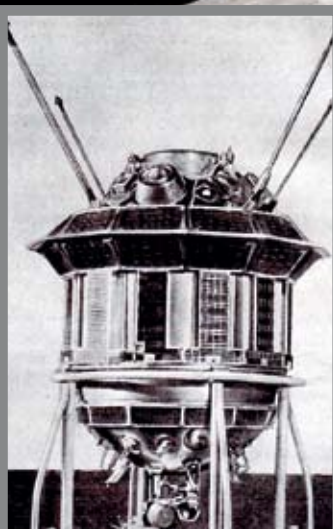


Eine NEUE WELT

Die Rückseite des Monds –
eine fast vergessene Gegend

VON CHARLES A. WOOD



NASA, NSSDC

Die sowjetische Raumsonde Lunik 3 startete am 4. Oktober 1959 in Richtung Mond, um dort die ersten Bilder der erdabgewandten Seite zu schießen.

Die Raumsonde Lunik 3 entzauberte das Mysterium der erdabgewandten Mondseite, die jahr- hundertlang die Fantasie der Menschen anregte



Seit fast fünfzig Jahren schicken wir nun schon Raumsonden zu den Planeten und den vielen kleineren Objekten im Sonnensystem. Sie sind uns vertraut geworden – von Merkur mit seiner verschrumpelten Oberfläche bis hin zu Neptun mit seinem Großen Dunklen Fleck. Doch ein eigentlich nahe liegendes Gebiet ist nur selten betrachtet und sogar beinahe vergessen worden: die erdabgewandte Seite des Mondes.

Eine ironische Wendung der Geschichte, denn die lunare Rückseite war derjenige himmlische Grund und Boden, der bereits zu Beginn des Raumfahrtzeitalters erkundet wurde. Im Oktober 1959 funkte die sowjetische Sonde Lunik-3 die ersten, wenn auch körnigen Fotos von der Mondrückseite zur Erde. Die Welt war verblüfft über das Kunststück; die Raumfahrt hatte ein verborgenes Land enthüllt, das jahrhundertlang die Fantasie der Menschen angeregt hatte. Das amerikanische Lunar Orbiter Program (1966/67) lieferte dann die ersten scharfen Bilder der versteckten Mondseite. Sie zeigten eine ungewöhnliche Landschaft, der die verbreiteten dunklen Maria (»Meere«) fehlten, die uns von der sichtbaren Seite so vertraut sind.

Auch die Apollo-Astronauten schossen spektakuläre Fotos, als sie 1968 und 1972 die Rückseite des Mondes überflogen – doch fast alle nachfolgenden Missionen befassten sich mit der erdzugewandten Seite.

Seitdem schwand das eben erst zugänglich gewordene Land wieder aus unserem Bewusstsein. Erst mehr als zwanzig Jahre später, im Januar 1994, dirigierte das US-Verteidigungsministerium die kleine Raumsonde Clementine um den Mond herum.

In Vergessenheit geraten

Clementine sollte Miniatursensoren testen, die für das damals geplante Raketenabwehrsystem im Weltall entwickelt worden waren. Nebenbei lichtete sie erstmals in der Geschichte jeden Winkel der Mondoberfläche ab – mehr als zwei Millionen digitale Fotos kamen zusammen. Auf jedem von ihnen war nur eine kleine Ausschnitt abgebildet, was die enorme Anzahl der Aufnahmen erklärt.

Wissenschaftler setzten die winzigen Bilder schließlich zu Mosaiken zusammen, die die gesamte Vorder- und Rückseite zeigten (siehe S. 22). Leider ist es ziemlich

öde, dieses Werk zu betrachten, denn der Großteil des Mondes wurde bei hohem Sonnenstand fotografiert, sodass der Anblick dem des Vollmonds von der Erde aus ähnelt. Daher lagen die Mosaikteile die meiste Zeit auf der Website der Behörde, doch niemand interessierte sich dafür.

