



## Quarks & Co Der lange Weg zum Mond

**Autoren:** Katharina Adick, Judith Ahues, Jochen Becker, Swen Gummich,  
Daniel Münter, Mike Schaefer, Gunther Weis

**Mit einem Ballon in den Weltraum** ▶ *Die abenteuerliche Mission der ersten Raumfahrer* ▶ „Raumfahrt“ ist für Regierungen und Militärs Anfang der 50er-Jahre noch ein Unwort – ein Fall für Science-Fiction-Romane und wissenschaftliche Spinner. Doch eine kleine Gruppe von Militärärzten und -piloten ist überzeugt, dass der Eintritt in den Weltraum möglich ist: Riesige Gasballons sollen die ersten „Raumfahrer“ in die bis dahin unerreichten Höhen tragen.

**Wettlauf zum Mond** ▶ *Die Mondlandung als politischer Triumph* ▶ Mit dem Apollo-Programm wollen die Amerikaner den sowjetischen Erzeind endlich übertrumpfen. Mit der stärksten und größten Rakete aller Zeiten schickt die NASA am 16. Juli 1969 Kommandant Neil Armstrong und die Piloten Michael Collins und Edwin Aldrin auf eine ehrgeizige Mission: die Landung auf dem Mond.

**Mythos Mondlandung** ▶ *War alles nur inszeniert?* ▶ Am 21. Juli 1969 betritt der erste Mensch den Mond. Oder doch nicht? Verschwörungstheoretiker auf der ganzen Welt legen mit immer neuen Anhaltspunkten eine ganz andere Geschichte nahe: Die Mondlandung wurde in einem abgeschiedenen Militärübungsgebiet in den USA inszeniert, um den jüngsten erfolgreichen Raumfahrtaktivitäten der Sowjets etwas entgegenzusetzen. Und tatsächlich: Das Bildmaterial der NASA scheint einige Ungereimtheiten aufzuweisen.

**Spuren auf dem Mond** ▶ *Gibt es Beweise für die bemannten Mondlandungen?* ▶ Sind Foto- und Filmaufnahmen der NASA die einzigen Belege für die bemannten Mondlandungen? *Quarks & Co* hat sich auf Spurensuche begeben: Welche unabhängigen Fakten sprechen dafür, dass Menschen tatsächlich auf dem Mond waren?

**Google Lunar X Prize** ▶ *Das private Wettrennen zum Mond* ▶ Es ist das höchstdotierte Wettrennen aller Zeiten: 20 Millionen Dollar winken dem ersten privat finanzierten Team, das einen Roboter auf dem Mond absetzt. Und die Zeit drängt...

**Die Entstehung des Mondes** ▶ *Es gibt viele Theorien – welche stimmt?* ▶ Eines der wissenschaftlichen Hauptziele der Apollo-Missionen war, anhand der Zusammensetzung von Mondgestein Hinweise auf seine Entstehung zu finden. Man suchte klare geochemische Beweise für eine der verbreiteten Theorien. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts scheint sich aufgrund der Faktenlage die so genannte „Giant Impact“-Theorie durchzusetzen.

**Apollo-Technik im Alltag** ▶ *Fünf Erfindungen, die uns das Leben erleichtern* ▶ Jeder weiß, dass die Apollo-Missionen Menschen zum Mond gebracht haben. Aber es ist unbekannt, was in unserem Alltag von der Entwicklungsphase des Apollo-Programms übrig geblieben ist. *Quarks & Co* stellt die Errungenschaften der Apollo-Mission vor, die uns täglich begegnen.

**Meteoriten vom Mond** ▶ *Alternative Quelle für Mondgestein* ▶ Meteoriten – einige wenige stammen vom Mond. Ihre Herkunft zweifelsfrei belegt haben Vergleiche mit Mondgestein der Apollo-Missionen. Vorwiegend gefunden werden sie in ariden Gebieten wie Antarktis oder den Wüsten Afrikas oder des Orients. Mondmeteoriten gelten als „preisgünstige“ Möglichkeit, Mondgestein wissenschaftlich zu untersuchen.

## Mit einem Ballon in den Weltraum

*Was die ersten Raumfahrer leisteten*



Als erster Mensch mit dem Ballon im  
All: Joe Kittinger

Zunächst scheint er zu schweben, doch er fällt und fällt und fällt. Nach scheinbar endlosen Minuten nähern sich die Wolken mit rasender Geschwindigkeit. Den Namen des todesmutigen Springers kennt heute kaum jemand: Joe Kittinger.

Im Juni 1957, noch vor Sputnik I, waren ein paar mutige Männer bereits am Ziel: Sie waren bis an den Rand der Atmosphäre vorgedrungen. Ihr Leben hing, am Übergang zum Weltraum, buchstäblich an einer dünnen Folie aus Plastik – denn daraus waren die riesigen Gasballons gefertigt, die sie in bis dahin unerreichte Höhen trugen. Sie waren die ersten Raumfahrer.

### Fallschirmsprung aus 30 km Höhe



Raumfahrt war in den 1950er Jahren  
in den USA nur was für Freaks und  
Science-Fiction-Autoren

Ausgangspunkt dieser visionären Forschung war die kleine Luftwaffenbasis Holloman in der Wüste von New Mexico, USA. Dort beschloss Anfang der 1950er Jahre eine Handvoll Mediziner und Testpiloten auf eigene Faust, die technischen, medizinischen und psychologischen Anforderungen der bemannten Raumfahrt zu testen. Sie konstruierten eine Raumkapsel, die unter einem riesigen, aber fragilen Heliumballon am 2. Juni 1957 bis auf 30 Kilometer Höhe – an die Schwelle zum Weltraum – aufstieg. Es folgten zwei weitere Ballonflüge in diesem Programm, das den Codenamen „Man High“ trug.

### Notausstieg für Astronauten

Der Start von Sputnik I, am 4. November 1957, änderte alles. Die amerikanische Öffentlichkeit war schockiert – mitten im Kalten Krieg fühlten sich die USA durch den Satellitenstart bedroht. Jetzt bewilligte die amerikanische Regierung Milliarden von Dollars für die Raketenforschung. Die NASA wurde gegründet, um den Vorsprung der Russen einzuholen. Das Projekt „Man High“ wurde eingestellt.

Doch in der US-Air Force (USAF) ging die Forschung weiter. Die Männer um Joe Kittinger interessierte vor allem, ob und wie die zukünftigen Raumfahrer einen Notausstieg in extremer Höhe überleben könnten. Sie entwickelten einen mehrstufigen Fallschirm. Er sollte den Astronauten stabilisieren, bis ihn die Luftreibung genug verlangsamt hatte, um den Hauptschirm zu öffnen.

Da es kein Flugzeug gibt, das bis auf 30 Kilometer Höhe aufsteigen kann, mussten die USAF-Männer wieder Ballons für ihre Tests einsetzen. Nach etlichen Abwürfen von Dummys war 1960 das System reif genug, um es mit einem Menschen zu versuchen. Projektleiter Joe Kittinger erklärte sich bereit, selbst den waghalsigen Sprung aus der Stratosphäre zu unternehmen. Er entschied sich für ein einfacheres System als bei den ersten Flügen: für eine offenen Gondel.

### Der große Sprung



Der Sprung aus 30 Kilometer Höhe

Am frühen Morgen des 16. August 1960 stieg der riesige Plastikballon in den Himmel über der Wüste Neu Mexikos. In 12 Kilometern Höhe bemerkte Joe Kittinger, dass der rechte Handschuh seines Raumanzuges den Druck verloren hatte. Seine Hand sollte in der nächsten Stunde durch den fehlenden Druck schmerzhaft anschwellen – er musste alle Handgriffe mit der Linken bewältigen. In 30 Kilometern Höhe machte sich Joe Kittinger dann bereit für den Absprung. Nach einem kurzen Gebet stand er auf, hielt den Atem an – und sprang.

Der Stabilisierungsschirm funktionierte perfekt. In viereinhalb Minuten freiem Fall bis zur Wolkendecke beschleunigte Joe auf eine Geschwindigkeit von bis zu 988 Kilometer pro Stunde. Schneller ist bis heute kein anderer Mensch im freien Fall gewesen. 14 Minuten nach seinem Absprung am Rande der Atmosphäre war er wieder auf der Erde. Die Medien feierten den Sprung als heroische Tat und Joe als Helden einer ganzen Nation.

