

KOSMOS

MIT KOSMOS MEHR ENTDECKEN
50 JAHRE
MOND —
LANDUNG
SEIT 1822

DAS APOLLO — PROJEKT

DIE GANZE GESCHICHTE - MIT
ORIGINALAUFNAHMEN DER NASA

THORSTEN DAMBECK

THORSTEN DAMBECK

DAS APOLLO — PROJEKT

DIE GANZE GESCHICHTE - MIT
ORIGINALAUFNAHMEN DER NASA

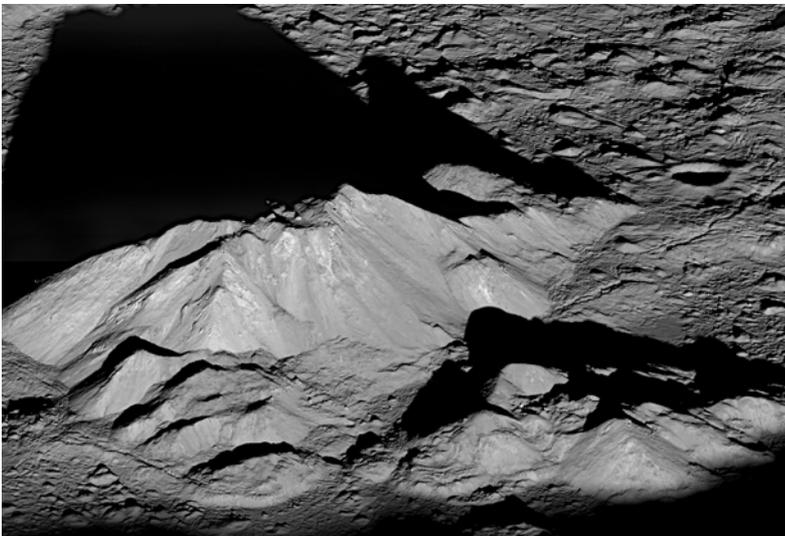
KOSMOS



— **WETTLAUF INS ALL**
Zehn Jahre bis zum Mond



— **DAS APOLLO-PROJEKT**
Die Abenteuer der Astronauten



— **MONDFORSCHUNG**
Unser Wissen über den Nachbarn der Erde

Inhalt

4 EIN GROSSARTIGES STÜCK DER ZUKUNFT

7 DER WETTLAUF INS ALL

9 Zehn Jahre bis zum Mond

19 DAS APOLLO-PROJEKT

21 Saturn V

29 Apollo 7-10

39 Apollo 11

53 Apollo 12

63 Apollo 13

73 Apollo 14

83 Apollo 15

93 Apollo 16

105 Apollo 17

115 DER MOND IM FOKUS DER FORSCHUNG

117 Mysterien der Mondlandungen

127 Die Geschichte des Mondes

139 Neue Missionen zum Mond

149 Großer Nachbar der Erde

158 ÜBERSICHT DER APOLLO-MISSIONEN

159 BILDNACHWEIS/IMPRESSUM

Ein großartiges Stück der Zukunft

**Zwölf Apollo-Astronauten der NASA gelang es, auf dem
Mond zu landen. Sie riskierten dabei ihr Leben.
Auch fünf Jahrzehnte später erscheint dies als epochale Großtat.**

Als der Astronaut Eugene Cernan vom Mond zurückgekehrt war, fragten ihn Journalisten, wie es denn wäre, der „Schwanz des Hundes“ zu sein. Cernan, der 1969 noch vor Neil Armstrong den Kratern zum Greifen nahe gekommen war, landete erst im Dezember 1972 am Meer der Heiterkeit. Er kommandierte die Mission von Apollo 17, den Schlusspunkt des bemannten Mondprogramms der NASA.

Um eine Antwort war Mondfahrer Cernan nicht verlegen: „Ich sagte ihnen, dass Apollo erst der Anfang war. Wir werden nicht nur zum Mond zurückkehren, sondern bereits zur Jahrhundertwende werden Menschen den Mars betreten“, so Cernan mir gegenüber in einem Interview im Sommer 2013. Viele dachten in den 1970er-Jahren ähnlich. In den folgenden Jahrzehnten kam es aber anders: Noch immer ist nach Cernan kein weiterer Raumfahrer zum Mond aufgebrochen. Und eine internationale bemannte Marsmission findet womöglich erst zwischen 2030 und 2050 statt, so der Apollo-Astronaut vor fünf Jahren.

