Der Mond ist feucht

Raumsonden entdecken beträchtliche Mengen Wasser

Die Hinweise waren da, man hätte sie nur beachten müssen: Als Mondforscher vor 40 Jahren in US-Raumfahrtzentrum Houston jene Bodenproben öffneten, die *Apollo*-Astronauten zurück zur Erde gebracht hatten, entdeckten sie darin zu ihrer Verwunderung Spuren von Wasser. Offensichtlich, so wurde seinerzeit vermutet, hatte das schwüle texanische Klima das nur unzureichend verschlossene Mondgestein kontaminiert. Der Mythos vom Mond als staubtrockener Ort war geboren. Doch das war offensichtlich ein Fehler, wie neue Forschungsergebnisse zeigen.

Gleich drei Raumsonden haben unabhängig voneinander Spuren von Wasser auf dem Mond entdeckt – und zwar nicht an einzelnen Stellen, sondern über dessen gesamte Oberfläche verteilt. „Angesichts der neuen Erkenntnisse muss die Idee, der Mond sei trocken, überdacht werden“, fordert Paul Lucey, Planetenforscher an der Universität Hawaii, im Fachmagazin *Science*. „Er ist es einfach nicht.“ Schon träumen Raumfahrer davon, mit dem Wasser auf dem Mond künftige Kolonien zu versorgen. Auch Sauerstoff zum Atmen und Wasserstoff für Raketenantriebe könnte daraus gewonnen werden – zumindest in der Theorie.

Bei der Vermutung, dass es Wasser auf dem Erdtrabanten geben könnte, standen bislang allenfalls die beiden Polregionen des Mondes im Verdacht. Dort, in tiefen Kratern, die niemals von der Sonne beschienen werden, könnte sich Eis Millionen Jahre lang gehalten haben. Erst in der vergangenen Woche hatte die Nasa-Sonde *Lunar Reconnaissance Orbiter* am Südpol des Mondes Hinweise auf Wasserstoff entdeckt. Eine endgültige Bestätigung steht aber noch aus. Diese könnte aber in zwei Wochen kommen, wenn die amerikanische *LCROSS*-Sonde am Südpol einschlagen wird. Die Mondforscher hoffen, dass bei der absichtlichen Kollision große Mengen Eis herausgeschleudert werden, die anschließend analysiert werden können.

Doch selbst wenn es an den Polen Eis geben sollte: Die jetzt gefundenen Wasserspuren sind von ganz anderer Qualität: Sie sind offenbar allgegenwärtig auf dem Mond. Entdeckt hat sie *Chandrayaan-1*, Indiens erste Mondsonde. An Bord des Raumfahrzeugs, das vor wenigen Wochen nach einem technischen Defekt seinen Betrieb einstellen musste, befand sich eine Nasa-Kamera, die die Mondoberfläche im infraroten Licht absuchte. Dabei stießen die Forscher auf optische Fingerabdrücke, die nur von Wasser und den damit verwandten Hydroxylradikalen stammen können.

Wasser überall auf dem Mond? „Unsere erste Reaktion war: Das ist doch lächerlich“, erinnert sich Carle Pieters, die als Planetologin der Brown University in Rhode Island die Kamera an Bord von *Chandrayaan-1* betreute. „Monatelang haben wir in unseren Daten nach dem möglichen Fehler gesucht.“ Pieters und ihr Team wurden allerdings nicht fündig. In der Not schauten sie nach, was andere Raumfahrzeuge gemessen hatten. Sie untersuchten Mondbilder, die die *Cassini*-Sonde 1999 auf ihrem Weg zum Saturn gemacht hatte. Und sie baten das Team der Sonde *Deep Impact*, die zurzeit unterwegs zum Kometen Hartley 2 ist und in diesem Sommer am Mond vorbei flog, um Unterstützung. Beide Raumschiffe konnten die mysteriösen Wasserfunde bestätigen.