### Die NASA ignoriert wichtige Erkenntnisse



Glücklich gelandet: Joe Kittinger wieder auf dem Erdboden

Doch wieder nahmen Raketen dem Ballonraumfahrer seinen Ruhm. Am 12. April 1961 – nur wenige Monate nach Joe Kittingers Sprung – umkreiste der Sowjetrusse Juri Gagarin als erster Mensch die Erde. Von einigen Erkenntnissen der mutigen Ballonfahrer profitierten auch die ersten Missionen der NASA, die erst 1958 als Reaktion auf den Sputnik-Schock gegründet wurde.

Doch viel Know-how der Ballon-Pioniere blieb aus Rivalität zwischen NASA und US-Air Force auf der Strecke. Joe Kittinger glaubt, dass die Crew der explodierten Raumfähre Challenger mit seinem Fallschirm eine Chance gehabt hätte, zu überleben. Keiner der Ballon-Piloten bekam ein Angebot, seine Erfahrung als Astronaut einzusetzen. Ihre Namen und ihre Missionen wurden vergessen.

Autor: Daniel Münter

## Wettlauf zum Mond

### Die Mondlandung als politischer Triumph der USA



Mit dem Apollo-Programm wollen die Amerikaner die sowjetische Raumfahrt übertrumpfen *Rechte: NASA*

„Ich glaube, dass sich die Vereinigten Staaten das Ziel setzen sollten, noch vor Ende dieses Jahrzehnts einen Menschen zum Mond und sicher wieder zur Erde zurückzubringen.“ Ein Amerikaner auf dem Mond, und das innerhalb von nur neun Jahren – es ist ein gewaltiger Auftrag, den John F. Kennedy am 25. Mai 1961 an seine Landsleute stellt. Nur einen Monat zuvor umkreist Juri Gagarin als erster Mensch mit einem Raumschiff die Erde. Der Schock über die sowjetischen Raumfahrerfolge fordert die Amerikaner heraus: Für die Ingenieure der NASA bedeutet es, eine auf Jahrzehnte angelegte Entwicklung auf wenige Jahre zu verkürzen. Bis zu 400.000 Menschen arbeiten an dem ehrgeizigen Raumfahrtprogramm, eine ganze Nation lässt sich von dem Ziel begeistern, zum Mond zu fliegen und den Wettlauf gegen die Sowjets zu gewinnen.

### Startschwierigkeiten

Zehn bemannte Raumflüge starten im Rahmen des **Gemini-Programms** allein 1965 und 1966. Die Astronauten leisten Pionierarbeit: Sie üben Kopplungsmanöver im All und probieren neu entwickelte Raumzüge aus. Edward White unternimmt den ersten Weltraum-Spaziergang – für die Amerikaner. Denn trotz aller Erfolge: Stets sind die Russen einen Schritt voraus. Der Wettbewerb beschleunigt die Entwicklung – und er erhöht die Risikobereitschaft auf Seiten der Ingenieure. Während eines Tests der Mondlandekapsel auf der Startrampe am 27. Januar 1967 bricht ein Feuer in der Kapsel aus. Die drei eingeschlossenen Astronauten Virgil Grissom, Edward White und Roger Chaffee ersticken an giftigen Gasen. Die Mission bekommt rückwirkend die Bezeichnung Apollo 1.

### Der Flug zum Mond



Zweieinhalb Minuten nach dem Start  
*Rechte: NASA*

Mit dem Apollo-Programm wollen die Amerikaner die Sowjets endlich übertrumpfen. Unter Leitung des Deutschen Wernher von Braun entwickelt die NASA die stärkste und größte Rakete aller Zeiten, die Saturn V. Sie ist 110 Meter hoch und wiegt vollgetankt knapp 3.000 Tonnen.

Am 16. Juli 1969 ist es soweit: Kommandant Neil Armstrong und die Piloten Michael Collins und Edwin Aldrin besteigen den Aufzug, der sie nach oben zu ihrem Raumschiff bringt. Ihre Mission lautet: Landung auf dem Mond.

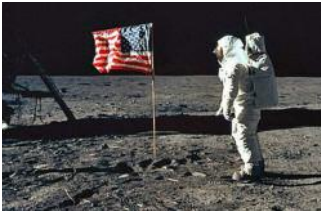
Vor den Augen von Millionen Zuschauern auf der ganzen Welt starten die Astronauten in ein Abenteuer an der Grenze des menschlich und technisch Möglichen. Wenige Minuten nach dem Start fliegt Apollo 11 bereits mit einer Geschwindigkeit von 29.000 Kilometer pro Stunde um die Erde.

Vier Tage dauert die Reise, dann koppeln Neil Armstrong und Edwin Aldrin die Landekapsel "Eagle" vom Kommandomodul ab. Michael Collins bleibt mit dem Mutterschiff "Columbia" allein in der Mondumlaufbahn zurück.

Kurz vor der Landung gibt es plötzlich Schwierigkeiten: der Bordcomputer ist überlastet. Und Armstrong stellt fest, dass sie auf einen Krater zufliegen, gespickt mit zahllosen Felsen. Jetzt abbrechen? Armstrong muss innerhalb von Sekunden eine Entscheidung treffen. Er übernimmt

die Handsteuerung der Kapsel und sucht im Tiefflug nach einem geeigneten Landeplatz. Im letzten Moment kann er sicher aufsetzen. Da hätte der Treibstoff nur noch für etwa zwanzig Sekunden gereicht.

### **Der Adler ist gelandet**



US-Astronaut Edwin Aldrin betrat als zweiter Mensch den Mond *Rechte:*

NASA

“Houston, Tranquility Base here. The Eagle has landed...” – der Adler ist gelandet, meldet Armstrong nach bangen Augenblicken. Im Kontrollzentrum im texanischen Houston macht sich die Erleichterung Luft. Mehr als sechs Stunden benötigen die Astronauten, um den Ausstieg vorzubereiten. Dann steht Neil Armstrong als erster Mensch auf dem Mond. “It’s one small step for (a) man, one giant leap for mankind.”

Ein kleiner Schritt für einen Menschen, ein großer Schritt für die Menschheit, so lauten seine berühmten Worte. Armstrong und Aldrin hissen die amerikanische Flagge, sie stellen Forschungsinstrumente auf und sammeln Bodenproben. Rund zweieinhalb Stunden dauert ihr Ausflug auf der Oberfläche des Mondes. Kennedys Auftrag ist erfüllt.

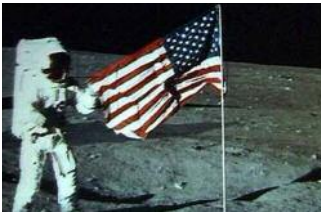
Autor: Jochen Becker

### **Gemini-Programm**

*Das Gemini-Programm war nach dem Mercury-Programm das zweite bemannte Raumfahrtprogramm der USA mit dem Ziel, Verfahrensweisen und Technologien für das Apollo-Programm zu entwickeln. Während der insgesamt zehn bemannten Raumflüge fand unter anderem der erste amerikanische Weltraumspaziergang statt.*

## Mythos Mondlandung

*War der erste Mensch auf dem Mond ein Schauspieler?*



Eines von vielen sternenlosen Bildern der Mondlandung

Es wäre nur ein kleiner Schritt für einen Schauspieler, aber ein großer im Propagandakrieg gegen die Sowjets. Am 21. Juni 1969 verfolgten 500 Millionen Menschen die Mondlandung der Amerikaner live im Fernsehen. Bei genauer Betrachtung nährt das Original-Bildmaterial der Mondlandung aber die Theorie, die Apollo-Mission sei auf der Erde inszeniert worden: wehende Fahnen, wo sich keine Luft regen dürfte; Licht, wo sonst Schatten ist und fehlende Sterne am Himmel über den Astronauten – was steckt hinter den zahlreichen Auffälligkeiten auf dem Bildmaterial der **NASA**?

Reporter Burkhardt Weiss stellt zusammen mit dem *Quarks-Team* nachts in einem Steinbruch die fragwürdigen Motive der Mondlandung nach und beleuchtet mit dem Astrophysiker und Wissenschaftsautor Dirk Lorenzen die Argumente der Skeptiker.

