

# 50 Jahre NASA

## Wie die Erkundung von Mond und Planeten begann

*Die Weltraumbehörde NASA wird im Oktober 2008 fünfzig Jahre alt. In diesem Artikel blicken wir in ihre Anfänge zurück und befassen uns mit der Geschichte der frühen Raumsonden zum Mond als Wegbereiter der bemannten Apollo-Flüge zum Erdtrabanten. Auch die ersten Sonden zu Mars und Venus entstanden aus den frühen Mondsonden.*

Von Harro Zimmer

In wohl nahezu allen Sprachen ist im Laufe der zurückliegenden Jahrzehnte die Abkürzung NASA zu einem festen Begriff für den Vorstoß des Menschen in den Weltraum geworden. Die National Aeronautics and Space Administration, vom amerikanischen Steuerzahler finanziert, hat wie kaum eine andere staatliche Einrichtung weltweit seit einem halben Jahrhundert nachhaltig Wissenschaft und Technik geprägt und verändert. Ihre »Geburtsurkunde«, der vom Präsidenten der USA, Dwight D. Eisenhower unterzeichnete National Aeronautics and Space Act, wurde am 29. Juli 1958 veröffentlicht; ihre Tätigkeit nahm die NASA am 1. Oktober 1958 auf.

Wie keine andere Institution hat die NASA in Astronomie und Weltraumforschung Maßstäbe gesetzt und dabei fast das gesamte Sonnensystem erschlossen. Eine umfassende Würdigung würde Bände füllen. Spektakuläre Erfolge wurden mit Raumfahrzeugen erzielt, die Menschen in den erdnahen Weltraum und später zum Mond transportierten. Diese Missionen überstrahlten die anderen Unternehmungen der NASA. Hier möchte ich daher hauptsächlich ein Kapitel aus der

Vergangenheit betrachten, das fast schon in Vergessenheit geraten ist: Wie begann eigentlich die Erkundung des Mondes sowie der Nachbarplaneten Venus und Mars durch unbemannte Raumsonden?

### Die NASA »erbt« ein Mondflugprogramm

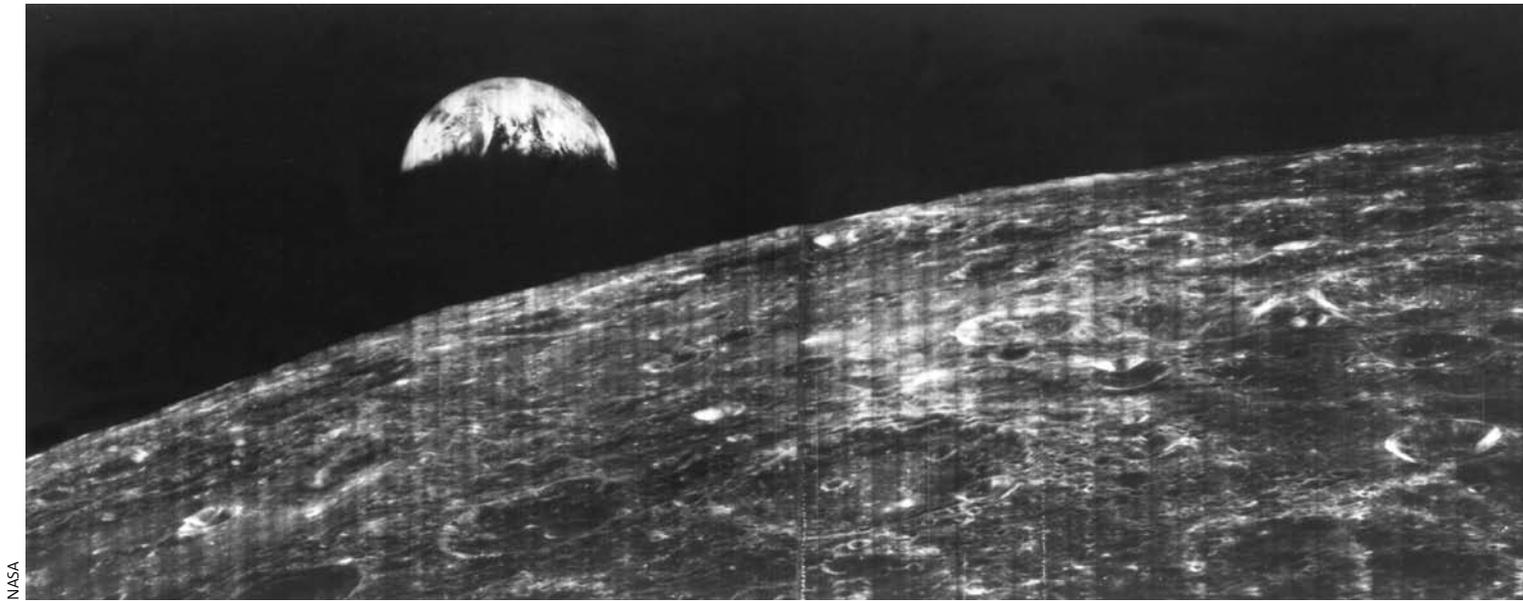
Die neue Behörde trat schon am 7. Oktober 1958 schlagartig in das Licht der Öffentlichkeit mit der Ankündigung eines Programms für den bemannten Raumflug, das kurze Zeit später offiziell den Namen »Projekt Mercury« erhielt. Praktisch zur gleichen Zeit wurde der NASA auch das bislang vom Militär geführte unbemannte Mondflugprogramm Pioneer übertragen.

**Oben:** Präsident Dwight D. Eisenhower (1890–1969, Mitte) überreicht nach der Unterzeichnung am 29. Juli 1958 den »Space Act« den Gründungsmitgliedern der NASA, Hugh L. Dryden (1898–1965, links) und T. Keith Glennan (1905–1995, rechts).

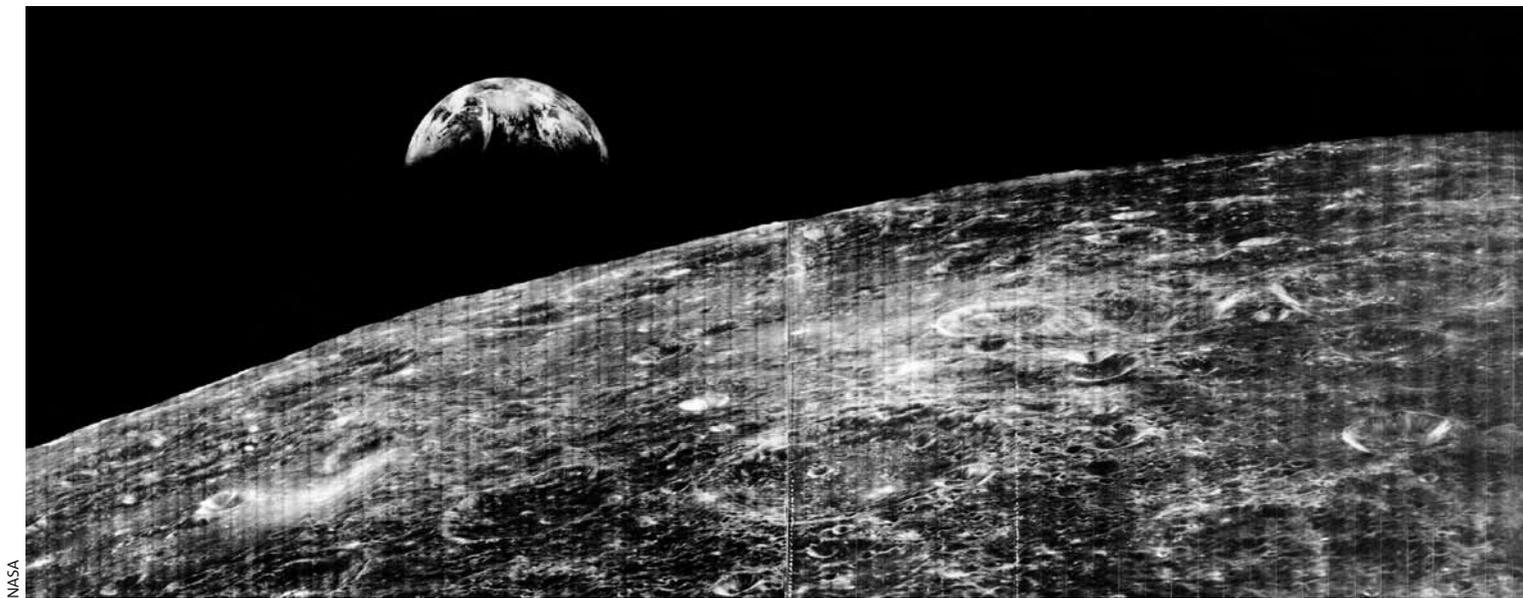
**Unten:** Die neue Behörde nahm ihren Betrieb am 1. Oktober 1958 auf. Sie war anfangs in einem bescheidenen Bürogebäude in Washington, DC, untergebracht.



NASA



NASA



NASA



NASA/Don Davis

Lunar Orbiter 1 gelang 1966 die erste Aufnahme mit der Erde am Mondhorizont. Das Streifenmuster geht auf die Faksimile-Technik dieser Mondsonden zurück. Oben ist ein zeitgenössisches Bild aus den 1960er Jahren zu sehen, in der Mitte wurden die Daten mit dem Computer bearbeitet und in der unteren Version ausgefleckt und künstlich eingefärbt.



NASA

**Pioneer 3 sollte am 8. Dezember 1958 am Mond vorbeifliegen. Durch einen Fehler in der Trägerrakete erreichte sie nur einen Erdabstand von 102 000 Kilometern, bevor sie zur Erde zurückfiel.**

Am 11. Oktober hob die Sonde Pioneer 1 erfolgreich ab, erreichte aber nicht den Erdtrabanten. Immerhin konnte sich die Sonde bis zu 115 000 Kilometer von der Erde entfernen. Für eine Fluchtbahn reichte ihre Geschwindigkeit jedoch nicht aus, so dass sie im Schwerefeld der Erde gefangen blieb und in die Atmosphäre zurückfiel. Verantwortlich für die Entwicklung der Pioneer-Sonden war das seinerzeit für die US-Army arbeitende Jet Propulsion Laboratory (JPL), angesiedelt beim California Institute of Technology in Pasadena bei Los Angeles. Diese Einrichtung wurde am 3. Dezember 1958 der NASA zugeschlagen.

Auch unter der Flagge der NASA war jedoch dem Pioneer-Mondprogramm kein voller Erfolg beschieden. Die Sonde Nummer 3, nur sechs Kilogramm schwer,

erreichte eine maximale Erdentfernung von 102 000 Kilometern.

Pioneer 4 verfehlte den Erdtrabanten um 60 000 Kilometer und schlug eine Bahn um die Sonne ein. Das glücklose Erbe des Militärs war allerdings schnell vergessen, als die Weltraumbehörde am 9. April 1959 sieben Astronauten für das Mercury-Programm auswählte, die bald die Schlagzeilen beherrschen sollten. Ende Juli 1960 schrieb die NASA Vorschläge für ein leistungsfähiges bemanntes Raumfahrzeug aus: Apollo, geeignet für die Erdumlaufbahn und die Mondumrundung.

Doch erst seit der historischen Rede des Präsidenten John F. Kennedy vom 25. Mai 1961, in welcher er die bemannte Mondlandung bis zum Ende des Jahrzehnts als nationales Ziel vorgab und dem Weltraum eine Schlüsselrolle für die Zukunft zumaß,

hatten die Konzepte und Pläne im Rahmen des Apollo-Programms eine Chance zur Realisierung. Hier möchte ich jene unbemannten Missionen der 1960er Jahre zur Monderkundung betrachten, welche die Voraussetzungen für Apollo schufen und auch zu einem neuen Bild des Erdbegleiters beitrugen.

### Wie bemannt auf dem Mond landen?

Drei Raumsondenprogramme sollten primär die Frage beantworten, ob und wo eine sichere bemannte Landung auf dem Erdtrabanten möglich sei. Wie es um die Feinstruktur der Oberfläche im Meterbereich bestellt war, sollten hart aufschlagende Sonden vom Typ Ranger klären.

Doch wie war der Mondboden selbst beschaffen, könnte er ein Landefahrzeug tragen? Diese Fragestellung erscheint uns heute etwas seltsam, doch in den frühen 1960er Jahren vertraten manche Forscher die Meinung, dass die Mondoberfläche mit meterdickem Staub oder eine Art von Treibsand bedeckt sei, in dem ein Raumschiff auf Nimmerwiedersehen versinken könnte. Weich landende Sonden mit der Bezeichnung Surveyor sollten hier schlüssige Informationen liefern. Diese beiden Projekte konnten die entscheidenden Detailfragen zur Oberfläche beantworten.