„Es ist, als ob JFK seine Hand ins 21. Jahrhundert ausgestreckt hatte, sich ein Jahrzehnt schnappte und es in die 60er- und 70er-Jahre herübergezogen hat – das war Apollo.“

HISTORISCHE AUSNAHME

Das amerikanische Mondprogramm fand in einer historischen Ausnahmesituation statt. Im Kalten Krieg lieferten sich die verfeindeten Supermächte USA und Sowjetunion ein verbissenes Rennen um die technologische Vorherrschaft. Der Austragungsort dieses Wettstreits war auch das Weltall. Anfangs lagen die USA dabei im Hintertreffen, schockiert mussten Politik und Öffentlichkeit reihenweise russische Erfolge im Weltall verdauen. Im Mai 1961 sah sich der junge und visionäre US-Präsident John F. Kennedy genötigt, die Latte besonders hoch zu legen: USA-Mond-Erde, das sollte die Reiseroute von mindestens einem amerikanischen Astronauten sein, und zwar bis spätestens Ende des Jahrzehnts. Ein tollkühnes Ziel, auf das der von Freund und Feind gleichermaßen JFK genannte Präsident die Nation da einschwor. Denn kein einziger NASA-Astronaut war bis dato auch nur in die Umlaufbahn der Erde vorgedrungen!

Auch nachfolgende Administrationen im Weißen Haus rückten von der Mondlandung nicht ab. Das Apollo-Programm, wenngleich eine enorme Kraftanstrengung, erwies sich als größter Erfolg der beman-

ten Raumfahrt überhaupt: Nicht nur einer, sondern ein Dutzend Amerikaner sind zwischen 1969 und 1972 über den Mond spaziert, sie haben sechs Landplätze besucht und fast 400 Kilogramm Gesteinsproben für die Geologen zu Hause mitgebracht. Deren Analysen haben das wissenschaftliche Bild von Mond und Erde revolutioniert. Und die Theorie über die Geburt des Mondes, die von den Apollo-Missionen inspiriert wurde, hat auch den Blick auf die Planeten verändert.

LANDUNG AUF DER RÜCKSEITE

Nach dem Sieg am Mond musste die NASA politisch wie finanziell Federn lassen. Ein stark reduziertes Jahresbudget führte bei den bemannten Flügen zu einer Beschränkung auf den erdnahen Weltraum. Und nach dem Auslaufen der unsicheren und teuren Space-Shuttle-Flüge sind die Vereinigten Staaten seit Jahren ohne eigenes Transportmittel, um die Internationale Raumstation ISS anzufliegen. „Vor fast einem Jahrhundert haben wir Astronauten zum Mond geschickt, heute können wir nicht einmal Amerikaner mit eigenen Mitteln in den Erdorbit befördern – das muss man sich mal vorstellen“, so Cernan 2013 sichtlich enttäuscht. Immerhin: Das NASA-Programm mit automatischen Sonden, um die Planeten und deren Monde zu erkunden, ist seit sechs Jahrzehnten ein wissenschaftlich ergiebiger Dauerbrenner.

Unterdessen beginnen andere Akteure, das Vakuum zu füllen. Im Januar 2019 haben die Chinesen vorgebracht, was zuvor niemand wagte: Ihre Sonde *Chang'e 4* ist weich auf der Rückseite des Mondes gelandet. Nun fährt dort ein automatisches Mondauto herum und analysiert die Minerale im Mondgestein. Innerhalb von fünf Jahren landete das Reich der Mitte somit zum zweiten Mal auf dem Mond. Womöglich schon im kommenden Jahr will man per Raumsonde Gesteinsproben von der Rückseite des Mondes direkt nach China liefern.

Die Pläne der Volksrepublik sind langfristig angelegt, dort denkt man nicht in Legislaturperioden, sondern in Jahrzehnten. Wenn der Betrieb der ISS in der Mitte der kommenden Dekade ausläuft, werden Taikonauten in einer neuen chinesischen Station die Erde umrunden. Bemannte chinesische Mondflüge könnten etwa im Jahr 2030 folgen, so ist es zu hören.



Juni 2013
Thorsten Dambeck (rechts) im Interview mit Astronaut Eugene Cernan. Der letzte Mensch auf dem Mond wurde 82 Jahre alt.

