

Erste Jupiter-Bilder der Voyager-Sonden

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **37 (1979)**

Heft 172

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Nutzungsbedingungen

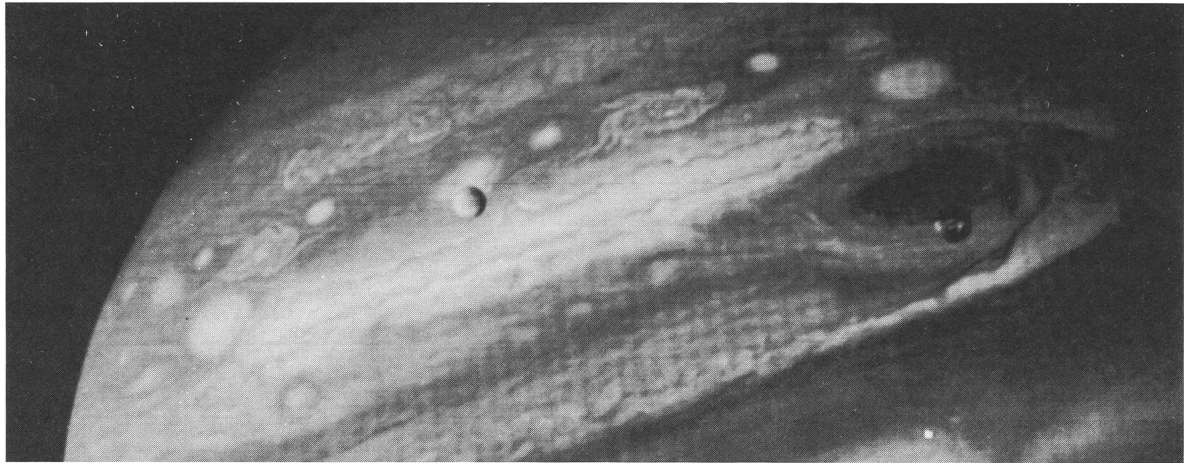
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Diese Jupiteraufnahme hat die Voyager-Sonde am 13. Februar 1979 aufgenommen. Die Entfernung zum Riesenplaneten betrug nur noch 20 Millionen Kilometer. Gebilde von der Grössenordnung der Schweiz sind auf dieser Aufnahme bereits sichtbar. Vor der Planetenscheibe schwebend sind die beiden Monde Io und Europa deutlich erkennbar. Io befindet sich gerade über dem Grossen Roten Fleck. NASA-Foto.

Erste Jupiter-Bilder der Voyager-Sonden

Jupiter, der wohl bemerkenswerteste Planet unseres Sonnensystems, fällt bereits dem unbewaffneten Auge durch sein helles und ruhiges Licht auf. Nach Venus ist Jupiter der hellste Planet. Eigentlich spannend wird die Jupiterbeobachtung aber erst mit Hilfe eines Teleskopes. Selbst in kleinen Fernrohren können auf seiner Oberfläche dunkle Längsstreifen und markante Schattierungen ausgemacht werden. Und das faszinierende Spiel seiner 4 innersten Monde ist wohl jedem Amateur-Astronomen hinlänglich bekannt.

Zur Zeit stehen wir am Anfang einer neuen Ära der Jupiterforschung. Am 15. Dezember 1978 hat die amerikanische Raumsonde Voyager 1 aus einer Entfernung von 80 Millionen km mit Messungen und Jupiteraufnahmen begonnen. Am 6. März 1979 erreichte die Sonde die nächste Annäherung an Jupiter (280 000 km). Zur Zeit fliegt sie in Richtung Saturn weiter. Während dieser Begegnungszeit wurde nicht nur Jupiter, sondern auch seine innersten Monde eingehend untersucht. Erste eindrucksvolle Fotos dieser Annäherung können wir hier bereits veröffentlichen. Auf die Auswertung der vielen Messdaten müssen wir allerdings noch einige Zeit warten.