Weiter galt es, optimale Landeplätze für die Apollo-Astronauten zu finden. Verbunden mit einer umfassenden Kartierung

## 50 Jahre NASA – Eine kleine Chronik

### 50er Jahre

**1. Oktober 1958:** Die NASA nimmt ihre Tätigkeit auf.



**5. März 1959:** Pioneer 4 fliegt in 60 200 km Entfernung am Mond vorbei.

### 60er Jahre

**1. April 1960:** Der erste Wettersatellit – TIROS 1 – startet.

**12. August 1960:** Der Ballonsatellit Echo 1 gelangt in den Orbit.

**5. Mai 1961:** Alan Shepard absolviert mit Mercury-Freedom einen ballistischen Flug.

**20. Februar 1962:** John Glenn umkreist als erster Amerikaner dreimal die Erde.

**14. Dezember 1962:** Mariner 2 passiert die Venus.

**14. Februar 1963:** Mit Syncom 1 gelangt erstmals ein Satellit in den geostationären Orbit.

**26. November 1963:** Explorer 18 untersucht die Magnetosphäre bis in 198 000 km Erdentfernung

**4. September 1964:** OGO 1 – Geophysikalisches Observatorium im Orbit



**23. März 1965:** Gemini 3 startet mit Gus Grissom und John Young an Bord.

**16. Dezember 1965:** Pioneer 6 gelangt in eine Umlaufbahn um die Sonne

**8. April 1966:** OAO 1 – Start des ersten Astronomiesatelliten.

**30. Mai 1966:** Surveyor 1 landet weich auf der Mondoberfläche.



**27. Januar 1967:** Brand beim Bodentest der Apollo-Kapsel, drei Astronauten sterben

**9. November 1967:** Unbemannter Testflug von Apollo 4 im Erdorbit

**4. März 1968:** Start von

OGO 5, dem bis dahin größten geophysikalischen Observatorium mit internationaler Beteiligung.

**21. Dezember 1968:** Apollo 8 startet bemannt zum Mond.

**24. Februar 1969:** Mariner 6 startet zum Mars, Mariner 7 folgt am 27. Februar.

**21. Juli 1969:** Apollo 11 auf dem Mond



des Mondes aus der Umlaufbahn ließ sich dieses Vorhaben mit dem Programm Lunar Orbiter realisieren.

Die Programme Ranger und Surveyor gingen an das JPL. Das Projekt Lunar Orbiter übertrug die NASA-Leitung überraschend dem Langley Research Center in Virginia, das sich bis dahin primär durch einen exzellenten Ruf in der Aeronautik und in der Behandlung aerodynamischer Probleme ausgezeichnet hatte. Wie sich bald herausstellen sollte, hatte man hier die richtige Wahl getroffen.

Anfang 1961 herrschte in Pasadena Hochstimmung. Man ahnte damals noch nicht, dass das Ranger-Programm die zeitliche Zielsetzung von Apollo – noch vor Ende des Jahrzehnts Menschen zum Mond und sicher wieder zurückzubringen – beinahe torpedieren würde. Die Ranger-Sonden, so die Vorstellungen im JPL, sollten so ausgelegt werden, dass sich daraus eine weitere Variante entwickeln ließ, die Planetensonden vom Typ Mariner. Für 1961/62 plante man fünf Ranger-Starts.

Zwei Sonden der Version Block 1 sollten als technischer Systemtest in Richtung Mond ohne harte Landung fliegen. Drei Sonden des Typs Block 2 wurden dann bereits üppig instrumentiert: Ein Gammastrahlenspektrometer, ein Seismometer sowie ein Korrektur- beziehungsweise Bremstriebwerk waren an Bord (siehe Kastens rechts).

## Die Ranger-Sonden

### Ranger 3 bis 5 (Block-2-Sonden)

**Start:** 26. Januar 1962 (verfehlt Mond); 23. April 1962 (zerschellt auf der Rückseite des Mondes) und 18. Oktober 1962 (verfehlt Mond)

**Aufschlagort:** (Ranger 4): 15°5' Süd, 130°5' West  
**Masse:** 330 Kilogramm, davon entfallen 43 Kilogramm auf eine mit Balsaholz ummantelte Landekapsel.



NASA

**Wissenschaftliche Geräte:** TV-Kamera, Seismometer

**Ergebnisse:** Alle drei Sonden des Typs Block-2 waren Fehlschläge und sendeten keine Bilder und wissenschaftliche Messdaten zur Erde.

### Ranger 6 bis 9 (Block-3-Sonden)

**Start:** 30. Januar 1964; 28. Juli 1964; 17. Februar 1965 und 21. März 1965

**Aufschlagorte:** **Ranger 6:** 9°4' Nord, 21°5' Ost (Mare Tranquillitatis);  
**Ranger 7:** 10°7' Süd, 20°7' West (Mare Nubium);  
**Ranger 8:** 2°6' Nord, 24°8' Ost (Mare Tranquillitatis);  
**Ranger 9:** 13°3' Süd, 3°0' West (Krater Alphonsus)

**Masse:** 366 Kilogramm, davon entfielen 173 Kilogramm auf die Kamera-Nutzlast

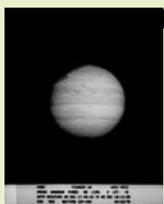
**Wissenschaftliche Geräte:** zwei Kamerasysteme mit insgesamt sechs TV-Kameras mit unterschiedlichen Brennweiten.

**Ergebnisse:** bei Ranger 6 versagten die Kameras bei der Aktivierung, Ranger 7 bis 9 übermittelten jeweils bis zum Aufschlag mehrere Tausend qualitativ hochwertige Bilder. Kurz vor dem Aufschlag erreichten die besten Bilder eine Auflösung von unter zwei Metern.

## 70er Jahre

**11. April 1970:** Apollo 13 havariert beim Flug in Richtung Mond, kann aber nach Umrunden des Erdtrabanten glücklich zur Erde zurückkehren.

**30. Mai 1971:** Start der Raumsonde Mariner 9, die am 13. November in eine Marsumlaufbahn einschwenkt.



**3. März 1972:** Pioneer 10 zum Jupiter gestartet.

**23. Juli 1972:** Landsat 1 – Erster Erdkundungssatellit im Orbit

**7. Dezember 1972:** Mit Apollo 17 bricht die letzte Expedition zum Mond auf.

**14. Mai 1973:** Skylab gelangt in die Erdumlaufbahn, bis zum 8. Februar 1974 sind drei Besatzungen an Bord.

**3. November 1973:** Mariner 10 startet zu Venus und Merkur.

**2. Dezember 1974:** Pioneer 11 startet zu Jupiter und Saturn.

**15. Juli 1975:** Start von Apollo 18 zum Gemeinschaftsflug mit Sojus 19.

**20. August 1975:** Viking 1 startet zum Mars, Viking 2 folgt am 9. September.

**16. Oktober 1975:** GOES 1 – Erster geostationärer Wettersatellit.

**20. Juli 1976:** Viking 1 landet weich in der Region Chryse des Mars.

**12. August 1977:** HEAO – Astronomiesatellit für den Röntgen- und Gammastrahlenbereich.

**20. August 1977:** Voyager 2 startet zur Großen Tour: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun

**5. September 1977:** Voyager 1 folgt zu Jupiter und Saturn.

**20. Mai 1978:** Pioneer Venus Orbiter bricht zum inneren Erdnachbarn auf.

**12. August 1978:** Start des Internationalen



Sonne-Erde-Explorer (ISEE-3), der später zum Kometen Giacobini-Zinner gesteuert wird.

**5. März 1979:** Voyager 1 passiert Jupiter, Voyager 2 folgt am 9. Juli

**11. Juli 1979:** Skylab tritt unkontrolliert in die Atmosphäre ein. Zahlreiche Fragmente gehen über Australien nieder.

**1. September 1979:** Pioneer 11 erreicht Saturn und passiert ihn in 20800 km Abstand.

Die Block-2-Sonden sollten zwar hart aufsetzen, aber dabei nicht zu Bruch gehen. Damit nicht genug; Ende Juni 1961 schob das JPL noch einen Vorschlag nach: Eine Version »Block 3«, nur mit TV-Kameras bestückt, die beginnend bei 2000 bis 3000 Kilometer Höhe bis zum Aufschlag Bilder des Mondbodens zur Erde funken sollte. Wenige Wochen später genehmigte die NASA-Führung den Bau von vier dieser Sonden, deren Starts ab Januar 1963 vorgesehen waren.

Mit dem Start von Ranger 1 am 23. August 1961 begann das Programm. Die Sonde endete durch ein Versagen der Raketenoberstufe bereits in der Erdumlaufbahn. Ranger 2 erging es am 18. November 1961 nicht anders. Der erste Flugkörper vom Typ Block 2 gab unter dem Namen Ranger 3 am 26. Januar 1962 sein Debüt. Probleme mit der Trägerrakete und ihrer Oberstufe ließen die Sonde in einem Abstand von 36 500 Kilometern nutzlos am Mond vorbeifliegen. Die Air Force, für die Rakete verantwortlich, wollte jedoch den Fehlschlag nicht allein auf ihre Kappe nehmen, sondern ließ verlauten, dass auch der Hauptcomputer und der Sequencer von Ranger 3 ausgefallen seien.

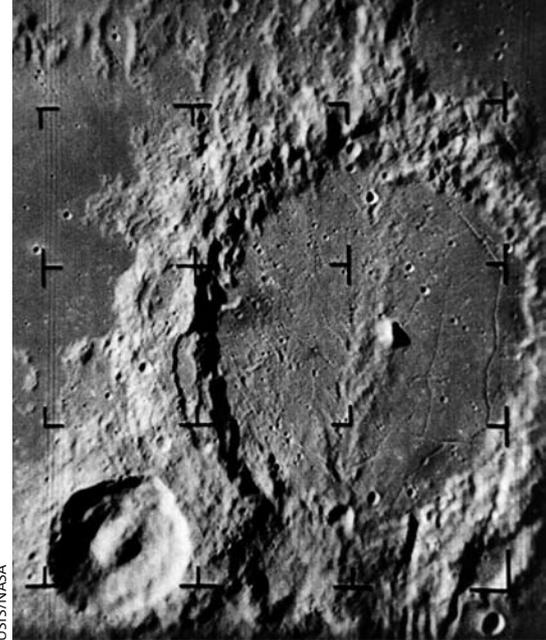
Ranger 4, gestartet am 23. April 1962, erreichte zwar den Mond, doch durch den Ausfall des zentralen Zeitgebers, der »Master Clock«, ließen sich keine ihrer Geräte aktivieren. Schweigend schlug die Sonde 64 Stunden nach dem Start auf der Rück-

seite des Erdtrabanten auf. Ranger 5 setzte die Pannenserie fort. Nach einem perfekten Start am 18. Oktober 1962 schien der Erfolg zum Greifen nahe. Doch auch hier sorgten Fehler in der Raketenoberstufe und in der Sonde dafür, dass nach wenigen Stunden die Funkverbindung abbrach.

### Das JPL vor dem Aus?

Sowohl in Pasadena als auch in der NASA-Zentrale herrschte nun Alarmstimmung. »Künstlerkolonie« und »Exzentrikerclub« waren in Washington noch die schmeichelhaftesten Bezeichnungen für das JPL. War die »Chaos-Truppe« um William Pickering (1910–2004) wirklich in der Lage, Entscheidungshilfen für das Apollo-Programm zu liefern? Untersuchungsausschüsse wurden eingesetzt, die nicht mit harter Kritik an den technischen Standards und dem nachlässigen Management sparten.

Am 30. Januar 1964 war es dann wieder soweit: Ranger 6, nun nur mit zwei TV-Systemen ausgerüstet, ging nach einem perfekten Start auf Mondkurs. Allerdings registrierte man etwa zwei Minuten nach dem Abheben eine kurze Aktivierung der Statusüberwachung des Fernsehsystems. Der Absturz sollte am 2. Februar kurz nach Mitternacht kalifornischer Ortszeit im Mare Tranquillitatis erfolgen. Zahlreiche NASA- und Medien-Prominenz sowie der Chefwissenschaftler des Projekts, der bekannte Astronom Gerald P. Kuiper (1905–1973), waren im von-Kármán-Au-



ditorium des JPL versammelt und hörten mit Begeisterung die Nachricht vom Beginn der Aufwärmphase der Kameras.

Doch dann passierte nichts. Die Bildschirme blieben dunkel. Nur das Abreißen der Funkverbindung signalisierte den Einschlag. Schlimmer hätte es kaum kommen können. Nicht nur das 252-Millionen-Dollar-Projekt stand nun kurz vor dem Aus, auch das JPL geriet in eine existentielle Krise. Im Kongress wurden Stimmen laut, den bemannten Mondflug zu verschieben.