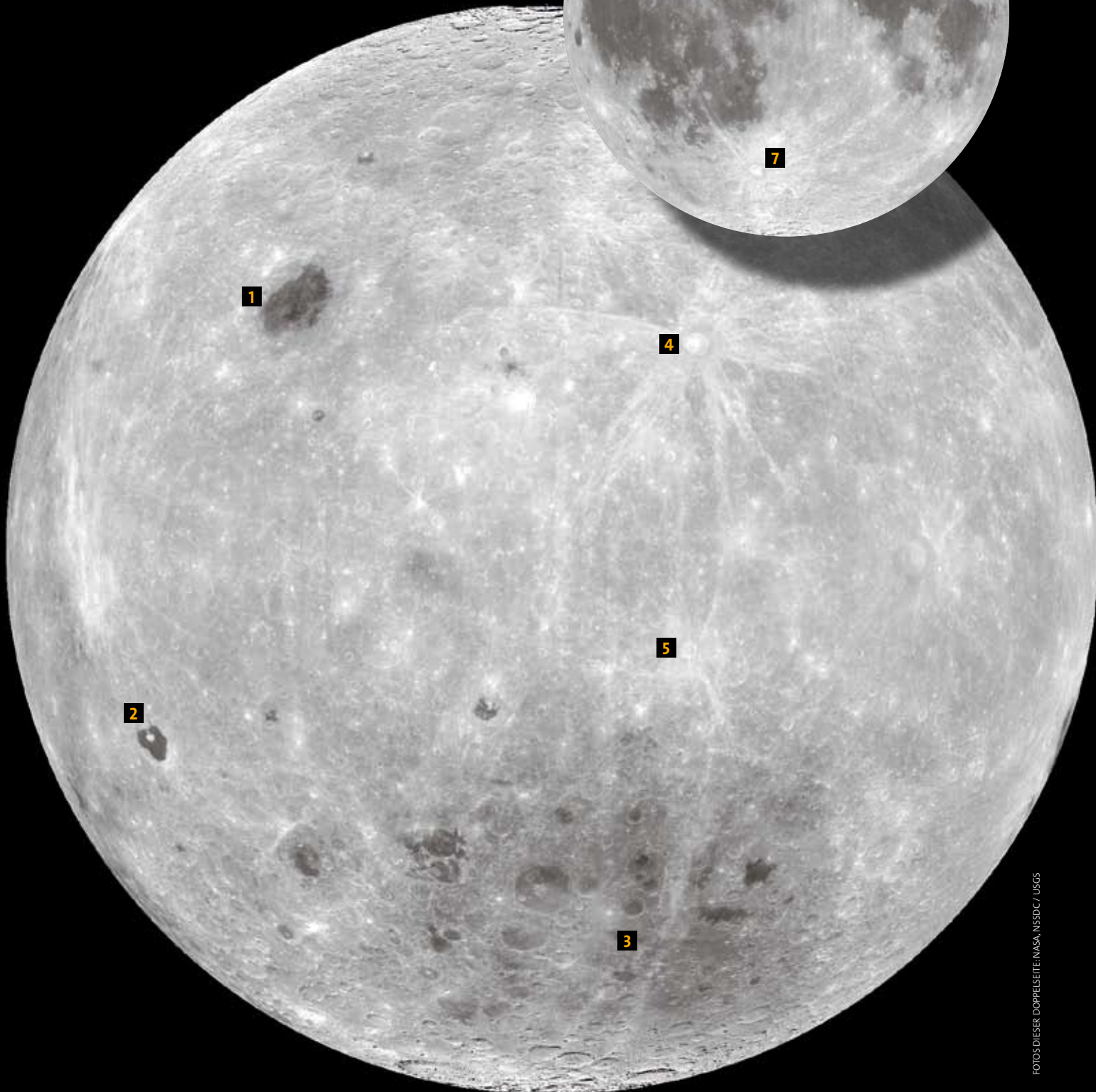
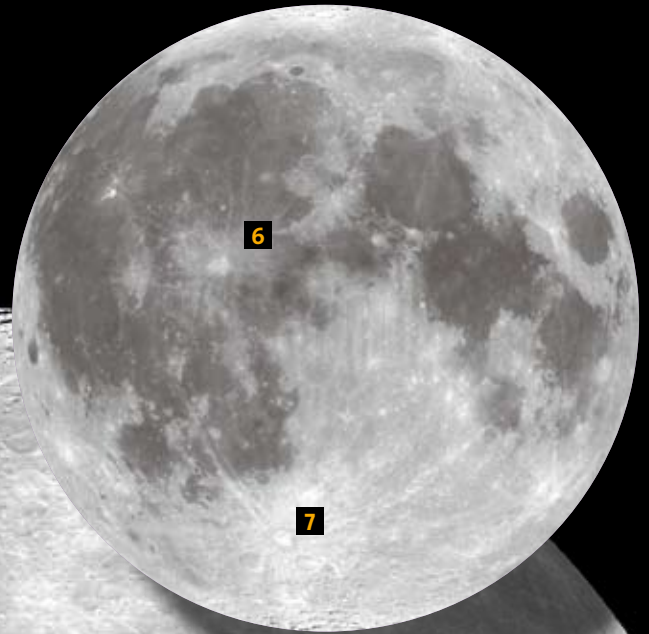
Als ich per Zufall auf die Bilder stieß, verblüffte mich der Unterschied zwischen den beiden Mondseiten. Ich wusste zwar, dass Maria auf der Rückseite viel seltener sind, doch die Clementine-Mosaikteile verstärkten diesen Eindruck noch. Bei allen früheren Aufnahmen der Rückseite waren Orbiter- und Apollo-Bilder zusammengestückelt worden, die bei schrägen Winkeln entstanden waren.

