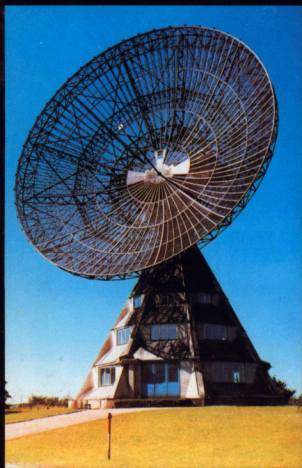
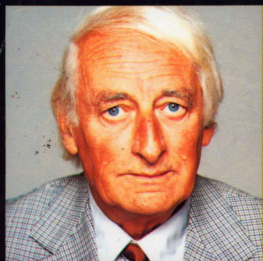


**WAS  
IST  
WAS**

**BAND 6**

# Die Sterne

Von Prof. Haber



Ein **WAS  
IST  
WAS** Buch

# Die Sterne

Von Prof. Heinz Haber

Illustriert von Anne-Lies Ihme  
und Gerd Werner



Tessloff Verlag · Hamburg

# Vorwort

Jahrtausendlang waren die Sterne für die Menschen völlig unerreichbar, aber sie haben sie seit ältester Zeit fasziniert. Deshalb wurde die Sternenkunde, die Astronomie, zur ältesten Wissenschaft überhaupt.

Jahrtausende hat es gedauert, bis die Menschen von der naiven Vorstellung loskamen, die Sterne seien nur leuchtende Punkte, die innen an einer riesigen Kuppel angeheftet seien. Aber schon die großen Geister des Altertums ahnten, daß der gestirnte Himmel mit Sonne und Mond mehr war als eine Art von Planetarium. Sie ahnten, daß die Planeten und Sterne eigene Himmelskörper sind, die ähnlich wie unsere eigene Erde als Kugeln im Weltall schweben. Sah man doch nirgends eine feste Halbkugel als Begrenzung, sondern schaute nur in die Tiefen des Weltalls, unvorstellbar groß.

Die Astronomie der Neuzeit begann damit, daß es gelang, die Entfernung der Planeten zu bestimmen und das Sonnensystem zu vermessen. Erst dann konnte man auch etwas

über die wahre Größe und Helligkeit der Gestirne aussagen.

Die Ergebnisse waren sehr aufregend; denn es stellte sich heraus, daß die meisten Gestirne, die wir am Himmel sehen, viele Male größer sind als die Erde, auf der wir wohnen. Doch noch zu jener Zeit, als das Sonnensystem bereits genau ausgemessen und die Gesetze der Planetenbewegungen schon gut bekannt waren, hatte man noch keine rechte Ahnung, wie groß die Milchstraßenräume in Wirklichkeit sind: das unvorstellbar tiefe Weltall, in dem die Geschwister der Sonne, die Fixsterne kreisen.

Seit dem Start der Weltraumfahrt sind wir Menschen den Sternen nähergekommen. Unsere drei nächsten Nachbarn im All – den Mond und die Planeten Venus und Mars – haben wir schon direkt berührt; auf dem Mond sind wir sogar schon einige Male gelandet. So hat die älteste der Wissenschaften, die Sternenkunde, nichts an Spannung verloren; nein, sie ist reizvoller denn je.

*Professor Dr. rer. nat. habil.  
Heinz Haber*



Copyright © 1982 bei Tessloff Verlag, Hamburg

Veröffentlicht in Übereinkommen mit Grosset & Dunlap, New York.

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck und die fotomechanische Wiedergabe sind nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Verlages gestattet.  
ISBN 3 7886 0246 5



# Inhalt

## Lichter am Himmel

Wie stellten sich unsere Vorfahren den Himmel vor?	4
Wie kam man auf die Kugelform der Erde?	5
Wer lehrte als erster, daß die Erde um die Sonne kreist?	6
Wer berechnete die Bahnen der Planeten?	7

## Die Geburt der Sterne

Wieviele Sterne sehen wir am Himmel?	8
Was ist unser Sonnensystem?	8
<i>So entsteht ein Sonnensystem</i>	9
Warum sind die Planeten verschieden groß?	10
Wie entstanden die großen Planeten?	11

## Die Geschwister der Erde

Wie ist unsere Erde aufgebaut?	11
Warum gibt es auf der Venus kein Leben?	12
Warum hat Mars nur eine dünne Atmosphäre?	13
Wie kalt ist es auf dem Mars?	14
Was sind die Planetoiden?	14
Welches ist der größte Planet?	14
Wieviele Ringe hat Saturn?	16
Welches sind die äußeren Planeten?	17

## Kometen, Meteore und Sternschnuppen

Was ist ein Komet?	18
Wann kommt der Halleysche Komet wieder?	19
Was ist ein Meteorit?	20
<i>So entsteht ein Meteoritenkrater</i>	21

## Die Sonne - Gaskugel mit Atomofen

Woraus besteht die Sonne?	22
Warum kühlt sich die Sonne nicht ab?	23
Wie entsteht das Licht der Sonne?	24

## Sonne und Erde

Was sind Sonnenflecken?	25
-------------------------	----

Beeinflussen Sonnenflecken unser Wetter?	26
Was sind Nordlichter?	26
Woher kommt die ultraviolette Strahlung?	27

## Unser Nachbar Mond

Wie entsteht eine totale Sonnenfinsternis?	28
Wie entstehen Ebbe und Flut?	29
Was sind die „Mondmeere“?	29
Wie sieht es auf dem Mond aus?	30
Wie ist der Mond entstanden?	31

## Geschwister der Sonne

Wann fliegt „Voyager 2“ am Sirius vorbei?	32
Wie mißt man die Entfernung eines Fixsterns?	33
Was ist ein Lichtjahr?	34
Wie mißt man die Größe eines Fixsterns?	34
Was sind Riesen- und Zwergsterne?	35
Was sind Sternhaufen?	35
Was sind Doppelsterne?	36
Was ist eine Supernova?	37
Wie häufig ereignet sich eine Supernova?	38

## Unsere Milchstraße

Woraus besteht die Milchstraße?	38
Was sind „leuchtende Gasnebel“?	40
Wie zeigen uns Radiowellen die Milchstraße?	40
Was sind Kugelhaufen?	41
Was ist ein „Schwarzes Loch“?	42

## Die Grenzen von Raum und Zeit

Was ist ein Spiralnebel?	43
Wie mißt man die Entfernung einer Galaxis?	44
Wieviele Galaxien gibt es im All?	44
Was ist die Rotverschiebung?	45
Was ist der „Urknall“?	46

## Menschen in fernen Welten

Kann es auf fernen Sternen Leben geben?	47
Warum werden wir unsere Brüder im All nie sehen?	48





## Lichter am Himmel

### Wie stellten sich unsere Vorfahren den Himmel vor?

Als unsere Vorfahren vor vielen hunderttausend Jahren noch in Höhlen lebten, haben sie des Nachts immer wieder zum Himmel emporgeschaut – und sie haben gestaunt. Sie konnten nicht begreifen, was sie dort sahen: Über ihren Köpfen glitzerten unerreichbar hoch zahllose Punkte, die langsam ihre Kreise zogen, des Morgens verschwanden, in der folgenden Nacht aber immer wieder ganz zuverlässig auftauchten. Und dort, wo man tags die mächtige Sonnenscheibe sah, gab es nachts den Mond, der in regelmäßigen Abständen seine Form

änderte und die dunklen Nächte erhellte.

Das alles verstanden die Urmenschen nicht, sie konnten es sich nicht erklären. Allmählich aber, im Verlauf vieler Jahrtausende, begannen unsere Vorfahren, sich ein Bild zu machen von dem, was sie dort sahen: Die Erde, so glaubten sie, ist eine riesige Scheibe, auf der das Himmelsgewölbe wie eine darübergestülpte große Kuppel sitzt. Und der Himmel mit all seinen Sternen dreht sich langsam über der Erde. Die Sonne befindet sich innerhalb dieser Glocke, abends verschwindet sie – wohin, wußte man nicht. Hinter der Himmelskuppel, also außerhalb von ihr, brennt ein riesiges Feuer. Man



kann es nicht sehen, weil der Himmel undurchsichtig ist. Er hat aber viele kleine Löcher, durch die der Lichtschein des Feuers auf die Erde fällt. Tags nimmt man es nicht wahr, weil das Licht der Sonne die Helligkeit der kleinen Löcher überstrahlt.

Andere Völker glaubten dagegen, die Sterne seien am Himmel befestigt, so wie wir elektrische Birnen an der Zimmerdecke haben.

Lange Zeit hindurch war besonders letzteres die allgemein anerkannte Auffassung vom Himmel und seinen Sternen; erst in den letzten 500 Jahren haben die Menschen schließlich begriffen, was da eigentlich am Himmel leuchtet.

*Der Nachthimmel mit den vielen leuchtenden Punkten und dem Mond, der seine Form auf geheimnisvolle Weise immer wieder verändert, war unseren Vorfahren, den Urmenschen, ein unlösbares Rätsel.*

Das Bemühen, das alles zu verstehen,

**Wie kam man auf die Kugelform der Erde?**

begann allerdings schon viel früher. Der entscheidende Fortschritt war die Erkenntnis, daß die Erde keine

Scheibe, sondern eine Kugel ist. Zu dieser Einsicht kam man nicht zuletzt durch die frühen Seefahrer. Auf den Meeren hatten sie immer wieder beobachtet, daß von einem Schiff, das hinter dem Horizont verschwand, als letztes noch die Mastspitzen zu sehen waren. Die Schiffe, so schlossen die ersten Astronomen (Sternforscher), mußten also auf irgendeine geheimnisvolle Weise einen Berg, nämlich die Erdkrümmung, „herunterfahren“.

Von da bis zu der Erkenntnis, daß die Erde eine Kugel ist, war es nicht mehr weit. Schon gegen Ende des 5. Jahrhunderts v. Chr. waren die griechischen Philosophen und Astronomen von der Kugelgestalt der Erde überzeugt. Im Volk allerdings hielt sich hartnäckig die Vorstellung unseres Planeten als Platte – bis in das 16. Jahrhundert hinein.