Deep Impact zeigte sogar, dass die Wasserkonzentration im Boden vom Stand der Sonne abhängt – für die Mondforscher ein Hinweis darauf, wo das Wasser herkommen könnte: Offensichtlich bricht der Sonnenwind, ein Strom geladener Teilchen, die Molekülbindungen im Mondgestein auf. Der darin gespeicherte Sauerstoff reagiert anschließend mit den geladenen Wasserstoffteilchen aus dem Sonnenwind zu Wasser. Die Aufnahmen der Sonden deuten zudem darauf hin, dass das Wasser langsam in Richtung der Pole wandert und sich dort – wie zuvor schon vermutet – ansammelt.

Eine Aufforderung, bei der nächsten bemannten Mondmission die Wasserpumpen einzupacken, ist das allerdings noch nicht: Wie viel Wasser auf der Oberfläche des Erdtrabanten zu finden ist, können die Wissenschaftler nicht exakt angeben. „Es sind sicherlich keine Seen oder Eisflächen, wir reden vielmehr über einzelne Moleküle“, sagt Jessica Sunshine von der Universität Maryland, die die *Deep Impact*-Aufnahmen ausgewertet hat. Ersten Berechnungen zufolge könnte eine Tonne Mondgestein jedoch mehr als 900 Gramm Wasser enthalten.

Da die Infrarotkameras der Sonden nur die Vorgänge an der Oberfläche wahrnehmen, ist es allerdings gut möglich, dass sich das feuchte Element auf die obersten Millimeter des Mondbodens beschränkt. Dann müsste für einen Liter Mondwasser bereits die Fläche eines Fußballfeldes abgetragen werden – was es zu einer sehr aufwändigen Angelegenheit machen würde, den Durst möglicher künftiger Mondbesatzungen zu löschen.

ALEXANDER STIRN

Dieser Schwertgriff mit kunstvollen Einlegearbeiten gehört zu den 1500 Stücken des Goldschatzes. Foto: dpa

Edles aus dem Acker

Hobbyarchäologe mit Metalldetektor findet in England einen historischen Goldschatz

Gemeinhin gelten sie als harmlose Spinner, sogar in Großbritannien, wo es mehr von ihnen zu geben scheint als anderswo: Männer, seltener auch Frauen, die einsame Strände entlang schnüren oder Wiesen in imaginäre Planquadrate unterteilen und kreuz und quer abschreiten. Mit den Händen umklammern sie einen Metalldetektor, und in ihren Herzen pocht die Hoffnung auf einen atemberaubenden Fund.

Doch an einem Tag im Juli dieses Jahres erfüllte sich für den 55jährigen Terry Herbert der Lebenstraum jedes Metalldetektoristen, wie er und seine Mitstreiter sich in England stolz selbst nennen: Auf einem Bauernhof in der mittelenglischen Grafschaft Staffordshire stieß er auf den größten Goldschatz aus angelsächsischer Zeit, der je in Großbritannien entdeckt wurde. Aus etwa 1500 goldenen und silbernen Objekten aus dem siebten Jahrhundert besteht der Fund, der als „Schatz“ eingestuft wurde und daher der Krone gehört.

Herbert und der Besitzer des Landes, auf dem der Schatz gefunden wurde, werden jedoch eine Belohnung erhalten, sobald das Britische Museum den Wert der Gegenstände geschätzt hat. Erste Berichte veranschlagen dafür mehr als eine Million Pfund. Mit einem Gesamtgewicht von fünf Kilogramm Gold und 2,5 Kilogramm Silber übertrifft der Fund die bislang größte Entdeckung angelsächsischer Gegenstände im Vereinigten Königreich bei weitem. Der 1939 in Sutton Hoo in der Grafschaft Suffolk entdeckte Schatz wog nur 1,5 Kilogramm. Erstaunlich an der neuen Entdeckung ist, dass es sich fast ausschließlich um Waffen handelt: Schwertknäufe und –griffe, Helmteile und Griffplatten von Schwertern. Sie sind teilweise mit Halbedelsteinen und Inschriften verziert. Schmuckstücke wie Broschen, Spangen, Ohrringe waren so gut wie keine unter den Fundstücken.