### Argument Nr. 1: Keine Sterne auf dem Mond



Der sternenlose Himmel auf den Fotos der Mondlandung macht die Verschwörungstheoretiker stutzig

Ein Anhaltspunkt der Verschwörungstheoretiker bezieht sich auf den Himmel über den Raumfahrern. Auf den Fotos von der Mondlandung, so nah an den Sternen, sind nicht mal kleine helle Punkte am Himmel zu erkennen. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Bilder tatsächlich nicht auf dem Mond entstanden sind.

Das *Quarks-Team* hat für den Test einen künstlichen Sternenhimmel gebaut. Mit einem Dimmer wird das Helligkeitsverhältnis zwischen Astronaut und Sternenhimmel nachgestellt. Der Raumfahrtexperte und Astrophysiker Dirk Lorenzen wacht dabei über die wissenschaftliche Korrektheit.

Das *Quarks & Co*-Testfoto zeigt schließlich, dass auch bei unserem künstlichen Sternenhimmel keine hellen Punkte auf dem Abbild landen. Das liegt am Kontrastumfang der Kamera: Auf die Abbildung der hellen Astronauten eingestellt, konnte die auf dem Mond verwendete Hasselblad 500 mit derselben Blendstufe nicht gleichzeitig die Sterne im Hintergrund abbilden. Anders als das Auge kann sich die Blende nicht auf die unterschiedliche Helligkeit einstellen. Dieses Phänomen wirkt auf der Erde genau so und ist damit kein Beweis für die Verschwörungstheoretiker.



Auf dem Mond und auf der Erde: die selben Schatten

### Argument Nr. 2: Merkwürdige Schatten

Die Schatten auf den NASA-Fotos laufen nicht parallel. Für die Verschwörungstheoretiker ist das ein eindeutiger Beweis für ein ausgeleuchtetes Filmset mit mehreren Scheinwerfern. Auf dem Mond gab es schließlich nur eine einzige Lichtquelle – die Sonne. Und die dürfte daher auch nur parallele Schatten produzieren.

Der *Quarks & Co*-Test im Steinbruch bringt Licht ins Dunkel: Fallen Schatten auch nur auf leichte Bodenwellen, werden sie in unterschiedliche Richtungen abgelenkt. Trotz einer einzelnen Lichtquelle! Auf einigen Fotos entsteht dann sogar der Eindruck, als kreuzten sich die Schatten. Der optische Effekt wird durch das Weitwinkelobjektiv und die tief stehende Sonne verstärkt. Die seltsamen Schatten sind also auch kein Grund, an der Authentizität der Mondlandung zu zweifeln.

### Argument Nr. 3: Der beleuchtete Astronaut



Licht ins Dunkel durch Reflexion

Etwas zu gut ausgeleuchtet für einen Schnappschuss auf dem Mond – das kann man denken, wenn man sieht, wie Edwin „Buzz“ Aldrin auf dem Foto so strahlend in den Schatten steigt. Waren dabei Scheinwerfer auf ihn gerichtet, so wie es die Verschwörungstheoretiker behaupten, oder wurde das Foto im Nachhinein bearbeitet?

Laut NASA liegt der Fall anders: Die Reflexion des Sonnenlichtes durch den Mond sorgt für diesen Effekt. Das Rückstrahlvermögen des Mondes, seine **Albedo**, ist nicht besonders hoch. Der Mond reflektiert sogar nur etwa so viel Licht wie normaler Asphalt. Allerdings reflektiert er besonders stark ungefähr in die Richtung, aus der die Lichtquelle strahlt und hat eine enorme Fläche. Der Schattenbereich dagegen ist relativ klein und der Astronaut trägt einen weißen Anzug. Das erleichtert die Reflexion.

Der *Quarks & Co*-Test im Steinbruch zeigt, wie das prinzipiell funktioniert: Schon eine kleine, schwach reflektierende Fläche erhellt den Astronauten im Schatten. Die Reflexionsfläche des Mondes ist natürlich noch viel größer, der Effekt deshalb viel stärker.

Der helle Astronaut scheidet damit aus im Rennen um den stichhaltigen Beweis gegen die Echtheit der Mondlandung.

### Argument Nr. 4: Die wehende Fahne

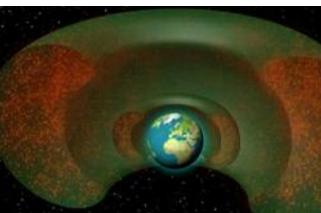


Eine Fahne weht ohne Wind

Einige Aufnahmen zeigen, dass die Fahne, nachdem der Astronaut sie in den Boden gerammt hat, in Bewegung ist. Es sieht so aus, als würde sie wehen. Auf dem Mond gibt es aber keine **Atmosphäre** – rätselhaft, woher hier der Wind weht. Für die Verschwörungstheoretiker ein besonders aussagekräftiger Punkt auf ihrer Liste der Zweifel.

Der Astrophysiker Dirk Lorenzen hat dafür eine andere Erklärung: Die Fahne bewegt sich durch die Kraftaufwendung des Astronauten, der sie in die Erde rammt. Diese Kraft überträgt sich auf den Aluminiumkörper. Die Fahne schwingt sogar noch nach, als der Astronaut sie wieder losgelassen hat. Und gerade weil auf dem Mond keine Atmosphäre existiert: Es besteht kein Widerstand, der die Fahne daran hindert, nach der Erschütterung weiterzuschwingen.

Der Quarks-Test zeigt: Hier schlägt die Wissenschaft die Verschwörungstheoretiker mit ihren eigenen Waffen. Die „wehende“ Fahne ist sogar ein Argument für die Echtheit der Mondlandung.



Der radioaktiv strahlende Van-Allen-Gürtel reicht rund um die Erdkugel

### Argument Nr. 5: Die strahlenden Astronauten – Radioaktivität im Weltall

Auf dem Weg zum Mond mussten die Astronauten die mehrere Tausend Kilometer breiten **Van-Allen-Gürtel** durchqueren. Dort gibt es äußerst energiereiche Teilchen aus dem Sonnenwind und der kosmischen Strahlung. Mit ihrer Ausrüstung, so die Verschwörungstheoretiker, hätten die Astronauten der gefährlichen Strahlung niemals trotzen können.

Dirk Lorenzen weist auf die Geschwindigkeit hin, mit der die Astronauten den Gürtel durchquert haben: Mit 11,2 Kilometern pro Sekunde waren sie nach etwa 90 Minuten durch den Strahlungsgürtel hindurch und haben dabei nur einige **Millisievert**, also nur eine sehr kleine Strahlendosis, aufgenommen. Auch der Van-Allen-Gürtel widerlegt also die bemannte Mondlandung nicht.

Der *Quarks & Co*-Test hat gezeigt, dass die Top-Argumente für eine inszenierte Mondlandung nicht stichhaltig sind. Aber die Verschwörungstheoretiker werden nicht müde und die Suche nach Argumenten gegen die Männer auf dem Mond wird weitergehen.

Autorin: Katharina Adick

### **Albedo**

*Die Albedo ist eine Maßeinheit für das Rückstrahlvermögen nicht leuchtender Oberflächen. Sie wird berechnet aus dem Verhältnis der einfallenden zur reflektierten Lichtmenge.*

### **Atmosphäre**

*Als Atmosphäre bezeichnet man ein Gemisch von Gasen, das einen Himmelskörper umgibt. Die Anziehungskraft des Himmelskörpers muss stark genug sein, um die Gase vom Entweichen abzuhalten. Die Erde ist von einer Atmosphäre umgeben. Sie besteht zu 78 Prozent aus Stickstoff und zu 21 Prozent aus Sauerstoff, außerdem aus kleinen Mengen von Argon, Kohlendioxid, verschiedenen Mengen von Wasserdampf und Spuren von Wasserstoff, Ozon, Methan, Kohlenmonoxid, Helium, Neon, Krypton und Xenon.*

### **Millisievert (mSv):**

*Ein Tausendstel Sievert, Maßeinheit für Strahlenbelastung. Benannt nach dem schwedischen Mediziner und Physiker Rolf Sievert. Der durchschnittliche Deutsche nimmt im Jahr 4 Millisievert auf: 2 mSv durch medizinische Behandlungen wie Röntgenstrahlung und 2 mSv durch natürliche Radioaktivität aus der Erde und dem All. Ausnahmsweise können Menschen erhöhter Strahlung von bis zu 20 mSv im Jahr ausgesetzt werden, sofern sie danach sofort auf die Minimalbelastung sinkt.*