Der Grieche Eratosthenes berechnete schon um 250 v. Chr. mit ziemlicher Genauigkeit den Erdumfang, und der große Astronom Ptolemäus, der um 140 n. Chr. in Alexandria lebte, vervollständigte das neue Bild vom Weltall: Er stellte sich die Erde als eine Kugel vor, die in einer größeren Kugel, dem Himmelsgewölbe, eingeschlossen ist. Die Himmelsachse, also die Linie, um die sich der Himmel dreht, verläuft durch die Mitte der Erde. Die Sterne sind am Himmelsgewölbe befestigt; wenn es sich einmal in 24 Stunden von



Osten nach Westen dreht, drehen sich die Sterne mit. Zu den Sternen gehörten vor allem die sieben Planeten, zu denen Ptolemäus auch Sonne und Mond rechnete. Da diese Wandelsterne Eigenbewegungen vor der Fixsternkugel ausführten, erfand Ptolemäus für jeden eine eigene „Sphäre“, die sich entsprechend schnell drehte.

Dieses Ptolemäische System blieb bis in das Mittelalter maßgebend. Erst viel später fand man heraus, was es mit den Sternen wirklich auf sich hat.

Schon der griechische Philosoph Plato (427–347 v. Chr.)

**Wer lehrte als erster, daß die Erde um die Sonne kreist?**

hatte erkannt, daß es falsch war, sich die Erde als Mittelpunkt der Welt vorzustellen, und

der Astronom Aristarchos von Samos (310–230 v. Chr.) hatte gelehrt, daß die Sterne nur scheinbar um die Erde kreisen – es sei die Erde, die sich um ihre Achse dreht. Aristarchos war auch

überzeugt, daß die Erde eine Bahn um die Sonne beschreibt. Aber seine Lehren erschienen seinen Zeitgenossen unsinnig. Sie wußten noch nichts von der Schwerkraft und konnten sich nicht vorstellen, daß die Menschen kopfüber mit der Erde durch den Weltraum rollten.

Auch der Mathematiker und Astronom Nikolaus Kopernikus, der im Jahr 1543 in seinem Buch „Über die Umläufe der Himmelskörper“ als erster schwarz auf weiß behauptete, was die beiden Griechen vorher gedacht hatten, stieß zunächst auf Unglauben und Widerspruch. Kopernikus hatte die Planeten und die Sterne jahrelang beobachtet und die alten Schriften studiert und folgerte, daß die Erde ein Planet sein müsse, der sich um die Sonne bewegt. Er errechnete sogar die richtige Stellung der Planeten und ihre Entfernung zu der Sonne. Aber niemand glaubte ihm.

66 Jahre später verteidigte der große italienische Gelehrte Galileo Galilei

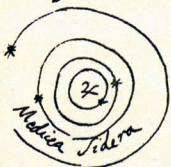


*So stellten sich noch vor wenigen Jahrhunderten viele Menschen den Sternenhimmel vor: Die Sterne sind am Himmelszelt befestigt und drehen sich mit diesem um die Erde, die im Mittelpunkt des Weltalls steht. Auf dem Holzschnitt links steckt ein Neugieriger seinen Kopf durch die Kuppel, um zu sehen, welche Apparaturen das Himmelszelt um die Erde bewegen.*



Mit seinem primitiven Fernrohr entdeckte der italienische Astronom Galileo Galilei vier Jupiter-Monde, die er einem Fürsten aus der Medici-Familie widmete. Rechts Galileis Handskizze nach der Entdeckung der Monde.

*Ann. 1610. 19. Novembris  
De nocte, ac gaudio radi-  
ci: Eiusmodi: Dignetur: non gra-  
tiam: Galilei: Galilei: Ho-  
noris: manu: propria: scripsi  
Florentia.*



die Lehre des Kopernikus. Mit Hilfe des kurz zuvor erfundenen Fernrohrs hatte er vier Monde um den Planeten Jupiter kreisen sehen. Er sah auch, daß die Venus ähnlich wie der Mond Sichelphasen hat. Dies alles schien Galilei nur mit der Lehre des Kopernikus erklärbar, und er bekannte sich zu ihr.

Nun war das neue Weltbild nicht mehr aufzuhalten. Was Galilei gesehen hatte, sahen nun auch andere: Der Astronom Tycho Brahe berechnete

### Wer berechnete die Bahnen der Planeten?

im protestantischen Dänemark geduldig die Planeten und ihre Bahnen, sein Nachfolger, Johannes Kepler, entdeckte im Jahr 1606, daß die Bahnen der Planeten um die Sonne nicht kreisförmig verliefen, wie Kopernikus angenommen hatte, sondern in Ellipsen. Und Kepler war schließlich der erste, der ahnte, daß Himmelskörper sich gegenseitig anziehen; nur so sei der Planetenumlauf um die Sonne zu erklären. Das wissenschaftliche Fundament dieser Behauptungen und Beobachtungen schuf wenig später der englische Mathematiker Isaac Newton. Er erkannte, daß zwei Kräfte die Umläufe

der Planeten um die Sonne bestimmen: die Schwerkraft (Gravitation) und die Fliehkraft (Zentrifugalkraft). Und er fand auch das Gesetz der Schwerkraft: Alle Körper ziehen sich gegenseitig an, je schwerer sie sind, desto mehr, und mit zunehmender Nähe verstärkt sich ihre Anziehungskraft. Damit konnte er die Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne berechnen. Newton erklärte die Ursache für Ebbe und Flut, er erforschte das Licht und seine Farben, er verbesserte das Fernrohr, er studierte die Luftschwingungen und vieles mehr. Seine Erkenntnisse wurden zur Grundlage der modernen Physik und der Astronomie. Nun endlich konnte man darangehen, auch die vielen Geheimnisse des Himmels und der Sterne grundlegend zu erforschen.

Auf seiner Sternwarte Uraniborg bei Kopenhagen erforschte der dänische Astronom Tycho Brahe (1546–1601) mit selbstentwickelten, zum Teil völlig neuartigen Instrumenten den Sternhimmel. Mit Hilfe seiner Erkenntnisse fand der deutsche Astronom Johannes Kepler später die Planetengesetze.





Auf diesem alten Holzschnitt sind die Sternbilder und Einzelsterne des nördlichen Himmels vor der Erdkugel dargestellt, wie sie — der Phantasie des Künstlers zufolge — Gott sieht: von außen nach innen. Da Latein damals die Sprache der Gelehrten war, sind die Namen der Sterne lateinisch angegeben. Es bedeuten zum Beispiel Virgo = Jungfrau, Ursa Minor = Kleiner Bär, Ursa Major = Großer Bär, Serpentarius = Schlangenträger, Cancer = Krebs, Aquila = Adler, Leo = Löwe und Gemini = Zwillinge.

## Die Geburt der Sterne

Mit bloßen Augen sehen wir etwa 2000 bis 3000 Sterne am Nachthimmel. Dabei fällt auf, daß sie verschiedenen hell sind. Es gibt eine Handvoll besonders heller Sterne, die man als „Sterne erster Größe“ bezeichnet. Dann kommen etwa zehnmal soviel Sterne „zweiter Größe“, und so geht es weiter bis zur „sechsten Größe“; das sind Sterne, die man mit bloßem Auge gerade noch sehen kann.

Die Sterne scheinen ganz regellos über den ganzen Himmel verstreut. Aber der Mensch — in seinem Drang, überall Ordnung zu schaffen — hat seit Urzeiten helle und weniger helle Sterne

zu Gruppen zusammengefaßt und allerlei Menschen, Tiere und Figuren hineingedichtet — die Sternbilder. Da gibt es an unserem Winterhimmel den Orion, eine Gruppe von sieben Sternen, die man als menschliche Figur mit gegürteter Taille deuten kann. Und am nördlichen Sternhimmel sehen wir den Großen Wagen — sieben Sterne zweiter Größe, die scheinbar dicht beieinander stehen. Mit ein bißchen Phantasie kann man sehr schön den Kasten und die Deichsel erkennen.

Die Sterne, die man in jeder klaren Nacht sehen kann, stehen scheinbar immer an derselben Stelle, als seien sie an der Himmelskugel festgenagelt. Deshalb nennt man sie Fixsterne, also festgeheftete Sterne.

**Wieviele Sterne  
sehen wir  
am Himmel?**



Außer Sonne und Mond sehen wir mit bloßem Auge fünf Himmelskörper, die nicht zu den Fixsternen gehören, da sie ihre Stellung am Himmel langsam, aber deutlich sichtbar ändern. Das sind die Planeten oder Wandelsterne. Sie tragen die Namen griechischer oder römischer Götter: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Zu ihnen gehören noch die nur mit Fernrohren sichtbaren Planeten Uranus, Neptun und Pluto und schließlich auch unser Heimatplanet, die Erde.

Diese neun Planeten laufen in riesigen Ellipsen um die Sonne und bilden zusammen mit ihr unser Sonnensystem. Dieses Sonnensystem bildet

### Was ist unser Sonnensystem?

mit vielen Millionen anderer Sonnensysteme zusammen die Milchstraße. Da wir uns mit der Sonne ziemlich am Rand der Milchstraße befinden, können wir sie in wolkenlosen Nächten als breiten, mattschimmernden Gürtel am Nachthimmel sehen.