Drei Tage lang mussten sich die NASA-Oberen und die Verantwortlichen aus Pasadena vor einem Ausschuss des Repräsentantenhauses verantworten. Mit einiger Mühe entging die Weltraumbehörde der Einstellung des Programms, musste aber einer

## 80er Jahre

**14. Februar 1980:** Solar Max, der bis dahin größte Sonnenforschungssatellit wird gestartet.

**12. November 1980:** Voyager 1 passiert Saturn in 124 200 km Abstand.



All Bilder: NASA

**12. April 1981:** Erster Flug des Spaceshuttles.

**25. August 1981:** Voyager 2 fliegt an Saturn in 101 300 km Distanz vorbei.

**4. April 1983:** Jungfernflug der Raumfähre Challenger.

**18. Juni 1983:** Sally K. Ride wird erste US-Astronautin im Orbit.

**6. April 1984:** Der Besatzung von STS 11 gelingt erstmals die Reparatur eines Satelliten – Solar Max – im Orbit.

**30. August 1984:** Erstflug des Shuttles Discovery.

**3. Oktober 1985:** Die Raumfähre Atlantis gibt ihr Debüt.

**24. Januar 1986:** Voyager 2 fliegt in nur 80 000 km Abstand an Uranus vorbei.

**28. Januar 1986:** 74 Sekunden nach dem Start explodiert die Raumfähre Challenger. Die siebenköpfige Besatzung kommt ums Leben.

**29. September 1988:** Nach 976 Tagen Pause wird mit der Discovery der Shuttle-Flugbetrieb wieder aufgenommen.

**4. Mai 1989:** Start der Radarsonde Magellan zur Venus.



**24. August 1989:** Voyager 2 fliegt in nur 5000 km Abstand an Neptun vorbei.

**18. Oktober 1989:** Start der Jupiter-sonde Galileo von Bord der Atlantis

## 90er Jahre

**25. April 1990:** Das Weltraumteleskop Hubble wird mit der Discovery ins All gebracht.



**5. April 1991:** Compton, ein Satellit zur Untersuchung der kosmischen Gammastrahlung und ihrer Quellen, gelangt in den Orbit.

**7. Mai 1992:** Erstflug der Raumfähre Endeavour. Der defekte Satellit Intelsat VI wird eingefangen und zur Erde zurückgebracht.

**25. September 1992:** Start des Mars Observers. Am 22. Oktober 1993 reißt der Funkkontakt ab.

**26. April 1993:** Spacelab D-2 startet mit der Raumfähre Columbia.

**1. August 1993:** Galileo liefert Bilder des Asteroiden Ida und seinem Mond Dactyl.

**Am 24. März stürzte Ranger 9 in den Krater Alphonsus am rechten Bildrand. Eine Viertelstunde vor dem Einschlag begann die Sonde, Tausende von Bildern der Mondoberfläche zu funken, bis sie zerschellte. Das Bild entstand aus 412 Kilometer Höhe, knapp drei Minuten vor dem Aufschlag.**

strengeren Kontrolle des JPL sowie der Einsetzung eines Stellvertreters für Pickering zustimmen. Dieser sollte für die täglich zu treffenden Management-Entscheidungen des Projekts verantwortlich sein.

Nach dem die Fehlerquelle bei Ranger 6 – ein Kurzschluss durch das unvorhergesehene Einschalten des TV-Systems kurz nach dem Start – eliminiert werden konnte, ging es am 28. Juli 1964 mit Ranger 7 weiter. Man riskierte erneut sowohl in Pasadena als auch in Washington große Publizität. Diesmal wurden die Erwartungen nicht enttäuscht: Exakt zum berechneten Zeitpunkt begann die Bildübertragung. Bis zum Einschlag mit einer Geschwindigkeit von 2,6 Kilometern pro Sekunde im Mare Nubium, nur etwa zwölf Kilometer vom

berechneten Zielpunkt entfernt, übertrug die Sonde innerhalb von 17 Minuten rund 4300 Aufnahmen in bester Qualität. Nicht nur die NASA, sondern auch die hohe Politik war erleichtert: Präsident Lyndon B. Johnson gratulierte sofort und empfing einen Tag später die Spitzen aus der NASA-Zentrale und aus Pasadena im Weißen Haus.

Ranger 8 startete am 17. Februar 1965 und sendete bis zum Einschlag im Mare Tranquillitatis 7137 Bilder. Kurz vor dem Aufschlag zeigten die Aufnahmen Details von weniger als anderthalb Metern Größe. Das Vertrauen in die Sonden war inzwischen so groß, dass man das Finale von Ranger 9, der am 21. März 1965 von Cape Canaveral auf die Reise ging, live im amerikanischen Fernsehen übertrug. So konnten Millionen von Zuschauern den Einschlag der Sonde im Krater Alphonsus verfolgen; sie übermittelte beim Abstieg 5814 Aufnahmen. Der Erfolg des Programms kam spät – zu spät, um noch relevante Informationen für die Entwicklung der Apollo-Mondlandefähre beizusteuern.

### Surveyor – das Erfolgsprogramm

Streng genommen trifft dies auch für das Projekt Surveyor zu. Für die bemannte Landung selbst jedoch waren Daten und Ergebnisse des Unternehmens von größter Wichtigkeit. Rückblickend lässt sich feststellen, dass der Stellenwert des Surveyor-Programms nicht hoch genug eingeschätzt

werden kann. Die hier erstmals eingesetzten Technologien für die Untersuchung der Oberfläche und für das Landeverfahren finden sich weiter entwickelt bei den Marslandesonden Viking (1976) und Phoenix (2008) wieder.

Die Federführung für das Projekt eines umfangreich instrumentierten Landers lag ebenfalls in Pasadena. Wegen der Beschäftigung mit den Ranger- und Mariner-Sonden lief hier das Surveyor-Programm zunächst auf Sparflamme. Ohnehin hatte die NASA am 19. Januar 1961 den Auftrag für den Bau der sieben Sonden an die Raumfahrtfirma Hughes Aircraft vergeben. Die nachlässige Behandlung des Projekts mündete beinahe in eine Katastrophe für das JPL. Forderungen, es zwangsweise zu »verstaatlichen« oder die Führungsspitze komplett zu entlassen, verfehlten ihre Wirkung nicht. Auch die Entwicklung der Centaur, einer leistungsfähigeren Oberstufe für die Atlas-Trägerrakete, wurde nun mit Nachdruck vorangetrieben.

Die als Systemtest deklarierte Sonde Surveyor 1 startete am 30. Mai 1966 und landete knapp 64 Stunden später im Südwesten des Oceanus Procellarum nördlich des Kraters Flamsteed. Während der ersten beiden Mondtage übermittelte Surveyor 1 bis zum 14. Juli mehr als 11 000 hoch aufgelöste Bilder sowie umfangreiche Daten über die Oberfläche und die nahe Umgebung. Wichtig war für Apollo die Information, dass die Belastbarkeit des Bodens

- 2. Dezember 1993:** Erste Wartungsmission des Weltraumteleskops Hubble, der optische Fehler wird mit Korrekturoptik behoben.
- 18. August 1994:** Der Satellit WIND zur Magnetosphärenforschung wird in eine Bahn um den Librationspunkt L1 gebracht.
- 29. Juni 1995:** Erste Kopplung Shuttle – Raumstation Mir
- 7. Dezember 1995:** Galileo schwenkt in eine Jupiterumlaufbahn ein.



**17. Februar 1996:** Start der Sonde NEAR zum Asteroiden Eros.

- 4. Dezember 1996:** Pathfinder mit Sojourner beginnt die Reise zum Mars.
- 4. April 1997:** Vorzeitiger Abbruch der Mission STS-83 wegen einer defekten Brennstoffzelle

- 15. Oktober 1997:** Start der Cassini-Huygens-Mission
- 7. Januar 1998:** Die Mondsonde Lunar Prospector wird gestartet
- 24. Oktober 1998:** Mit der Mission Deep Space 1 wird erfolgreich ein Ionentriebwerk getestet.
- 4. Dezember 1998:** Die Discovery bringt das Unity-Modul für den Aufbau der Internationalen Raumstation ISS in die Umlaufbahn Orbit.
- 3. Januar 1999:** Erfolgreicher Start der Kometen-sonde Stardust.
- 23. Juli 1999:** Das große Röntgenobservatorium Chandra wird während der Mission STS-93 ausgesetzt.



### Ab 2000

- 11. Februar 2000:** Mit dem Flug STS-99 wird eine erfolgreiche Radarmission absolviert.
- 2. November 2000:** Eine gemischte russisch-amerikanische Besatzung betritt die ISS, die seit dem permanent bemannt ist.
- 12. Februar 2001:** NEAR setzt nach Ende der perfekten Mission weich auf Eros auf.
- 8. August 2001:** Die Sonde Genesis zur Sammlung von Sonnenwind-Material wird gestartet.
- 18. Februar 2002:** Mars Odyssey beginnt mit den Beobachtungen aus der Umlaufbahn.
- 1. Februar 2003:** Die Raumfähre Columbia wird bei der Rückkehr in 63 km Höhe durch einen defekten Hitzeschild zerstört. Die siebenköpfige Crew kommt ums Leben.
- 10. Juni 2003:** Start des Mars-Rovers Spirit, am 8. Juli folgt Rover Opportunity.



## Surveyor-Sonden 1 bis 7

**Ankunft:** Surveyor 1: 2. Juni 1966;  
Surveyor 2: 22. September 1966 (Sonde zerschellt);  
Surveyor 3: 20. April 1967;  
Surveyor 4: 17. Juli 1967 (Sonde zerschellt);  
Surveyor 5: 11. September 1967; Surveyor 6: 10. November 1967  
und Surveyor 7: 7. Januar 1968

**Landeorte:** Surveyor 1: 2,4° Süd, 43,3° West (Oceanus Procellarum);  
Surveyor 3: 3,0° Nord, 23,3° West (Oceanus Procellarum);  
Surveyor 5: 1,5° Nord, 23,2° Ost (Mare Tranquillitatis);  
Surveyor 6: 0,5° Nord, 1,4° West (Sinus Medii);  
Surveyor 7: 40,9° S; 11,5° West (nördlich des Kraters Tycho).

**Masse:** 1000 Kilogramm beim Start, beim Aufsetzen 300 Kilogramm

**Wissenschaftliche Geräte:** TV-Kamera, ab Surveyor 3 Geräte zur Bodenanalyse und Probengreifarm

**Ergebnisse:** Fünf von sieben Sonden landeten weich auf der Mondoberfläche und übermittelten rund 87 000 Bilder. Erste Analysen der chemischen Zusammensetzung der Mondoberfläche, Bestimmung der Festigkeit des Mondbodens.

mindestens 340 Gramm pro Quadratzen-timeter betrug, so dass eine Mondfähre sicher aufsetzen konnte. Überraschender-weise ließ sich der Kontakt zur Sonde bis zum Januar 1967 aufrechterhalten.

Surveyor 2, gestartet am 30. September 1966, machte aufgrund des Ausfalls eines Teils der Lageregelung eine Bruchlandung im Sinus Medii. Ein voller Erfolg wurde dann wieder Surveyor 3, die am 20. April 1967 im Oceanus Procellarum niederging. Hier kam erstmals ein Gerät zur gezielten Entnahme von Bodenproben zum Ein-

satz, wobei man bis in eine Tiefe von 17,5 Zentimetern vorstieß. Bis zum 4. Mai 1967 übermittelte die Sonde rund 6300 Bilder. Im Rahmen des Mondflugs von Apollo 12 im November 1969 demontierten die Astronauten einige Elemente der Sonde, darunter die Kamera und brachten sie wieder zur Erde zurück.

Analog ausgestattet ging am 14. Juli 1967 Surveyor 4 auf die Reise. Zweieinhalb Minuten vor dem Aufsetzen riss der Funkkontakt ab. Er ließ sich nicht wieder herstellen, da die Sonde zerschellt war.

Am 2. Juni 1966 landete Suveyor 1 als erste US-Raumsonde auf dem Mond und übermittelte das erste Farbbild der Mondoberfläche.



NASA

Surveyor 5 landete am 11. September 1967 im Mare Tranquillitatis am Rand eines kleinen Kraters. Erstmals kam ein Experiment zur Analyse der chemischen Zusammensetzung des Bodens zum Ein-satz. Ein wichtiger Test für die bemannten Missionen stand ebenfalls auf dem Pro-gramm: Für rund eine halbe Sekunde zün-dete eines der Lageregelungstriebwerke, um zu sehen, ob und wie viel Staub aufge-wirbelt wird. Über zwei Mondtage hinweg übermittelte die Sonde mehr als 19 000 TV-Bilder zur Erde.

Absolut perfekt verlief auch die Mis-sion von Surveyor 6, die mit einer Punkt-landung am 10. November 1967 im Sinus Medii, einem von vier zunächst vorgese-henen Apollo-Landeplätzen begann. Bis zum Sonnenuntergang am 24. November lieferte die Sonde fast 30 000 Bilder sowie Analysedaten zur Bodenzusammenset-zung. Voller Spannung erwarteten die Mis-sionskontrolleure am 17. November einen aufregenden Versuch: Für zweieinhalb Sekunden feuerten die kleinen Lagerege-lungstriebwerke, hoben dabei Surveyor 6 leicht an und versetzten die Sonde seit-wärts. Dieser kleine Sprung verschob die Sonde um 2,4 Meter. Das Resultat war nicht nur als Test für die bemannte Mondlan-dung von Bedeutung. Vielmehr ließen sich durch den seitlichen Versatz Stereobilder aufnehmen und photogrammetrische Ver-messungen der nahen Umgebung durch-führen. Neu im Programm war auch der Blick zum Himmel: Hier standen die Erde und die Sonnenkorona sowie ausgesuchte

**4. Januar 2004:** Erfolgreiche Landung von Spirit im Gusev-Krater. Opportunity setzt am 25. Januar im Meridiani Planum auf.

