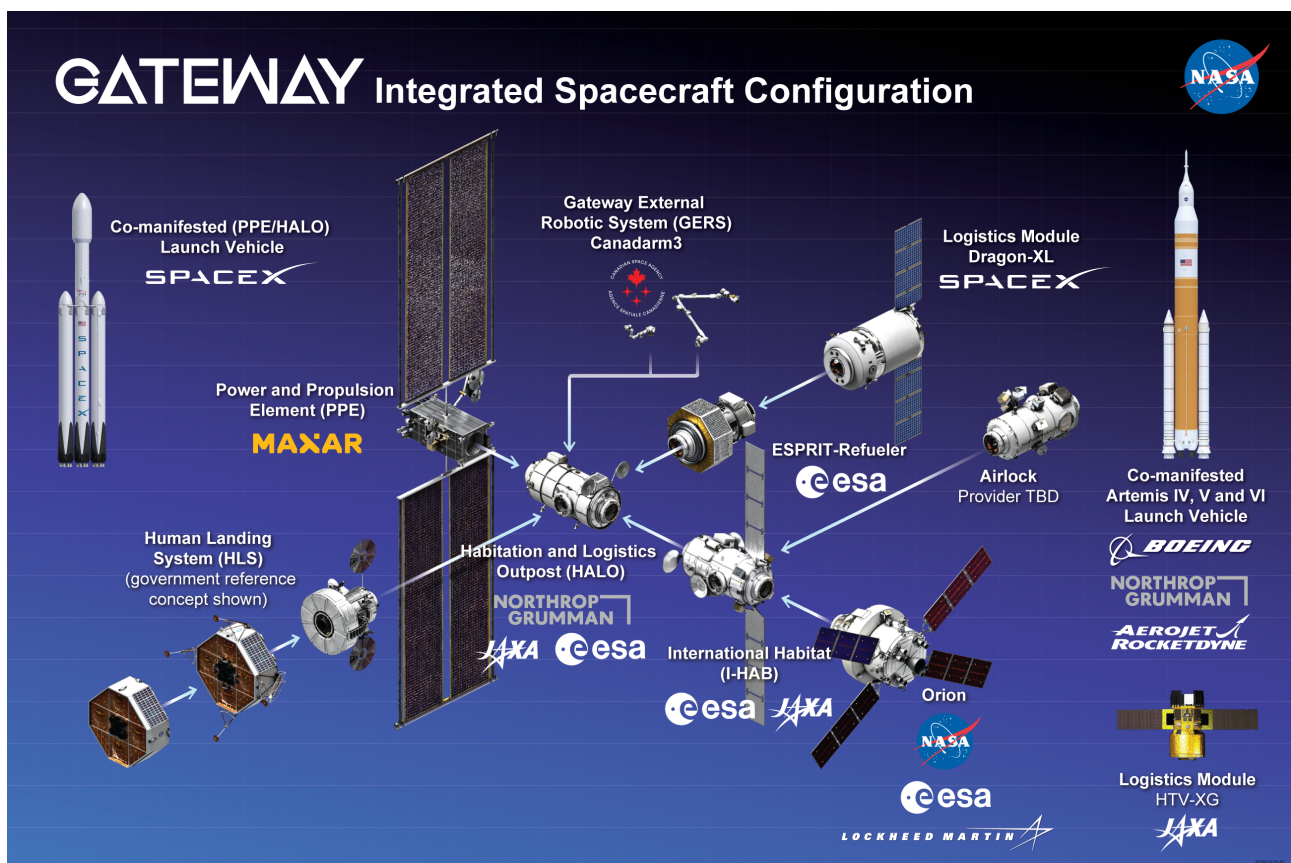
²¹ <https://www.reuters.com/technology/space/russia-says-it-plans-send-cosmonauts-moon-next-decade-tass-2023-11-15/>

Dollar. Sein Vorteil: Es gibt die Rakete und sie hat ihren ersten Flug, die Artemis-I-Mission, erfolgreich absolviert. Das Starship von SpaceX ist im April und im November 2023 bei Probestarts explodiert; dass es wie geplant die Artemis-IV-Mission zum Mond schieben kann, ist nicht sicher. Die New Glenn steckt noch in der Entwicklung.