Wir wissen inzwischen viel von den Planeten und den Sternen. Wir wissen, wie groß sie sind, woraus sie bestehen und was sie wiegen, wir kennen ihre Entfernungen zur Sonne und ihre Umlaufgeschwindigkeiten. Und die modernen astronomischen Hilfsmittel wie Radioteleskop und Raumsonden haben es schließlich ermöglicht, daß wir sogar recht genau wissen, wie das Weltall und seine Sterne wohl entstanden. Unsere Sonne und mit ihr wohl auch die Planeten entstanden vor etwa fünf Milliarden Jahren aus Gas- und Staubeilchen, die heute noch das Weltall erfüllen. Diese kleinen Teilchen ziehen sich gegenseitig an, und so hat sich mittlerweile die Hälfte des Materials an verschiedenen Stellen des Weltalls zu größeren Haufen verdichtet. Hat

## So entsteht ein Sonnensystem



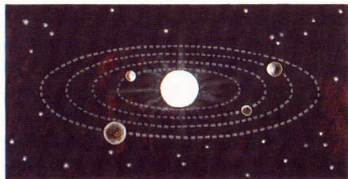
*Dünn im Weltraum verteilte Gase ballen sich zu einer Wolke zusammen.*



*Die Materie verdichtet sich zu Ringen, die um den Mittelpunkt rotieren.*

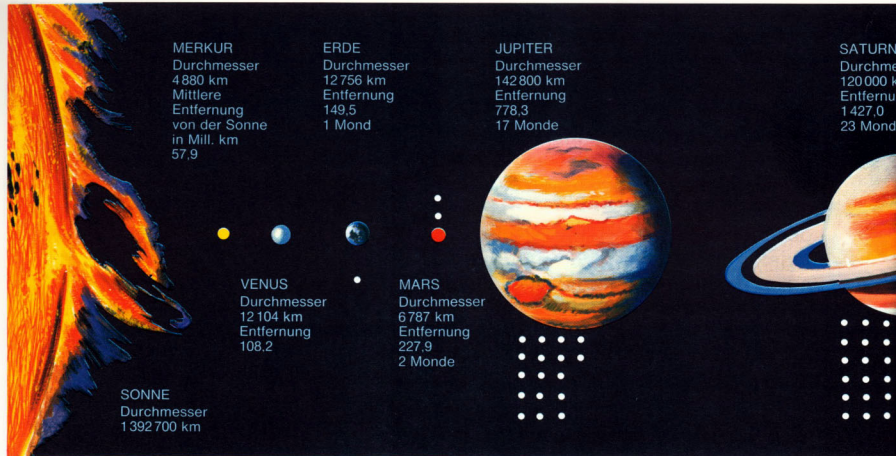


*Im Mittelpunkt entsteht eine Gaskugel, in der die Kernfusion beginnt.*



*Aus den Gasringen entstehen Planeten — das neue Sonnensystem ist fertig.*





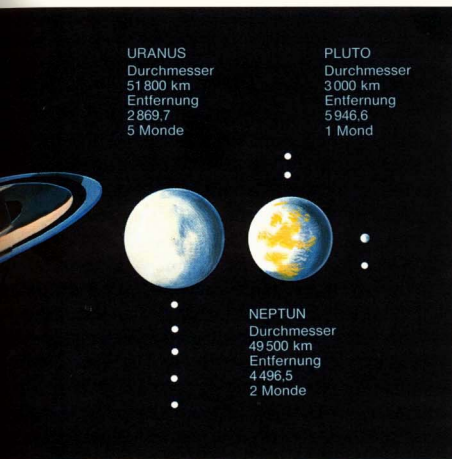
Das Bild oben zeigt die Sonne und die neun Planeten mit ihren Monden. Die Größenverhältnisse sind maßstabgerecht; die Entfernungen zwischen Planeten und Sonne dagegen sind stark verkürzt. Wollte man auch sie maßstäblich darstellen, müßte der sonnenfernste Planet Pluto über vier Kilometer von der Sonne entfernt gezeichnet werden.

sich genügend Material angesammelt, erhöht sich unter dem wachsenden Druck der Schwerkraft die Temperatur des Haufens, schließlich beginnt er zu glühen – eine Sonne ist entstanden. Während sich Staub- und Gasteilchen zusammenfinden und sich verdichten, beginnen sie sich immer schneller und schneller um den Mittelpunkt des neuen Himmelskörpers zu drehen – genau wie eine Eiskunstläuferin, die sich bei einer Pirouette um so schneller dreht, je enger sie die Arme an den Körper heranzieht. Mit steigender Rotationsgeschwindigkeit wächst aber auch die Fliehkraft, das ist die Kraft, die vom Mittelpunkt des rotierenden Körpers nach außen wirkt. Die Fliehkraft verhindert, daß die gesamte angesammelte Materie auf die werdende Sonne stürzt – etwas bleibt in ihrer Umgebung zurück.

Diese restlichen Massen bilden nun eine sehr weit ausgedehnte Scheibe – eine Form, die wir von den Saturnringen kennen. In dieser

### Warum sind die Planeten verschieden groß?

Scheibe bilden sich mehr oder minder geordnete Wirbel, wie wir sie ähnlich sehen können, wenn wir ein Paddel ins Wasser tauchen und durchziehen. In den Zentren dieser Wirbel hat das kosmische Material – wieder durch die allgegenwärtige Anziehungskraft – die Neigung, sich zu sammeln. Dabei kommt es sehr darauf an, ob diese Wirbel, die sich zufällig ausbilden, groß oder klein sind. Als sich unser Planetensystem bildete, gab es größere und kleinere Wirbel, aus denen dann die einzelnen Planeten entstanden. Man hat schon vor längerer Zeit festgestellt, daß das urtümliche Gas im Weltall zu 99 % aus den einfachsten Gasen besteht, nämlich aus etwa 60 % Wasserstoff und 38 % Helium. Alle schwereren Elemente wie Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff, Silicium und die Metalle, wie etwa Eisen, Nickel,



Kupfer, Gold, machen zusammen nur etwa 2 % aus.

Als die werdende Sonne noch mit dieser wirbelnden Scheibe geschmückt war, hatte sie sich bereits so weit zusammengezogen, daß sie ein heißer strahlender Stern wurde. Mit ihrer neugeborenen Strahlenflut heizte sie das Material in der Scheibe mehr und mehr auf. Das führte dazu, daß die flüchtigen Gase Wasserstoff und Helium zum großen Teil in die Tiefen des Weltalls verdampften, zu einem anderen Teil von der Sonne mit ihrer übermächtigen Anziehungskraft einverleibt wurden.

Wie bereits besprochen, hatten die Wirbel in der Scheibe verschiedene Größen. Es war also reinen Zufall, daß sich in größerer Entfernung von der Sonne zwei besonders große und noch weiter draußen zwei etwas kleinere Wirbel gebildet hatten. Diese waren so weit von der Sonne entfernt, daß die Sonnenstrahlung sie nicht so stark aufheizen konnte. Da diese Wirbel auch noch besonders groß waren, konnten ihnen bei den niedrigen Temperaturen die leichten Gase Wasserstoff und Helium nicht entrissen werden. Deshalb wurden sie zu unseren Großplaneten – Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Im Gegensatz zu unserer Erde sind sie Gaskugeln ohne feste Oberfläche.

Die kleineren Wirbel in der Nähe der Sonne hatten ein anderes Schicksal. Das leichte Gas, aus denen sie bestanden, wurde von der heißen Sonne weggedampft. Aus diesem Grunde konnten die sonnennahen Planeten ihre Körper nur aus den zwei Prozent der schweren Stoffe aufbauen; Merkur, Venus, unsere Erde und Mars sind kleine, aber schwere Kugeln, die überwiegend aus dem letzten Prozent der schweren Elemente bestehen.

Wie entstanden die großen Planeten?

## Die Geschwister der Erde

Die Erde besteht in der Hauptsache aus den schweren Elementen, aus Metallen und Mineralien. In ihrem Zentrum hat sie einen sehr dichten Kern

**Wie ist unsere Erde aufgebaut?**

aus Eisen und Nickel, umgeben von einem Mantel, dessen chemische Zusammensetzung ziemlich vielfältig ist,

außen haben wir dann die nur 30 Kilometer dicke Erdkruste, die in der Hauptsache aus Basalt und Granit besteht. Außerdem besitzt unsere Erde ein Weltmeer, das durchschnittlich 5500 m tief ist und mehr als 70 Prozent der Erdoberfläche bedeckt. Sie hat also als einziger Planet unseres Sonnensystems eine im wesentlichen flüssige Oberfläche. Außerdem hat sie eine recht

dichte Atmosphäre, die in der Hauptsache aus Stickstoff und Sauerstoff besteht.

Die näheren Geschwister der Erde – Merkur, Venus und Mars – hatten nicht soviel Glück wie unser Planet. Der Merkur steht der Sonne so nahe, daß seine Oberfläche auf der Sonnenseite eine Temperatur von über 400 Grad hat, auf der der eisigen Weltraumkälte ausgesetzten Nachtseite dagegen ist er –170 Grad kalt. Außerdem ist der Merkur so klein, daß seine Schwerkraft nicht ausreichte, eine Atmosphäre an sich zu binden. Bei ihm beginnt das Vakuum des Weltalls bereits an seiner Oberfläche. Diese ist rau und zerklüftet und trägt heute noch die Narben seiner Entstehung, als die letzten Brocken von Stein und Metall aus seinem Ursprungswirbel auf ihn stürzten. Der Planet Merkur ist eine tote, leblose Steinkugel, die eintönig um die Sonne kreist.

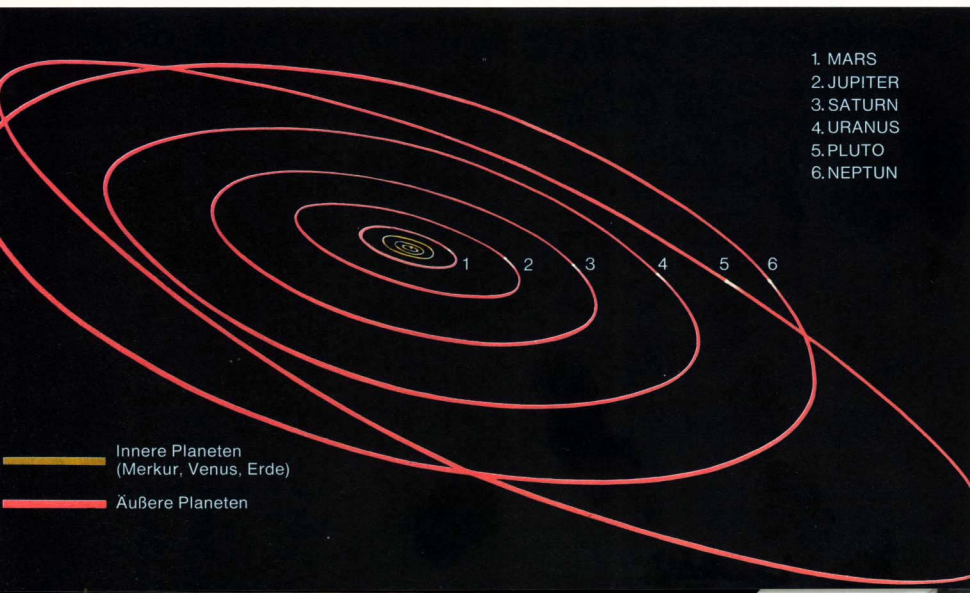
*Die Umlaufbahnen der Planeten um die Sonne haben die Form fast kreisrunder Ellipsen. Die Umlaufzeiten, also die Zeiten, in denen die Planeten die Sonne einmal umkreisen, schwanken zwischen 88 Tagen (Merkur) und 248 Jahren (Pluto).*

Der der Sonne zweitnächste Planet ist die Venus. In ihrer Größe und chemischen Beschaffenheit ist sie eine echte Schwester der Erde. Sie ist

### Warum gibt es auf der Venus kein Leben?

nur knapp ein Fünftel kleiner und leichter als unser Planet, und die chemische Zusammensetzung ihrer Atmosphäre ist heute noch so, wie die Lufthülle unserer Erde vor 4 Milliarden Jahren war. Damals bestand die Atmosphäre der Erde in der Hauptsache aus Stickstoff, Kohlendioxid und Wasserdampf. Den Sauerstoff haben wir erst bekommen, als das Leben entstand und die Pflanzen begannen, Kohlendioxid aufzunehmen und freien Sauerstoff an die Luft abzugeben.