Mit Hilfe von Clementine ließ sich die gesamte Mondrückseite mit ihren einzigartigen Merkmalen zum ersten Mal bei gleicher Beleuchtung betrachten. Das Mosaik zeigt die verstreuten Flecken von dunkler Mare-Lava und von Kratern mit hellen Strahlen. Doch weil ausgedehnte Maria fehlen, weist die erdabgewandte Seite keine besonders charakteristische Geografie auf, sodass es gar nicht so leicht ist, sich darauf zurechtzufinden.

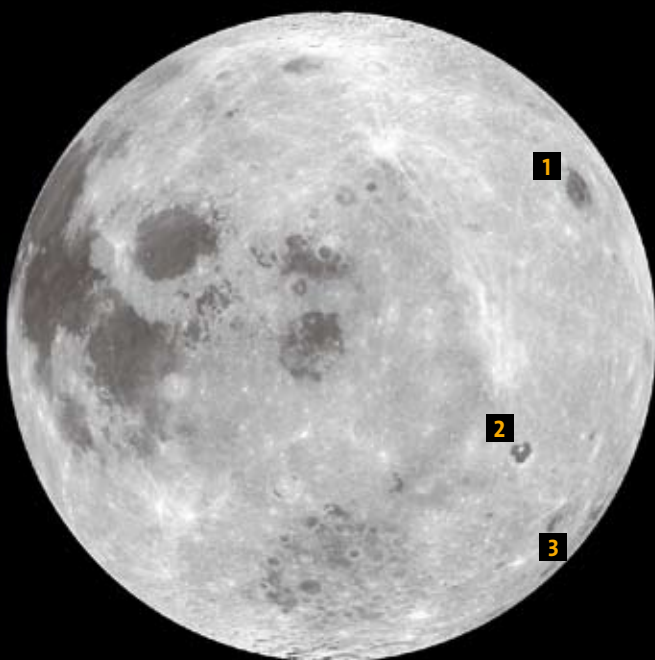
Zwei Seiten

Tausende von Bildern der Raumsonde Clementine ergaben diese Mosaik der Vorder- und Rückseite des Mondes. Besonders markante Punkte sind: das Mare Moscoviense (1), der Krater Tsiolkovskiy (2), das Südpol-Aitken-Becken (3) sowie die auffälligen Krater Jackson (4) und Crookes (5).

Mondvorderseite



Mondrückseite



Um die Eigenheiten der Rückseite zu verstehen, lohnt es sich, einen Blick in die Entstehungsgeschichte des Erdtrabanten zu wagen. Vor etwa viereinhalb Milliarden Jahren bildete sich der Mond aus Trümmern, die ins All geschleudert worden waren, als ein großer Protoplanet (Vorläuferplanet) auf die junge Erde stürzte. Durch die extremen Drücke und Temperaturen, die dabei auftraten, verlor das ausgeworfene Material seine flüchtigen Komponenten – insbesondere Wasser. Auf Grund seiner Anziehungskraft fand sich das lose Geröll nahe der Erde jedoch wieder zusammen.

