

2

Selenes Geheimnisse

Vermutlich war es die wildeste Offroad-Fahrt, die man sich vorstellen kann, und sie hatte gar nicht gut begonnen. Bei einer Spritztour am Tag zuvor war das Steuersystem kaputtgegangen, sodass schnelle Reparaturen notwendig waren, bevor das wichtigste Ereignis beginnen konnte: eine siebenstündige Safari ohne Straßen und bei nur einem Sechstel der Erdgravitation. Als die Astronauten David Scott und James Irwin in ihren „Jeep“ kletterten, konnten sie nicht ahnen, dass sieben Stunden später ihr Tag als der „größte Tag der wissenschaftlichen Erkundungen, die wir je im Raumfahrtprogramm erlebt haben – vielleicht für alle Zeit“ beschrieben werden würde.

Sie waren mit Apollo 15 auf dem Mond, und die Uhr lief. Die amerikanische Regierung hatte die Mittel gestrichen, als sie bemerkt hatte, wie teuer es ist, zum Mond zu fliegen. Die NASA war nun in Eile. Die Astronauten

von Apollo 15 mussten Experimente durchführen, die eigentlich erst für die nun gestrichene Apollo-20-Mission geplant waren. Das ganze Programm sollte nach Apollo 17 enden, deshalb erhielten die verbleibenden Astronauten Crashkurse in Geologie. Sie lernten, wie man Gesteinsarten bestimmt, damit sie in der Lage waren, die wertvollsten Proben auszusuchen. Zu den ersten Dingen, die sie zu tun hatten, gehörte das Aufstellen von Kameras, die von der Erde aus gesteuert werden konnten. So waren irdische Geologen in der Lage, sie beim Suchen zu unterstützen.

Das Gestein, das die ersten Astronauten zurückbrachten, war natürlich interessant, doch im Großen und Ganzen nicht ungewöhnlich. Es handelte sich meist um eine Mischung aus Felsbruchstücken, die bei den Einschlägen entstanden waren, die zu den Mondkratern geführt haben. Wonach die Geologen suchten, war aber etwas wirklich Altes, das einen Hinweis auf die Bildung des Mondes geben konnte und helfen könnte, die Urbestandteile des Mondes zu bestimmen und damit auch die der Planeten.

Wenn sich die Planeten und Monde aus der Kollision kleinerer felsiger Objekte gebildet haben, eine Vorstellung, die immer wahrscheinlicher wurde, sollte der Mond irgendwann einmal ganz geschmolzen gewesen sein. Die leichtesten Mineralien wären dann ganz oben in diesem globalen Magmaozean geschwommen und zu einem Gestein kristallisiert, das man unter den Namen Anorthosit kennt. Danach suchten Scott und Irwin – bisher aber ohne Glück.

Nach mehreren Stunden Erkundung stellten sie den Lunarrover in der Nähe der Kante eines kleinen Kraters ab, stellten die Kamera und ihre Ausrüstung auf und

begannen die Gegend auszukundschaften und einiges aufzusammeln. Scott bemerkte ihn als Erster: einen glänzenden weißen Felsbrocken, der sich von den grauen Steinen in seiner Umgebung abhob. Irwin nannte ihn „a beaut“, ein Prachtstück. Scott hob ihn auf und begann den Staub von seiner kristallinen Oberfläche zu wischen, auf der die Sonnenstrahlen glitzerten. Die beiden Astronauten riefen aus: „Ratet mal, was wir gerade gefunden haben!“ Scott spannte die Kontrollstation auf der Erde unter Irwins freudigem Lachen auf die Folter: „Ich glaube es ist das, wofür wir hergekommen sind.“

„Kristallines Gestein?“, fragte Irwin.

„Ja, Sir, Sie werden es kaum glauben“, sagte Scott und ergänzte dann, dass es etwas war, was sehr „wie Anorthosit“ aussah.

Nach der Wasserlandung von Apollo 15 am 7. August 1971 nördlich von Hawaii wurde die Probe untersucht, und man fand heraus, dass es sich tatsächlich um beinahe reines Anorthosit handelte. Die Presse begann die Probe „Genesis-Stein“ zu nennen, in der Annahme, es handle sich um ein Stück der ersten Mondkruste¹. Um die Bedeutung dieses Fundes zu unterstreichen, ließ sich Irwin eine Nachbildung machen, die er immer in seiner Brief- oder Manteltasche mit sich trug. Es war noch Jahre danach Gesprächsthema.