Die 27 Tonnen, die das zweistufige SLS auf eine Bahn zum Mond bringen kann, reichen für das Orion-Raumschiff gerade so aus. Wenn die Orion auf ihrer Spitze allerdings noch ein mehrere Tonnen schweres Modul des Gateway trägt, muss mehr Tragkraft her; dafür wird gerade eine stärkere Oberstufe für das SLS entwickelt.

Die Esa beteiligt sich mit zwei Modulen und mehr

Die Beteiligung der Esa am Artemis-Programm ist enorm. Sie hat das Service-Modul für Artemis I geliefert und einen Auftrag für zwei weitere erhalten. Die Aufgabe des vier Meter mal vier Meter großen Moduls im Raumschiff Orion laut der Esa: die Versorgung im Crewmodul mit Wasser, Sauerstoff, Elektrizität, angenehmer Temperatur. Und natürlich der Antrieb. ²²



Der Aufbau der geplanten Mondstation Gateway. Die Illustration der Nasa zeigt, welche Raumfahrtagentur oder welches Unternehmen die Komponenten liefern. Foto: Nasa

²² https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/European_Service_Modules_hergestellt_in_Deutschland und https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Drittes_Europaeisches_Servicemodul_fuer_die_Mission_zur_Landung_von_Astronauten_auf_dem_Mond

Das Service-Modul sitzt unter dem Crew-Modul, in dem sich die Astronauten aufhalten.

Ferner liefert die Esa zwei Module für das Gateway. Das International Habitat (I-Hab) mit zehn Kubikmetern Innenraum ist ein zusätzlicher Schlaf- und Aufenthaltsraum neben dem Habitation and Logistics Outpost (Halo) der Nasa, so dass bis zu vier Astronauten auf der Mondstation leben können. Das I-Hab beinhaltet Hygiene-, Abfall und Trainingsbereiche. Das zehn Tonnen schwere Modul hat Schleusen, an denen Raumschiffe oder andere Module andocken können.



Das Raumschiff Orion, an der Mondstation Gateway andockt. Der untere Teil ist das Service-Modul, das von der Esa gestellt wird.

Foto: Alberto Bertolin, Bradley Reynolds, Nasa

Das andere Modul ist das European Refueling Module (ERM). Es dient am Gateway als Lagerraum, enthält Treibstoff für das Kraftwerk der Mondstation, hat große Fenster für Außenbeobachtungen und einen Arbeitsplatz für einen Astronauten. I-Hab und das vollgetankte ERM wiegen jeweils zehn Tonnen und sollen von einem Orion-Raumschiff zum Gateway gebracht werden.

Von den wissenschaftlichen Instrumenten stellt die Esa unter anderem das Esa Radiation Sensors Array (Esra). Dieses Instrument wird Strahlung messen. Das soll Wissenschaftlern helfen, kosmische und Sonnenstrahlung umfassend zu erforschen. Die vom Esra gewonnenen Daten sollen Forscher aller am Artemis-Programm beteiligten Ländern zur Verfügung stehen.

Wenn einmal Instrumente auf dem Mond arbeiten, sollen Einrichtungen, die die Esa liefert, die Kommunikation zwischen dem Gateway und den Instrumenten sicherstellen.

Für das Finanzjahr 2022 hatte die Nasa für das Artemis-Programm 2,062 Milliarden Dollar (Mrd. USD) beantragt und 1,672 Mrd. USD bewilligt worden. Für 2023 sind 2,600 Mrd. USD beantragt worden, Ergebnis offen. Allerdings betrifft diese Finanzierung vor allem nur das Landegerät, die Gateway-Entwicklung und die Entwicklung von Geräten wie einen Mondrover, Raumanzüge und ähnliches.

Der Budgetwunsch 2022 in Höhe von 4,538 Mrd. USD für die Rakete Space Launch System (SLS), das Raumschiff Orion, die Startanlagen und die Starts selbst ist mit 4,483 Mrd. USD fast vollständig bewilligt worden. Für dieses Finanzjahr hat die Nasa dafür 4,668 Mrd. USD beantragt.

Im Jahr 2027 soll laut dem Budgetantrag die Mission Artemis IV durchgezogen werden: Das Orion-Raumschiff soll dann die Esa-Module für den Ausbau des Gateway hochbringen. Dass es termingerecht dazu kommt, ist unwahrscheinlich.