Aus Trümmern geboren

Das schnelle Zusammenstürzen verursachte eine enorme Hitze, die den neu entstandenen Satelliten vollständig schmelzen ließ. Absinkende Metalle bildeten den Mondkern, während leichteres, kalziumreiches Material nach oben trieb. Schließlich kühlte die Oberfläche ab und brachte eine Kruste hervor, die ungefähr sechzig Kilometer dick ist. Sie besteht weitgehend aus Anorthosit – einem Gestein, das hauptsächlich aus einem Feldspat-Mischkristall (Plagioklas) besteht. Dessen relativ helle Farbe ruft die charakteristische Erscheinung der Mond-Hochländer hervor.

Der junge Erdtrabant wurde fortan mit Geröll bombardiert, das entweder von seiner Entstehung übrig geblieben war oder noch der Geburt des Sonnensystems entstammte. Projektile von der Größe eines Bergs verursachten riesige Vertiefungen:

Krater, die von Rand zu Rand weniger als 15 Kilometer messen, sehen einfach wie Schüsseln aus; bei größeren Kratern stürzen die Wände ein, sodass es zu Rutschungen und zur Bildung von Terrassen kommt. Der Boden unter der Einschlagstelle federt zurück und ein Zentralberg hebt sich in deren Mitte empor. Copernicus (93 Kilometer, 6) und Tycho (85 Kilometer im Durchmesser, 7), beide auf der uns zugewandten Mondseite, sind Beispiele für solche komplexen Krater.

Ist eine Einschlagstelle breiter als dreihundert Kilometer, bildet sich um den Zentralberg ein Ring aus, der ihn in manchen Fällen sogar ersetzen kann. Übersteigt der Durchmesser vierhundert Kilometer, formen sich nach außen hin weitere Ringe. Darüber hinaus bedeckt das ausgeworfene Material nun einen Bereich von mehreren hundert Kilometern. Große Trümmerstücke werden bis zu tausend Kilometer weit weggeschleudert, wodurch zwanzig bis dreißig Kilometer breite Sekundärkrater entstehen. Diese riesigen Mehrfachringbecken sind die größten Landschaftsräume auf dem Mond.

Einige zehn bis hundert Millionen Jahre nach dem letzten intensiven Bombardement schmolz das Gestein in einigen zig Kilometern unter der Oberfläche erneut. Grund dafür war die enorme Hitze, die bei dem radioaktiven Zerfall von Thorium, Uran und Blei im Mondinneren entstand. Das flüssige Magma quoll durch Risse, die durch Einschläge entstanden waren, nach oben und überflutete die Böden der Krater-