Welches Wissen konnten die Astronomen bis heute über den Riesenplaneten Jupiter sammeln? Aufgrund der Gravitationsgesetze und mit Hilfe von visuellen Beobachtungen konnten schon eine Vielzahl von Daten gewonnen werden. Spektroskopische und photometrische Untersuchungen gaben auch viele Hinweise über die physikalische Beschaffenheit dieses Planeten. Und schliesslich übermittelten die Raumsonden Pionier 10 und 11 anlässlich der Vorbeiflüge an Jupiter im Dezember 1973 bzw. im Dezember 1974 Messdaten und Bilder zur Erde. All diese Untersuchungen führten zum heutigen Jupiter-Bild.

Jupiter-Steckbrief

Bahndaten, Dimension:

Jupiter umkreist die Sonne in einer mittleren Entfernung von 778,3 Mio km. Dazu benötigt er 11,86 Erdenjahre. Trotz dieser langen Umlaufsdauer muss er sich auf seiner Bahn um die Sonne beeilen. Seine mittlere Umlaufgeschwindigkeit beträgt immer noch 13,06 km/s. Die Rotationsachse von Jupiter steht fast senkrecht auf seiner Bahnebene. Jupiter kennt also keine Jahreszeiten, die Sonne steht immer senkrecht über dem Jupiteräquator.

Durch seine Dimension fällt Jupiter besonders auf: er ist der grösste Planet unseres Sonnensystems. Sein Äquatordurchmesser beträgt 142 700 km. Damit besitzt Jupiter einen 11 mal grösseren Durchmesser als unsere Erde und erreicht immerhin schon den 10ten Teil des Sonnendurchmessers. Imposant ist auch seine Masse. Diese Masse beträgt etwas mehr als das Doppelte der Massen aller andern Planeten unseres Sonnensystems zusammen, oder 318 Erdmassen, oder $1,9 \cdot 10^{27}$ kg (eine Zahl mit 27 Nullen!).

Wir haben gesehen, dass Jupiter einen 11 mal grösseren Durchmesser als unsere Erde besitzt. Demzufolge müsste er — gleicher Aufbau wie unsere Erde vorausgesetzt — etwa 1300 Erdmassen beinhalten. In Wahrheit besitzt er aber nur etwa einen Viertel dieser erwarteten Masse. Dies kann nur bedeuten, dass auch seine mittlere Dichte 4 mal geringer ist als die mittlere Dichte unserer Erde, oder — wie genaue Untersuchungen ergaben — $1,3 \text{ g/cm}^3$.

Trotz dieser geringen Dichte ist wegen der riesenhaften Grösse die Gravitationsbeschleunigung auf der Jupiteroberfläche immer noch 2,64 mal so gross wie auf der Erdoberfläche (ein 50 kg schwerer Mensch würde auf Jupiter das beachtliche Gewicht von 132 kg von der