EINE ORBITALSTATION AM MOND?

Da will auch der Westen nicht auf der Bremse stehen: Jan Wörner, der Chef der Europäischen Weltraumagentur ESA, hat sich schon vor Jahren als Mondfan geoutet. Optimistisch erwartet er neue bemannte Mondlandungen bereits vor dem Jahr 2029. Ihm schwebt

eine permanente Basis auf der Mondoberfläche vor, ähnlich wie die Neumayer-Station in der Antarktis. Natürlich geht so etwas nur in internationaler Zusammenarbeit, das ESA-Budget allein kann solche Großprojekte nicht stemmen.

Die NASA will eine kleine Orbitalstation in der Nähe des Mondes betreiben, als Nachfolgeprojekt der ISS und ebenfalls zusammen mit internationalen Partnern. Sie soll Ausgangspunkt sowohl für spätere Mondlandungen sein als auch eines Tages Marsmissionen unterstützen. Noch ist das *Lunar Orbital Plattform Gateway* allerdings nicht zu Ende geplant, geschweige denn solide finanziert. Man sollte solch wohlklingenden Absichten zunächst mit Skepsis begegnen, zu gut ist noch die Absage des Constellation-Programms im Gedächtnis, das Präsident George W. Bush im Jahr 2004 verkündet hatte und das eine baldige Rückkehr zum Mond vorsah.

Drei Jahre später, im Jahr 2007, sagte Eugene Cernan im Rückblick auf die historischen Mondflüge: „Es ist, als ob JFK seine Hand ins 21. Jahrhundert ausgestreckt hatte, sich ein Jahrzehnt schnappte und es in die 60er- und 70er-Jahre herübergezogen hat – das war Apollo.“ Cernan, der letzte Mann auf dem Mond, wurde 82 Jahre alt; er starb im Januar 2017. Seine Worte, die er 1972 kurz vor dem Rückstart der Mondfähre *Challenger* sprach, klingen heute noch nach: „Wir verlassen den Mond ebenso wie wir kamen und wie wir mit Gottes Hilfe zurückkehren werden: in Frieden und in Hoffnung für die gesamte Menschheit.“ Fünf Jahrzehnte später gilt für alle, die sich wünschen, dass wieder Raumfahrer in die Fußstapfen der Apollo-Helden treten: Sie müssen auf die Hilfe des Allmächtigen hoffen.

Weinheim, im Februar 2019
Thorsten Dambeck



DER



**WETTTLAUF
INS ALL**



ZEHN JAHRE BIS ZUM MOND



Auf in den Orbit und weiter:
die rasante Entwicklung der Raumfahrt

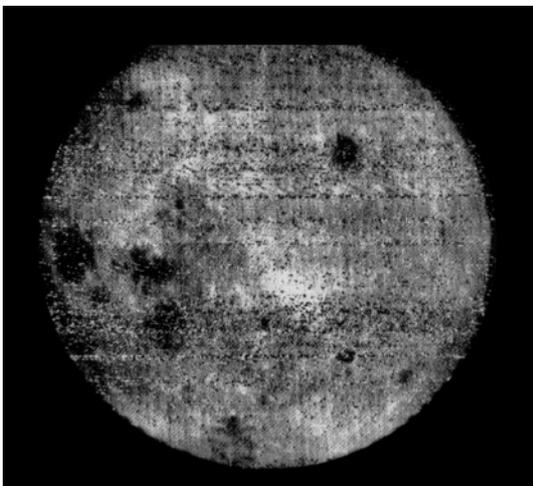


Visionen von Mondreisen reichen Jahrhunderte zurück, doch dann ging alles ganz schnell: Nur ein Jahrzehnt dauerte es von der ersten Mondsonde bis zum Flug von Apollo 11. Die Triebfeder dieses enormen Tempos war der Kalte Krieg. Mit einer Mondlandung wollten die Amerikaner die Sowjetunion im All endlich übertrumpfen.

— Links

Ab 1948 experimentierten die USA mit Höhenraketen, indem sie eine zweite Stufe auf in Deutschland erbeuteten V2-Raketen montierten. Zwar flog die Oberstufe bis 390 Kilometer hoch, eine Umlaufbahn erreichte man so jedoch nicht.