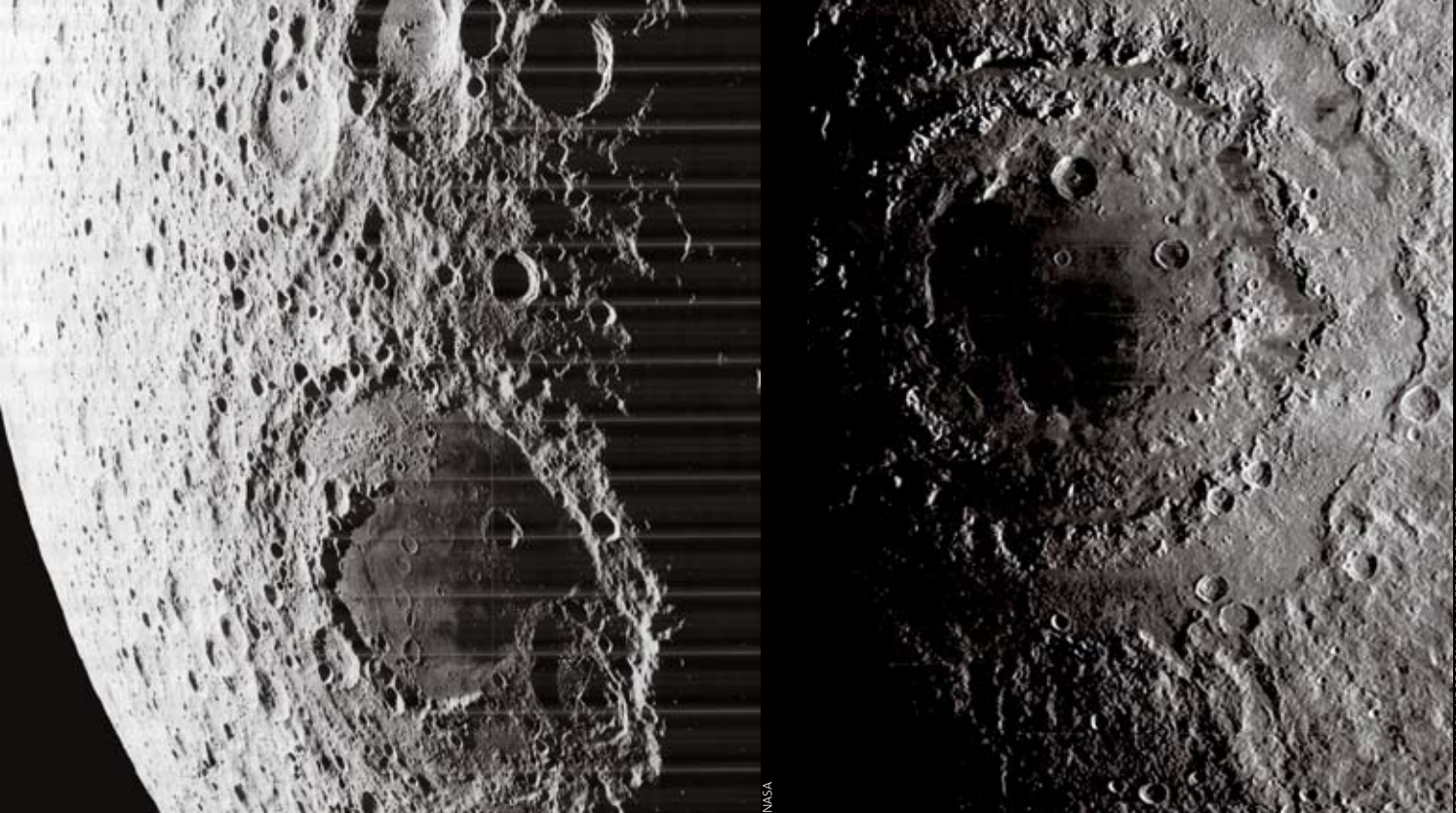
Diese Bilder sind ebenfalls aus Aufnahmen der Raumsonde Clementine zusammengesetzt und zeigen den Mond von der Seite.



Zu diesem Beitrag steht auf der Internetseite www.wissenschaft-schulen.de kostenlos didaktisches Material zur Verfügung

Warum zeigt uns der Mond stets seine Vorderseite? Beantworten Sie diese Frage zusammen mit Ihren Schülern. Wir bieten Ihnen Experimente, Diskussionsanregungen und Aufgaben zum Thema.

Das Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« führen wir in Zusammenarbeit mit der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen durch. Es wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH gefördert.



Das Mare Moscoviense (links) ist die größte dunkle Tiefebene auf der erdabgewandten Mondseite. Es entstand durch den Einschlag eines riesigen Asteroiden. Das Mare Orientale auf der Mondvorderseite (rechts) misst rund 300 Kilometer im Durchmesser, die umliegenden Ringstrukturen überspannen hingegen mehr als tausend Kilometer.

VOLLMOND

Auch wenn die erdabgewandte Seite des Monds häufig als seine dunkle Seite bezeichnet wird, liegt diese keineswegs in ewigem Schatten. Herrscht für uns gerade Neumond, lässt die Sonne die Rückseite des Erdtrabanten hell erstrahlen.

becken. Da die Lava basaltisch und damit reich an Eisen und Magnesium ist, verleiht sie den Mondmeeren ihre charakteristische dunkle Farbe.