**3. August 2004:** Die Sonde Messenger startet zum Merkur.

**12. Januar 2005:** Deep Impact auf dem Wege zum Kometen Tempel 1; Einschlag des »Geschosses« am 4. Juli.

**26. Juli 2005:** Wiederaufnahme der Shuttle-Flüge zur ISS mit der Discovery.

**12. August 2005:** Start des Mars Reconnaissance Orbiter.

**15. Januar 2006:** Stardust bringt erfolgreich Proben von Kometenstaub zurück.

**19. Januar 2006:** Die Sonde New Horizons startet zum Zwergplaneten Pluto.

**3. November 2006:** Nach zehn Jahren erfolgreicher Beobachtung stellt Mars Surveyor seine Arbeit ein.

**17. Februar 2007:** Start von fünf Satelliten im Rahmen des Projekts Themis zur simul-tanen Untersuchung der Entstehung von Polarlichtern.

**4. August 2007:** Start des Marslanders Phoenix

**22. September 2007:** Die Sonde Dawn bricht zu Vesta und Ceres auf.

**7. Februar 2008:** Mit der Atlantis – STS 122 – wird das europäische Columbus-Modul zur ISS transportiert.

**31. Mai 2008:** Die Discovery – STS 124 - bringt das japanische Kibo-Modul zur ISS

**31. Juli 2008:** Phoenix weist Wasser auf dem Mars in Form von Eis nach.



All Bilder: NASA

Sterne auf dem Programm. Bis zum 14. Dezember 1967 konnte die NASA den Kontakt zur Sonde aufrechterhalten.

Alle Informationen, welche die Planer für Apollo benötigten, lagen nun vor. Daher konnten die Forscher vom JPL das Landegebiet von Surveyor 7 nach rein wissenschaftlichen Kriterien auswählen. Sie entschieden sich schließlich für ein raues Terrain fernab der Maria, 30 Kilometer nördlich des jungen Strahlenkraters Tycho. Für eine sichere Landung mussten die Forscher das Zielgebiet auf einen Radius von nur zehn Kilometern eingrenzen. Am 10. Januar 1968 setzte die Sonde knapp zweieinhalb Kilometer entfernt vom Zielpunkt auf.

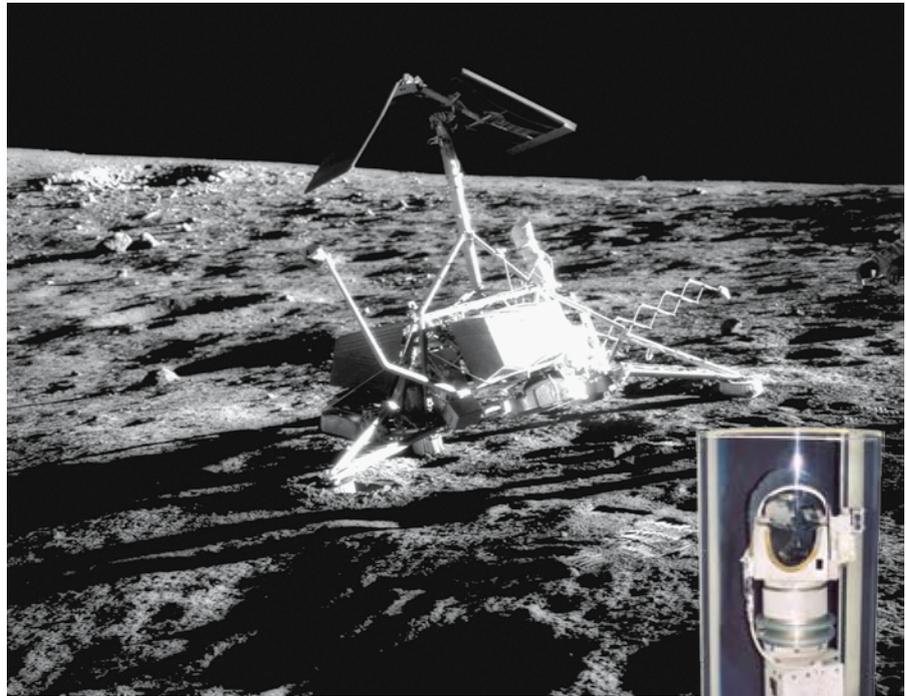
Ein umfangreiches Arbeitsprogramm lief an, das allein rund 30000 Bilder lieferte. Die Sonde untersuchte vier Bodenproben im Detail, ihr Greifarm zog eine Anzahl von Furchen im Mondboden und führte umfangreiche Materialtests mit dem Bodengestein durch. Von den astronomischen Beobachtungen sind Aufnahmen der Sonnenkorona mit einer Ausdehnung von bis zu 50 Sonnenradien erwähnenswert. Am 21. Februar 1968 brach schließlich die Funkverbindung ab.

Die Bilanz des Surveyor-Programms ist eindrucksvoll: Fünf erfolgreiche Missionen waren insgesamt 17 Monate auf dem Erdtrabanten aktiv, übermittelten mehr als 87000 Bilder, führten sechs detaillierte Bodenanalysen durch und produzierten umfangreiche Daten über die physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Oberflächenmaterials.

### Lunar Orbiter – Der Mond aus der Vogelperspektive

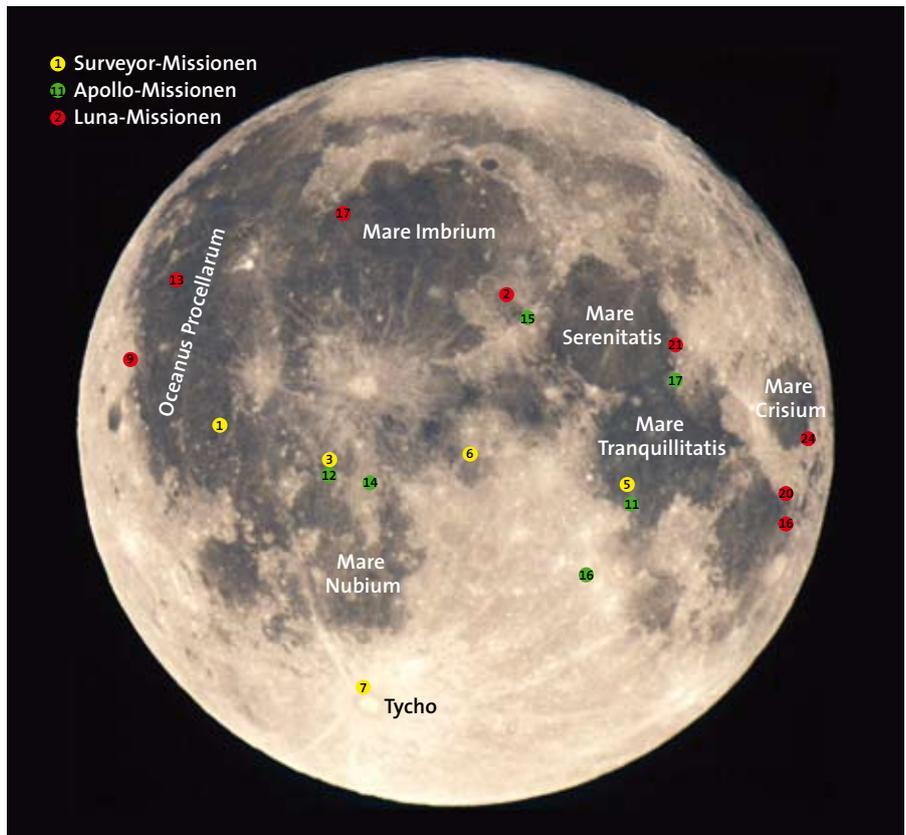
Im Jahr 1966 war auch das dritte Mondprogramm – Lunar Orbiter – einsatzbereit, das Ende Januar 1963 genehmigt wurde. Das Projekt wurde vom Langley Research Center der NASA koordiniert, das die Raumfahrtfirma Boeing Aerospace mit dem Bau von fünf Sonden und drei Testmodellen beauftragte. In der Planung des Programms gab es weder zeitliche noch technische Probleme, und man konnte den finanziellen Rahmen einhalten. Zunächst wollte man die Aufnahmetechnik, die auch in den streng geheimen Aufklärungssatelliten der Luftwaffe Verwendung fand, nicht ausführlich vorstellen (siehe Kasten auf Seite 54).

Das Ziel der Lunar-Orbiter-Sonden bestand darin, aus unterschiedlichen Höhen und Bahnneigungen sowohl Übersichts-



NASA

Surveyor 3 ist bislang die erste Sonde auf einem fremden Himmelskörper, die Besuch von Astronauten erhielt. Am 20. November 1969 nahm Alan Bean, Astronaut der Mission Apollo 12, dieses Bild auf, bevor er Teile der Sonde abmontierte und zur Erde zurückbrachte, darunter die Kamera (Inset).



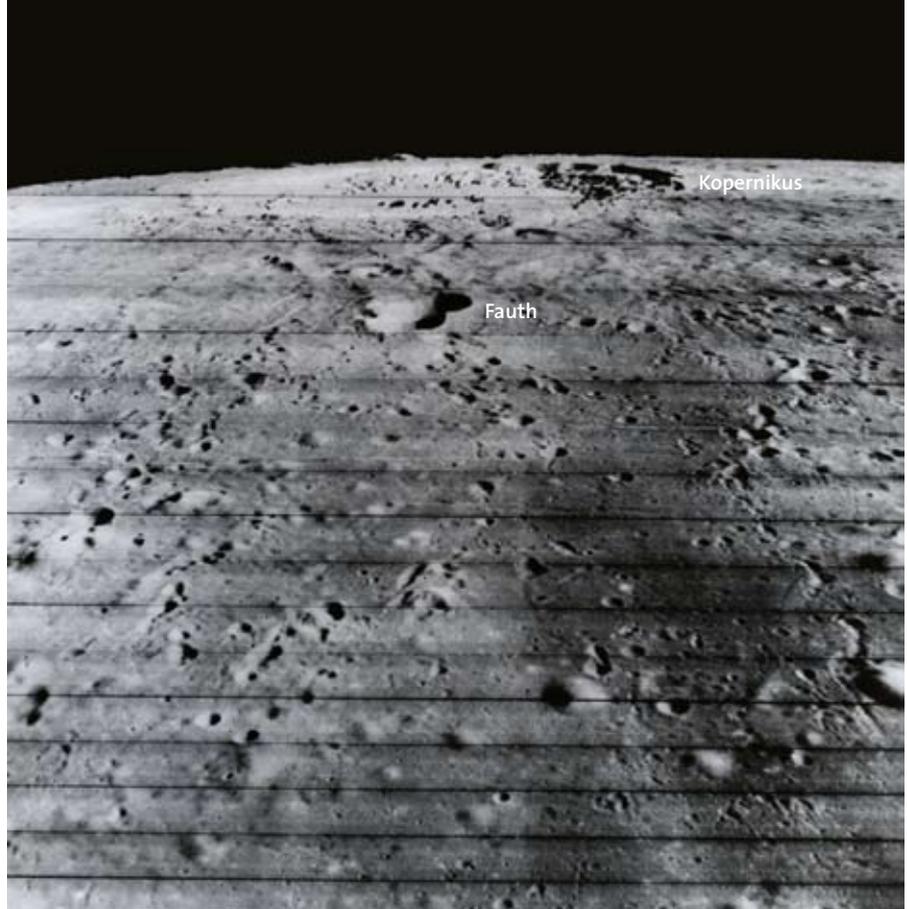
Mondbild: Tobias Kampschaller/SuW-Grafik nach Archiv Harro Zimmer

19 erfolgreiche weiche Landungen auf dem Mond zählt die Raumfahrtgeschichte bislang. Sechsmal landeten die USA mit den Apollo-Missionen bemannt auf dem Erdtrabanten, vorher hatten fünf unbemannte Surveyor-Sonden das Terrain erkundet. Ebenfalls eingezeichnet sind die acht Landplätze der russischen Luna-Raumsonden.

aufnahmen als auch Detailfotos der Mondoberfläche zu gewinnen. Zusätzlich waren die Sonden mit Sensoren für den Nachweis von Mikrometeoriten und ionisierende Strahlung ausgerüstet.

Am 10. August 1966 startete Lunar Orbiter 1 mit einer Trägerrakete des Typs Atlas-Agena-D. In einer elliptischen Umlaufbahn mit einer Neigung von zwölf Grad gewann die Sonde insgesamt 207 Bilder von großenteils exzellenter Qualität, die sie bis Mitte September übertrug. Lunar Orbiter 1 nahm alle neun potenziellen Landeplätze für Apollo sowie speziell ausgesuchte Regionen auf der Vorder- und Rückseite des Erdtrabanten auf. Ein eindrucksvolles Bild der Erde am Mondhimmel machte weltweit die Runde.