Kühne Ideen von Reisen zur Mondoberfläche existierten lange vor Beginn der Raumfahrt. Ein früher Visionär war der Gelehrte Johannes Kepler (1571–1630). Ihm verdanken die Astronomen nicht nur die drei Gesetze zur Planetenbewegung, sondern auch eine fantastische Geschichte über eine Mondreise. Veröffentlicht wurde sie 1634 von Keplers Sohn Ludwig, vier Jahre nach dem Tod des Vaters. In dem „Somnium“ (lat., etwa: „Traumbild“) betitelten Text taucht ein Geist vom Mond auf und berichtet von der Überwindung der Distanz Erde – Mond und den Verhältnissen auf dem Erdbegleiter. Man erfährt, dass dazu „starke Kräfte“ nötig seien, die der Weltraumreisende aushalten müsse. Zuvor eingenommene Opiate sollten die Erdlinge unterwegs beruhigen. Detailliert werden dann die astronomischen Phänomene geschildert, wie sie sich am Mondhimmel abspielen. Korrekt erahnt Kepler auch, dass große Temperaturunterschiede die Mondoberfläche prägen. Und er imaginiert Seleniten, also Mondbewohner, als schlangenhafte, teils geflügelte Tiere, die sich vor der intensiven Sonne in Höhlen flüchten. Moderne Science-Fiction-Autoren wie Arthur C. Clarke lesen Keplers Mond-Traum als das erste Werk ihres Genres.



— Die Rückseite des Mondes

Am 7. Oktober 1959 wurde von der sowjetischen Sonde *Luna 3* erstmals die von der Erde aus nicht sichtbare Seite des Mondes fotografiert.

WANDERNDEN MONDINSEKTEN

Gibt es tatsächlich Lebewesen auf dem Mond? Im 18. Jahrhundert trieb diese Frage die Forscher weiter um. Wilhelm Herschel (1738–1822), der Entdecker des Planeten Uranus, schrieb 1780 in einem Aufsatz, er hätte auf dem Mond Wälder ausgemacht. Besonders fantasievoll tat sich Baron Franz von Paula Gruithuisen (1774–1852) hervor. Der Arzt und spätere Münchener Professor für Astronomie glaubte im Fernrohr nördlich des Mondkraters Schröter ganze Städte zu erkennen. Und der US-Astronom William Henry Pickering (1858–1938) erspähte im Okular nicht nur Blizzard-Stürme in den Bergen des lunaren Apennin, sondern andernorts die Bewegung kleiner, dunkler Areale, die er als Insektenschwärme deutete. Auch wenn dies eher Vorstellungen von Außenseitern widerspiegelt, so wirkten diese noch im 20. Jahrhundert nach.

„Wir haben den Mond als Ziel gewählt, nicht weil es leicht zu erreichen ist, sondern gerade weil es schwierig ist.“

Zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts wurden dann nicht nur Ideen von Raketenflügen ins All populär, auch die Militärs entdeckten die Raketen für sich: Um den Friedensvertrag von Versailles zu umgehen, der Deutschland eine Luftwaffe verbot, experimentierte man mit Flüssigkeitsraketen. Der zweite Weltkrieg beschleunigte deren Entwicklung, leider mit tödlichen Folgen: Ab 1944 trugen V2-Raketen tonnenschwere Bombenlasten rund 300 Kilometer weit – hauptsächlich London und Antwerpen wurden getroffen. Später, im Kalten Krieg, trieben die Supermächte USA und Sowjetunion die Entwicklung weiter. Auf beiden Seiten gab es jetzt Interkontinentalraketen, die Tausende Kilometer weit flogen und das jeweils gegnerische Territorium mit Atombomben bedrohten.

Mit solch einer Rakete schoss die Sowjetunion am 4. Oktober 1957 erstmals einen Satelliten in die Erdumlaufbahn: *Sputnik 1*, eine silbrige Kugel mit vier Antennen, kaum 84 Kilogramm schwer. Das Entsetzen über den strategischen Vorsprung des Gegners traf die USA hart. Doch der „Sputnik-Schock“ bewirkte auch, dass die Anstrengungen in Sachen Raumfahrt verstärkt wurden. Folglich wurde im Jahr 1958 die US-Raumfahrtbehörde NASA gegründet, um alle Aktivitäten auf diesem Gebiet zu bündeln. Präsident Eisenhower, der den Einfluss des „industriell-militärischen Komplexes“ fürchtete, gründete die Weltraumbehörde als zivile Organisation. Ihr enormer Erfolg war damals noch überhaupt nicht absehbar.