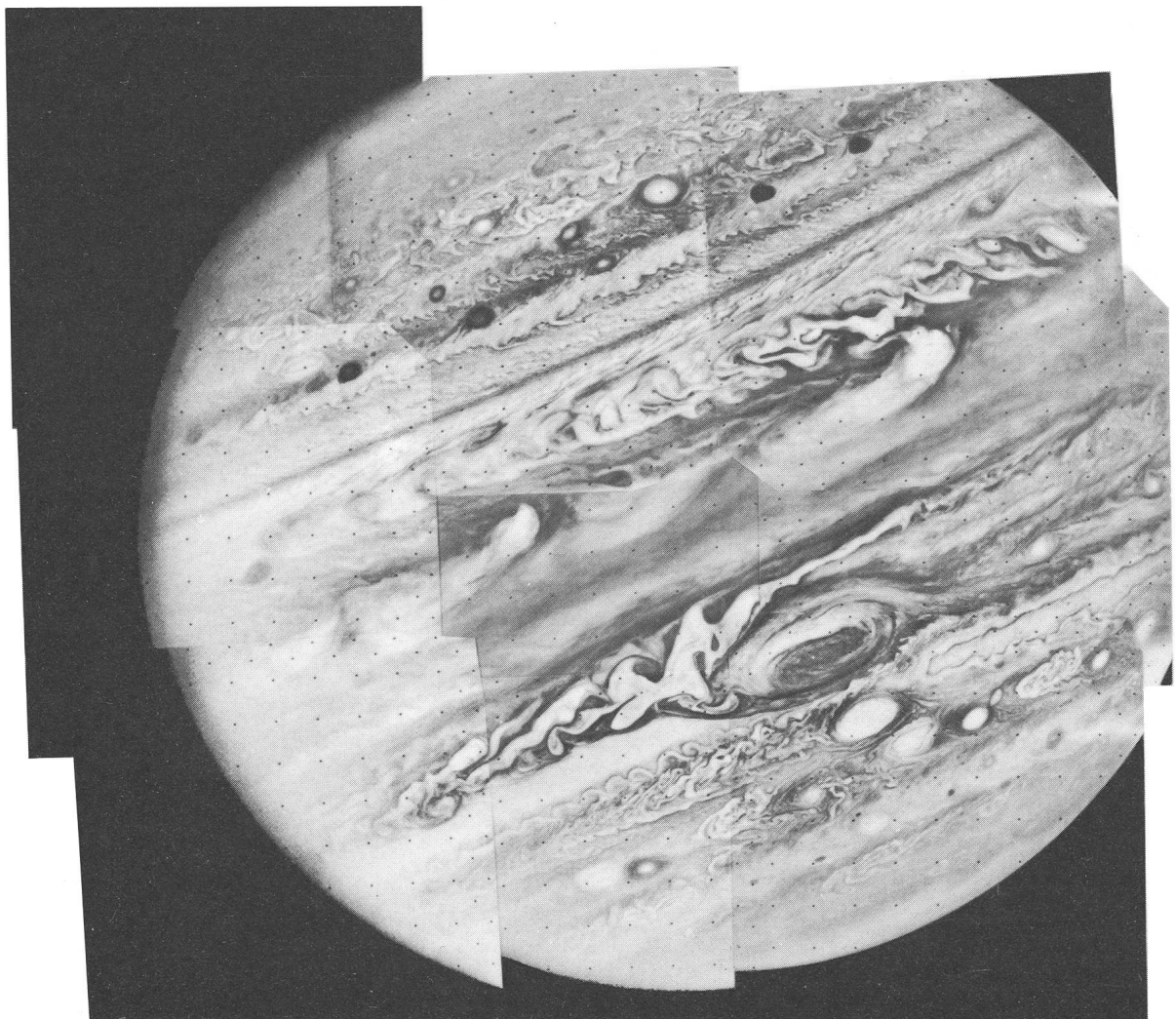
Waage ablesen). Und wollte man von der Jupiteroberfläche aus eine interplanetare Rakete abschiessen, müsste man ihr eine Geschwindigkeit von 61 km/s erteilen (für denselben Abschuss sind auf der Erde «lediglich» 11,2 km/s nötig).

Aufbau:

Wegen der geringen mittleren Dichte von Jupiter kommen für seinen Aufbau vorwiegend nur leichte Elemente in Frage. Den Hauptanteil stellen die beiden Elemente Wasserstoff und Helium, wobei Wasserstoff etwa 10 mal häufiger anzutreffen ist als Helium. Wegen der grossen Gravitationswirkung konnte Jupiter diese leichten Elemente seit seiner Entstehung vor einigen Milliarden Jahren bis heute behalten. Schwerere Elemente als Wasserstoff und Helium machen bei Jupiter etwa 1% aus.