Die Steuerung der Sonde war eine komplexe Operation mit rund 5000 Kommandos und 700 Bahnmanövern, welche die Mission begleiteten. Erstmals offenbarte sich hier die Rauheit des lunaren Schwerefelds, vor allem die Wirkung der »Mascons«, der lokalen Massenkonzentrationen in Kruste und Mantel des Mondes. Die Mascons erzeugen lokal erhöhte Schwerefelder, welche die Sonden auf ihrer Umlaufbahn um den Erdtrabanten ablenken und über längere Sicht ihre Bahnen instabil werden lassen. Um nicht ungeplant auf der Mondoberfläche aufzuschlagen, muss die Flughöhe ständig mit Hilfe von Steuerdüsen nachgeregelt werden. Am 29. Oktober 1966 wurde Lunar Orbiter 1 gezielt zum Absturz gebracht.



Beide Bilder: USIS/NASA

Lunar Orbiter 2 ging am 6. November auf die Reise. Auch hier wählten die Missionskontrolleure noch eine elliptische Umlaufbahn mit einer Neigung von 11,2 Grad gegen den Mondäquator. Die Sonde übermittelte 609 Aufnahmen mit hoher und 208 mit mittlerer Auflösung zur Erde, die teilweise eine Auflösung von bis zu einem Meter erreichten. Von dieser Mission stammt ein berühmtes Bild des Kraters Kopernikus, das ihn aus der Vogel-

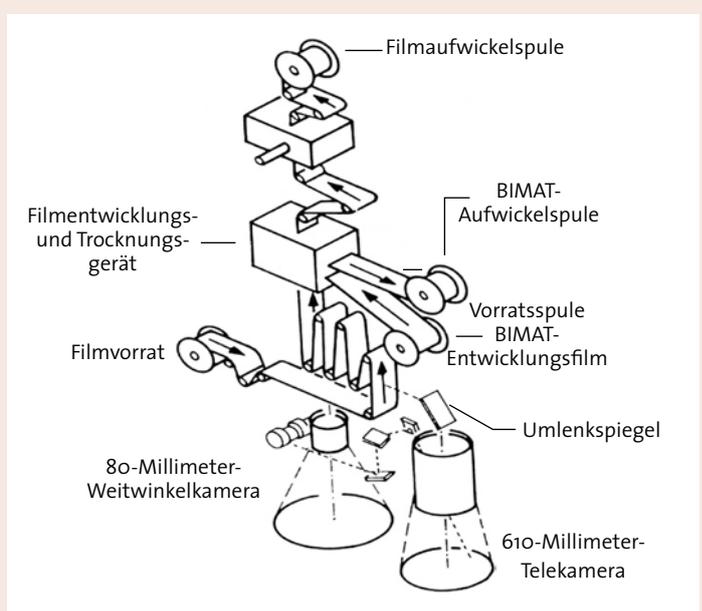
perspektive zeigt. Bis zum 11. Oktober 1967 blieb die Sonde in Betrieb, um ausführliche Informationen über das Schwerefeld zu erhalten. Danach wurde sie gezielt zum Absturz gebracht.

Mit dem Flug von Lunar Orbiter 3 am 5. Februar 1967 strebte die NASA eine größere Bahnneigung von 20,9 Grad an. Die Sonde übertrug insgesamt 626 Bilder, darunter eines, das die Landesonde Surveyor 1 an ihrer Landestelle erkennen ließ. Das waren

## Wie Lunar Orbiter den Mond fotografierte

Als die fünf Lunar-Orbiter-Sonden Mitte der 1960er Jahre zum Mond flogen, lieferten elektronische Kameras noch keine hochaufgelösten Aufnahmen in der gewünschten Qualität. Um dennoch zur Kartierung geeignete Bilder zu erhalten, schickte man gleich ein ganzes Fotolabor ins All. Dieses entwickelte den in der Mondumlaufbahn belichteten Film gleich vor Ort und tastete ihn danach elektronisch ab.

Die Aufnahme der Bilder erfolgte simultan mit einer Weitwinkel- und einer Telekamera auf einen 70-Millimeter-Spezialfilm, der für die Satellitenaufklärung der US-Luftwaffe entwickelt worden war. An Bord jedes Lunar Orbiters befanden sich 80 Meter Film, der nach der Belichtung mit dem BIMAT-Verfahren von Kodak verarbeitet wurde. Dabei wurde der belichtete Film gegen einen zweiten gepresst, der mit Entwickler- und Fixierlösung präpariert war (siehe Grafik). Pro Minute ließen sich so 6,1 Zentimeter Film bei einer Temperatur von 29,5 Grad Celsius bearbeiten. Danach wurden die Filme getrennt, das entwickelte Material aufgespult, bei 35



NASA

Lunar Orbiter 2 gelang 1966 diese an ein Luftbild erinnernde Aufnahme (links) mit dem Krater Kopernikus am Horizont. Unterhalb von ihm ist der Doppelkrater Fauth zu erkennen. In der Draufsicht (unten) enthielt die Schwestersonde Lunar Orbiter 5 bis zu zehn Meter kleine Details in dem fast 100 Kilometer großen Einschlagkrater.



allerdings nur 75 Prozent der Ausbeute, der Rest ging durch einen Brand im Filmtransportmotor verloren. Am 9. Oktober 1967 wurde auch diese Sonde in den Mondboden »versenkt«.

Für eine umfassende Bestandsaufnahme der Mondoberfläche trat Lunar Orbiter 4, gestartet am 4. Mai 1967, in eine fast polare Umlaufbahn mit einer Neigung von 85,5 Grad ein. Aus Höhen zwischen 6100 und 2700 Kilometern funkte die Sonde 546

Aufnahmen zur Erde, die 99 Prozent der uns zugewandten Mondhälfte abdeckten. Technische Probleme im Kamerasystem beendeten das Programm der Sonde früher als geplant. Die Sonde wurde bis zur ihrem natürlichen Absturz Ende Oktober telemetrisch verfolgt.

Die letzte Mission startete am 1. August 1967, also fast genau ein Jahr nach dem Auftakt des Orbiter-Programms. Lunar Orbiter 5 sollte aus einer annähernd polaren Bahn ergänzende Aufnahmen von den Apollo- und Surveyor-Landeplätzen sowie von bis dahin nicht oder nur schlecht erfassten Regionen des Erdtrabanten machen. Strahlungsmessungen und der Nachweis von Mikrometeoriten standen ebenso auf der Agenda wie der Einsatz der Sonde als Testobjekt für die Apollo-Funküberwachungsstationen auf der Erde. 884 Bilder hoher Qualität sorgten dafür, dass nun durch die Ausbeute aller fünf Sonden insgesamt 99 Prozent der Mondoberfläche abgelichtet worden waren. Die Bilder lieferten die Grundlage für eine zuverlässige Kartierung, die erst 1994 durch Aufnahmen der Sonde Clementine übertroffen wurde (siehe SuW 8/2008, S. 52–61). Messungen des Mikrometeoritenflusses und der Strahlungsintensitäten in Mondnähe zeigten, dass beide Störquellen sich durch die geplanten Isolierungen der Apollo-Systeme ausreichend abschirmen ließen.

Ranger, Surveyor, Lunar Orbiter: Diese drei Programme, die insgesamt 905 Millionen Dollar kosteten, legten nicht nur die

Basis für bemannte Erkundung des Erdtrabanten, sondern haben bis heute noch Bedeutung für die Planung eines neuen Aufbruchs zum Mond, den die NASA im Jahr 2009 mit der neuen Sonde Lunar Reconnaissance Orbiter beginnen wird.

### Aufbruch zu Venus und Mars

Auch die ersten Exkursionen zu den Nachbarplaneten nahmen ihren Ausgang vom JPL. Dessen Wissenschaftler Robert Parks hatte bereits im Juli 1960 der Zentrale in Washington ein umfassendes Konzept zur Erkundung von Mars und Venus vorgeschlagen. Das nächste günstige Startfenster für einen Flug zum roten Erdnachbarn sei zwar nicht mehr zu nutzen, doch ein Vorbeiflug an der Venus ließe sich im Jahr 1962 durchaus noch realisieren.

Dabei dachte Parks an die in Pasadena in der Entwicklung befindlichen Mariner-Sonden, bei denen allerdings die Ziele zu hoch gesteckt waren. In der Annahme, dass die schubstarke Centaur-Oberstufe alsbald für die Starts zur Verfügung stehen würde, hatten die Ingenieure eine üppig ausgestattete Sonde konzipiert, die wie ein Vorgriff auf den Standard der späten 1970er Jahre anmutete. Bereits im Sommer 1961 war aber abzusehen, dass die Centaur so schnell nicht einsatzbereit sein würde.

Die Entwicklungen in der UdSSR, so zum Beispiel der Flug von German Titow Anfang August 1961, erhöhten den politischen Druck auf die NASA. Daher fiel Ende August die Entscheidung, eine

Anzeige

Grad Celsius anderthalb Minuten getrocknet und anschließend zwischengelagert. Die elektronische Abtastung mit einem Scanner erfolgte streifenweise, wobei pro Millimeter Film 286 Datenpunkte in Form von Helligkeitswerten erhalten wurden. Für die Übertragung eines Weitwinkel- und Telesbilds benötigte die Sonde 43 Minuten.

Auf der Erde entstanden die Aufnahmen direkt aus dem Datenfluss, der die Belichtung eines 35-Millimeter-Films steuerte. So entstand Punkt für Punkt, Zeile für Zeile ein Abbild der Mondaufnahmen, die sich an Bord der Lunar Orbiter befanden. Diese Übertragungsweise wird als Faksimile-Verfahren bezeichnet.

# GALILEO

Ihr Spezialist für Astronomie

## LUNT Solar Systems Halpa Filter

Profitieren Sie  
von günstigen  
CHF-Preisen!

Erleben Sie Halpa Beobachtung der nächsten Generation!  
Beeindruckende Bildhelligkeit bei höchstem Kontrast  
Wählen Sie zwischen Komplettlösung oder Einzelfilter

Alle Infos:  
[www.galileo.cc](http://www.galileo.cc)

[www.galileo.cc](http://www.galileo.cc) ♦ [info@galileo.cc](mailto:info@galileo.cc)

Limmatstr. 206 ♦ CH-8049 Zürich ♦ Tel.: + 41 (0)44 340 23 00 ♦ Fax: + 41 (0)44 340 23 02  
Rue de Genève 7 ♦ CH-1003 Lausanne ♦ Tel.: + 41 (0)21 803 30 75 ♦ Fax: + 41 (0)21 803 30 77  
Preise inkl. 7.6% MwSt. Preise, Angaben und Abbildungen ohne Gewähr, Änderungen ohne Voranmeldung vorbehalten.

abgespeckte Mariner-Version, eigentlich eine modifizierte Ranger-Mondsonde, zu nutzen. Den Wissenschaftlern standen nur 19 Kilogramm Nutzlast für ihre Experimente zur Verfügung, die daher so einfach wie möglich ausfallen sollten: Ein Mikrowellen-Radiometer zur Bestimmung der Oberflächentemperatur, ein Infrarotsystem zur Untersuchung des Wärmehaushalts der Venusatmosphäre, ein Magnetometer sowie einige kleine Sensoren. Der Finanzrahmen war eng, knapp 14 Millionen Dollar, doch er konnte eingehalten werden.

Zum Start von Mariner 1 am 22. Juli 1962 war viel politische Prominenz am Cape Canaveral versammelt. Um 4:26 Uhr Ortszeit hob die Atlas-Agena vor dem fast nachtdunklen Himmel ab. Doch nur wenig später erhellte ein Brillantfeuerwerk die Szene. Der Sicherheitsoffizier hatte die Rakete wegen einer Kursabweichung gesprengt.

Am 17. August 1962 startete dann Mariner 2. Der Flug verlief keineswegs reibungslos – erwähnt sei der Totalausfall einer der beiden Solarzellenflächen am 15. November. Die Energie reichte jedoch aus, um am 14. Dezember 1962 beim Venus-Vorbeiflug in einer Distanz von rund 35 000 Kilometern jene Daten der Experimente zur Erde zu übermitteln, die das bis dahin landläufige Bild der Venus zu Makulatur werden ließen. Bis dato geisterte die Vorstellung eines warmen und feuchten, lebensfreundlichen Schwesterplaneten durch die Köpfe der Forscher. Die Messdaten enthüllten die Venus als eine wahre Höllenwelt, mehr als 400 Grad heiß und der Druck der fast nur aus Kohlendioxid bestehenden Atmosphäre an der Oberfläche lag deutlich oberhalb von 60 bar. Heutige Werte geben eine Durchschnittstemperatur von 450 Grad Celsius und einen Druck von 90 bar an.

### Mariner-Mars – die Exobiologen reden mit

Für die Marserkundung existierte frühzeitig eine strategische Planung. 1962 war am Ames Research Center der NASA in Moffett Field, Kalifornien, eine Abteilung für Exobiologie eingerichtet worden, die intensiv darauf drängte, dass zukünftige Marsmissionen auch unter dem Aspekt der Suche nach Leben und seinen Voraussetzungen stehen müssten.