Die Venus steht jedoch der Sonne viel näher als die Erde, so daß sie immer schon sehr viel heißer war. So konnte auf ihr kein Leben entstehen. Wissenschaftler haben Instrumententräger zur Venus geschickt, die uns den trostlosen Zustand unseres Schwesterplaneten bestätigt haben. Auf der Oberfläche der Venus herrscht eine Temperatur von



1. MARS
2. JUPITER
3. SATURN
4. URANUS
5. PLUTO
6. NEPTUN

Innere Planeten  
(Merkur, Venus, Erde)

Äußere Planeten





*Dieses Foto von unserer Erde schossen die Astronauten von Apollo 11 im Jahr 1969 auf dem Weg zur ersten Mondlandung. Die Erde, ein — wie sie sagten — „Smaragd auf dunklem Samt“, ist 180 000 km entfernt. In Afrika (links) ist noch Tag, Asien liegt bereits im Nachtdunkel.*

fast 500 Grad, alles Wasser ist verdampft. So hängt bei der Venus das Weltmeer als Wasserdampf in der Atmosphäre. Die Lufthülle der Venus ist etwa hundertmal dicker und dichter als die Erdatmosphäre.

Von außen her kann man die Oberfläche der Venus nicht beobachten, da sie von Pol zu Pol mit einem undurchdringlichen Wolkenschleier bedeckt ist. Nahaufnahmen der Venus aus unseren Instrumententrägern zeigen gewaltige Luftströmungen, die durch die starke Sonneneinstrahlung entstehen. Auf der Venus toben also ständig heftige Orkane.

Unser nächster Nachbar außerhalb der Erdbahn ist Mars. In seinem Durchmesser ist er ungefähr halb so groß wie die Erde und nur ein Zehntel so schwer. Er ist gerade noch groß genug, um mit seiner Schwerkraft eine Atmosphäre an sich zu fesseln. Diese ist allerdings fünfzigmal dünner als die

**Warum hat Mars nur eine dünne Atmosphäre?**

Erdatmosphäre. Sie ist durchsichtig, und so können die Astronomen mit ihren Fernrohren auf die Oberfläche des Planeten blicken.

Amerikanische und sowjetische Forscher haben zahlreiche Instrumententräger zum Mars geschickt, die zum Teil dicht an unserem Nachbarplaneten vorbeiflogen, später aber auch auf ihm landeten. Die Nahaufnahmen zeigen gewaltige, von dichten Kratern übersäte Wüstenlandschaften, die sehr der Oberfläche unseres Mondes ähneln. Die Krater stammen von Einstürzen riesiger Meteoriten aus der Entstehungszeit des Planeten.

Die Weltraumkapseln, die weich auf dem Mars landeten, haben nicht nur fotografiert, sondern auch Bodenproben eingesammelt und sie vollautomatisch untersucht. Dabei kam heraus, daß der Mars völlig leblos und steril ist. Es gibt dort nicht einmal primitivste Lebewesen wie Bakterien oder andere Einzeller. Das war eine große Enttäuschung. Wenn überhaupt, so wäre der



*Der Mars, fotografiert von dem US-Raumfahrzeug Viking 1 im Jahr 1976. Die helle Stelle halb links ist ein ausgedehntes Wolkenfeld über dem Nordpol. Beide Marspole tragen Kappen aus gefrorenem Kohlendioxid. Wegen der rötlichen Färbung der Oberfläche wird der Mars auch „roter Planet“ genannt.*

kleinere Bruder der Erde der einzige, auf dem Leben existieren könnte. Leben gibt es in unserem Sonnensystem also nur auf unserer Erde. Wir sind allein.

Die Drehachse des Mars steht ähnlich wie bei unserer Erde etwas gekippt auf der Ebene seiner Bahn. Deshalb gibt es auch auf dem Mars

**Wie kalt ist es auf dem Mars?**

Jahreszeiten. Das wußten die Astronomen schon seit langem, weil sie dort vereiste Polkappen beobachteten, die im Mars-Sommer fast wegtauten, im Winter dagegen wieder größer wurden. Im Gegensatz zu den dicken Eiskappen der Erde bestehen die weißen Polarkappen des Mars nur aus einer dünnen Schicht gefrorener Kohlen-säure — also Trockeneis. Auf dem Mars ist es im Schnitt nämlich sehr kalt: Die Höchsttemperatur auf der Tagseite beträgt +15 Grad, nachts sinkt sie auf —85 Grad.



*Jupiter ist mit einem Durchmesser von 142 800 km der größte Planet unseres Sonnensystems. Seine Masse beträgt das 318fache der Erde, aber nur  $\frac{1}{1000}$  der Sonne. Der rote Fleck unten links ist ein riesiger Wirbelsturm, ganz unten sieht man Jupiters größten Mond Ganymed.*

Mars wird von zwei winzigen Monden umkreist, und zwei Instrumententräger haben sie auch aus der Nähe fotografiert. Ihre Durchmesser betragen 22 bzw. 8 km.

Zwischen der Bahn des Planeten Mars und des nächsten Planeten gibt es eine auffallende Lücke. Darin tummeln sich rund 1000 kleine Plane-

**Was sind Planetoiden?**

ten, die sogenannten Planetoiden, von denen nur wenige einen Durchmesser von mehr als 500 km haben. Die meisten sind Gesteinsbrocken mit einem Durchmesser von 50 km oder darunter. Über ihre Natur kann man wenig sagen, da sie von der Erde aus nur als winzige Lichtpünktchen zu erkennen sind.

Der größte Planet unseres Systems ist Jupiter. Im Durchmesser ist er elfmal größer als unsere Erde, 318mal schwerer und dreimal schwerer als

**Welches ist der größte Planet?**

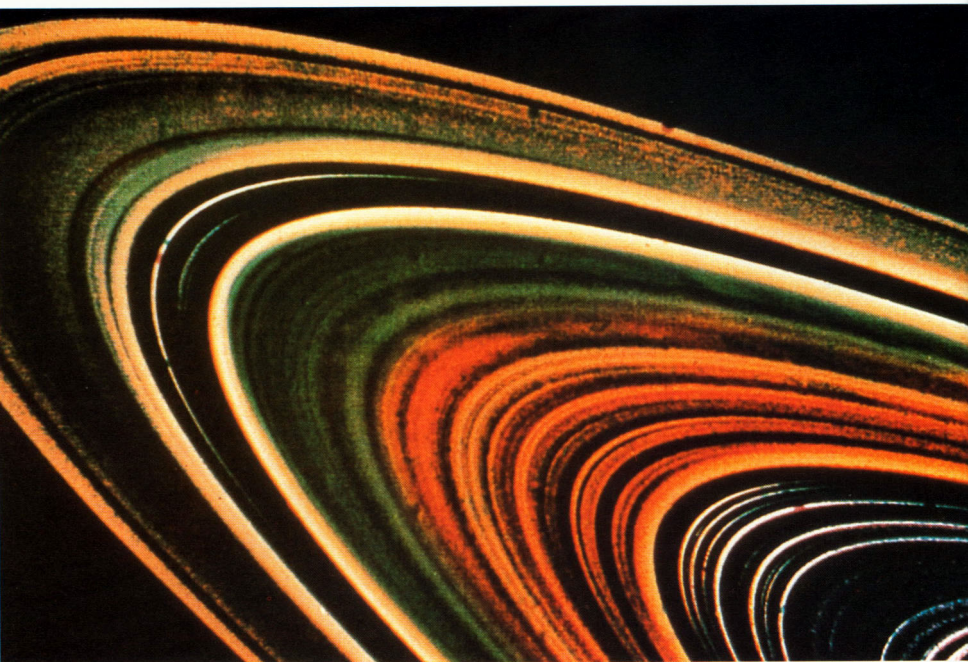
alle anderen Planeten zusammenge-nommen. Seiner Größe entsprechend müßte er eigentlich schwerer sein; daraus zog man den Schluß, daß seine äußeren Schichten aus Gas bestehen. Jupiter ist fünfmal weiter von der Sonne entfernt als unsere Erde, so daß es dort recht kalt ist. Wegen dieser Sonnenferne sind bei seiner Entstehung die leichten Gase nicht weggedampft. Unser größter Planet hat 17 Monde. Die größten von ihnen wurden bereits von Galilei entdeckt, als er zum ersten Male ein Fernrohr zum Himmel richtete. Er

*Rechts: Der Saturn geht über dem Horizont des Titan auf, dem größten seiner 23 Monde. Wie auf der Erde ist der Himmel über Titan blau, da er — wahrscheinlich als einziger Mond unseres Sonnensystems — eine Atmosphäre hat.*









*Das Ringsystem des Saturn, aufgenommen von Voyager 1 aus einer Entfernung von 717 000 km. Das Ringsystem setzt sich nicht, wie bisher angenommen, aus sechs, sondern aus etwa 1000 unterscheidbaren Einzelringen zusammen. Sie bestehen aus Gesteinsbrocken, feinstem Staub und Eisteilchen.*

gab ihnen auch ihre Namen: Io, Europa, Ganymed und Calisto. Das waren nach der alten griechischen Sage die Gespielen des Göttervaters. Mit Ausnahme von Europa sind sie größer als unser Mond, also recht stattliche Himmelskörper mit einem Durchmesser bis über 5000 km.