Begeistert äußeren sich auch Historiker. Leslie Webster, der ehemalige Leiter der prähistorischen Abteilung des Britischen Museum erklärte, dass der Fund „unsere Vorstellungen des angelsächsischen England genauso radikal, wenn nicht noch mehr verändern wird wie die Entdeckung von Sutton Hoo“. Bislang, so meinten andere Wissenschaftler, habe man im Vergleich „nur Krümel“ zutage gefördert.

Dem Fund kommt Bedeutung zu, weil die Geschichte des sechsten und siebten nachchristlichen Jahrhunderts noch wenig erforscht ist. In jener Zeit bildeten die vom Kontinent eingewanderten Angeln und Sachsen ihre ersten Königreiche. Schatzsucher Herbert führte seinen Fund darauf zurück, dass er seinen Glücksspruch an jenem Tag abänderte. Normalerweise murmele er den Satz „Geister der Vergangenheit, führt mich wo die Münzen sind“ vor sich hin, erklärte er. „Doch an diesem Tag sagte ich Gold statt Münzen. Ich weiß nicht warum, aber irgendjemand muss wohl zugehört und mich in die richtige Richtung geführt haben.“ WOLFGANG KOYDL

Neue Ölfelder unter der Tiefsee

Die Förderung wäre aber äußerst aufwändig

Tiber Well liegt mitten im Golf von Mexiko. Dort hat der Ölkonzern British Petroleum ein Loch gebohrt. Meter für Meter fraß sich der rotierende Metallkopf in die Tiefe bis er schließlich, unter 1259 Metern Wasser und 9426 Metern Fels, auf Öl stieß. Da hatte die Mannschaft mehr Gestein durchstoßen als von der Spitze des Mount Everest zum Meeresspiegel. Es ist die tiefste Explorationsbohrung, die je unternommen wurde. Für BP hat sich das Wagnis gelohnt; Anfang September verkündete der Konzern, er habe einen „gigantischen Fund“ gemacht.

Die Entdeckung im Golf von Mexico lässt die Energiebranche ins Schwärmen geraten: So viel Öl wie in diesem Jahr habe die Industrie seit langem nicht mehr entdeckt. Zehn Milliarden Barrel zu 159 Liter enthielten die neuen Felder des ersten halben Jahres, so die Analysten der Firma Cambridge Energy Research Associates (CERA) – der höchste Stand seit dem Jahr 2000. Mehr als 200 Quellen auf fünf Kontinenten seien gefunden worden, schreibt die *New York Times*: in Ländern wie Irak, Australien und Russland sowie in den Küstengewässern vor Sierra Leone, Brasilien und den Shetlandinseln. „Das wird aber auch nicht dazu führen, dass sich das Angebot auf dem Weltmarkt entscheidend ausweitet“, sagt Jörg Schindler von der Beratungsfirma Ludwig Bölkow Systemtechnik in Ottobrunn bei München. „Da kommt das Öl erst in etlichen Jahren an.“

Branchenkenner erklären die neuen Funde vor allem mit neuer Suchtechnik. Sie erlaubt es den Firmen, tiefer zu bohren und Felder auszubeuten, die vor einigen Jahren noch außerhalb ihrer Reichweite waren. Zum Beispiel Tiber Well: Mehr als zehn Kilometer unter der Oberfläche herrschen gewaltige Temperaturen und Drücke. Auch BP weiß daher noch nicht, wie schnell und wie viel Öl aus dem neuen Loch zu fördern sein wird. Die ersten Schätzungen lauten auf ein Sechstel der dort vielleicht vorhandenen drei Milliarden Barrel Öl; Produktionsbeginn in fünf bis zehn Jahren.

Aber auch die Entdeckungen im möglichen Rekordjahr 2009 bleiben weit hinter dem Verbrauch zurück. „Die Industrie hat in den vergangenen Jahren immer zwischen fünf und zehn Milliarden Barrel neues Öl gefunden“, sagt Jörg Schindler, „selbst wenn es in diesem Jahr deutlich mehr wird: Die Welt verbraucht 30 Milliarden Barrel pro Jahr.“ Die Vorräte gehen also eigentlich zurück, wie schon seit einigen Jahrzehnten.