Vorbeiflug – Orbitalmission – Landung: Dieses dreistufige Konzept wurde letzt-

## Die Mariner-Sonden 1–4

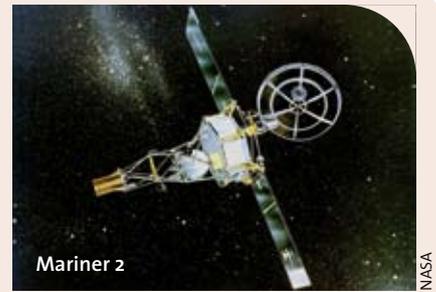
### Mariner 1 und 2

**Start:** 22. Juli 1962 (Fehlstart) und 27. August 1962

### Vorbeiflug

**an Venus** 14. Dezember 1962

**Masse:** 204 Kilogramm



Mariner 2

NASA

### Wissenschaftliche Geräte:

Mikrowellen-Radiometer, Infrarot-Radiometer, Magnetometer, Ionenkammer und Detektor für kosmischen Staub, Sensoren für geladene Teilchen

**Ergebnisse:** Erste erfolgreiche Planetensonde, Venus wurde als äußerst heißer und lebensfeindlicher Planet mit Oberflächentemperaturen um 400 Grad Celsius und giftiger Kohlendioxid-Atmosphäre mit mehr als 60 bar Druck erkannt.

### Mariner 3 und 4

**Start:** 5. November 1964 (Fehl Schlag) und 28. November 1964

### Vorbeiflug

**an Mars:** 15. Juli 1965

**Masse:** 261 Kilogramm

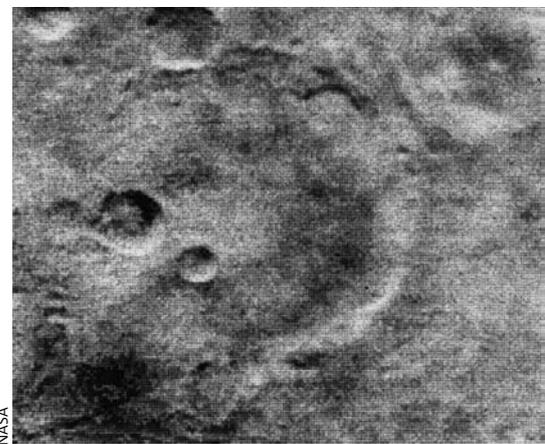
**Wissenschaftliche Geräte:** TV-Kamera, Meteoriten-Detektor, Sensor für kosmische Strahlung, Ionenkammer, Magnetometer, Sensoren für geladene Partikel

**Ergebnisse:** Erste erfolgreiche Marssonde, übermittelte 21 Nahaufnahmen von einem Prozent der Marsoberfläche, der Planet erscheint wegen seiner vielen Krater dem Erdmond sehr ähnlich. Die Kohlendioxid-Atmosphäre des Mars ist mit rund 5 Millibar Druck sehr dünn, der Planet hat kein Magnetfeld.

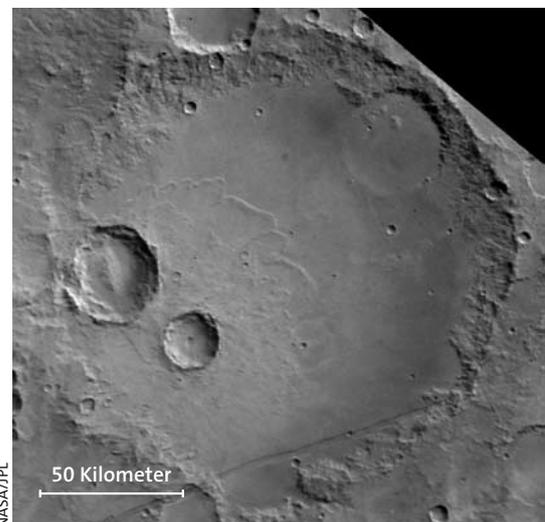
lich Planungsgrundlage. Erst im Herbst 1962 begannen die Ingenieure beim JPL mit der Entwicklung der Sonden. Für den Transport der 260 Kilogramm schweren Marsspäher war die leistungsfähige Atlas-Agena-D-Trägerrakete vorgesehen. Am 5. November 1964 erfolgte der mit Spannung erwartete Start von Mariner 3. Es kam zu einem kuriosen und bisher einmaligen Fehlschlag: Die neuartige Nutzlastverkleidung aus glasfaserverstärktem Kunststoff verformte sich stark durch die Reibungshitze beim Aufstieg und ließ sich nicht absprengen. Nach wenigen Stunden ging der Kontakt mit der Agena-Oberstufe verloren. Sie gelangte, verbunden mit der »verpackten« Sonde, in eine Umlaufbahn um die Sonne.

Mit einer neuen Metallverkleidung an der Spitze ging Mariner 4 am 28. November

**Mariner 4 nahm am 14. Juli 1965 als erste Raumsonde Marsbilder auf. Auf dem Bild oben ist der 155 Kilometer große Krater Mariner zu sehen, der nach dieser Sonde benannt wurde, das untere Bild gelang Viking Orbiter im Februar 1978. Der Fortschritt in der Kameratechnik ist beeindruckend.**



NASA



NASA/JPL

50 Kilometer

1964 auf die Reise und erreichte mit 9846 Kilometern am 15. Juli 1965 ihren kleinsten Abstand zum Roten Planeten. Auf den 21 übermittelten Bildern war etwa ein Prozent der Oberfläche der Südhalbkugel zu sehen, die den Eindruck vermittelte, dass Mars unserem Mond ähnlicher sähe als der Erde. Weniger bekannt ist die Tatsache, dass das JPL den Kontakt mit Mariner 4 bis zum 21. Dezember 1967 halten konnte; die Sonde lieferte nach dem Mars-Rendezvous interessante Messergebnisse aus dem interplanetaren Raum.



NASA / Bildbearbeitung: Ted Stryk

## Venus – der zweite Vorbeiflug

Ein Reserve-Exemplar der Marssonden stand noch wohl konserviert im JPL. Ende Dezember 1965 gab das NASA-Hauptquartier grünes Licht für den Einsatz in Richtung Venus. Die TV-Kamera wurde gegen ein Ultraviolett-Photometer ausgetauscht, die vier Solarzellenausleger gekürzt, ein Hitzeschild angebracht sowie ein Zweiband-Empfänger installiert. Am 14. Juni 1967 startete Mariner 5 und passierte rund fünf Monate später den inneren Erdnachbarn in einem Abstand von rund 4000 Kilometern. Die Mission war ein voller Erfolg. So lieferte die Radiosondierung ein Temperatur-Druckprofil der Atmosphäre, welche die zunächst seltsam anmutenden Messdaten der sowjetischen Venussonde Venera 4 bestätigten. Bei ihrem Landeabstieg einen Tag zuvor hatte diese einen enormen Druck und eine extrem hohe Temperatur übermittelt, bevor der Funkkontakt plötzlich abbrach. Sie war von der dichten Atmosphäre regelrecht zerquetscht worden. Das Zweifach-Funkexperiment von Mariner 5 erbrachte umfangreiche Daten unter anderem über die Konzentration von Elektronen im interplanetaren Raum. Im November 1967 riss die Verbindung endgültig ab.

## Mars-Planung in großen Dimensionen

Inzwischen arbeiteten die Forscher in Pasadena weiter intensiv an einem Marsprogramm, das alles bisher Dagewesene in den Schatten stellen sollte: Das Projekt Voyager, bereits im Frühjahr 1960 konzipiert, sah Sonden vor, die aus einer Kombination von Orbiter und Lander bestanden. Entsprechend modifiziert eigneten sie sich auch zur Venuserkundung. Rund 1100 Kilogramm sollten die Voyager-Sonden schwer sein, wobei 100 bis 120 Kilogramm auf die Landeeinheiten entfielen. Das JPL

Mit Hilfe der modernen Bildverarbeitungstechnik wurde es möglich, aus Aufnahmen der Raumsonden Mariner 6 und 7, die durch Rot-, Grün- und Blaufilter entstanden, Farbbilder des Roten Planeten zu erzeugen. Die Bilder nahm Mariner 7 beim Anflug auf den Mars am 4. August 1969 auf.

Die beiden Sonden Mariner 6 und 7 nahmen bei ihrer größten Annäherung an den Mars 55 Detailfotos auf, die rund 20 Prozent der kraterübersäten Südhalbkugel enthüllten.



NASA

wollte unbedingt die Sonden in eigener Regie entwerfen und bauen. Die NASA-Oberen in Washington waren da allerdings ganz anderer Meinung: Mehrere NASA-Zentren und die Industrie sollten beim Programm mitwirken, Pasadena nur für das Management verantwortlich sein. Dieses Programm steht in keinem Zusammenhang mit den beiden Voyager-Sonden, die von 1979 bis 1989 die Gasriesen im äußeren Sonnensystem erkundeten.

Planziele waren nun jeweils eine Mission zur Venus (1967) und zum Mars (1969). Für die nächste Etappe diskutierte man den Einsatz so leistungsfähiger Raketen wie die Saturn IB mit Centaur-Oberstufe und auch die Titan 3C. Alle bedeutenden Luft- und Raumfahrtkonzerne reichten im März 1963 entsprechende Vorschläge ein. Vorrangig konzentrierte sich das Interesse auf Mars, vor allem waren es die Exobiologen, die Druck machten. Konnte man nicht mit einer verbesserten Mariner-Version das Startfenster des Jahres 1966 nutzen, um eine kleine Landekapsel abzusetzen? Die Entscheidung der NASA: frühestens 1969 wäre dies technisch machbar. Trotz vieler Unklarheiten wurde Voyager im Dezember 1964 zu einem

offiziellen Programm, 43 Millionen Dollar wurden in den Etat eingestellt.

Die »schlechten« Nachrichten von Mariner 4 hinsichtlich des niedrigen Luftdrucks an der Marsoberfläche, er lag zwischen vier und sieben Millibar, lösten leichte Panik aus, denn für die Planung der Landekapseln war man von 10 bis 30 Millibar ausgegangen.

Hingegen sorgte eine positiv klingende Mitteilung aus dem NASA-Hauptquartier zunächst für Hochstimmung: Die Entwicklung der Saturn IB-Centaur sollte eingestellt werden, dafür stünde für Voyager später – nach Apollo also – die Mondrakete Saturn 5 zur Verfügung. Eine vergiftete Praline, denn infolgedessen musste das Programm zeitlich noch weiter gestreckt werden. Außerdem war die Saturn 5 war einfach zu leistungstark und zu teuer für die geplanten Sonden. Damit war die anvisierte Voyager-Mission zum Mars im Jahr 1971 geplatzt.

Für die NASA tauchten Etatprobleme am Horizont auf, denn Apollo durfte nicht beschnitten werden. Das Voyager-Großprojekt, ohnehin mit technologischen und organisatorischen Fragezeichen behaftet, hatte nun politisch keine Chance mehr. Im

Herbst 1967 wurde das Programm, in das bereits erhebliche Mittel und Arbeitskraft geflossen waren, schließlich gestoppt. Doch die Arbeit war nicht umsonst: Vieles davon fand sich später im äußerst erfolgreichen Viking-Marsprogramm wieder.

### Mariner 6 und 7 – Gute Bilder, schlechte Nachrichten

Parallel zu Mars-Voyager hatte das JPL im Dezember 1965 grünes Licht für eine aufwändigere Vorbeiflugmission der Mariner-Klasse erhalten, ausschließlich instrumentiert für die Arbeit am Roten Planeten. Mit der Atlas-Centaur-Trägerrakete war es möglich, das Gewicht der Sonden zu erhöhen, ein besseres Kamerasystem zu installieren und einen schnelleren Kurs zu wählen. Mariner 6 und 7 hoben am 24. beziehungsweise 27. Februar 1969 ab.

Nach nicht ganz störungsfreiem Flug von Mariner 7 erreichten die beiden Sonden am 31. Juli beziehungsweise 4. August 1969 den äußeren Erdnachbarn mit einer geringsten Annäherung von etwa 3400 Kilometern. Rund 50 Stunden vorher wurde bereits mit den Aufnahmen begonnen.

Aufgrund der ersten Bilder von Mariner 6 korrigierten die Missionskontrolleure den Kurs der folgenden Sonde geringfügig, um mehr Details von der Südhalbkugel des Planeten zu erhalten. Insgesamt konnten die beiden Sonden 143 Anflug- und 55 Nahbilder aufnehmen, die etwa 20 Prozent der Oberfläche abdeckten. Auch sie zeigten zum größten Teil nur Kraterlandschaften und ließen nur andeutungsweise erkennen, dass Mars wesentlich abwechslungsreicher gestaltet ist.

Mariner 7 lieferte auch Informationen über den Luftdruck: 5,3 bis 5,9 Millibar, mit einem Minimum von 3,5 Millibar über

der Hellas-Region. Bis zum Frühjahr 1971 bestand Funkkontakt mit den Sonden, der zur experimentellen Überprüfung der allgemeinen Relativitätstheorie genutzt wurde.