Fast doppelt so weit entfernt wie Jupiter kreist Saturn um die Sonne, ebenfalls ein Riesenplanet. Im Durchmesser fast zehnmal größer als die Erde, ist er 95mal schwerer als

#### **Wieviele Ringe hat Saturn?**

diese. In seinem Aufbau ähnelt er Jupiter mit seiner dichten Atmosphäre aus kalten Gasen — 140 Grad unter Null. Saturn hat 23 Monde, der größte, Titan, ist im Durchmesser etwa 100 km größer als der Planet Merkur.

Das Interessanteste am Saturn sind seine auffälligen Ringe. Sie reichen Hunderttausende von Kilometern weit in den Raum und sind so unterteilt, daß man von der Erde aus deutlich drei Ringe erkennen kann. Als im Herbst 1981 das amerikanische unbemannte Weltraumschiff „Voyager II“ ganz nahe an dem Planeten vorbeiflog, gab es eine gewaltige Überraschung: Die von der Erde aus sichtbaren Ringe sind so vielfach

unterteilt, daß das gesamte System aus mehr als 1000 Ringen besteht, die wie die Rillen einer Schallplatte alle auf derselben Ebene liegen.

Schon seit langem wußte man, daß die Saturnringe aus Milliarden und Abermilliarden von Brocken aus Stein und Eis bestehen müssen, die alle wie winzige Monde den Planeten umkreisen. Die Größe dieser Teilchen ist sehr verschieden, die größten unter ihnen sind vielleicht so groß wie ein Haus; dann geht es herunter über Brocken von der Größe eines Tennisballes bis zu winzigen Eiskristallen von der Größe eines Blutkörperchens, die einen Durchmesser von einem Tausendstel Zentimeter haben.

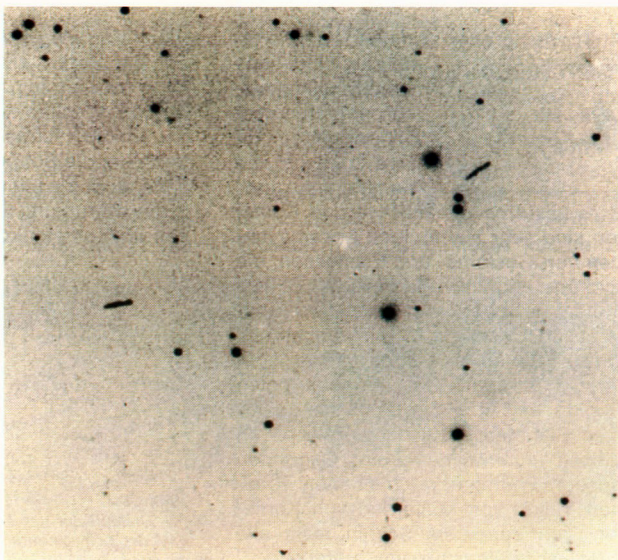
Dieses gewaltige Ringsystem ist, gemessen an seinem Durchmesser, unglaublich dünn. Seine Dicke beträgt nämlich nur 15 km. Denkt man sich den Saturnring so dünn wie ein Blatt Papier, so beträgt der Ringdurchmesser über 20 m.

Jenseits vom Saturn ziehen die äußeren Planeten Uranus, Neptun und Pluto ihre Bahnen. Diese kann man mit bloßem Auge nicht sehen. Sie

**Welches sind die äußeren Planeten?**

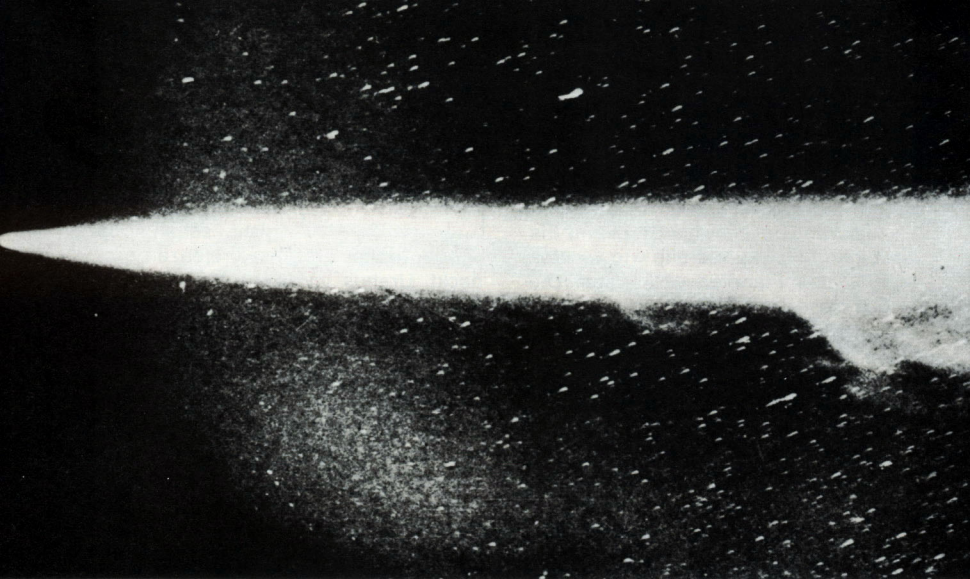
wurden daher erst in der Neuzeit entdeckt, Uranus im Jahre 1781, Neptun 1846 und Pluto durch einen Zufall 1930. Auch Uranus und Neptun sind Riesenplaneten, im Durchmesser etwa viermal größer als die Erde. In ihrem Aufbau ähneln sie ihren beiden großen Brüdern Jupiter und Saturn. Uranus hat fünf Monde und Neptun zwei.

Der äußerste Planet Pluto ist ein echter Außenseiter. Er ist der kleinste der Planeten und benötigt fast 250 Jahre, um die Sonne einmal zu umkreisen. Seit seiner Entdeckung im Jahr 1930 hat er nur knapp ein Fünftel seiner Umlaufbahn zurückgelegt. Wegen seiner riesigen Entfernung zur Erde wissen wir nicht allzuviel über ihn.



*Die beiden kurzen schwarzen Striche sind die Spuren zweier kleiner Planeten. Mindestens 40 000 solcher Himmelskörper umkreisen die Sonne zwischen Mars und Jupiter. Diese Kleinplaneten zeichnen sich auf Himmelsfotos als Striche ab, weil sie sich während der Dauer der Aufnahme — zwei Stunden — gegenüber den Fixsternen bewegt haben.*





Mit einem 30 Millionen km langen Schweif flog im Jahr 1910 der Halleysche Komet zwischen Sonne und Erde.

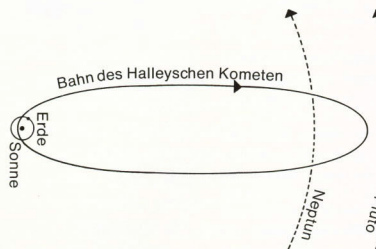
## Kometen, Meteore und Sternschnuppen

Außer den großen und den kleinen Planeten gibt es noch weitere Himmelskörper in unserem Sonnensystem. Da sind zunächst die Kometen, die auch

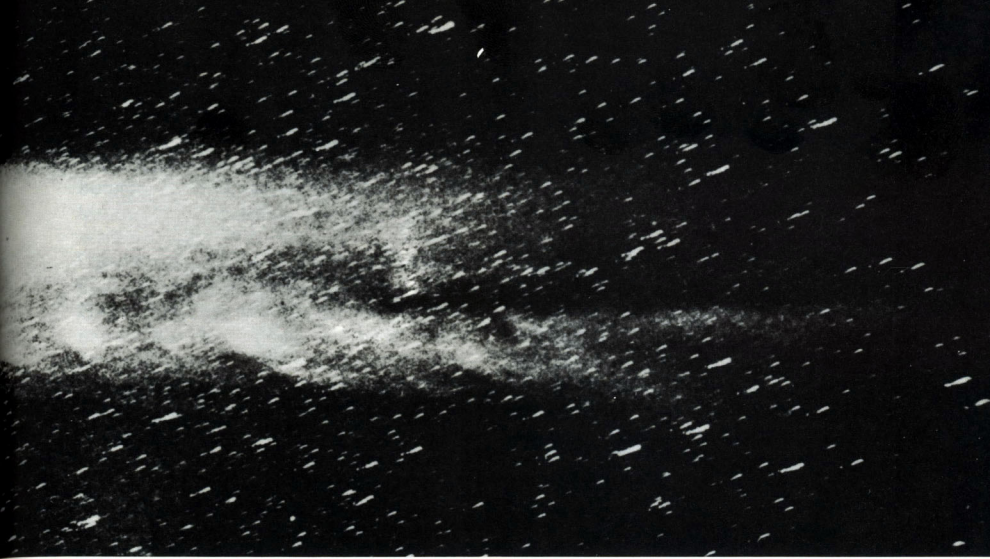
### Was ist ein Komet?

Schweifsterne genannt werden. Kometen sind sehr kleine, lose Ansammlungen von Gesteins- und Eismassen, die mit Gas vermischt sind. Auch die Kometen bewegen sich nach den Keplerschen Gesetzen in Ellipsenbahnen. Diese Bahnen sind aber sehr langgestreckt, so daß ihre sonnenfernsten Punkte weit über die Bahn des äußersten Planeten Pluto hinausreichen. In diesen sonnenentrückten Gegenden unseres Planetensystems haben wir einen Vorrat von Milliarden von Kometen, von denen im Schnitt etwa alle paar Jahre einer bei uns auftaucht.