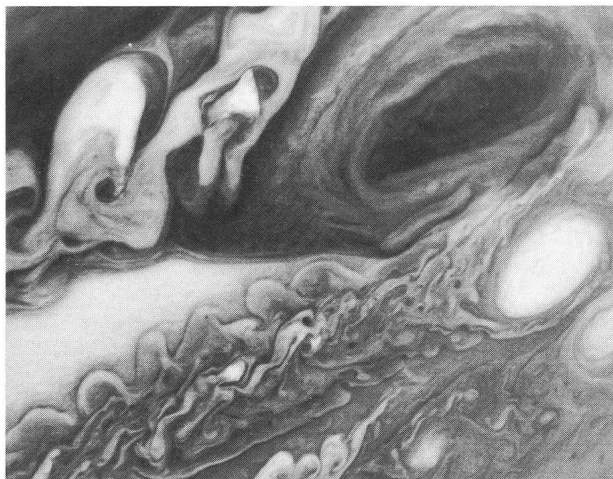
Man nimmt heute an, dass der zentrale Teil dieses Riesenplaneten aus einem relativ kleinen Silikat-Kern

besteht. In diesem Kern herrscht eine Temperatur von etwa 30 000 Grad, was für eigentliche Kernreaktionen wie etwa in unserer Sonne viel zu wenig ist. Eine weitere sehr grosse Schicht bis zu einem Zentrumsabstand von 46 000 km besteht grösstenteils aus Wasserstoffionen. Unter der dort herrschenden Temperatur von 11 000 Grad und dem enormen Druck von 3 Mio Atmosphären besitzt diese Zone aus flüssigem Wasserstoff metallische Leitfähigkeit. Ladungsbewegungen in dieser Zone sind wohl die Ursache für das starke und ausgedehnte Magnetfeld des Jupiter (mehr als 10 mal so stark wie das Magnetfeld der Erde). Die äusserste Schicht bis zur Jupiteroberfläche besteht vorwiegend aus flüssigem molekularem Wasserstoff. Schliesslich besitzt Jupiter noch eine etwa 1000 km dicke Atmosphäre, die ebenfalls hauptsächlich aus Wasserstoff besteht. In den unteren Zonen dieser Atmosphäre können sich wahrscheinlich Wassertröpfchen-Wolken bilden. Eine oberste Wolken-schicht dürfte aus Ammoniak-Wolken bestehen. Erstaunlich ist die unterschiedliche Färbung dieser

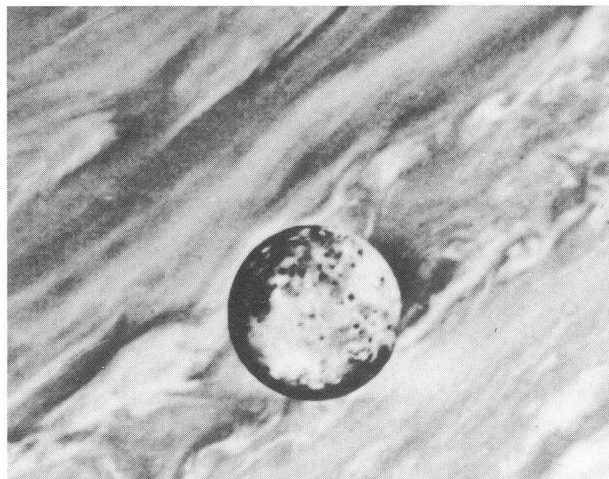


Diese turbulente Atmosphäre zeigt Jupiter einem Betrachter in einer Entfernung von 7,8 Millionen Kilometer. Diese Mosaik-Aufnahme von Jupiter (bestehend aus neun Teilaufnahmen von Voyager 1) wurde am 26. Februar 1979 mit vorgeschalteten Violett-Filtern aufgenommen. Die kleinsten, noch zu erkennenden Einzelheiten haben in Wirklichkeit einen Durchmesser von ca. 150 Kilometer. Einen deutlichen Eindruck bekommt man über die riesenhaften Dimensionen des Grossen Roten Flecks. Auffallend sind aber auch die vielen kleineren Wirbelzentren und die äusserst scharf begrenzten Zonen unterschiedlicher atmosphärischer Aktivitäten.