Die Bilder kamen mitten im Begeisterungssog für Apollo 11 an, in einer Phase, in der die Optimisten bei der NASA noch glaubten, das nächste große Vorhaben sei der bemannte Flug zum Mars. Noch im August 1967 hatte das Manned Spaceflight Center in Houston 28 Raumfahrtfirmen aufgefordert, Vorschläge für bemannte Missionen zu Mars und Venus auf der Basis der Saturn 5 einzureichen. Mitte Februar 1969 setzte Präsident Richard Nixon eine Space Task Group ein, eine hochkarätige Expertengruppe unter Vorsitz seines Vizepräsidenten Spiro T. Agnew. Eine ihrer zentralen Feststellungen lautete: »Wir empfehlen, dass die Vereinigten Staaten zum frühest möglichen Zeitpunkt mit den Vorbereitungen für einen bemannten Marsflug beginnen.« Später las man in einem weiteren Bericht: »Bemannte Missionen zum Mars könnten schon 1981 beginnen.« Hierbei war jedoch an den Einsatz von Nukleartriebwerken gedacht, an denen im Rahmen des Projekts Nerva gearbeitet wurde.

Doch diese Technologie war noch weit von jeder praktischen Anwendung entfernt und ließ astronomisch hohe Kosten erwarten. Auf dieser Basis, so sah es Nixon zu jener Zeit ganz richtig, war der bemannte Marsflug in absehbarer Zeit absolut unrealistisch, was er seinem Vize unter vier Augen nachdrücklich klar machte. Im September 1969 leitete die Space Task Group dem Präsidenten ihren Schlussbericht zu, in dem die bemannte Marslandung von der Kategorie »Empfehlungen«

in die Rubrik »technisch machbar« ohne Zeitrahmen heruntergestuft war.

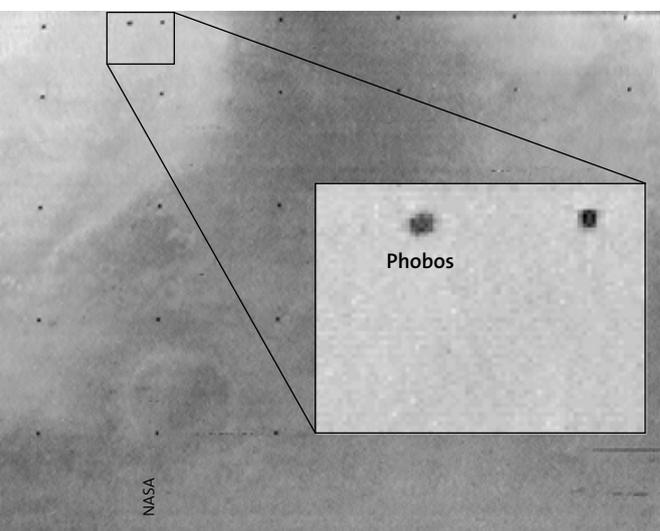
Zu dieser Entscheidung trugen nicht zuletzt die Bilder von Mariner 6 und 7 bei, die den Nachbarplaneten erneut unattraktiv mondähnlich erscheinen ließen und damit ein zusätzliches gewichtiges Argument gegen eine bemannte Mission in naher Zukunft lieferten. Damit waren für Jahrzehnte endgültig die Weichen in Richtung unbemannter Marsforschung gestellt.

### Mariner-9: Ein neuer Mars

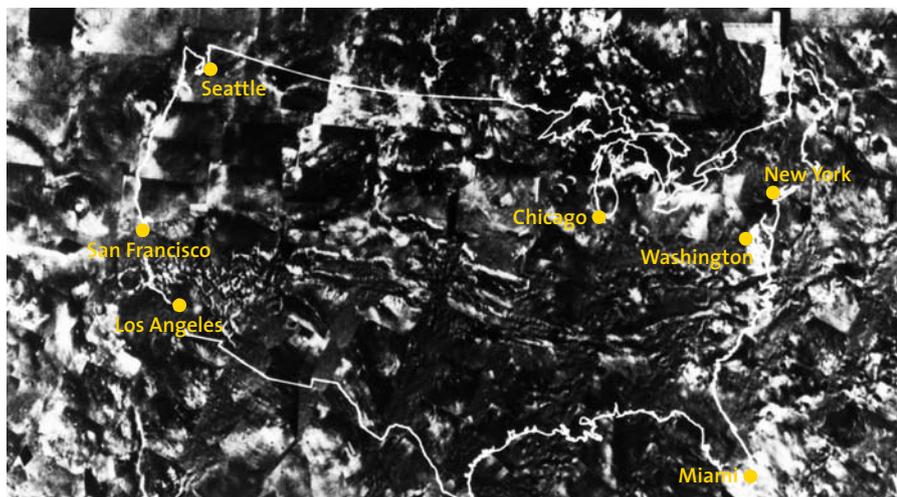
Im Jahr 1971 stand eine besonders günstige Marsopposition bevor, mit einem Erdabstand von nur 55,6 Millionen Kilometern. Im November 1968 bekam das JPL die Genehmigung, mit der Entwicklung von zwei Orbiter-Sonden gleicher Bauart zu beginnen, allerdings mit einem sehr knappen Etat.

Die optimale Konstellation Erde-Mars erlaubte es, mit der Atlas-Centaur-Trägerrakete etwas mehr als 1000 Kilogramm Nutzlast zum Erdnachbarn zu transportieren; mit 998 Kilogramm Gesamtmasse blieben die Sonden knapp darunter. Die Missionsplanung sah vor, zwei unterschiedliche Bahnen um den Planeten zu wählen. Mariner 8 sollte aus einer stark elliptischen Zwölf-Stunden-Bahn etwa 70 Prozent der Planetenoberfläche erfassen. Dagegen sollte Mariner 9 in eine Umlaufbahn einschwenken, aus der die Forscher gezielt nach zeitlichen Veränderungen in drei ausgewählten Gebieten auf der Oberfläche suchen wollten.

Als am 8. Mai 1971 Mariner 8 von Cape Canaveral abhob, schien zunächst alles glatt zu laufen. Sechs Minuten später jedoch schaltete die Centaur-Oberstufe



Durch Zufall befand sich der innere Marsmond Phobos im Blickfeld der Weitwinkelkamera von Mariner 7, als er über die Marsoberfläche im Hintergrund hinwegzog (links). Erstmals ließ sich seine unregelmäßige Gestalt erkennen. Der schwarze Punkt rechts im Inset ist ein Messpunkt im Kamerasystem. Auch heute noch gelingen den modernen Marssonden solche Schnappschüsse, wie hier zum Beispiel der europäischen Sonde Mars Express im Januar 2007 (rechts).



Mariner 9 kartierte in den Jahren 1971 und 1972 den roten Planeten Mars vollständig und erfasste erstmals auch das später nach dieser Sonde benannte Talsystem der Valles Marineris. Auf diesem Fotomosaik ist als Größenvergleich der Umriss der kontinentalen Vereinigten Staaten eingezeichnet. Die Täler sind mehr als 100 Kilometer breit und bis zu neun Kilometer tief. Sie entstanden durch Bewegungen in der Marskruste.

plötzlich ab und stürzte verbunden mit der Sonde vor Puerto Rico ins Meer.

Nach dem die Fehlerquelle erkannt und eliminiert worden war, startete am 30. Mai 1971 Mariner 9 und schwenkte am 13. November in eine Marsumlaufbahn ein. Diese wurde nun durch eine Neudefinition des Arbeitsprogramms bestimmt: Nach einigen Korrekturen flog Mariner 9 auf einer Bahn mit einer Neigung von 64,4 Grad gegen den Marsäquator und einer Umlaufzeit von zwölf Stunden.

Die Sonde übermittelte 7329 Aufnahmen und umfangreiche Messdaten in den 349 Tagen ihrer Mission zur Erde. Sie veränderten für immer unser Bild vom Mars und zeigten ihn unerwartet vielgestaltig mit Canyons und Vulkanketten. Seine Monde Deimos und Phobos nahmen erstmals in wahrstem Sinne des Wortes Gestalt an. Dennoch: Auch dieser »neue« Mars konnte keine konkretere Planung für eine bemannte Mission in Gang bringen. Tempi passati. Alles konzentrierte sich nun auf die Viking-Sonden, die vier Jahre später zu einer der aufwändigsten und erfolgreichsten Planetenmissionen werden sollten.

## Mariner 10 – ein erfolgreiches Finale

Mit der Sonde Nummer 10, gestartet am 3. November 1973, ging das Mariner-Programm nach zwölf Jahren zu Ende. Ein Flug zu Venus und Merkur unter Ausnutzung

der Swingby-Technik stand schon seit den 1960er Jahren auf der Wunschliste des JPL. Im Jahr 1969 genehmigte die NASA die Mission für 1973. Unter Verwendung von übrig gebliebener Hardware der Missionen Mariner 6, 7 und 9 baute Boeing zwei Sonden und ein Testmodell.

Entscheidend für die finale Planung des Flugs war im Frühjahr 1970 der Hinweis des italienischen Astronomen Giuseppe Colombo, dass bei einem geschickt gewählten Starttermin im Jahr 1973 eine zweite Begegnung mit Merkur erreicht werden könnte. Das Unternehmen Mariner 10 wurde schließlich mit dem ersten Nahblick auf Merkur ein voller Erfolg. Lange musste danach das JPL warten, bis es wieder eine Mission zu den Nachbarplaneten verantworten konnte: 1989 die Radarsonde Magellan zur Venus mit faszinierenden Ergebnissen und 1992 den Mars Observer, der unmittelbar vor dem Ziel scheiterte. Doch das ist eine andere Geschichte.



**HARRO ZIMMER**, Jahrgang 1935, studierte an der TU Berlin Chemie und 1966 als NASA-Stipendiat Weltraumwissenschaften an der Universität Miami.

Von 1973–1986 war er erster Vorsitzender der Wilhelm-Foerster-Sternwarte Berlin. Bis 1995 arbeitete er als leitender Redakteur bei RIAS Berlin und dann bei der Deutschen Welle TV. Heute ist er als Space Consultant und Publizist aktiv.



Noch nie war es so leicht, das Universum kennen zu lernen. Mit dem computergesteuerten Präzisionsteleskop ETX 125 AT und ETX 90-PE überspringen Sie die Hürde komplizierter Berechnungen einfach und tauchen mit einem Knopfdruck in die unendliche Schönheit des Weltalls ein. Die Ringe des Saturn, die Jupitermonde, der Orionnebel und sogar schwierige Objekte wie der Spiralnebel M33 sind nur einen Knopfdruck entfernt. Verfolgen Sie die Flugbahn von Satelliten und periodischen Kometen automatisch. Aus 50 m Entfernung studieren Sie die Struktur von Vogelfedern, in 1,3 Milliarden km Entfernung zählen Sie die Ringe des Saturn.

ETX	90PE	125AT	125PE
Öffnungsverhältnis	F/14	F/15	F/15
Brennweite	1250mm	1900mm	1900mm
 LNT-System	✓	optional	✓
Preis	699€ <del>899€</del>	999€ <del>1299€</del>	1099€ <del>1399€</del>

\*Unverbindliche Preisempfehlung in Euro. (D); 3 Jahre Garantie (Wer die Garantieregistration komplett ausgefüllt an uns zurücksendet, bekommt von uns ein weiteres Jahr Garantie!)

### Features des LNT-Smartfinders (bei ETX125AT Optional!):

- Elektronischer Waagrechtensensor
- Elektronischer Kompass
- Präzise Uhr
- Roter Leuchtpunktsucher.

ETX125AT mit optionalem LNT-Smartfinder



\*\* nur gültig in Deutschland und Österreich; weitere Bestellinfos unter [www.meade.de](http://www.meade.de)

Jetzt bis zum 31.12.2008  
**Große Okularaktion\*\***  
**Okularer mit 4 Okularen für nur 149,- €\***  
bei Kauf eines  
ETX90PE / ETX125AT / ETX125PE / DS2090MAK / DS2102MAK  
**Sie sparen 231,- €**  
gegenüber dem Einzelpreis.

### Okularer mit 4 Okularen

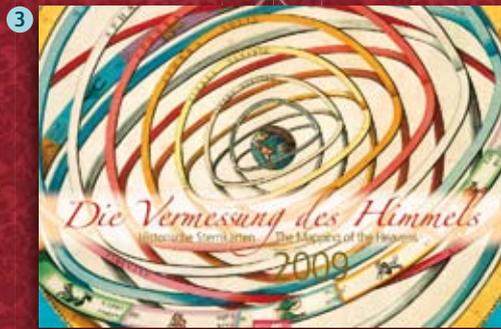
High-End Plössl-Okulare der Serie 5000 (60° Gesichtsfeld) Die Plössl-Okulare der Serie 5000 stellen eine deutliche Verbesserung des ursprünglichen Plössl-Typs dar. Die Okulare bestehen aus fünf oder sechs Linsen, die eine sehr gute Abbildung ermöglichen. Gegenüber einem traditionellen Plössl sind nicht nur die Randunschärfen und Farbfehler um 40% vermindert, es wurde auch ein scharfes Eigengesichtsfeld von 60° möglich. Die Sterne bleiben über dieses große Feld hinweg nadelspitze Punkte mit hohem Kontrast. Der neue Standard für Teleskope mit langer Brennweite. Kaufen Sie sich jetzt eines der hier beworbenen Geräte bei Ihrem Händler. Bei Vorlage der Kaufquittung erhalten Sie von MEADE Instruments Europe einen Okularer mit 4 Okularen für 149,- € statt 380,- €\*.