„All diese Funde ändern wenig an der grundsätzlichen Situation beim Erdöl“, sagt auch Hilmar Rempel von der Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe in Hannover. „Sie verschieben diese Mengen aus der Kategorie der Reserven in die Kategorie der Ressourcen, aber das Gesamtpotential bleibt unverändert.“ Reserven und Ressourcen sind wirtschaftliche Begriffe: Damit Vorräte im Boden als Ressource gezählt werden, müssen sie zu heutigen Preisen mit heutiger Technik zu fördern sein. Für Tiber Wells ist das zurzeit fraglich: Experten schätzen, dass BP das Öl für mindestens 70 Dollar verkaufen müsste. Am Donnerstag sank der Preis verschiedener Sorten Rohöl auf 67 bis 68 Dollar.

Die Preisschwankungen auf dem Markt erschweren die nötigen Investitionen. Die Summen sind inzwischen gewaltig, schließlich geht es um Bohrungen auf hoher See. „Die Suche nach Öl im tiefen Meer zeigt, dass die einfacheren Felder austrocknen“, zitiert der Wirtschaftsdienst *Bloomberg* den Analysten Peter Heijen von der holländischen Firma Theodor Gilissen Bankiers. Daniel Yergin, der Chef der CERA-Analysten, rechnet mit Investitionskosten von fünf bis zehn Milliarden Dollar für große Projekte. „Das neugefundene Öl kommt also nur dann auf den Markt“, fasst Jörg Schindler zusammen, „wenn wir auf Dauer fast doppelt so viel bezahlen wie jetzt – deutlich mehr als 100 Dollar pro Barrel.“ CHRISTOPHER SCHRADER

Fiese Visage

Was Computer-Trickfiguren unheimlich macht

Wer moderne, dreidimensional animierte Trickfilmfiguren für Filme oder Computerspiele entwirft, muss andere Regeln beachten als ein klassischer Maler oder Zeichner. Letztere vergrößern oft die Augen, wenn sie einen Menschen abbilden, um die Person angenehmer wirken zu lassen. Der gleiche Handgriff bei einer im Computer erzeugten, fotorealistischen Animationsfigur wirkt indes auf den Betrachter verstörend.

Das ist das Ergebnis einer Studie von Karl MacDorman, der an der University of Indiana lehrt. Der Informatiker legte 3294 Probanden Porträts vor, die diese danach beurteilen sollten, wie unheimlich sie wirkten. Die Bilder zeigten zwar immer das gleiche computeranimierte Gesicht, allerdings in unterschiedlicher Detailgenauigkeit und mit jeweils leicht veränderten Proportionen. Bisher war man der Ansicht, je ähnlicher animierte Figuren dem Menschen werden, desto schauriger wirken sie. Tatsächlich aber wurden menschliche Züge von den Probanden nicht als unheimlich eingestuft. Waren aber einzelne Proportionen bei einem ansonsten realistisch dargestellten Gesicht verzerrt, wirkte das deutlich unheimlicher. So stuften die Probanden vor allem Gesichter mit zu großen Augen als schaurig ein. Ähnlich verhielt es sich mit Gesichtern, die in die Länge gezogen wurden. Auf diesen Ergebnissen aufbauend, erstellte MacDorman eine Art Grusel-Index. Dieser soll nun der Film- und Computerspielindustrie helfen, Trickfilmhelden oder Bösewichte besser zu gestalten, je nachdem, welchen Charakter eine Figur ausstrahlen soll. Weitere Studien sollen den Index in Zukunft verfeinern, um irgendwann auch Robotern ein vertrauenswürdiges Äußeres verleihen zu können. stpe

Zu große Augen machen Gesichter unheimlich (links). Indiana University

Was kommt **heute** unter den Hammer und zu welchem Preis?