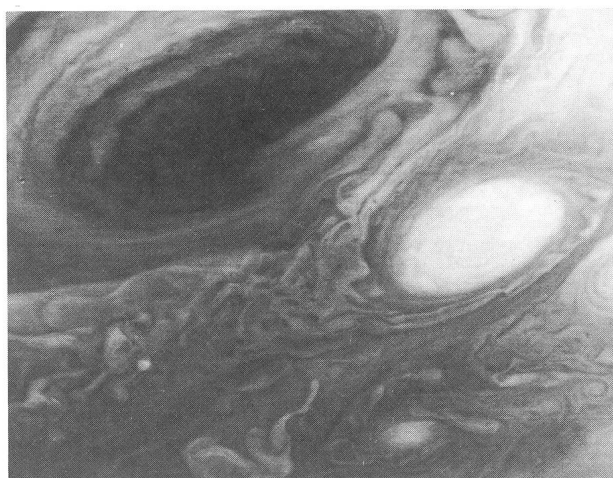
NASA-Foto.



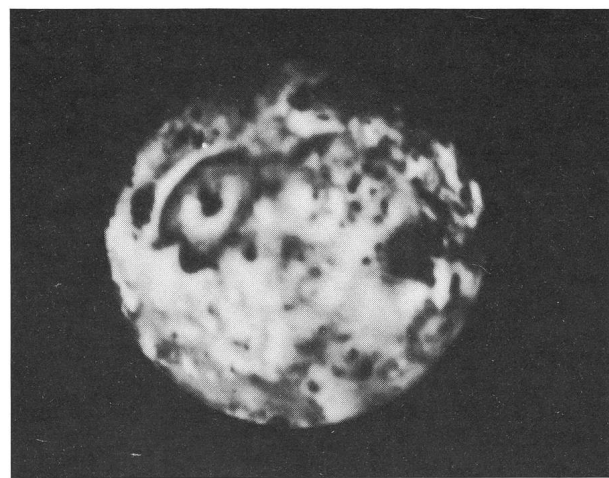
Der Grosse Rote Fleck mit seiner unmittelbaren Umgebung. NASA-Fotos.



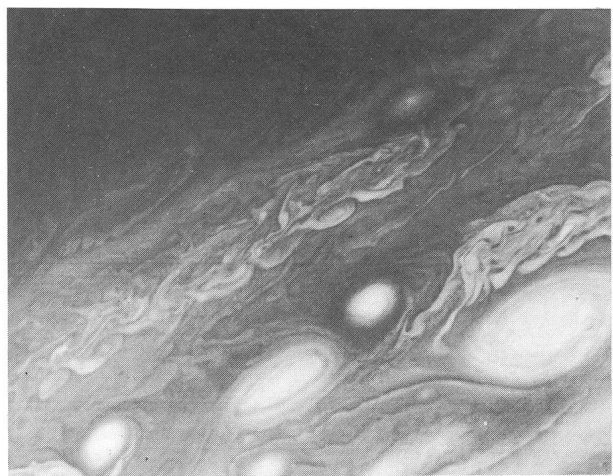
Der Jupitermond Io über der Jupiteroberfläche. Noch rätselhaft sind die vielen dunklen Punkte mit den leicht aufgehellten Rändern.



Der Grosse Rote Fleck mit seiner unmittelbaren Umgebung. Diese beiden Voyager-1-Aufnahmen zeigen deutlich die erstaunlich raschen und markanten Strukturänderungen des Grossen Roten Flecks und seiner unmittelbaren Umgebung. Man vergleiche auch mit dem Farbbild auf der gegenüberliegenden Seite. Dimensionshinweis: Der GRF hat eine Längsausdehnung von ca. 40 000 km. Seine Randzonen drehen mit Geschwindigkeiten von bis zu 500 km/h!