# 2009 KALENDERWELTEN

Science-Shop.de  
vor allem Wissen

Die schönsten Kalender - für Sie ausgewählt!



## 1 Sternzeit

Kalendarium dtsh.-engl., 13 farb. Blätter, Maxi-Format: 70 x 50 cm, Palazzi Verlag.

Bestell-Nr. 1335. € 44,80 (D), € 44,80 (A)

Mit den neuesten und spektakulärsten Aufnahmen abtauchen in ferne Welten: Riesige Spiralgalaxien – stellare Feuerwerke – gewaltige Staubwolken und bizarre Gasnebel... Jedes Monatsblatt mit Detail-Abbildung und Kommentar.

## 3 Die Vermessung des Himmels

Kalendarium und Texte dtsh.-engl., 13 farb. Blätter, Maxi-Format: 68 x 48,5 cm, Foliendeckblatt, Weingarten.

Bestell-Nr. 2657. € 46,- (D), € 46,- (A)

Die immer populärer werdenden, farbenprächtigen Sternkarten aus dem Atlas Coelestis des Andreas Cellarius aus dem 17. Jahrhundert zeigen in bunter Vielfalt, wie die Menschheit sich nach und nach den Himmel erschlossen hat. Der Kalender enthält daneben noch Sternkarten aus der Feder weiterer Astronomen sowie erklärende Texte zu jeder einzelnen Karte.

## 4 Der Kosmos Himmelskalender

Der Sternhimmel Monat für Monat. Mit zweispaltigem Nutzkalendarium u. Informationen. 13 farb. Blätter, Format: 35 x 30 cm (aufgeklappt 35 x 60 cm), Kosmos.

Bestell-Nr. 1526. € 12,95 (D), € 12,95 (A)

Was tut sich am Himmel? Das beantwortet der neue Himmelskalender Monat für Monat.

- 12 spektakuläre Astrofotos und 12 große Sternkarten
- interessante Beobachtungstipps
- großes Notizkalendarium
- Platz für eigene Beobachtungen

## 5 Himmel und Erde

13 farb. Blätter, Format: 55,5 x 45,5 cm, Spiralbindung, Weingarten.

Bestell-Nr. 1338. € 29,95 (D), € 29,95 (A)

In diesem Kalender von STERNE UND WELTRAUM präsentieren Astronomen ihre besten Fotografien im Großformat und lassen Sie an den Sternstunden der Naturbeobachtung teilhaben. Das Kalendarium bietet zusätzliche Hinweise auf wichtige Himmelsereignisse im Jahr 2009.

## 6 Das Universum

13 farb. Blätter, Format: 48 x 45 cm, Kosmos.

Bestell-Nr. 1315. € 22,50 (D), € 22,50 (A)

Die Leistungsstärke moderner Riesenteleskope verschafft uns immer tiefere Einblicke in ferne Himmelswelten. Spektakuläre Aufnahmen zeigen uns eine atemberaubende Schönheit.

## 7 Kosmos Sternbilder nachtleuchtend

14 farb. Blätter, Format: 35 x 30 cm, Kosmos.

Bestell-Nr. 2180. € 9,95 (D), € 9,95 (A)

Tausend Sterne funkeln in der Nacht, doch wer kennt die Sternbilder? Der Große Wagen lässt sich finden, aber wo stehen Schwan, Wasserschlange oder Großer Hund? Mit den Schritt-für-Schritt-Beschreibungen wird die Orientierung am Nachthimmel ganz einfach. Wie praktisch, dass die Sterne auf diesem Kalender sogar leuchten!

**Portofreie Lieferung in D&A ab einem Bestellwert von € 20,-\***

## 2 Unendliches Weltall

Kalendarium dtsh.-engl.-franz., 7 farb. Transparent-Bilder, Format: 41 x 57 cm, Hanneschläger Verlag.

Bestell-Nr. 1319. € 32,90 (D), € 32,90 (A)

Die Kunst des Foliendrucks lässt die spektakulären Szenen aus dem Universum zum Greifen nah wirken. »Ein Muss für Schulen und Sternwarten, ein ausgefallen schönes Geschenk für an Astronomie und Naturschönheit interessierte Menschen.« *Sterne und Weltraum*



Bequem bestellen:

→ direkt bei [www.science-shop.de](http://www.science-shop.de)

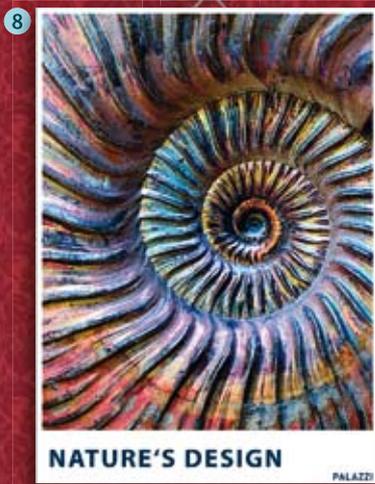
→ per E-Mail [info@science-shop.de](mailto:info@science-shop.de)

→ telefonisch 06221 9126-841

→ per Fax 0711 7252-366

→ per Post Postfach 810680 • 70523 Stuttgart

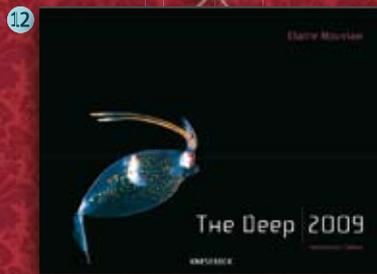
\*Bei Bestellungen in D & A unter € 20,- sowie Bestellungen im sonst. Ausland berechnen wir € 3,50. Alle Preise inkl. Umsatzsteuer. Preise unter Vorbehalt. Spektrum der Wissenschaft Verlagsges. mbH



8 **Nature's Design** PALAZZI



11 **Kunst der Tarnung**



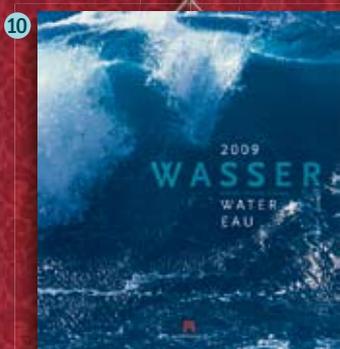
12 **The Deep 2009**



13 **Vulkane**



9 **Eulen**



10 **Wasser**

Mehr Infos unter:  
[www.science-shop.de/kalender](http://www.science-shop.de/kalender)

**8 Nature's Design**  
 Kalendarium dtsh.-engl.-französ., 13 farb. Blätter, Format: 50 x 70 cm, Palazzi Verlag.  
**Bestell-Nr. 2648. € 44,80 (D), € 44,80 (A)**  
 Die Natur ist Quelle der Inspiration für Künstler, Architekten und Designer und sogar für Ingenieure und Wissenschaftler – wie die rasante Entwicklung der Bionik zeigt.

**9 Eulen**  
 Kalendarium dtsh.-engl.-französ., 13 farb. Blätter, Format: 45 x 34,5 cm, Weingarten.  
**Bestell-Nr. 2185. € 18,95 (D), € 18,95 (A)**  
 Diese scheuen Raubvögel gehören von Anbeginn zum Kreis der Geschöpfe, die den Menschen von besonderer Bedeutung waren, ob als Symbol für Weisheit (bei den alten Griechen) oder Tod und Verderben (bei den Christen).

**10 Wasser**  
 Kalendarium 4-sprachig, mit Jahresübersicht, 13 farb. Blätter, Format: 44 x 50 cm, Ackermann.  
**Bestell-Nr. 1540. € 24,95 (D), € 24,95 (A)**  
 Neue, meisterhafte Aufnahmen von Emanuel Gronau zeigen stille, ruhig liegende Wasser genauso wie vitalisierende Wasserfälle und Quellen.

**11 Kunst der Tarnung**  
 Text u. Kalendarium dtsh.-engl.-französ., 13 farb. Blätter, Format: 55,5 x 45,5 cm, Weingarten.  
**Bestell-Nr. 2428. € 29,95 (D), € 29,95 (A)**  
 Der Fotograf Art Wolfe zeigt in beeindruckenden Bildern die große Vielfalt des Mimikry, die Kunst der Tarnung in der Tierwelt

**12 The Deep**  
 14 farb. Blätter, Format: 50 x 39,2 cm, Spiralbindung, Kneesebeck.  
**Bestell-Nr. 2426. € 29,95 (D), € 29,95 (A)**  
 Claire Nouvian bringt Licht in das geheimnisvolle Leben der Tiefsee. Wir entdecken ein neues Universum, dessen surrealistische Geschöpfe der völligen Dunkelheit entrissen wurden, und erfahren Erstaunliches über ihre Lebensweise und die Tiefe, in der man sie beobachtet hat.

**13 Vulkane**  
 Kalendarium 3-sprachig, mit Jahresübersicht, 13 farb. Blätter, Format: 54 x 48 cm, Spiralbindung, Ackermann.  
**Bestell-Nr. 2652. € 28,50 (D), € 28,50 (A)**  
 Die Urgewalt der Natur in faszinierenden, erstklassigen Bildern eingefangen. Fotos von Daniele Szcepanski.

## Jahrbücher

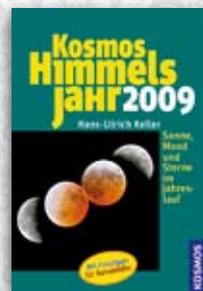


**■ Kosmos Wetterjahr**  
 160 S. m. 100 farb. Fotos u. 70 Illustr., kart., Kosmos.  
**Bestell-Nr. 2179. € 10,95 (D), € 11,40 (A)**  
 Das Kosmos Wetterjahr informiert über das »typische« Wetter, nennt wichtige Signalpflanzen und klärt auf über Biowetter, Pollenflug und Bauernregeln. Mit Wettertagebuch für eigene Beobachtungen.

 **Bestellen Sie bequem telefonisch: 06221 9126-841**



**■ Ahnerts Astronomisches Jahrbuch**  
 2008, 194 S. mit zahlr., meist farb. Abb., DinA4, Spektrum der Wissenschaft.  
**Bestell-Nr. 1339. € 9,80 (D), 9,80 (A)**  
 Der »Ahnert« enthält in gewohnter Qualität alle Informationen über die aktuellen Ereignisse am Himmel, versehen mit Tabellen und Diagrammen zur Planung und Auswertung eigener Beobachtungen. Mit wertvollen Tipps zur Beobachtung von Deep-Sky-Objekten mit dem Fernrohr.



**■ Kosmos Himmelsjahr**  
 Sonne, Mond und Sterne im Jahreslauf. Hrsg. v. Hans-Ulrich Keller, 2008, 304 S. m. ca. 300 Farbbabb., kart., Kosmos.  
**Bestell-Nr. 1316. € 14,95 (D), 15,40 (A)**  
 Zwölf Monatsübersichten im kalendrischen Hauptteil beschreiben Mond- und Planetenlauf sowie den jeweiligen Fixsternhimmel. Monatssternkarten, anschauliche Farbzeichnungen und Fotos sorgen für den richtigen Durchblick. Mit Übersichtskarten und Tageskalendarium.

Ebenfalls lieferbar als:

### ■ Kosmos Himmelsjahr de Luxe

Buch und CD-ROM für Windows, Kosmos.  
**Bestell-Nr. 1317. € 24,90 (D), € 24,90 (A)**  
 Das optimale Geschenkset: Buch und CD-ROM in Geschenkbox. Erscheint im Oktober 2008.



**■ Der Sternenhimmel**  
 Astronomisches Jahrbuch für Sternfreunde für alle Tage des Jahres zum Beobachten mit bloßem Auge, Feldstecher und Fernrohr Hrsg. unter d. Patronat d. Schweizer. Astronom. Ges. v. Hans Roth. Begr. v. Robert A. Naef. 69. Jg. 2008, 352 S. m. 20 Fotos u. 90 Illustr., geb., Kosmos.  
**Bestell-Nr. 1545. € 26,90 (D), € 27,70 (A)**

Anspruchsvollen Hobbyastronomen bietet DER STERNENHIMMEL seit fast 70 Jahren beispiellos umfangreiche und präzise Informationen zu den Geschehnissen am Himmel. Neben detaillierten Angaben zur Sichtbarkeit von Sonne, Mond und Planeten findet man z. B. den Verlauf von Sternbedeckungen durch den Mond, Aufsuchkarten für Kleinplaneten sowie Informationen zu veränderlichen Sternen.



**Bequem bestellen:**

→ direkt bei [www.science-shop.de](http://www.science-shop.de)

→ per E-Mail [info@science-shop.de](mailto:info@science-shop.de)

→ telefonisch 06221 9126-841

→ per Fax 0711 7252-366

→ per Post Postfach 810680 • 70523 Stuttgart