### **NASA**

*NASA ist die Abkürzung für National Aeronautics and Space Administration - auf Deutsch: Nationale Luft- und Raumfahrtbehörde. Sie wurde 1958 zunächst als zivile Behörde der USA eingerichtet. Mit dem Spaceshuttle-Programm begann die NASA allerdings auch auf militärischem Gebiet zu arbeiten (z. B. Aussetzung und Reparatur militärischer Satelliten).*

### **Van-Allen-Gürtel**

*Der Van-Allen-Gürtel ist ein aus mehreren Teilen bestehender Strahlungsgürtel, der um die Erde herum liegt. Er besteht aus Elektronen und Protonen, die sich mit hoher Energie bewegen. Entdeckt wurde er 1958 vom ersten amerikanischen Satelliten Explorer 1 mittels einer Art Teilchendetektor. Der Name geht auf James van Allen zurück, Leiter des Forschungsteams, das die Daten von Explorer 1 auswertete.*



## Spuren auf dem Mond

*Gibt es Beweise für die bemannten Mondlandungen?*



Wirklich echt? Ein Mensch auf dem  
Mond

Rechte: NASA



Die riesige Parabolantenne der  
Bochumer Sternwarte

Eigentlich sind die Foto- und Filmaufnahmen der NASA Beleg genug für die Apollo-Missionen. Doch gibt es auch unabhängige Fakten, die für die bemannten Mondlandungen der Amerikaner sprechen? Quarks & Co hat sich auf Spurensuche begeben: Welche Quellen außerhalb der NASA können belegen, das Menschen auf dem Mond waren? Keine einfache Recherche, denn wenn man auf die Fotos der NASA verzichtet, erfordert die Beweisführung wie bei einem Krimi die genaue Analyse von zunächst unscheinbar wirkenden Details.

### Erste Spur: Die Bochumer Parabolantenne auf Apollo-Kurs

Wenn die Live-Fernsehbilder der Apollo-Missionen wirklich vom Mond gesendet wurden, dann waren sie nicht nur für die NASA zu empfangen. Unsere erste Spur ist also: Das Sendesignal! Tatsächlich konnte zum Beispiel die Bochumer Sternwarte die Ton- und Bildsignale der Astronauten mit ihrer riesigen 20-Meter-Parabolantenne empfangen und hat sie auf professionellen Magnetbändern bis heute archiviert. Der heutige Leiter Thilo Elsner hat uns die damaligen Empfangsprotokolle gezeigt. Aus ihnen geht hervor, wie die Richtantenne minutiös dem Kurs der Apollo-Raumschiffe folgen musste, um ein möglichst klares Signal zu erhalten. Für Thilo Elsner gibt es keinen Zweifel: „Das Sendesignal kam von Raumschiffen, die sich dem Mond näherten, auf dem Mond landeten, wieder vom Mond starteten und sich vom Mond entfernten. Und bei jeder der sechs Apollo-Landungen kam das Signal nach der Landung von einer anderen Mondregion.“ Ein erster Beleg für die Mondmissionen!

### Laserspiegel auf dem Mond



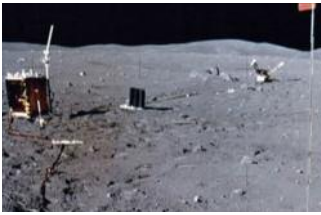
Apollo-Laserreflektor auf dem Mond

Rechte: NASA

Die Astronauten haben auch zahlreiche wissenschaftliche Geräte auf dem Mond installiert. Gibt es Geräte, die bis heute noch funktionieren – und die tatsächlich bemannte Mondlandungen nahelegen? Tatsächlich funktionieren sie noch heute: die Laser-Reflektoren. Bei drei Apollo-Missionen haben Astronauten sie auf dem Mond aufgestellt. Es sind Spiegel, die Laser-Strahlen von der Erde zurückreflektieren können. Sie werden von großen Laserkanonen auf der Erde angepeilt. Aus der Dauer, die das Licht für die Reise zum Mond und zurück braucht, können Experten zum Beispiel exakt den Abstand Erde-Mond bestimmen. Zwar sind die Reflektoren von der Erde aus selbst mit den stärksten Teleskopen nicht sichtbar (dazu sind die Spiegel zu klein), doch die Experten treffen die Spiegel mit ihren Laserstrahlen, weil sie die Position der Reflektoren genau kennen. Außerdem weitet sich der Laserstrahl über die lange Entfernung zum Mond aus, so dass er bei seiner Ankunft am Mond bereits mehrere Quadratkilometer abdeckt.

Am Institut für Erdmessung an der Universität Hannover arbeitet Professor Jürgen Müller seit vielen Jahren mit den Messdaten dieses „Lunar Laser Ranging“ genannten Verfahrens. Er ist sich sicher: „Ohne die Reflektoren kämen die Signale nicht vom Mond zurück!“ Allerdings gibt er zu bedenken: „Der russische Mondroboter Lunochod 2 setzte 1973 unbemannt einen Laserreflektor auf dem Mond ab, der (auch) bis heute funktioniert“. Ein ausreichender Beweis für bemannte Mondlandungen sind die Reflektoren also nicht.

### Von Menschen und Mondbeben



Komplexer Aufbau – seismische  
Messungen auf dem Mond

Rechte: NASA

Bei den Apollo-Missionen wurden aber auch zahlreiche Geräte auf dem Mond zurückgelassen, die viel komplizierter waren als die Laserspiegel. Besonders ausgefeilt: das System der seismischen Geräte zur Messung von Mondbeben und Meteoriteneinschlägen. Sie sind unsere nächste Spur! Heutzutage sind seismische Messungen mit Robotern auf entfernten Himmelskörpern zwar kein Problem mehr - prinzipiell. Doch vor 40 Jahren nutzten die NASA-Wissenschaftler den Vorteil, dass Menschen auf dem Mond ganze Gruppen von Seismographen auf der Fläche von der Größe eines Fußballfeldes nach exakten Plänen aufbauen, justieren und miteinander verbinden konnten. Die Experimente konnten also sehr komplexer Natur sein und nahmen bis Ende 1977 jedes Mondbeben auf. Für Experten wie Wilfried Tost vom DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin steht außer Frage: „Diese Anlagen konnten damals nicht mit Robotern installiert werden, dazu waren sie zu groß und zu kompliziert. Nicht einmal heutige Roboter könnten das schaffen!“ Die Apollo-Mondbeben-Messungen werden bis heute mit immer raffinierteren Methoden analysiert und liefern immer noch neue Erkenntnisse über den Aufbau des Mondes. Sie sind ein Beweis – für die bemannten Mondlandungen.

### Vielsagendes Mondgestein



Exakt dokumentiert: Mondgestein auf  
dem Mond

Rechte: NASA

380 Kilogramm Mondgestein wurden bei den Apollo-Missionen zur Erde gebracht. An der Echtheit dieser Steine gibt es keine Zweifel: Sie sind Millionen Jahre älter als Gestein auf der Erde, haben ganz spezifische Strukturen, die nur auf dem Mond vorkommen. Aber könnten sie nicht durch Roboter vom Mond geholt worden sein? Professor Ralf Jaumann vom DLR Institut für Planetenforschung meint dazu: „Jedes einzelne Mondgestein wurde vor der Mitnahme genauestens auf der Mondoberfläche fotografisch dokumentiert. Für Geologen stimmen die Mondproben in den Laboren auf der Erde zweifelsfrei mit den Steinen auf diesen Fotos überein. Und wenn da ein Astronaut mit auf dem Foto oder der Filmaufnahme drauf ist, dann muss der Astronaut auf dem Mond stehen!“ Das fälschungssichere Mondgestein belegt also die Authentizität der Bilder.



Geologen sind sicher: Dieses Foto ist  
echt!

Rechte: NASA

Aber wenn vielleicht doch ein Roboter die Steine zur Erde gebracht hätte, und man dann mit den echten Steinen das Aufsammeln durch Astronauten in einem Studio inszeniert hätte? Auch das schließt Ralf Jaumann kategorisch aus: „Mondgestein ist im Vakuum auf der Mondoberfläche nie mit Sauerstoff oder Wasser in Berührung gekommen. Bei Aufnahmen in einem irdischen Fernsehstudio oder einer amerikanischen Wüste wären diese Steine garantiert kontaminiert worden, hätten sofort mit der Luft oder dem Wasserdampf reagiert.“ Doch die Steine in den Laboren sind auch heute noch so, wie sie auf dem Mond vorgefunden wurden.