Auf der Rückseite des Monds treten diese dunklen Mare-Flecken nur an isolierten Stellen auf – es dominiert das kraterübersäte, helle Hochland. Das Mare Moscoviense (lateinisch: Moskauer Meer) und der Boden des Kraters Tsiolkovskiy sind dort die größten dunklen Tiefebene (siehe Bild S. 22). Alle anderen liegen in einer 2400 Kilometer breiten Niederung, die sich vom Äquator bis zum Südpol erstreckt. Mondgeologen spekulierten anhand einiger weniger Apollodaten, dass es sich bei diesem bis zu zwölf Kilometer tiefen Gebiet um ein Einschlagbecken handeln könnte. Erst topografische Karten, die nach der Clementine-Mission entstanden, bestätigten diese Vermutung. Und mehr noch: Sie zeigten, dass es das breiteste und tiefste bekannte Einschlagbecken im gesamten Sonnensystem ist. Zunächst gaben ihm die Wissenschaftler den Namen Big Backside Basin; da es sich aber vom Pol bis zum Krater Aitken zieht, wird es heute prosaischer als das Südpol-Aitken-Becken (SPA-Becken) bezeichnet.

Der Einschlag, der das SPA-Becken verursachte, hob so viel Material aus, dass die Mondkruste dort nur noch rund dreißig Kilometer dick ist. Gewaltige Mengen an

Gestein wurden in die Höhe katapultiert und verteilten sich über den gesamten Mond; vielleicht gelangten sogar einige Brocken bis zur Erde. Nördlich des Beckenrands häuften sich die Trümmer zu dem weiten Plateau auf, das heute acht Kilometer höher liegt als das mittlere Mondniveau.

Schmutzig graue Erscheinung

Anders als der Großteil des Monds, der entweder reich oder arm an Eisen ist (Mare oder Hochland), weist die Gegend innerhalb des SPA-Beckens durchschnittliche Werte an Eisen auf, was die schmutzig graue Oberfläche erklärt. Noch verblüffender ist, dass es auch relativ viel Thorium enthält – ein Anzeichen für ein ungewöhnliches Mondgestein, das vermutlich in der tieferen Mondkruste existiert. Durch die Tiefe des SPA-Einschlags könnten Teile jener Schicht und des darunterliegenden Mantels frei gelegt worden sein. Daher ist der Boden des Südpol-Aitken-Beckens vorrangiges Ziel zukünftiger Mondmissionen.

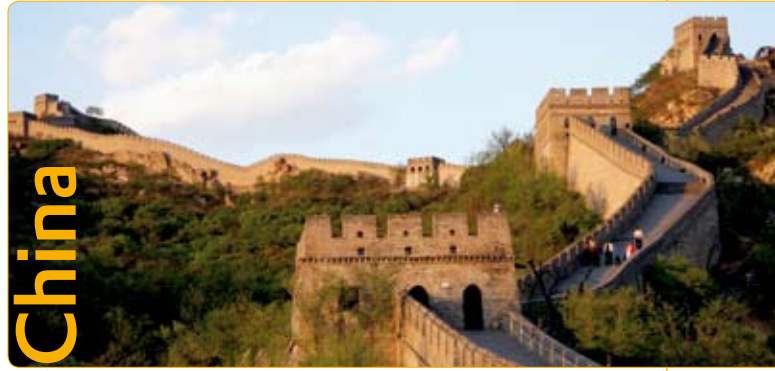
Vielleicht können diese auch endgültig klären, warum die dunklen Tiefebene auf der erdabgewandten Seite so selten sind. Wissenschaftler vermuten bislang, dass das Magma hier einfach nicht hoch genug gestiegen ist, um die Einschlagkrater der Rückseite zu fluten. Und das könnte an der unterschiedlichen Krustendicke liegen,

Leserreisen zur totalen Sonnenfinsternis am 1. August 2008

China: 19. 07. – 05. 08.

Peking, Nordosttibet und die Seidenstraße

Beobachtungsort der Sonnenfinsternis ist der Südrand der Wüste Gobi. Dauer der Totalität 1 Minute 50 Sekunden, Sonnenhöhe 14 Grad. Wir fliegen neun Stunden nach Peking. Dort besuchen wir das alte Observatorium und den bekanntesten Teil der Großen Mauer bei Jinshanling und besichtigen den berühmten Kaiserpalast mit Himmelstempel. Anschließend nach Lanzhou, die Stadt am Gelben Fluss, und weiter über das Qinghai-Plateau mit Besuch verschiedener tibetischer Klöster und der großen Salzseen. Im Nordosten des Quilian-Gebirges besuchen wir Dunhuang mit seinen berühmten Höhlenklöstern. Weiter gehts entlang der sagenumwobenen Seidenstraße zu den sin-



China
JI XIAO BU

genden Sanddünen. Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis im internationalen Camp am westlichsten Punkt der Großen Mauer bei Jiayuguan. Rückflug mit Übernachtung in Shanghai. Abschluss: Fahrt mit dem Transrapid zum Flughafen und Heimflug

Mongolei: 27. 07. – 10. 08.