— **Erster Mensch im Weltraum**

Juri Gagarin und der Chefkonstrukteur der sowjetischen Raumfahrt Sergei Koroljow im Jahr 1961, kurz nach Gagarins Pioniertat, dem ersten bemannten Flug ins Weltall.

WETTlauf ZUM MOND

Nun wurde selbst der Mond ein erreichbares Ziel. Die ersten Versuche, dorthin mit Raumsonden vorzustößen, krankten jedoch an zahlreichen Rückschlägen. Schließlich, im Januar 1959, gelang es der sowjetischen Sonde *Luna 1*, den Trabanten nur 6000 Kilometer entfernt zu passieren. Die USA zogen zwei Monate später nach, allerdings in zehnfacher Distanz. Wieder zeigte es sich, dass die UdSSR beim Wettlauf ins All die Nase vorn hatte. Raumflüge eröffneten nun eine völlig neue Mondforschung. Seine bis dato unbekannte Rückseite kam noch im selben Jahr erstmals ins Visier einer Kamera, als *Luna 3* im Oktober den Mond von hinten fotografierte.

Der knapp 280 Kilogramm schwere Flugkörper funkte ein Dutzend Fotos zur Erde. Bereits auf diesen unscharfen Bildern erkannte man, dass es auf der Rückseite viel weniger dunkle Mare-Gebiete als auf der Vorderseite gibt.

Auch bei der bemannten Raumfahrt waren die USA zunächst nur zweiter Sieger. Am 12. April 1961 gelang dem Russen Juri Gagarin erstmals eine komplette Erdumrundung. Nach dem Wiedereintritt in die Erdatmosphäre wurde er einige Kilometer über dem Boden im Schleudersitz aus der Kapsel katapultiert und landete anschließend sicher mit einem Fallschirm. Der US-Testpilot Alan Shepard sollte das angeknackste Selbst-

bewusstsein der Amerikaner retten – am 5. Mai flog er in einer *Mercury*-Kapsel auf einer militärischen Redstone-Rakete, die für den bemannten Einsatz stark modifiziert worden war. Der Flug auf einer ballistischen Bahn dauerte allerdings nur 15 Minuten – für eine Umkreisung der Erde hatte es noch nicht gereicht.

Präsident John F. Kennedy, der erst wenige Monate zuvor ins Weiße Haus eingezogen war, suchte nach einer politischen Antwort für die verunsicherte Nation: Mit welchem Weltraumprojekt könnten die Russen spektakulär zu schlagen sein? Und er hört dabei auf den Raketenkonstrukteur Wernher von Braun, der seit 1955 amerikanischer Staatsbürger war. Dieser hatte einen tollkühnen Plan erdacht: Die Landung eines amerikanischen Astronauten auf dem Mond mit anschließendem Rückflug wäre demnach bis zum Jahr 1967 zu schaffen. Zwar hatte zu diesem Zeitpunkt weder die USA noch die Sowjetunion die dazu nötige Mondrakete, dafür wäre das Rennen aber wieder völlig offen, rechnete von Braun vor.

Kennedy machte sich die Idee etwas später zu eigen. Sechs Wochen nach Gagarins Erstflug erklärte er vor dem US-Kongress: Vor Ablauf des Jahrzehnts solle ein Amerikaner den Mond betreten und gesund zur Erde zurückfliegen. Seine Worte dazu gingen in die Geschichte ein: „Wir haben den Mond als Ziel gewählt, nicht weil es leicht zu erreichen ist, sondern gerade weil es schwierig ist.“ Für dieses Ziel müsse das gesamte Land eine neue Richtung einschlagen. Viele Jahre lang seien dafür auch „sehr schwere Kosten“ zu stemmen. Und tatsächlich, das Apollo-Programm war enorm teuer. Bis 1972 verschlang es über 25 Milliarden Dollar, inflationsbereinigt auf den heutigen Stand kalkuliert kommt man auf etwa 150 Milliarden Dollar; 400.000 Personen waren zeitweilig daran beteiligt. Mit dieser Kraftanstrengung ging Kennedy ein hohes Risiko ein, schließlich hatten die USA es bis dato noch nicht einmal geschafft, einen Astronauten in den Erdborbit zu bringen. Erst seine Amtsnachfolger sollten erleben, wie die Vision Wirklichkeit wurde, denn kaum 18 Monate nach der Kongressrede starb der 46-Jährige durch die Kugeln eines Attentäters. Raumfahrtfans in den USA verehren den entschlossenen JFK noch heute.