¹Später stellte man durch radioaktive Altersbestimmung fest, dass die Probe doch nicht ganz so alt war wie die ursprüngliche, vor 4,5 Mrd. Jahren entstandene Kruste, sondern einige hundert Millionen Jahre später kristallisiert wurde, vermutlich nach einem gewaltigen Einschlag, bei dem ein Teil der Mondoberfläche geschmolzen war.

Im Hintergrund begann man sofort damit, die Geheimnisse der Probe zu entschlüsseln. Eines wurde dabei offensichtlich: Das Mondgestein ähnelte in seiner Zusammensetzung überraschend stark dem auf der Erde. Das war für manche Forscher ein Schock, denn es sprach für ein gemeinsames Erbe und dafür, dass der Mond und die Erde früher einmal zusammen waren. Aber wie? Das Szenario, das jahrzehntelang am weitesten verbreitet war, stammte von George Darwin, dem Sohn des berühmten Naturforschers Charles Darwin. George fühlte sich mehr von der Astronomie als der Naturkunde angezogen und nahm die Stelle des Plumian Professor für Astronomie an der Universität Cambridge ein, die einst Thomas Plume (1630–1704) gestiftet hatte und deren Aufgaben von Isaac Newton 1707 beschrieben worden waren.

Als George Darwin diesen Lehrstuhl 1883 innehatte, war es eine privilegierte Stellung. Die Wissenschaft wendete ihre Aufmerksamkeit damals vermehrt der Zusammensetzung der Erde zu. Lange vorher, 1798, hatte Henry Cavendish die mittlere Dichte der Erde bestimmt und war auf einen Wert gekommen, der 5,4-mal so hoch wie der von Wasser war. Es dauerte aber fast ein Jahrhundert, bis die Folgerungen aus diesem Ergebnis klar wurden, es bedeutete nämlich, dass die durchschnittliche Dichte der Erde fast zweimal so hoch war wie die von normalem Gestein. Es musste also irgendwo tief im Inneren der Erde viel dichtere Materie zu finden sein, wobei es sich nur um Metall handeln konnte.

Es waren Meteoriten gefunden und analysiert worden, die fast nur aus reinem Eisen bestanden, deshalb schien die Annahme vernünftig, dass Eisen und andere schwere

Metalle im Inneren der Erde zu finden sein sollten. Vielleicht bildeten sie einen Kern in ihrer Mitte.

Darwin machte sich an die Berechnung, wie die Erde auf die Bildung eines derartigen schweren Kerns reagiert hätte. Er behandelte den Planeten, als wäre er der sprichwörtliche Eiskunstläufer, den wir schon in Kap. 1 erwähnt haben, und rechnete aus, wie sich die Rotationsgeschwindigkeit des Planeten erhöht hätte, wenn das schwere Material zum Erdmittelpunkt gesunken wäre. Er zeigte, dass sich auch die Erde schneller gedreht hätte, genau wie sich ein Eiskunstläufer schneller dreht, wenn er seine Arme kompakter verschränkt. Vielleicht, so überlegte Darwin, war die Beschleunigung groß genug, um einen Brocken aus dem Planeten herauszureißen, der dann den Mond gebildet haben konnte? Die Idee konnte sich bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts halten, als einige Planetenwissenschaftler begannen, sich die Dynamik dieses Szenarios genauer anzusehen. Wie bei der Bildung des gesamten Sonnensystems war der Drehimpuls ein Schlüsselement, also das Maß für die Rotationsenergie, die in Erde und Mond gespeichert ist.

Dabei handelt es sich um eine Erhaltungsgröße, d. h., der Drehimpuls des gesamten Systems kann sich nicht ändern, es sei denn durch die Wechselwirkung mit einem anderen Himmelskörper. Addiert man also die heutigen Drehimpulse von Erde und Mond auf, muss sich der gleiche Wert ergeben wie für die Erde damals, bevor sie den Mond ausgespuckt hat. Addiert man die Drehimpulse, erhöht sich auch die Rotationsgeschwindigkeit stark: Ein Erdentag dauert nur noch ungefähr vier Stunden. Das klingt zwar schnell, wäre aber nicht schnell genug, damit Darwins Idee funktionieren könnte.

Um einen Teil von sich selbst in den Weltraum zu schleudern, müsste die Erde an der Grenze ihrer Bruchgeschwindigkeit rotieren, wo die nach außen gerichtete Zentrifugalkraft größer ist als die nach innen gerichtete Gravitationskraft. Dazu müsste sich die Erde einmal alle zwei Stunden um sich selbst drehen – viel schneller als nach der Analyse wahrscheinlich war.