Das Altaigebirge und die Wüste Gobi

Die Sonnenfinsternis beobachten wir im südwestlichen Zipfel der Mongolei, nahe der Zentrallinie: Dauer zwei Minuten, Sonnenhöhe 22 Grad. Flug über Moskau nach Ulan Bator. Besuch des Bogd-Khan-Palasts, des Naturhistorischen Museums und des Gandan Klosters. Inlandsflug nach Altai, einer Stadt im Südwesten des Landes. Fünftägige Geländewagentour zur Beobachtung der Sonnenfinsternis in »Honi Usnii Hooloi« inmitten der grandiosen Natur des Altaigebirges.

Weiterfahrt zur Stadt Khoved und Inlandflug über Ulan Bator nach Dalanzangad im Süden der Mongolei. Abenteuerliche fünftägige Geländewagentour in die Wüste Gobi. Unterwegs sehen wir die einzigartige Wüstenlandschaft Hongorin Els, den Saxaulwald und die Bartgeierschlucht sowie das weltbekannte Kloster Erdene Dzuu in der ehemaligen Hauptstadt Dschingis Khans (Übernachtungen in Zweierzelten und in typisch mongolischen Jurten). Die Reise hat Expeditionscharakter.

15-tägiges Programm
Reisepreis: im DZ € 3050,-



Mongolei
BEIDE FOTOS: REGINA GÄRTNER

INFOPAKET UND BUCHUNG ÜBER:

Wittmann Travel
Koldingstr. 21
22769 Hamburg
Telefon: 040 851053-76
Fax: 040 851053-77
E-Mail: info@wittmann-travel.de
Web: www.wittmann-travel.de

Russland: 28. 07. – 05. 08.

Moskau, Nowosibirsk und St. Petersburg

Beobachtung der Finsternis auf der Zentrallinie in Nowosibirsk: Dauer 2 Minuten 20 Sekunden, Sonnenhöhe 30,5 Grad.

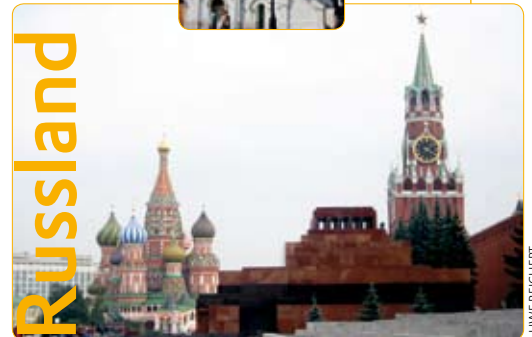
Die Reise zu den drei größten und kulturell wichtigsten Städten Russlands beginnt mit zwei Übernachtungen in Moskau: Besichtigung des Roten Platzes, des Kreml und des historischen Zentrums der russischen Hauptstadt.

Weiterflug nach Nowosibirsk und dreitägiger Aufenthalt. Die Stadt auf dem 55. Breitengrad am gewaltigen Strom Ob entstand einst als Station der Transsibirischen Eisenbahn und gilt heute als das kulturelle Zentrum Sibiriens. Zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis ist ein außerhalb gelegenes neues Hotel exklusiv gemietet. Der Rückflug geht über St. Petersburg, heute Weltkulturerbe der Unesco. Das Besichtigungsprogramm umfasst den Katharinenpalast und die berühmte Sternwarte von Pulkova. Mit astronomischer Leitung

neuntägiges Programm
Reisepreis: im DZ € 2580,-
viertägige Kurzreisevariante
zu diesem Beobachtungsziel



OLEG TUMANOV



Russland
UWE REICHERT



NASA/NSRDC/USGS

Warum ein verstecktes Gesicht?