Io aus einer Entfernung von lediglich 2,8 Mio km aufgenommen. Bemerkenswert ist der grosse ovale schwarze Ring (Durchmesser ca. 900 km!) mit dem dunklen Fleck im Zentrum. Io besitzt ein Oberflächenmaterial, das sechs mal heller erscheint als die Oberfläche unseres Erdmondes.



Ein Ausschnitt der turbulenten Jupiteratmosphäre in der Nähe des Terminators. Deutlich sind die Wirbelzentren und die parallel zur Rotationsrichtung liegenden turbulenten Zonen sichtbar.

Jupiter — ein Ringplanet

Offensichtlich gehört ein Ringsystem zur Standardausrüstung der Riesenplaneten. Nach der überraschenden Entdeckung der Uranusringe hat nun die Voyager-1-Sonde auch ein Ringsystem um den Riesenplaneten Jupiter entdeckt. Die Aufnahmen erfassten den Materiegürtel von der Seite. Der Jupiterringsystem scheint aus Gesteins- und Eisbrocken zu bestehen. Die Ringdicke wird mit 30 km angegeben und die Breite beträgt immerhin schon 8000 km. Die Ringebene fällt mit der Äquatorebene des Jupiter zusammen. Und da die Äquatorebene des Jupiter ziemlich genau mit seiner Sonnenumlaufsebene zusammenfällt, sehen wir den Jupiterringsystem von der Erde aus immer nur von seiner Kante her (wohl mit ein Grund, warum man diesen Ring bis heute noch nie beobachtet hat).



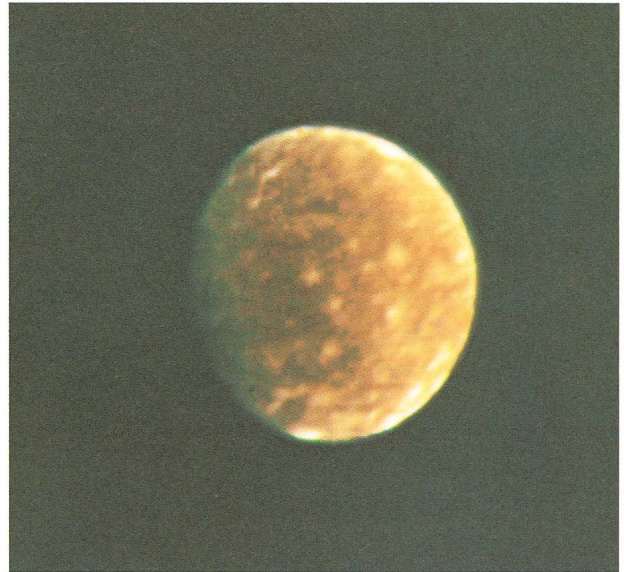
Oben: Diese eindruckliche Aufnahme des Grossen Roten Flecks mit seiner näheren Umgebung hat Voyager 1 am 25. Februar 1979 aus einer Entfernung von 9,2 Millionen Kilometer aufgenommen. Strukturen mit einem Durchmesser von 160 km sind gerade noch sichtbar. Die 1000 km dicke Jupiteratmosphäre erlaubt nirgends einen Blick auf die eigentliche Jupiteroberfläche. Um den Grossen Roten Fleck herum scheinen die atmosphärischen Strömungen besonders komplex und intensiv zu sein.

Rechte Spalte:

Oben: Der grösste Jupitermond Ganymed (Durchmesser 5270 km). Diese Aufnahme stammt von Voyager 1. Aufnahmedatum: 2. März 1979. Voyager 1 befand sich zur Zeit der Aufnahme noch 3,4 Millionen Kilometer von Ganymed entfernt. Diese Farbaufnahme wurde aus drei in verschiedenen Wellenlängenbereichen aufgenommenen schwarz-weiss Aufnahmen zusammengesetzt. Obschon etwas grösser als Merkur, besitzt Ganymed nur etwa den dritten Teil der Merkurmasse. Deshalb muss Ganymed wohl zum grössten Teil aus Eis bestehen. Die helle Stelle auf der südlichen Halbkugel erinnert stark an strahlenumgebene Krater unseres Erdmondes.