Fazit: Es gibt unabhängige Belege, die bezeugen: Es müssen Menschen auf dem Mond gewesen sein.

Autor: Mike Schaefer

*Fotos der bemannten Mondlandungen in hoher Auflösung:*

*Nicht nur für eingefleischte Mondfans: Faszinierend! Viele Jahrzehnte war für ein großes Publikum visuell kaum erfahrbar, dass die Astronauten auf dem Mond ihre Fotos mit professionellen Hasselblad-Kameras im Format 6 x 6 cm geschossen haben – also in enorm hoher Auflösung! Printmedien können aus Formatgründen nur einen begrenzten Eindruck davon wiedergeben, „was in den Fotos“ steckt.*

*Inzwischen hat die NASA viele der Fotos in sehr hoher Auflösung auch für das Internet zur Verfügung gestellt. Man kann sie downloaden und in atemberaubenderweise auf Details zoomen: „Apollo hautnah“! Viele dieser Fotos wurden nur selten oder nie in den klassischen Medien veröffentlicht. Wir stellen hier zwei (von vielen) Möglichkeiten vor, die hochaufgelösten Versionen der Bilder zu finden, und eine „Fotoreise auf dem Mond“ zu unternehmen.*

*Apollo Image Gallery*

**[http://www.apolloarchive.com/apollo\\_gallery.html](http://www.apolloarchive.com/apollo_gallery.html)**

*Auf dieser Seite des „Project Apollo Archives“ von Kipp Teague kann man oben links die jeweilige Apollo-Mission anklicken und erhält dann eine Liste mit den Fotos, aus der man auswählen kann. Das Foto erscheint dann in kleiner Auflösung, aber daneben ist dann ein Schaltknopf, mit dem man die hohe Auflösung wählen kann. Leider sind die Bildbeschreibungen nur in Englisch und die Liste etwas mühsam zu durchforschen.*

*Apollo Image Atlas*

**<http://www.lpi.usra.edu/resources/apollo/>**

*Seite des US „Lunar und Planetary Institute“ in Houston, Texas. Hier kann man ALLE von den Astronauten fotografierten Filme „durchsehen“. Wirklich alle! Allerdings zunächst nur in kleiner bis mittlerer Auflösung. Die Suche funktioniert nicht über eine Tabelle, sondern optisch. Wenn man ein Foto interessant findet, kann man die offizielle NASA-Nummer des Fotos (findet man nur im „Browse Catalog“, nicht in der Slideshow) in einer Internet-Suchmaschine eingeben und kommt dann meist schnell auf einen Link des Fotos in hoher Auflösung. Zum Teil über 2 MB groß!*

## Google Lunar X Prize

### Das private Wettrennen zum Mond



Der erste private Flug zum Mond – hier noch als Computeranimation

Rechte: X-PRIZE Foundation, 5510

Lincoln Boulevard, Ste 100, Los

Angelos, CA 90094, USA



Die erste private Landung auf dem Mond – hier noch als Computeranimation

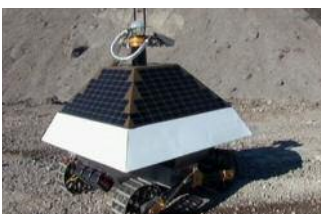
Rechte: X-PRIZE Foundation, 5510

Lincoln Boulevard, Ste 100, Los

Angelos, CA 90094, USA



Angetrieben durch Sprengstoff – Mondrover-Modell des deutsch-chinesischen Teams „Selene“



Mobiles TV-Studio: Mondrover-Modell des Teams US-Teams „Astrobotic“ im Test Rechte: Astrobotic Technology, 4551 Forbes Avenue, Pittsburgh, PA 15213 USA

Krabbelnde Rover, zischende Antriebsdüsen, schraubende Ingenieure: Im Internet kann man derzeit immer öfter Videos von privaten Raumfahrt-Konstrukteuren bestaunen. Sie alle behaupten ernsthaft, eine eigene Mission zum Mond vorzubereiten! 17 Teams nehmen derzeit weltweit am „Google Lunar X Prize“ teil. Insgesamt 30 Millionen Dollar (Hauptpreis plus Boni) können bei diesem Wettbewerb gewonnen werden. Die Aufgabe: einen Roboter erfolgreich auf der Mondoberfläche absetzen. Der Haken: Ohne jede staatliche Unterstützung muss die Mission bis Ende 2014 abgeschlossen sein. Die Teams müssen sich also privat finanzieren und haben nur noch fünf Jahre Zeit.

### Erfolg mit Wettbewerb

Die X Prize Foundation richtet den Wettbewerb zusammen mit dem Web-Suchmaschinenbetreiber Google aus und will laut Vorsitzendem Peter H. Diamandis „erneut beweisen, dass kleine entschlossene Teams erreichen können, was man früher nur Regierungen zutraute.“ Denn das ist der Stiftung schon einmal gelungen, als 2004 ein amerikanisches Team mit der Space Ship One den ersten privaten Weltraumflug (einen Flug in 100 Kilometer Höhe) beim „Ansari X Prize“ durchführte. Doch diesmal ist die Herausforderung an die Do-it-yourself-Ingenieure weitaus größer: zum Mond fliegen, dort weich landen, einen Roboter mindestens 500 Meter fahren lassen und HD-Videoaufnahmen zur Erde senden.

### Teilnehmer aus der ganzen Welt

Die meisten der bislang 17 Teams kommen zwar aus den USA, aber es sind auch drei aus dem asiatischen Raum und vier europäische Teams dabei. Markus Bindhammer ist bislang der einzige deutsche Teilnehmer. Er leitet das deutsch-chinesische Team „Selene“ mit Sitz in Shanghai. Der studierte Mathematiker will bei seinem Rover auf einfachste Technologie setzen und ihn nicht mit einem Elektromotor, sondern mit Sprengstoff antreiben. Für die teure Mission zum Mond fehlen ihm noch die großen Sponsoren. Vielleicht ist er deshalb „nicht hundertprozentig davon überzeugt, dass wir den ersten Platz machen, vielleicht ist es nur unsere Aufgabe, andere Teams zu pushen und neue Ideen einzubringen“.

### Originelle Ansätze und Allianzen

Die Teams könnten unterschiedlicher nicht sein: Mini-Initiativen, Zusammenschlüsse von Universitäten, erfahrene Roboter- und Raumfahrtkonstrukteure. Oder das Team Frednet: Es arbeitet wie die Community beim Computerbetriebssystem Linux als offene Internet-Plattform, an der sich Ingenieure aus der ganzen Welt beteiligen können. So verschieden wie die Teams sind auch ihre Strategien. Originell etwa der Ansatz des rumänischen Teams ARCA: Um sich einen teuren Raketenstart vom Erdboden zu sparen, wollen sie ihr Gefährt von einem Riesenshuttle aus 18 Kilometern Höhe abschießen. Die Wettbewerbsregeln erlauben auch, dass Teams sich zusammenschließen oder Leistungen der Luft- und Raumfahrtindustrie einkaufen – lange alles privat finanziert wird. Startraketen für die erste Phase des Mondfluges müssen die Teams also nicht selbst entwickeln, sie können sie quasi „mieten“. Aber ein solcher Start kostet viele Millionen Dollar. Sponsoren oder Partner suchen die Teams deshalb mindestens so dringend wie technischen Lösungen.

### **Besuch bei Apollo 11?**



Mondlandung als Höhepunkt der  
Karriere – Roboter-Entwickler William  
Red Whittaker

In Pittsburgh, USA, besuchte Quarks & Co eins der technisch versiertesten Teams: Astrobotic, angeführt von dem erfahrenen Roboterentwickler William Red Whittaker am Robotics Institute der Carnegie Mellon University. Er hat schon Roboter konstruiert, die havarierte Atommeiler untersuchten, und mit seinen Mitarbeitern zahlreiche anspruchsvolle Wettbewerbe gewonnen. Ziel seiner Gruppe ist es, in der Nähe des Landeplatzes von Apollo 11 ihren Mondrover abzusetzen. Der soll dann den zurückgebliebenen Teil der Landefähre, die US-Flagge, die wissenschaftlichen Geräte und Schuhabdrücke der Apollo-Crew untersuchen. „Für mich wäre das die Krönung meiner Karriere,“ meint Red Whittaker. Und sein Team ist ehrgeizig: Bereits Ende 2010 wollen sie starten!