Warum zeigt uns der Mond immer nur eine Seite und verbirgt die andere? Schuld daran sind die Gezeiten. Kurz nach seiner Entstehung drehten sich sowohl der Mond als auch die Erde schneller als heute. Die Gravitationskraft, mit der sie aneinander zerrten, führte dazu, dass kleine Verformungen der beiden Himmelskörper anwuchsen. Durch die Reibung, die durch die Gezeiten hervorgerufen wird, rotierten Erde und Mond nach und nach langsamer. Die hieraus resultierende Energie wurde in die Vergrößerung der Mondumlaufbahn übertragen. Selbst heute noch verlangsamt der Mond die Erddrehung (vor allem durch das Hin- und Herschwappen der Meere bei Ebbe und Flut). Darum kriecht der Mond von der Erde weg – 3,8 Zentimeter im Jahr. Da der Mond kleiner und leichter ist als die Erde, hat er durch die Gezeitenbremsung schon vor langer Zeit fast seine gesamte Rotation verloren. Hinzu kam, dass der Mond leicht eiförmig ist. Darum manövriert er sich automatisch in eine Lage, die an die Gezeiten gebunden ist.

Der Strahlenkrater Ohm ist eine auffällige Landmarke auf der Mondrückseite. Die Tatsache, dass im Norden (oben) Strahlen fehlen, ist ein Anzeichen dafür, dass der Einschlagkörper in flachem Winkel aus Norden kam.

denn Gravitationsmessungen von Clementine bestätigen, dass die Kruste der Vorderseite im Durchschnitt 55 Kilometer dick ist, während die der Rückseite 12 Kilometer tiefer reicht. Das Magma hätte also viel höher steigen müssen, um die Oberfläche zu erreichen. Im SPA-Becken, wo die Kruste durch den Einschlag deutlich dünner war, konnten sich hingegen Maria ausbilden.

Allerdings bringt die mangelnde Lava auf der Rückseite auch Vorteile: Ohne den steinernen Überzug bleibt das Innere von Einschlagbecken nicht wie auf der Vorderseite verborgen. So besitzt das mehr als drei Milliarden Jahre alte Mare Orientale vier konzentrische, bullaugenartige Bergringe und nur ein paar wenige Pfützen von Mare-Lava zwischen diesen Ringen und dem Zentrum des Beckens (siehe Foto S. 24). Orientale dient heute als Prototyp bei der Interpretation aller übrigen großen Becken im Sonnensystem.

Helle Strahlen

Die meisten Becken auf der erdabgewandten Mondseite sind kleiner als Orientale, zeigen aber ebenfalls eine ausgeprägte Ringstruktur. Im Mare Moscovienne beispielsweise ist der innere Ring mancherorts fast so massiv wie der Hauptrand, die Ringe dazwischen sind niedriger.

Ein weiterer Blickfang auf dem Mond sind Strahlenkrater, deren helle Kränze sich auf den dunklen Maria in den Tagen um Vollmond herum selbst mit einem Feldstecher erkennen lassen – etwa in den jungen Kratern Copernicus, Aristarchus und vor allem Tycho. Auf der Rückseite macht es die hellere Oberfläche etwas schwerer, Strahlenkrater zu entdecken, dennoch gibt es eine ganze Menge davon. Die großartigsten sind vermutlich Jackson und Ohm (siehe Bild oben) mit ihren Strahlen, die sich über Hunderte von Kilometern erstrecken. Die Strahlen breiten sich östlich und westlich der Krater aus, während die Gebiete im Norden fast strahlenfrei sind. Dies deutet auf schräge Einschläge hin. Simulationen im Labor zeigen, dass das Jackson-Projektil in einem Winkel von ungefähr 15 Grad über dem Horizont aus Norden kam. Sowohl Jackson als auch Ohm sind umgeben von dunklen Ringen aus glasiger Einschlagschmelze.

Von der Erde aus bleiben uns diese Anblicke des Monds leider verwehrt. Doch dank der Raumsonden können wir uns immerhin ein recht genaues Bild von dieser so lange verborgenen Gegend machen. <<

CHARLES WOOD betreibt die Internetseite *Lunar Photo of the Day* (lpod.org).