Wenn Kometen aus den Tiefen des Alls auf die Sonne zuzustürzen scheinen, kann man sie mit bloßem Auge sehen. Allerdings fallen sie nicht auf die Sonne, sondern fliegen auf ihrer Ellipsenbahn um die Sonne herum. In Sonnennähe fängt die immer stärker werdende Sonnenstrahlung an, die lockeren Massen im Kometenkopf aufzuheizen und



Die Umlaufbahn des Halleyschen Kometen. Die Zahl der Kometen in unserem Sonnensystem wird auf mindestens 100 Milliarden geschätzt.



hindurch. Da er für einen Umlauf 76 Jahre braucht, rechnen Astronomen für 1985/86 mit der nächsten Wiederkehr.

zu verdampfen. Dabei drückt die Sonnenstrahlung auf die verteilten Gase, so daß die verdampften Teilchen weggeblasen werden. Dadurch entsteht der schwachleuchtende Kometenschweif, der während der ganzen Umrundung des Kometen um die Sonne immer von ihr weggerichtet ist.

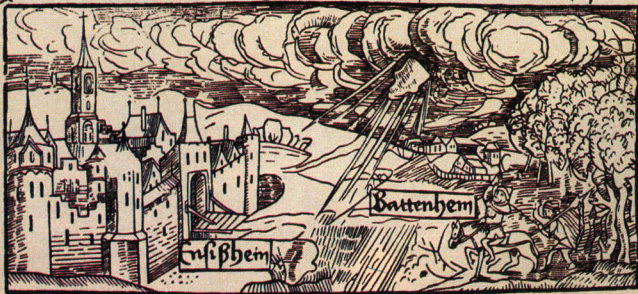
Die meisten Kometen erscheinen nur einmal und verschwinden dann auf Nimmerwiedersehen in den äußersten Bereichen des Planetensystems, von

wo sie kamen. Allerdings gibt es einige Ausnahmen, die man „kurzperiodische“ Kometen nennt.

Die Bahn eines solchen Kometen reicht nicht so weit in das Weltall hinaus, so daß er an seinem äußersten Punkt umkehrt, und wieder zur Sonne zurückfällt. Der berühmteste kurzperio-

**Wann  
kommt der  
Halleysche  
Komet wieder?**

## Von dem donnerstein gefallē im rēy. jar: vor Ensisheim



Flugblatt aus dem Jahr 1492, als bei Ensisheim (Elsaß) ein 127 kg schwerer Meteorit auf die Erde stürzte.



dische Komet ist nach dem englischen Astronom Halley benannt, der ihn 1682 beobachtet hat. Halley hat seine Bahn berechnet und vorausgesagt, daß er in den Jahren 1758, 1835 und 1910 wiederkehren würde. Das ist auch eingetroffen. Im Jahre 1910 durchquerte die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne den Halleyschen Kometenschweif, und man befürchtete Schlimmes. Natürlich passierte überhaupt nichts, denn von diesen unvorstellbar dünnen Gasen konnte man in der Luft überhaupt nichts feststellen. Der Halleysche Komet kommt das nächstmal im Jahre 1986 — hoffentlich wieder so schön hell wie früher. Kometenschweife tun der Erde nichts. Etwas anderes wäre es, wenn ein Kometenkopf die Erde träfe. Glücklicherweise jedoch sind die Kometen so selten und der Weltraum so riesengroß, daß wir davor keine Angst zu haben brauchen.

Trotzdem gibt es gelegentlich Zusammenstöße von Himmelskörpern mit der Erde. Die Zwischenräume sind nämlich nicht völlig leer, sondern — allerdings in sehr dünner Verteilung — mit kleinen oder größeren Brocken aus Gestein und Metall erfüllt. Wenn einer dieser Körper, ein Meteor, mit der Erde „zusammenstößt“, sehen wir eine Sternschnuppe. Die Geschwindigkeit, mit der diese kleinen Bröckchen in die Erdat-



*Aufgeschnittener Meteorit, niedergegangen 1930 in Bayern. Die Schnittfläche zeigt eine für Meteoriten typische kristalline Struktur, deren Ursache noch nicht bekannt ist.*

mosphäre stürzen, ist sehr groß: bis zu 70 Kilometer pro Sekunde. Dabei erhitzen sie sich ähnlich wie das Schutzschild eines Weltraumschiffes, das zur Erde zurückkehrt.

Da die meisten Meteore nicht größer sind als ein Sandkorn, verglühn sie völlig in der Atmosphäre, und wir sehen nur ganz kurz einen feinen

#### **Was ist ein Meteorit?**

leuchtenden Strich.

Sehr viel seltener sind Brocken, die so groß sind wie eine Faust oder wie ein



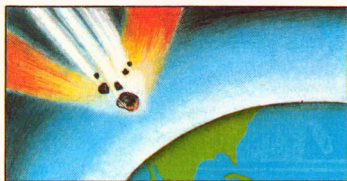
Schulranzen. Wenn sie herabstürzen, so gibt das schon eine sehr auffallende Leuchterscheinung, blendend grünlich hell; diese Brocken verdampfen nicht ganz und können auf die Erde aufschlagen. Dann haben wir einen Meteoriten, einen Sendboten aus dem Weltall, den wir untersuchen können. Die meisten sind aus Stein; einige sind Eisen-Nickel-Meteoriten.

Ganz selten kommt es vor, daß ein Riesenmeteorit von der Größe eines Hauses oder gar eines Wolkenkratzers einstürzt. Glücklicherweise ereignen sich solche Katastrophen höchstens einige Male in ein paar Millionen Jahren. In Arizona (USA) schlug vor mehr als 5000 Jahren ein etwa 10 Millionen Tonnen schwerer und 150 m großer Meteorit einen 1300 m breiten und 174 m tiefen Krater, ein anderer Riesenmeteorit ging am 30 Juni 1908 in Sibirien (UdSSR) nieder. Er wurde von Reisenden der Transsibirischen Eisenbahn beobachtet. Im Umkreis von 40 km mähte der Luftdruck alle Bäume nieder, die Druckwelle wurde noch in Großbritannien festgestellt.

In Deutschland befindet sich ein riesiger Meteorkrater nördlich von Ulm. Das ist das berühmte Nördlinger Ries. Dieser Meteorit hat bei seiner Explosion einen Ringwall mit einem Durchmesser von mehr als 30 Kilometern aufgeworfen. Das war vor fast 15 Millionen Jahren, so daß die Kraterwände jetzt sehr stark verwittert und eingeebnet sind. Würde so etwas heute passieren, würde das die Zerstörung der Städte Stuttgart, Ulm und Nürnberg bedeuten. Durch den Überschallknall des Meteoriten würden in ganz Mitteleuropa die Fensterscheiben herausfliegen.

*Der Canon Diablo in Arizona (USA) entstand, als vor über 5000 Jahren ein 10 Millionen Tonnen schwerer Meteorit einschlug und einen 174 m tiefen und 1295 m breiten Krater hinterließ.*

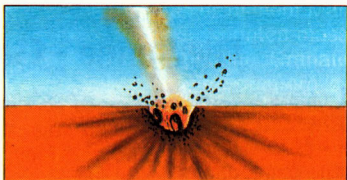
## So entsteht ein Meteoritenkrater



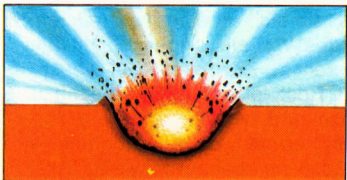
*Ein Meteorit stürzt auf die Erde, in der Atmosphäre glüht er auf.*



*Beim Aufprall auf die Erdkruste zertrümmert er die obere Gesteinsschicht.*

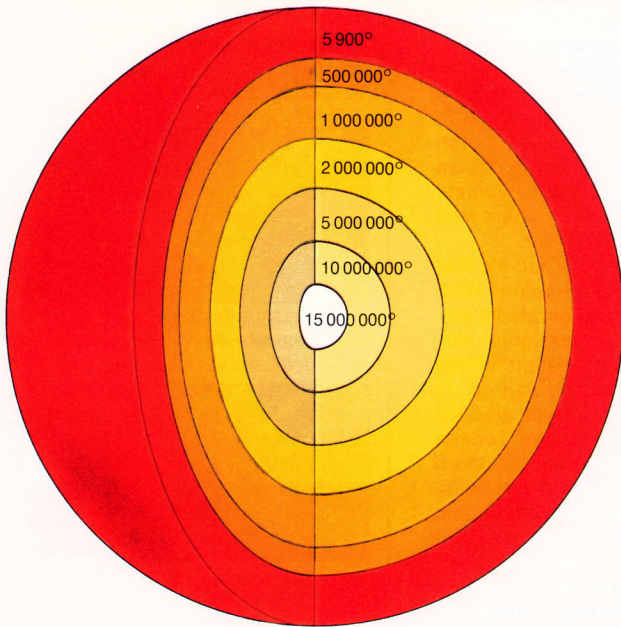


*Der Meteorit verdampft sekundenschnell. Das verursacht eine heftige Explosion.*



*Die Explosion reißt einen tiefen und kreisrunden Krater in den Boden.*





*Die Sonne ist ein riesiger Atommeiler, dessen Temperatur von außen nach innen von 5900 auf etwa 15 Millionen Grad ansteigt. Erst bei diesen hohen Temperaturen wird die Kernverschmelzung möglich, ohne deren Energieausstoß die Erde ein lebloser, dunkler Himmelskörper wäre.*

## Die Sonne - Gaskugel mit Atomofen

### Woraus besteht die Sonne?

Um die Beschaffenheit eines so riesigen Sternes wie unserer Sonne zu verstehen, muß man sich eine ungeheure Masse von Gas vorstellen, die sich an einer bestimmten Stelle des Weltalls angesammelt hat. Sie besteht zu 72 Prozent aus Wasserstoff, der Rest ist vor allem Helium. Diese Gase sind zwar sehr leicht. Wenn man aber bedenkt, daß die Sonne so riesig ist, daß sie ebensoviel wie 330 000 Erdkugeln wiegt, kann man sich vorstellen, welch ungeheure Gasmenge sich dort versammelt hat.

Da jedes Atom von jedem angezogen wird, möchte sich diese ungeheure

Masse im Mittelpunkt der Sonne sammeln, das heißt, die äußeren Gasteilchen streben mit unvorstellbarem Druck nach innen. Dennoch bleibt die Sonne in ihrer Form konstant. Was hindert nun die Gasteilchen daran, sich noch dichter zusammenzudrängen?