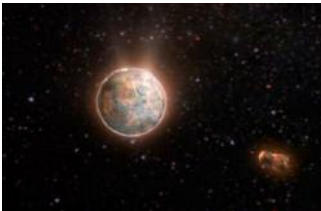
Autor: Mike Schaefer

## Die Entstehung des Mondes

*Welche Theorie ist die richtige?*

Die Frage nach der Entstehung des Mondes spaltet die Wissenschaft in zwei Lager: Ist der Mond ein Teil unserer Ur-Erde oder ein Fremdkörper aus dem All? Viele dieser Entstehungstheorien entpuppten sich als reine Spekulationen, konnten aber erst durch die Apollo-Missionen entkräftet werden. Die Astronauten sammelten bei den sechs Mondlandungen insgesamt 382 Kilogramm Mondgestein. Jede Entstehungstheorie muss sich seitdem den Ergebnissen der Mondgesteins-Untersuchungen und der astronomischen Beobachtung stellen. Wieso hat der Mond nur einen sehr kleinen Eisenkern? Wieso ist das Verhältnis der verschiedenen Sauerstoff-Isotope auf dem Mond und der Erde exakt gleich? Woher kommt der hohe Drehimpuls, der in der Bewegung des Erde-Mond-Systems und in der Erddrehung steckt?

### Theorie Nr. 1: Der Mond spaltet sich von der Erde ab



Rasend schnell drehte sich die Ur-Erde.

Der Mond hat sich als Tropfen abgespalten

Die Abspalttheorie des Mondes geht auf Georg Darwin – Sohn von Charles Darwin – im 19. Jahrhundert zurück. Danach drehte sich die junge, noch flüssige Erde extrem schnell um ihre eigene Achse. Enorme Fliehkräfte spalteten am Äquator einen gigantischen Tropfen aus heißem Magma ab und schleuderten ihn in die Umlaufbahn. Der Tropfen kühlte ab und bildete unseren Erdtrabanten, den Mond. Solch eine Herauslösung aus der extremen Äquatorwulst erklärt recht gut die Größe des Mondes. Demnach müssten aber Mondgestein und Gestein des Erdmantels identisch sein.

### Abspaltung allein liefert keine Erklärung

Mit der Abspalttheorie ist die geringe **mittlere Dichte des Mondes** gut erklärbar, denn sie entspricht der Dichte des Erdmantels. Allerdings fehlt jede Erklärung für die enorme Drehgeschwindigkeit, die die Ur-Erde hätte haben müssen, um einen so gigantischen Tropfen abzuspalten. Zehnmal schneller hätte sich die Ur-Erde drehen müssen als heute. Unerklärlich, was sie anschließend hätte radikal abbremsen können.

Durch die Apollo-Missionen schließlich kann die Abspalttheorie als falsch zu den Akten gelegt werden. Es gibt Mondgestein mit einer anderen chemischen Zusammensetzung als Erdgestein. Woher sollte das kommen?



Der Mond kam aus dem All und wurde von der Erdgravitation eingefangen

### Theorie Nr. 2: Eingefangen von der Erde

Nach dieser Theorie, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts diskutiert wurde, ist der Mond an einer anderen Stelle aus einer Ur-Wolke mit geringem Eisenanteil entstanden. Auf seiner Reise durchs All kommt er als Asteroid der Ur-Erde zu nahe. Die starke Erdanziehung zwingt ihn auf eine feste Umlaufbahn. So wird aus dem Asteroiden ein Erdtrabant – der Mond.

### Der Mond – kein vollkommen fremdes Wesen

Die Einfangtheorie erklärt sowohl den hohen Drehimpuls des Erd-Mond-Systems als auch den Unterschied in der Dichte sehr elegant. Problematisch ist aber die äußerst spezielle Flugbahn des Mondes, der zwar als **Asteroid** eingefangen wird, aber nicht mit der Ur-Erde kollidiert. Berechnungen belegen: ein extrem unwahrscheinliches Ereignis. Das endgültige Aus für diese Theorie kommt ebenfalls durch die Apollo-Missionen. Sie belegen: Die verschiedenen Sauerstoff-Isotope auf dem Mond und der Erde haben das exakt gleiche Verhältnis: Ein Hinweis auf einen gemeinsamen kosmischen Ursprung von Erde und Mond.

### Theorie Nr. 3: Der große Zusammenstoß



Der Einschlag eines gewaltigen Asteroiden ist für den Ursprung des Mondes verantwortlich

Bezogen die vorherigen Theorien eindeutig Stellung zur Frage, ob der Mond Teil unserer Ur-Erde oder ein Fremdkörper aus dem All ist, favorisiert die aktuell gültige Vorstellung eine Kombination aus beiden. Ein riesiger Asteroid rast demnach auf Kollisionskurs mit der Erde durchs All. Beide stoßen zusammen, aber nicht etwa frontal, sondern seitlich. Bei diesem gigantischen Crash – die Wissenschaftler nennen ihn „Giant Impact“ – reißt der Erdmantel auf. Große Teile der oberen Erdschichten werden herausgeschleudert. Die beiden Kerne verschmelzen nach und nach miteinander. Trümmer des Asteroiden und Teile des Erdmantels bilden einen Gürtel um die Erde. In nur wenigen Jahren – manche Astrophysiker gehen von wenigen Jahrhunderten aus, also einer astronomisch gesehen immens kurzen Zeitspanne – formt sich aus den Trümmerteilen unser heutiger Mond.

### Giant Impact – sehr wahrscheinlich



Nach dem „Giant Impact“ verschmelzen die Kerne von Erde und Asteroid

Die in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts populär gewordene Theorie des „Giant Impact“ wurde erst Anfang des neuen Jahrtausends anerkannt. 2001 konnte Robin M. Canup mit verbesserten Computermodellen zeigen, dass ein einziger Crash ausreicht, um sowohl Masse und Geochemie des Mondes als auch den Drehimpuls des Erde-Mond-Systems zu erklären. Beste Ergebnisse erhält man demnach für einen Himmelskörper – etwas größer als der Mars – der mit einer Relativgeschwindigkeit von weniger als vier Kilometern pro Sekunde in einem Stoßwinkel von etwa 45 Grad mit der Erde kollidiert.

Autoren: Swen Gummich, Gunther Weis

### Asteroid

*Kleinere Objekte, die sich auf einer Keplerischen Umlaufbahn um die Sonne bewegen, werden als Asteroid, Kleinplanet oder Planetoid bezeichnet. Zurzeit sind etwa eine halbe Millionen Objekte bekannt. Nur die wenigsten haben einen größeren Durchmesser als 100 Kilometer.*

### Mittlere Dichte des Mondes

*Unter Dichte versteht man in der Physik das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen. Anschaulich beschreibt damit Dichte, ob der Körper für seine Größe leicht wie eine Feder oder schwer wie ein Stein ist. Natürlich sind Körper meist nicht homogen. Anschaulich gesprochen sind sie an manchen Stellen dichter gepackt, an anderen dafür weniger dicht. Den Mittelwert dieser Dichteverteilung nennt man dann mittlere Dichte.*

### **Erdtrabanten**

*Trabanten - Begleiter - sind Himmelskörper, die einen Planeten auf einer festen Umlaufbahn umkreisen. Heute bezeichnet man meist Satelliten als Erdtrabanten.*

### **Sauerstoff-Isotope**

*Isotope ein und desselben Elements unterscheiden sich dadurch, dass ihre Atomkerne gleich viele Protonen aber verschieden viele Neutronen haben. Chemisch verhalten sie sich aber weitgehend identisch.*



## Apollo-Technik im Alltag

*Fünf Erfindungen, die uns das Leben erleichtern*



NASA-Mitarbeiterinnen arbeiten an einem Teil für das Raumfahrtssystem

Die Mondfahrt war ein politisches Muss für die USA, Geld spielte keine Rolle. Es wurden damals 25 Milliarden US-Dollar ausgegeben, das entspricht heute inflationsbereinigt einem Betrag von ungefähr 150 Milliarden US-Dollar. Von diesem Geld floss ein Großteil in die Forschung. Auch der Personalaufwand des Apollo-Programms war immens: 400.000 Menschen in 20.000 Firmen waren beteiligt. Es mussten neue Strategien für das Projektmanagement entworfen werden, die diese Koordination überhaupt möglich machten. Viele Firmen sind Dank der bemannten Raumfahrt auch heute noch besser organisiert. Die Konzepte werden heute für Großprojekte wie zum Beispiel Brückenbau verwendet. Und es gibt noch mehr Errungenschaften aus den Anfängen der bemannten Raumfahrt, die heute unseren Alltag erleichtern.