Mitte: Jupitermond Europa aus einer Entfernung von 2 Millionen Kilometer gesehen. Die helleren Zonen sind wahrscheinlich eisbedeckt. Die dunkleren Gebiete könnten eine Gesteinsoberfläche darstellen. Die dunkle Färbung könnte aber auch von einer stark zerklüfteten Eisdecke stammen. Sehr ungewöhnlich sind die schmalen fadenartigen Gebilde, die sich in verschiedenen Richtungen und Längen über die Europa-Oberfläche erstrecken. Die Grössten dieser fadenartigen Gebilde weisen Längen von über 1000 km auf. Möglicherweise stellen diese Linien Verwerfungen dar: Grenzlinien, längs deren die Oberflächenkruste aufgebrochen ist.

Unten: Kallisto, der äusserste galileische Jupitermond. Diese Aufnahme wurde am 28. Februar 1979 aus einer Entfernung von 7 Millionen Kilometer gemacht. Obschon der dunkelste unter den Galilei-Monden, besitzt Kallisto immer noch ein doppelt so grosses Rückstrahlvermögen als unser Erdmond. Die Oberfläche ist gesprenkelt, dunkle und helle Zonen wechseln ab. Die hellen Flecken erinnern sehr an helle Krater unseres Erdmondes. Wie unser Erdmond der Erde weisen auch die Galileimonde dem Jupiter immer dieselbe Seite zu. Auf dieser Aufnahme ist die Seite zu sehen, die ständig Jupiter zugekehrt ist.



Wolkenschicht. Die aufgezählten Stoffe sollten eigentlich farblos sein.

Die Jupiteratmosphäre ist von aussen undurchsichtig. Markant sind die sich parallel zum Äquator ausbreitenden dunklen Wolkenbänder. Auffallendstes Merkmal ist sicher der Grosse Rote Fleck. Nach heutiger Ansicht stellt dieser rote Fleck das Zentrum eines über Jahrhunderte andauernden atmosphärischen Wirbels dar.

Durch die genaue Beobachtung der Wolkenstruktur kann auch eine Rotationsdauer abgeleitet werden, sie beträgt knapp 10 Stunden. Dabei rotieren die äquatornahen Gebiete rascher als die äquatorfernen (denselben Effekt stellt man auch bei der Sonnenrotation fest).

Strahlung

Rätselhaft ist das Strahlungsverhalten von Jupiter. Er sollte — entsprechend seinem Sonnenabstand — lediglich eine Oberflächentemperatur von -168°C aufweisen. Messungen ergeben aber eine um 25°C höhere Oberflächentemperatur. Dies bedeutet, dass Jupiter ständig doppelt soviel Energie in den Weltraum abstrahlt als er von der Sonne aufnimmt. Bei gleichbleibender Oberflächentemperatur ist dies nur durch die Existenz einer inneren Energiequelle zu verstehen.

Wegen der geringen Zentraltemperatur können dafür Fusionsprozesse wie in unserer Sonne sicher nicht verantwortlich sein. Als Energiequelle muss ebenfalls die natürliche Radioaktivität ausgeschlossen werden. Der Anteil entsprechender Elemente ist auf Jupiter viel zu gering. Als einzig verbleibende Energiequelle bietet sich nur noch die Gravitationsenergie an. Durch Kontraktion erwärmt sich das Innere des Planeten. Diese Wärmeenergie wird durch Konvektionsströme an die Oberfläche transportiert, wo sie abgestrahlt werden kann.