Sunweb.de WINTERSPORT

24 Gutscheine für Ihre Wintersportbuchung.

Der Gutschein im Wert von 150 Euro, anrechenbar auf jede individuelle Wintersportbuchung, powered by Sunweb.de.

Nerven bewahren und sparen – so funktioniert die große Rückwärtsauktion. Je länger Sie warten, desto günstiger wird der Preis. Aber warten Sie nicht zu lange, sonst schlägt ein Anderer zu. Der Kaufdown mit täglich wechselnden Angeboten.

kaufdown.de
Die Auktion, bei der der Preis sinkt.

ZEHN DINGE die Sie noch nicht wissen über

Frauen

- Die Frauen der Yanomami in Südamerika tragen traditionell nur einen dünnen Faden, der um ihren Bauch geschlungen ist. Obwohl die Schnur nichts verbirgt, reagieren die sonst nackten Frauen mit Scham, wenn sie sie abnehmen sollen.
- Wurde Frauen in Studien eingeredet, sie litten an einer genetisch bedingten Mathe-Schwäche, lösten sie Rechenaufgaben tatsächlich schlechter. Frauen, denen dieses Vorurteil zuvor nicht nahegelegt wurde, bewältigten die Aufgaben völlig normal.
- Laut einer Befragung von 5000 Männern und Frauen aus 30 Ländern weint eine durchschnittliche Frau einmal pro Woche. Männer lassen demnach nur einmal im Monat die Tränen fließen.
- Glaubt man Forschern aus New York, bewegen sich Frauen beim Fußballspielen ganz anders als Männer: Sie aktivieren angeblich unterschiedliche Muskelgruppen.
- Frauen schauen sich Fotos, auf denen fehlgebildete Babys zu sehen sind, im Schnitt kürzer an als Männer. Warum das so ist? Darüber können Forscher nur spekulieren. Womöglich habe die Evolution Frauen begünstigt, die ihre Energie vor allem in die Pflege von gesunden Kindern gesteckt haben, glaubt Igor Elman von der Harvard Medical School in Boston, der für die Foto-Studie verantwortlich ist.
- Frauen haben die Musik erfunden – behauptet Sandra Trehub von der University of Toronto. Die ersten Stücke seien Schlaflieder gewesen, mit denen Kinder beruhigt wurden. Einer anderen Hypothese zufolge waren es dagegen die Männer, die mit der Musik begonnen haben – um Frauen zu beeindrucken.

Illustration: Schifferdecker

- Mit dem Einkommen ihres Partners steigt auch die Häufigkeit, mit der Frauen einen Orgasmus erleben. Das behaupten Forscher um Thomas Pollet von der Universität Newcastle, die Daten einer Umfrage unter mehr als 1500 Frauen in China ausgewertet haben. Ob aber reiche Partner mehr Lust bereiten oder besonders erregbare Frauen eher wohlhabende Partner wählen, ist unklar.
- Auf den Handinnenflächen von Frauen leben mehr unterschiedliche Keime als auf denen von Männern. Nach eigenen Angaben waschen sich Frauen häufiger die Hände als Männer.
- Frauen haben empfindlichere Nasen als Männer. In einem Experiment mussten Frauen an Schweißproben riechen, die durch andere Düfte übertüncht wurden. Von 32 Gerüchen, schafften es nur zwei das Riechvermögen der Probandinnen so sehr zu irritieren, dass der Schweißgeruch nicht mehr wahrgenommen wurde. Männer hingegen waren bei 19 der Düfte überfordert, noch den Schweiß zu erschnüffeln.
- Frauenmangel war der Grund, weshalb die Wikinger einst aus Skandinavien zu Raubzügen nach Irland und England aufbrachen. So argumentieren Archäologen von der Universität Cambridge. Und die Krieger waren selber schuld: Neugeborene Mädchen wurden oft getötet. Dies führte zu einem erheblichen Männerüberschuss.

SEBASTIAN HERRMANN

SZdigital: Alle Rechte vorbehalten – Süddeutsche Zeitung GmbH, München
Jegliche Veröffentlichung exklusiv über www.sz-content.de
pestenitzer
SZ20090925S1181765