### Die Ausrüstung der Astronauten



Der Astronautenhelm von Richard Gordon mit einer Anti-UV-Beschichtung

Die Sichtfenster der Astronautenhelme mussten beschichtet werden, damit die Mondfahrer vor der sehr starken Sonneneinstrahlung geschützt waren. Die UV-Schutzbeschichtungen sind auch heute noch im Einsatz und auf verspiegelten Sonnenbrillen zu finden. Wir tragen also Apollo-Technik auf der Nase.

Seit Apollo haben es auch die Handwerker um einiges leichter: Die Astronauten waren mehrere Tage auf dem Mond und sollten so viele Informationen wie möglich zusammentragen. Außerdem sollten sie Proben für die Forschung von der Mondoberfläche mitbringen. Besonders die Geologen waren an Boden- und Gesteinsuntersuchungen interessiert. Damit die Astronauten nicht nur auf einen Hammer und ihre Körperkraft angewiesen waren, entwickelte die NASA erstmals Akkuwerkzeuge. Besonders wichtig war der Akkubohrer, um damit Mondgestein abzubauen.

Armbanduhren sind seit Apollo auch genauer. Damit die Mondlandefähre und die Astronauten immer die exakte Zeit messen konnten, wurde während des Apollo-Programms der Quarzkristall als Zeitstandard in Quarzuhren eingeführt.

### Die Geburtsstunde des Elektronikchips



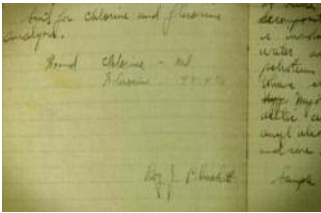
Das Kontrollzentrum der NASA in Houston

In jedem Computer, den wir heute benutzen, steckt ein Stück Apollo-Technik: In den Anfängen der bemannten Raumfahrt wurden Elektronikchips entworfen – ein Meilenstein für die Computertechnik. Sie mussten klein sein, da in den Raketen neben den Unmengen von Treibstoff kein Platz mehr für die Systemregelung war. Der reibungslose Ablauf der Apollo-Missionen und die Überwachung der Raumfahrtssysteme vom NASA-Kontrollzentrum aus wären ohne diese Technik nicht möglich gewesen.

Allerdings war die Technik der Elektronikchips damals noch nicht so weit ausgereift. Zu Zeiten von Apollo gab es noch nicht einmal einen Taschenrechner – die Ingenieure nahmen Logarithmustabellen und Rechenschieber zur Hilfe. So brauchten sie oft Tage für eine Rechnung, die ein Computer heute in wenigen Sekunden schafft.

Die Computer der NASA nahmen noch sehr viel Platz ein im Kontrollzentrum. Großrechenanlagen sind inzwischen so geschrumpft, dass sie in unsere Hosentasche passen: Die Rechenleistung eines Mobiltelefons übertrifft die des Bordcomputers der „Eagle“-Mondlandefähre.

### Der Irrtum mit der Teflonpfanne



Irrtümlicherweise wird die Erfindung der Teflonpfanne auch den Apollo-Missionen zugeschrieben. Teflon war zwar in den Raumfahrtssystemen sehr häufig als Kabel-Isolierung eingesetzt, aber erfunden wurde es bereits 1938 von der amerikanischen Firma Dupont. In den 1950er Jahren ließ sich dann ein Franzose die Beschichtung einer Stahlpfanne mit Teflon patentieren.

Autorin: Judith Ahues

Die Teflonpfanne wurde bereits lange vor der Mondlandung erfunden

## Meteoriten vom Mond

### Alternative Quelle für Mondgestein



Die Wüstenregion Omans – ein Eldorado für Meteoritenfunde

Nur an wenigen anderen Orten auf der Welt sind die Chancen so ideal, Mondmeteoriten zu finden wie in den Steinwüsten Omans auf der arabischen Halbinsel. Perfekt konserviert die trockene Wüste das **Meteoritengestein**. Zudem heben sich die dunklen Gesteinsbrocken aus dem All klar ab vom hellen Wüstenboden. Ein Team Schweizer Meteoritenjäger zieht es deshalb Jahr für Jahr in die unwegsame Landschaft auf der arabischen Halbinsel. Weit über tausend Meteoriten haben die Geologen hier in den letzten Jahren gefunden. Keiner davon war so spektakulär wie der Mondmeteorit SaU 169: Aufgrund der regionalen Verteilung verschiedener Elemente auf dem Mond konnte seine Herkunft exakt bestimmt werden.

### Grüße vom Mann im Mond



Meteoritenfund in der Steinwüste Omans

3,9 Milliarden Jahre vor heute – ein **Planetoid** ist dem Mond zu nahe gekommen, schlägt auf seiner Oberfläche ein. Ein riesiges Becken von mehr als 1000 Kilometer Durchmesser bildet sich – das Mare Imbrium oder: das rechte Auge des Mannes im Mond. Später wird er von drei weiteren Einschlägen vor 2,8 Milliarden, 200 Millionen und 340.000 Jahren getroffen. Bei dem letzten Einschlag schleudert er hinaus in den Weltraum und wird von der Schwerkraft der Erde eingefangen. Vor rund 10.000 Jahren stürzt er in der Gegend des heutigen Oman auf die Erde. Am 16. Januar 2002 entdeckt ein Schweizer Team SaU 169 und spricht von da an von den Grüßen vom Mann im Mond.

### Mondmeteoriten – Chance für die Mondforschung



Schweizer Meteoritenjäger mit der Ausbeute der diesjährigen Expedition

Was sich für die Meteoritenforschung als absolute Sensation entpuppte, war für die Mondforschung ein profitables Schnäppchen. Etwa 25 Milliarden US-Dollar kostete das Apollo-Programm der Amerikaner. Als handfeste Trophäe sammelten zwölf Astronauten knapp 382 Kilogramm Mondgestein ein. Macht in etwa einen Preis von 65.000 Dollar je Gramm Mondgestein.

Meteoritenfunde sind schon etwas Außergewöhnliches. Aber Mondmeteoriten sind eine echte Seltenheit – von 30.000 weltweit gefundenen Meteoriten kommen gerade einmal 60 vom Mond.

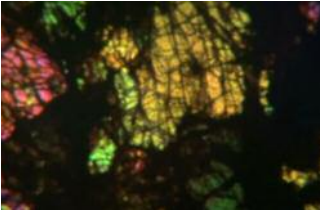
### Jagd auf die Mondmeteoriten im Oman



Meteoriten-Schnelltest im Röntgen-Fluoreszenz-Gerät

Klarheit über die Herkunft von Meteoriten kann aber nur eine Laboruntersuchung schaffen. Um das Material nicht mit Schweiß und menschlichen Hautzellen zu verunreinigen, tragen die Forscher während der gesamten Analyse Handschuhe. Zunächst befreien sie den zu untersuchenden Meteoriten vorsichtig mit Druckluft von irdischen Partikeln wie Sand und kleineren Steinen. Erste Hinweise über die Herkunft liefern dann die magnetischen Eigenschaften des Meteoriten. Die kennen die Forscher aus den Publikationen des Apollogesteins und anderer bekannter Mondmeteoriten. Genauso wie deren mineralische Zusammensetzung. Mit einem **Röntgenfluoreszenz-Gerät** kann eine erste Analyse des Meteoritenaufbaus durchgeführt werden, ohne dass der Meteorit beschädigt werden muss. Allerdings kann die Messgenauigkeit – je nach Form der Meteoriten – recht ungenau ausfallen.