Betrachten wir einmal die äußerste Gashaut der Sonne, eine dünne Schale, nur etwa 100 Kilometer dick. Rund um die Sonne drückt diese Gasschale mit einem enormen Gewicht auf die Schichten darunter; es muß also eine Kraft geben, die diesem Druck nach innen die Waage hält.

Wie wir wissen, hat heißes Gas das Bestreben, sich auszudehnen – je heißer es ist, desto mehr. Die Astrophysiker, also jene Wissenschaftler, die sich

mit den physikalischen Eigenschaften der Himmelskörper befassen, gingen nun davon aus, daß die nächstinnere unter der äußersten Gasschale der Sonne heißer ist als diese – und zwar genau soviel heißer, daß sie den Druck der äußeren Schale auffangen kann. Aber auch diese zweite Schale hat ihr Gewicht, das wiederum auf die drittinnere drückt. Diese dritte muß also wiederum ein gutes Stück heißer sein als die zweite – und so fort und so fort, bis man schließlich – wenigstens in der Berechnung – das Innere der Sonne erreicht hat.

Die Temperatur der äußersten Haut der Sonne können wir messen: Sie beträgt 5900 Grad. Von dieser Temperatur ausgehend haben sich die Astrophysiker bis in das Zentrum unseres Muttergestirns hineingerechnet: Dort sind die Gase etwa 15 000 000 Grad heiß.

Nun wissen wir, daß die Sonne sowohl

### Warum kühlt sich die Sonne nicht ab?

in ihrem Umfang wie auch nach ihrer Wärmestrahlung während der letzten fünf Milliarden Jahre recht

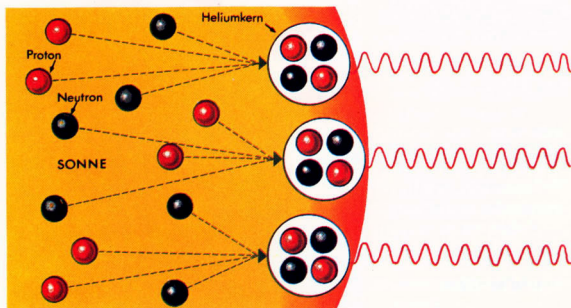
stabil gewesen ist. Daraus ergibt sich als nächstes die Frage, wie sie es fertig bringt, über diese gewaltige Zeit hinweg ihre Kerntemperatur auf den erforderlichen 15 Millionen Grad zu

halten. So etwas geht nur, wenn die Sonne in ihrem Inneren einen gewaltigen Ofen besitzt, der laufend Energie erzeugt. Diese Energie läuft dann durch ihren ganzen Körper hindurch und wird von ihrer riesigen Oberfläche mit rund 5900 Grad in das Weltall abgestrahlt.

Die Astronomen haben lange Zeit nicht verstanden, was die Quelle dieser ungeheuren Energie ist. Erst in unserem Jahrhundert haben ihnen die Atomphysiker das erläutert, und erst seit etwa vier Jahrzehnten wissen wir, weshalb die Sonne und die Sterne überhaupt leuchten. Bei diesen riesigen Temperaturen nämlich werden die Kerne von Wasserstoffatomen – aus denen die Sonne zu 72 Prozent besteht – veranlaßt, zu verschmelzen. Dabei wird der Wasserstoff in Helium umgewandelt, und riesige Mengen von Energie werden freigesetzt.

Den Menschen ist es inzwischen ebenfalls gelungen, die Energie, die im Wasserstoff steckt, freizusetzen – vorläufig allerdings nur in Form der Wasserstoffbombe. Als Zünder dieser furchtbaren Vernichtungswaffe dient eine normale Atombombe, bei deren Explosion für eine tausendstel Sekunde jene ungeheure Temperatur erzeugt wird, die nötig ist, um die Kernfusion des Wasserstoffs in Gang zu setzen. An der friedlichen, also kontrollierten Fusion (Ver-

*Die Wissenschaft kennt viele Arten von Kernfusionen. Bei der Kernfusion im Innern der Sonne verschmelzen je zwei Atomkerne des Wasserstoffs mit je zwei Neutronen, das sind elektrisch neutrale Atomteilchen, zu einem Atom Helium. Dabei werden ungeheure Energiemengen frei, die als Licht oder in anderer Form in den Weltraum abgestrahlt werden.*



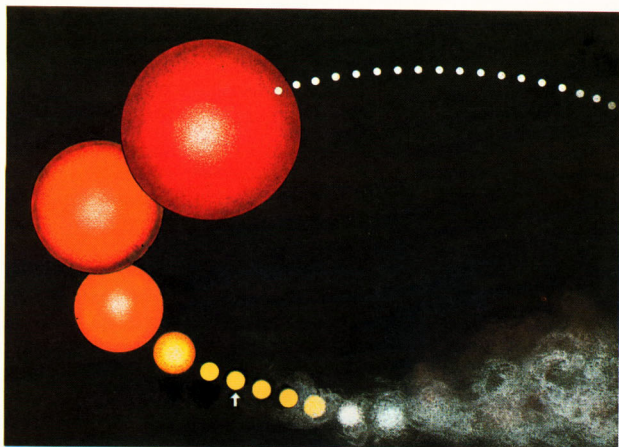




*Am 1. November 1952 wurde auf Eniwetok, einer Koralleninsel in der Südsee, die erste Wasserstoffbombe der Welt gezündet. Die ungeheure Vernichtungskraft dieser Bombe beruht auf demselben Kernprozeß, der die Sonne mit Energie speist. Sollte es gelingen, die Fusion zu „bändigen“, also langsam ablaufen zu lassen, wäre damit eine praktisch unerschöpfbare Energiequelle erschlossen.*

schmelzung) der Wasserstoff-Kerne, wie sie in der Sonne abläuft, wird in den Laboratorien vieler Physiker in aller Welt seit längerem gearbeitet. Gelingt es, die Fusion zu „bändigen“, wäre damit eine Energiequelle erschlossen, die uns Menschen aller Sorgen um andere Energiequellen enthöbe.

*Die Sonne entstand vor fünf Milliarden Jahren aus einer Zusammenballung von kosmischem Staub, wenig später begann in ihrem Innern die Kernfusion. Zwischen je zwei Sonnen auf der Zeichnung liegen eine Milliarde Jahre, der Pfeil zeigt ihre heutige Stellung. In fünf Milliarden Jahren wird sie sich zu ungeheurer Größe aufblähen, ihre Temperatur wird gewaltig zunehmen und alles Leben auf der Erde vernichten. Dann fällt sie in sich zusammen und wird ein weißer Zwerg.*

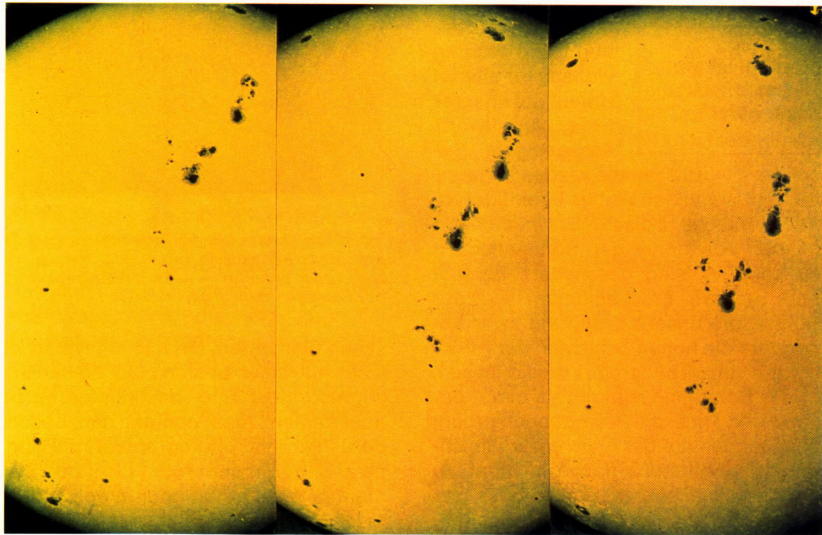


Die einzige friedliche Kernfusion, die wir kennen, ist also vorläufig nur die der Sonne — eine große Erfindung der Natur.

### Wie entsteht das Licht der Sonne?

Wenn die so erzeugte Energie vom Mittelpunkt der Sonne bis an ihre Außenfläche gedrungen ist, wird sie bei einer Temperatur von etwa 5900 Grad als Licht in den Weltenraum abgestrahlt. Glücklicherweise sind wir 150 Millionen Kilometer von diesem ungeheuren Ofen entfernt. So kann uns ein kleiner Teil der Sonnenenergie als milder Sonnenschein bestrahlen, unseren Planeten erwärmen und das Leben auf ihm möglich machen.

Und wir brauchen nicht zu befürchten, daß dieser riesige Ofen eines nahen Tages erlischt. Das Brennmaterial, eben der Wasserstoff, ist in der Sonne in so ungeheuren Mengen enthalten, daß sie nach wissenschaftlichen Schätzungen noch weitere 10 Milliarden Jahre brennen wird. 10 Milliarden Jahre — daß es dann noch Menschen auf unserer Erde gibt, ist mehr als unwahrscheinlich.



*Sonnenfleckenzonen unseres Muttergestirns, aufgenommen an drei aufeinanderfolgenden Tagen. Man sieht, daß die Flecken sich von Tag zu Tag nach rechts und unten verschieben; sie nehmen an der Rotation der Sonne teil, die sich in 25 Tagen einmal um ihre Achse dreht.*

## Sonne und Erde

Die vielleicht auffälligste Erscheinung

### Was sind Sonnenflecken?

auf der Sonnenoberfläche sind die seit 300 Jahren bekannten Sonnenflecken, das sind ausgedehnte, völlig schwarze und oft unregelmäßige Gebiete der Sonne. Früher glaubte man, daß sie riesige Schlackenfelder seien und man nahm sie als Hinweis darauf, daß die Sonne bald erkalte. Heute wissen wir, daß die Sonnenflecken riesige Gaswirbel sind, in denen der Druck der Gase und damit ihre Temperatur absinkt. Die Temperatur innerhalb eines Sonnenflecks beträgt nämlich nur 4700 Grad. Dieser Temperaturunterschied genügt bereits, um

sie gegen die heißere Sonnenoberfläche pechschwarz erscheinen zu lassen. Könnte man einen Sonnenfleck aus der Sonne herausreißen und an den Nachthimmel setzen, so wäre er noch einige hundert Male heller als der Vollmond. Die Sonnenflecken treten oft als Paare auf oder auch in größeren Gruppen, wobei die größten von ihnen im Durchmesser über 20mal so groß sind wie die Erde.