Trotzdem wies Mondgestein wie der Genesis-Stein darauf hin, dass der Mond einmal Teil der Erde gewesen sein musste. War das der Fall, musste man etwas finden, das den zusätzlichen Schwung geliefert hatte: einen dritten Himmelskörper, einen anderen Planeten.

In den 1970er Jahren begannen die Astronomen mit Computersimulationen ernsthaft eine Theorie zu entwickeln, nach der ein marsgroßer Körper die Erde gestreift und dabei eine Wolke aus hauptsächlich felsigem Material herausgerissen hat, die dann den Mond bildete. Sie waren so zuversichtlich, dass ihre Idee richtig war, dass sie dem Unglücksplaneten den Namen Theia gaben – nach der mythologischen griechischen Titanin, die Selene (die Leuchtende – bei den Römern Luna) geboren hat. Sicherlich eignete sich das Szenario, um die Dynamik zu erklären. Nicht nur das, es schien auch zu den Daten der Zusammensetzung zu passen. Der Grund für die Ähnlichkeit des Mondgesteins mit den Felsen auf der Erde war, dass ein großer Teil der Erde in den Weltraum geschleudert wurde, um zum Mond zu werden. Die geringen Unterschiede waren „Verunreinigungen“ durch Theia.

Es sah so aus, als habe man die Bildung des Mondes verstanden, doch womit niemand gerechnet hätte, war der Fortschritt der Technologie. 2012 holte sich Hejiu Hui,

ein Geologe von der University of Notre Dame in Indiana, eine Probe des Genesis-Steins aus dem Lunar Sample Laboratory der NASA im Johnson Space Center in Houston, Texas, und untersuchte sie zusammen mit anderen Gesteinsproben vom Mond mit modernster Ausrüstung – und fand heraus, dass sie alle Wasser enthielten! Das schien etwas seltsam für Gestein, das sich unter den hölischen Bedingungen nach einem gigantischen Einschlag gebildet haben soll. Die Wärme, die bei dieser Katastrophe entstanden war, sollte das Gestein zum Schmelzen gebracht und alles Wasser daraus verdampft haben.

Doch das war nicht das einzige Problem, das auftauchte. Moderne Massenspektrometer enthüllten Schwierigkeiten mit der Isotopenzusammensetzung auf dem Mond. Isotope sind schwerere oder leichtere Versionen chemischer Elemente. Sie unterscheiden sich in der Zahl der Neutronen, jener Elementarteilchen, die mit den Protonen den Atomkern bilden. Manche Isotope sind radioaktiv und zerfallen, viele sind aber stabil.

Der springende Punkt ist, dass Temperatur und Dichte bestimmen, wie leicht es für die verschiedenen Isotope desselben Elements ist, an Reaktionen teilzunehmen. Planeten, die sich näher an der Sonne gebildet haben, werden deshalb eine andere Isotopenzusammensetzung haben als diejenigen, die in den äußeren, kälteren Bereichen des Sonnensystems entstanden sind. Die Isotopenzusammensetzung gibt deshalb einen Hinweis darauf, wo der Planet seinen Ursprung hat.

Immer genauere Analysetechniken haben gezeigt, dass die Mondproben, die von Apollo gesammelt wurden, bei Sauerstoff, Chrom, Kalium und Silizium eine

Isotopenzusammensetzung haben, die sich nicht von der auf der Erde unterscheidet. Beim Einschlagsmodell sollte der Mond hauptsächlich aus Theia bestehen, deshalb sollte sich seine Isotopenzusammensetzung von der der Erde unterscheiden. In den Originalanalysen mit noch ungenauerer Ausrüstung schien dies im Rahmen der Fehlergrenzen möglich, jetzt aber war die Nachricht kristallklar: Das Gestein vom Mond ähnelt nicht nur dem auf der Erde, es ist praktisch identisch. Erde und Mond waren einmal ein einziger Himmelskörper.

Diese Neuigkeiten brachten einige Forscher zum Nachdenken. Wim van Westrenen hat einen Lehrstuhl für Vergleichende Planetologie an der Vrije Universiteit Amsterdam inne. Er begann Überstunden zu machen, als sein Mitarbeiter Rob de Meijer, ein Geophysiker von der University of the Western Cape in Bellville (Südafrika), der sich auf Radioaktivität spezialisiert hatte, Kernreaktionen in der Tiefe der Erde, sogenannte Georeaktoren, erwähnte. Dabei handelt es sich um die umstrittene Vorstellung, im Bereich oberhalb des Erdkerns sei die Konzentration von Uran und Plutonium so hoch, dass es zu natürlichen Kernreaktionen kommen kann. Gibt es die Georeaktoren wirklich, könnte jeder einige hundert Kilometer groß sein und Energie erzeugen.