Liftoff!
Am 5. Mai 1961 hob Alan Shepard mit der Mercury-Redstone-Rakete als erster US-Astronaut zu einem Flug ins All ab, erreichte aber nur eine suborbitale Flugbahn.

AUTOMATISCHE SONDEN BAHNEN DEN WEG

Bevor tatsächlich Astronauten ihre Stiefel in den Mondstaub drücken konnten, musste der Trabant genauer erforscht werden. Dabei bahnten automatische Sonden den Astronauten den Weg. Zunächst versuchte die NASA es mit Mondsonden des Typs *Ranger*, allerdings mit einer sehr gemischten Erfolgsbilanz. An der Spitze der Sonde befand sich eine kugelförmige Instrumentenkapsel, deren harter Aufprall auf der Mondoberfläche durch einen Mantel aus Balsaholz abgemildert werden sollte. Die Kapseln verfehlten jedoch allesamt den Mond. Besser erging es den Missionen *Ranger 7* bis *9*, deren jeweils sechs

Bordkameras Tausende, teils hochauflösende Fotos von Mondkratern schossen – bis sie bei einer Crash-Landung selbst einen neuen Krater schufen. Die letzte *Ranger*-Sonde schlug im März 1965 im uralten Krater Alphonsus auf, unweit von dessen Zentralberg.

Die nächsten Landungen sollten weich erfolgen, quasi Generalproben für bemannte Landungen. Doch wieder waren die sowjetischen Raumfahrtstechniker schneller. Als *Luna 9* im Februar 1966 im Oceanus Procellarum aufsetzte, hatte die 99-Kilogramm-Kapsel das Landemanöver intakt überstanden – auch wenn sie mit 22 Kilometern pro Stunde den Mond eher unsanft getroffen hatte. Mittlerweile hatte die NASA im Rennen zum Mond fast aufgeschlossen: *Surveyor 1* schaffte nur vier Monate später ebenfalls die weiche Landung, als das dreibeinige Landegerät nördlich des unregelmäßigen Kraters Flamsteed niederging. Über 11.000 Fotos wurden übertragen.

Beide Sonden hatten gezeigt: Ein Lander versinkt nicht in metertiefem Staub, den sich manche Forscher als oberste Schicht der Mondoberfläche vorgestellt hatten. Das *Surveyor*-Programm erwies sich als weitgehend erfolgreich: Zwar gab es auch zwei Bruchlandungen, insgesamt gelang es aber, fünfmal sicher aufzusetzen, zuletzt im Januar 1968 mit *Surveyor 7* am äußeren Rand des südlichen Krates Tycho. *Surveyor 6* war es, die als erste Raumsonde wieder vom Mond startete. Nachdem sie vier Meter aufgestiegen war, landete sie zum zweiten



1 — Ausgeliefert

Alan Shepard während seines nur 15 Minuten dauernden Flugs, der ihn bis in eine Höhe von 187 Kilometern brachte. Damit war er der zweite Mensch im Weltraum.

2 — Freiheit

Shepard, erster US-Bürger im All, wird am 5. Mai 1961 nach seiner Wasseringeborgen. Unten links die Mercury-Kapsel „Freedom 7“.

DER WETTLAUF INS ALL

1 — Pioniere mit Visionen

„Da geht's lang“, scheint John F. Kennedy (rechts) zu sagen. Der Präsident hatte die USA 1961 auf den Mondflug eingeschworen. Neben ihm Wernher von Braun, der in den 1960er-Jahren den Bau der Mondrakete Saturn V leitete.



1

2 — Die Rede zur Raumfahrt

US-Präsident John F. Kennedy am 25. Mai 1961 bei seiner berühmten Rede vor dem Kongress, um die Vereinigten Staaten politisch auf Mondkurs zu bringen.



2



— **Völlig schwerelos**

3. Juni 1965: Erstmals schwebt der Amerikaner Edward White im All, nur an einer Leine mit seiner Gemini-4-Kapsel verbunden. Der Russe Alexei Leonow hatte das gleiche schon zehn Wochen früher absolviert.