Dass Jupiter ausserdem noch 14 Monde besitzt sei hier nur am Rande vermerkt. Über diese Monde wurde bereits in ORION 161, Seite 112, ausführlich berichtet.

Aufgabe der Voyager-Sonden

Im August bzw. September 1977 starteten die beiden Voyager-Sonden vorerst in Richtung Jupiter. Sie sollen aber auch Saturn, und wenn möglich auch Uranus und Neptun anfliegen. Diese «Grand Tour» ist nur mit Hilfe der sogenannten *Swing-By-Technik* realisierbar: Bei der Annäherung zum Planeten Jupiter werden die beiden Sonden auf enorme Geschwindigkeiten beschleunigt. Gleichzeitig wird auch noch die Eigengeschwindigkeit des Jupiters (13 km/s) ausgenützt. In einer Art Billard-Effekt (natürlich ohne direkte Berührung) erhalten dadurch die Sonden eine neue Richtung und eine vergrösserte Geschwindigkeit. Eine Reise zum Neptun dauert so etwa 10 Jahre. Ohne Ausnützung dieses Effektes würde sie gut 20 Jahre dauern. Bei Gelingen des Unternehmens sollen die beiden Raumsonden folgende Hauptfragen klären helfen:

1. Zusammensetzung von Jupiter und Saturn. Wie gross ist der Anteil von Wasserstoff, Helium und von schwereren Elementen?
2. Stärke und Form des Magnetfeldes von Saturn. Besitzt sein Mond Titan ebenfalls ein Magnetfeld?
3. Welcher Mechanismus ist verantwortlich für die grossflächigen und sehr stabilen Wirbelstürme (z. B. Grosser Roter Fleck) auf den Planeten Jupiter und Saturn?
4. Genaue Abklärung, warum Jupiter (und auch Saturn) mehr Energie abstrahlt als er von der Sonne aufnimmt.
5. Erforschen der Oberflächenbeschaffenheit der vier Galilei-Monde von Jupiter und des Saturnmondes Titan. Krater? Atmosphären?
6. Besteht zwischen dem Magnetfeld des Jupiter und seinem innersten Mond eine Wechselwirkung?

Diese Aufgaben sind Grund genug, um dem Unternehmen vollen Erfolg zu wünschen.

Zeitplan des Voyager-Projekts

Voyager-Sonde Nr.	Datum	Ereignis	Zielentfernung km	Bildauflösung km
2	20. 8.77	Start		
1	5. 9.77	Start		
1	15.12.78	Jupiteraufnahmen (Beginn)	$80 \cdot 10^6$	1500
1	5. 3.79	Jupiter-Passage	$278 \cdot 10^3$	6
1	5. 3.79	Io-Passage	$22 \cdot 10^3$	0,5
1	4.79	Jupiteraufnahmen (Ende)		
2	20. 4.79	Jupiteraufnahmen (Beginn)	$75 \cdot 10^6$	1500
2	10. 7.79	Jupiter-Passage	$643 \cdot 10^3$	13
2	8.79	Jupiteraufnahmen (Ende)		
1	8.80	Saturnaufnahmen (Beginn)	$100 \cdot 10^6$	2000
1	11.11.80	Titan-Passage	$4 \cdot 10^3$	0,5
1	12.11.80	Saturn-Passage	$138 \cdot 10^3$	3
1	1.81	Saturnaufnahmen (Ende)		
2a)	6.81	Saturnaufnahmen (Beginn)	$100 \cdot 10^6$	2000
2a)	27. 8.81	Saturn-Passage	$102 \cdot 10^3$	2
2a)	27. 8.81	Ring-Passage	$38 \cdot 10^3$	0,8
2a)	10.81	Saturnaufnahmen (Ende)		
2a)	1.86	Uranus-Passage		
2a)	9.89	Neptun-Passage		

a) unter der Voraussetzung, dass die Titan-Mission von Voyager 1 gelingt.