Wie viele Planeten im Sonnensystem strahlt die Erde mehr Energie ab, als sie von der Sonne erhält. Dieser Überschuss speist das Magnetfeld, Vulkane und Erdbeben. Es wird allgemein angenommen, dass ein Großteil dieser Energie dem natürlichen Zerfall radioaktiver Elemente tief unter der Erdoberfläche entspringt. Existieren aber die erwähnten Georeaktoren, würden auch sie ihren

Beitrag liefern. In diesem Fall könnten sich Forscher ein weit explosiveres Szenario für die Entstehung des Mondes vorstellen. Van Westrenen und Meijer überlegten, dass es vor 4,6 Mrd. Jahren weit mehr radioaktives Material gab, weil es noch nicht so viel Zeit hatte, entsprechend seiner Halbwertszeit zu zerfallen. Zerfällt ein Atomkern auf natürliche Weise, setzt er schnelle Neutronen frei, die eines von zwei Dingen tun konnten: Sie können einen anderen Atomkern spalten und dabei weitere Neutronen freisetzen und so eine Kettenreaktion auslösen. Oder sie können auf einen Kern von Uran-238 treffen. Dort werden sie absorbiert, und es entsteht Plutonium-239. Anders als der Kern von Uran-238 ist der Kern von Plutonium-239 sehr leicht zu spalten. Mit anderen Worten: Derartige Reaktionen hätten die natürlichen Vorräte mit mehr spaltbarem Material angereichert, wodurch eine große Kettenreaktion immer wahrscheinlicher wurde.

Dies ist auch die Arbeitsweise von Schnellen Brütern in Kernkraftwerken: Sie erzeugen mehr Brennstoff als sie anfangs verbrauchen. Die Betreiber überwachen die Bildung des Plutoniums, um sicherzustellen, dass alles in sicheren Grenzen bleibt, doch in den vermuteten Georeaktoren hätte es keine derartigen Schutzvorrichtungen gegeben. Nichts hätte die Bildung von Plutonium aufgehalten, bis so viel entstanden war, dass es überkritisch wurde und explodierte.

Um ausreichend Gestein für den Mond in den Welt- raum zu schleudern, hätte es eine Explosion geben müssen, die 40 Mio. Mrd. Hiroshimabomben entsprach. Die Idee natürlicher Kernreaktoren ist nicht so weit hergeholt wie es klingt. Man kennt sechzehn von ihnen, die bei

Oklo in der der Provinz Haut-Ogooué der westafrikanischen Republik Gabun liegen, aber heute nicht mehr aktiv sind. Sie wurden 1972 vom französischen Commissariat à l'énergie atomique (CEA, Kommissariat für Atomenergie) entdeckt, das dort nach Uran suchte. Das CEA stellte einen signifikanten Mangel des Uranisotops U-235 im Erz fest und schloss, dass es wie in einem Kernreaktor verarbeitet sein musste. Bei weiteren Untersuchungen fand man diese sechzehn natürlichen Reaktoren. Sie sind zwischen 1,5 und 10 m groß und waren vor etwa zwei Milliarden Jahren einige hunderttausend Jahre lang mit Unterbrechungen aktiv. Sie hatten eine thermische Leistung von je etwa 100 kW und setzten Energie frei, bis ihr gesamter Uranvorrat verbraucht war.

Die hypothetischen Reaktoren tief in der Erde waren viel größer als die bei Oklo, und der Kernbrennstoff war nicht in Erz konzentriert, sondern in Silikat-Perowskiten. Das Interessanteste daran ist aber wahrscheinlich das Folgende: Gibt es diese Georeaktoren, dann wird man sie vielleicht in Zukunft entdecken können, denn beim radioaktiven Zerfall werden oft geisterhafte Teilchen freigesetzt, die man Neutrinos nennt (nicht zu verwechseln mit den erwähnten Neutronen). Neutrinos kann man nur sehr schwer aufspüren. Sie bewegen sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit und stehen mit fast nichts in Wechselwirkung. Nicht einmal eine 1 Lichtjahr dicke Bleiabschirmung könnte garantieren, dass ein Neutrino aufgehalten wird. Trotzdem wurden inzwischen Detektoren gebaut. Sie nutzen die Tatsache, dass Neutrinos in großen Mengen entstehen. Hier auf der Erde fliegen jede Sekunde etwa 60 Mrd. Neutrinos durch den ersten

Das unbekannte Universum

Raum, Zeit und die moderne Kosmologie

Clark, S.

2017, XXIII, 327 S. Book + eBook., Softcover

ISBN: 978-3-662-54895-0