### **Meteoriten scheinweise**



Hauchdünne Scheibe eines Meteoriten  
unter dem Mikroskop

Eine exakte Bestimmung wird erst mit Hilfe eines Dünnschliffes möglich. Dafür trennt man mit einem hauchdünnen, diamantbesetzten Sägeblatt eine feinste Scheibe vom Meteoriten ab. Die wird auf ein Glasplättchen aufgeklebt und anschließend so lange geschliffen und poliert, bis sie durchsichtig wird. Unter polarisiertem Licht im Mikroskop gibt der Meteorit dann seine chemische Zusammensetzung preis. Farbe für Farbe lassen sich die Mineralien unterscheiden. Es ist ein reines Ausschlussverfahren. Denn entspricht die Zusammensetzung einem bekannten Vergleichsmaterial, kann man mit Sicherheit sagen, dass der Meteorit vom Mond stammt. Ist die Zusammensetzung unbekannt, besteht wenigstens noch die Hoffnung, dass es ein noch unbekanntes Material vom Mond sein könnte.

Autor: Swen Gummich

### **Meteoritengestein**

*Unter Meteoriten versteht man Festkörper mit kosmischen Ursprung. Sie durchqueren die Atmosphäre, verglühen zum Teil dabei und erreichen schließlich den Erdboden. Hauptbestandteile sind Silikatminerale oder eine Eisen-Nickel-Legierung. Da es sich fast immer um vielkörnige Mineralaggregate handelt, werden Meteoriten zu den Gesteinen gezählt. Vor seinem Eintritt in die Atmosphäre bezeichnet man den Ursprungskörper als Meteoroid.*

### **Planetoid**

*Kleinere Objekte, die sich auf einer Keplerischen Umlaufbahn um die Sonne bewegen, werden als Planetoid, Asteroid oder Kleinplanet bezeichnet. Zurzeit sind etwa eine halbe Millionen Objekte bekannt. Nur die wenigsten haben einen größeren Durchmesser als 100 Kilometer.*

### **Röntgenfluoreszenz-Gerät**

*Die Röntgenfluoreszenz-Analyse ist eine Methode zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der elementaren Zusammensetzung einer Probe. Durch einen Elektronenstrahl werden dabei dem Kern nahe Elektronen von inneren Schalen des Atoms auf weiter außen gelegene gehoben. Die dadurch freiwerdende Energie kann dann gemessen werden. Die Röntgenfluoreszenz-Analyse ermöglicht eine Identifizierung und Konzentrationsbestimmung aller Elemente ab Ordnungszahl  $Z = 9$ , also von Fluor ab. Großer Vorteil: die Probe wird dabei nicht zerstört.*

## Lesetipp

### **Der Mond**

Autoren: Ralf Jaumann und Ulrich Köhler

Verlagsangaben: Fackelträger Verlag, Köln; 2009

ISBN: 978-3-7716-4387-4

Sonstiges: 320 Seiten, 49,95 Euro

Gut gemachter Rückblick auf die Apollo-Missionen. Im Zentrum steht ein ausführliches Interview des deutschen ESA-Astronauten Thomas Reiter mit Apollo-Astronaut Buzz Aldrin. Aber auch die wissenschaftlichen Experimente der bemannten Mondmissionen und was sie uns über den Mond verraten werden im umfangreichen Textteil beschrieben. Von kundigen Experten: Die Autoren sind Mitarbeiter des Instituts für Planetenforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Viele großformatige Fotos.

## Linktipps

*Faszination Raumfahrt*

**<http://www.urbin.de/>**

Eine private und nicht kommerzielle, informative Website zum Thema Raumfahrt.

*Bemannte Raumfahrt*

**[http://wikipedia.org/wiki/Bemannte\\_Raumfahrt](http://wikipedia.org/wiki/Bemannte_Raumfahrt)**

Überblick über die weltweiten Geschichte der bemannten Raumfahrt bei der Online-Enzyklopädie Wikipedia.

*NASA*

**<http://www.nasa.gov>**

Auf der Seite der NASA finden Sie viele Informationen, historische Aufnahmen und Videos.

*Apollo-Programm*

**[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/apollo/](http://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/)**

Hier gibt es ausführliche Informationen zum Apollo-Programm.

*Informationen zum Gemini-Programm*

**[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/gemini/](http://www.nasa.gov/mission_pages/gemini/)**

Informationen zu Gemini, dem zweiten bemannten Raumfahrtprogramm der USA.

*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*

**<http://www.dlr.de>**

Homepage des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt.

*Sternwarte Bochum*

**<http://www.sternwarte-bochum.de>**

Die Sternwarte Bochum hat nicht nur mit ihrer großen Parabolantenne die damaligen Funksignale der Apollo-Missionen aufgezeichnet, sie ist heute auch ein Institut für Umwelt- und Zukunftsforschung und Bildungswerk, das sich an Kinder und Jugendliche richtet. Die Webseite gibt einen Vorgeschmack auf die vielfältigen Angebote. Zudem ist die Sternwarte mit ihren Ausstellungen auch ein lohnendes Ausflugsziel.

*DLR-Institut für Planetenforschung*

**<http://www.dlr.de/pf/>**

Seite der Planeten-Experten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Viele Infos zur Planetenkunde und Planetenphysik sowie zu den zahlreichen aktuellen Weltraum-Missionen, an denen das Institut direkt beteiligt ist. Tipp: Wer über „Aktuelles“ das „Highlight der Woche“ anklickt, kann auch in das „Highlight-Archiv“ einsteigen - eine Fundgrube von interessanten Minifeatures zu den Planeten (und natürlich auch zum Erdmond!) mit exzellenten Fotos!

*Lunar Laser Ranging*

**<http://www.ife.uni-hannover.de/forschung/lunar-laser.html>**

Seite des Instituts für Erdmessung der Universität Hannover. Dessen Leiter Prof. Jürgen Müller ist einer der führenden Experten bei der Auswertung des Lunar Laser Ranging, bei dem Laserstrahlen von der Erde aus zum Mond geschossen und dort von Reflektoren zur Erde zurückgespiegelt werden. Die Messdaten dienen nicht nur der exakten Bestimmung des Abstandes Erde-Mond, sondern auch zur Überprüfung der Relativitätstheorie.

*Quarks & Co-Seite zum Lunar Laser Ranging*

**[http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2003/0617/008\\_licht.jsp](http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2003/0617/008_licht.jsp)**

Hier wird das Verfahren des Lunar Laser Ranging ausführlich beschrieben.

*NASA-Seite zu 40 Jahre Mondlandung*

**[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/apollo/40th/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/40th/index.html)**

Aufwendig gestaltete Jubiläums-Seite der NASA mit vielen multimedialen Features zu den Apollo-Missionen. Unter anderem auch ein interaktives Spiel, das zeigt, wie technische Innovationen der Apollo-Raumfahrt unseren Alltag verändert haben. In englischer Sprache.

*Google Lunar X Prize:*

**<http://www.googlelunarxprize.org>**

Homepage des Google Lunar X Prize Wettbewerbs, enthält auch ausführliche Informationen und Links zu den Teilnehmern.

*Giant Impact Theorie*

**<http://www.boulder.swri.edu/~robin/c03finalrev.pdf>**

„Simulations of a Late Lunar-Forming Impact“ von Robin M. Canup – Paper in englischer Sprache zur Giant Impact Theorie mit zahlreichen Aufnahmen aus ihren Computersimulationen.

*Erfindungen dank der Raumfahrt*

**[http://www.lrt.mw.tum.de/de/interessierte/fs\\_nutzen\\_der\\_raumfahrt.phtml](http://www.lrt.mw.tum.de/de/interessierte/fs_nutzen_der_raumfahrt.phtml)**

Professor Ulrich Walter vom Institut der Raumfahrttechnik der Technischen Universität München fasst alle Erfindungen zusammen, die die Raumfahrt hervorgebracht hat.

*Informationen über Meteoriten*

**[http://meteorites.wustl.edu/lunar/moon\\_meteorites.htm](http://meteorites.wustl.edu/lunar/moon_meteorites.htm)**

Seite über Meteoriten der Washington University of St. Louis. Auch die Unterseite über lunare Meteoriten ist hilfreich.

*Mondmeteorit SaU 169*

**<http://illite.unibe.ch/sau169/>**

Webseite der Universität Bern über den Mondmeteoriten SaU 169.

Impressum:

Herausgegeben  
vom Westdeutschen Rundfunk Köln

Verantwortlich:  
*Quarks & Co*  
Claudia Heiss

Gestaltung:  
Designbureau Kremer & Mahler

Bildrechte:  
Alle: © WDR

außer:  
angegeben

© WDR 2009