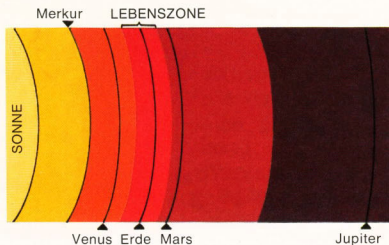
An den Flecken können wir ablesen, daß sich die Sonne einmal in 25 Tagen um ihre Achse dreht. Allerdings haben die Astronomen noch keine bewiesenen Vorstellungen davon, wie die Sonnenflecke entstehen und weshalb sie in diesem Rhythmus kommen und gehen.



Die Sonnenflecken sind eine recht auffallende Erscheinung und wurden vielfach für allerlei Unheil auf unserer Erde verantwortlich gemacht. Be-

### Beeinflussen Sonnenflecken unser Wetter?

sonders wurde immer wieder behauptet, daß sie unser Wetter beeinflussen. Alle Versuche, irdische Erscheinungen an den Rhythmus der Sonnenflecken zu koppeln, sind gescheitert. Es gibt aber andere Erscheinungen auf der Sonne, die unsere Erde, und zwar besonders die hohen Schichten der Atmosphäre, tatsächlich stark beeinflussen. In der Sonnenphysik gibt es einen besonderen Trick, die Bewegungen großer Gasmengen auf der gleichmäßig leuchtenden Sonnenoberfläche sichtbar zu machen. Die heißen Sonnengase bestehen ja aus verschiedenen chemi-



*Im großen Theater unseres Sonnensystems hat die Erde einen bevorzugten Logenplatz. Nur auf ihr kann Leben gedeihen — auf den Nachbarplaneten ist es entweder zu heiß oder zu kalt.*

schen Elementen, die alle ein typisches Licht mit einer bestimmten Wellenlänge, also Licht einer bestimmten Farbe ausstrahlen. Man benutzt nun besondere Filter und photographiert die Sonne z. B. nur in dem roten Licht des Elementes Wasserstoff oder in dem violetten Licht des Elementes Kalzium. Solche Bilder zeigen dann breite Wolken auf der Sonne, in denen diese Gase besonders stark strahlen.

Mit diesem Trick entdeckt man öfter besonders heiße Stellen von Gasen, die beinahe wie bei einem Vulkanausbruch aus den tiefen, noch heißeren Schichten der Sonne emporschießen. Diese sogenannten Sonnenausbrüche schleudern große Massen elektrisch geladener Teilchen in den Weltraum hinaus.

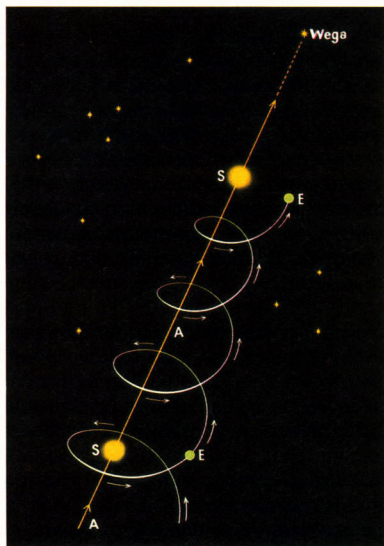
Wenn sie die Erde erreichen, werden sie in den Kraft-

### Was sind Nordlichter?

linien des Erdmagnetfeldes wie in einem Käfig gefangen. Von diesen Kraftlinien

werden sie auf die Erdpole hingelenkt und stürzen mit großer Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre. Dort erzeugen sie dann das geisterhafte Glimmen der Nordlichter.

Dabei stören sie das Magnetfeld und



*Während die Erde um die Sonne kreist, bewegt sich diese mit 20 km/s auf der Linie A zum Stern Wega hin. Die Erde kreist also nicht in einer Ellipse, sondern in Spiralform um die Sonne.*

die elektrisch geladene Schicht der hohen Atmosphäre. Dadurch entstehen oft stundenlang weltweite Funkstörungen im Bereich der Lang- und Mittelwellen. Da wir die Sonne laufend überwachen, entgeht uns kaum ein größerer Sonnenausbruch, so daß man Nordlichter und Funkstörungen ganz gut voraussagen kann.

Eine andere, besonders eindrucksvolle Erscheinung auf der Sonnenoberfläche sind die sogenannten Protuberanzen. Das sind riesige flammenartige Gebilde aus Wasserstoff, die weit über den Sonnenrand hinausragen und vielfach riesige Bögen bilden, so hoch wie der Durchmesser der ganzen Sonnenscheibe. Heute wissen wir, daß diese Protuberanzen durch den Druck des Sonnenlichtes in das Weltall hinausgeblasen werden. Sie bewegen sich mit riesigen Geschwindigkeiten und brechen oft nach wenigen Stunden wieder zusammen. Teile von ihnen werden dabei von der Sonne weg in das Weltall hinausgeblasen.

Aber auch sonst dampft die ganze Oberfläche der Sonne dauernd diese Gasteilchen ab. Diese ständig nach allen Seiten wegströmenden Gasteilchen nennt man den Sonnenwind. Er läßt die Kometenschweife leuchten und beeinflusst laufend mehr oder minder das

Magnetfeld der Erde. Dadurch entstehen auch weltweite Funkstörungen.

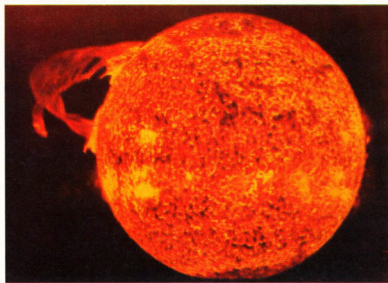
Bei den großen Sonnenausbrüchen schüttet die Sonne auch besonders starke Mengen von unsichtbarer ultravioletter Strahlung aus. Glücklicher-

**Woher kommt die ultraviolette Strahlung?**

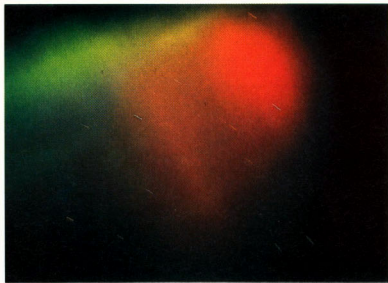
weise bleiben diese Strahlengüsse in der oberen und mittleren Erdatmosphäre hängen — ohne diesen Schutz würden wir dauernd an starkem Sonnenbrand leiden.

Die Sonnenforscher haben festgestellt, daß Anzahl und Stärke der Protuberanzen, der Sonnenausbrüche und der Ultraviolettstrahlungen mit der Häufigkeit der Sonnenflecke schwanken. Deshalb sprechen wir heute nicht mehr von der Periode der Sonnenflecke, sondern von der Periode der „Sonnenaktivität“.

Mit der sichtbaren Sonnenoberfläche endet die Sonne noch nicht. Sie besitzt nämlich noch eine weit ausgedehnte, sehr heiße, unvorstellbar dünne Atmosphäre. Sie heißt Sonnenkorona und wird für das bloße Auge nur während einer totalen Sonnenfinsternis sichtbar, wenn die Mondscheibe die Sonnenscheibe völlig verdeckt und abblendet.



*450 000 km stieg diese Protuberanz in das Nichts, bevor sie wenig später wieder zur Sonne zurückfiel. Protuberanzen sind Ausbrüche leuchtender Gase, die bis 25 000 Grad heiß sein können. Sie bestehen vor allem aus Wasserstoff und Helium.*



*Gelegentlich strahlt die Sonne elektrisch geladene Teilchen ab. Wenn diese in den Polargebieten der Erde mit Sauerstoff- oder Stickstoffatomen der Lufthülle zusammenstoßen, leuchten sie als Polarlicht auf.*





*Am 21. April 1972 landeten zwei Amerikaner mit der Landefähre „Orion“ auf dem Mond. Es war die fünfte und bisher letzte Landung auf unserem Trabanten. Das Foto zeigt die „Orion“ und einen Astronauten, der gerade die US-Flagge gehißt hat. Vor der Landefähre sieht man das Mond-Auto.*

## Unser Nachbar Mond

Der Mond ist unter allen Himmelskörpern des Sonnensystems der, den wir am besten kennen. Nicht nur, weil er uns mit einer Entfernung von nur

### Wie entsteht eine totale Sonnenfinsternis?

384 000 km am nächsten steht; das ist kosmisch gesehen direkt vor der Haustür. In diesen Abstand passen nur 30 Erdkugeln. Nein, wir sind auch schon mehrmals auf ihm gelandet, zum erstenmal am 20. Juli 1969. Von dieser Reise

brachten die Astronauten insgesamt 88 Kilogramm Mondgestein mit, die wir im Laboratorium in aller Ruhe untersuchen konnten.

Unser Mond hat einen Durchmesser von 3460 km; er ist also ein bißchen größer als ein Viertel der Erde. Allerdings ist er 81mal leichter, da er im Gegensatz zur Erde keinen schweren Metallkern besitzt.

Die Sonne ist 400mal größer als der Mond, und zufällig auch 400mal weiter entfernt. Aus diesem Grunde erschei-

nen die Scheiben der Sonne und des Mondes am irdischen Himmel fast genau gleich groß. So ist es möglich, daß die Mondscheibe die Sonnenscheibe bei einer der seltenen totalen Sonnenfinsternisse völlig bedeckt wie zwei aufeinandergelegte Münzen. Dann können wir die silbrig, zart leuchtende Korona der Sonne erkennen, weil die eigentliche grelle Sonnenscheibe nicht sichtbar ist. Eine totale Sonnenfinsternis gehört zu den schönsten Naturschauspielen, die es gibt. Für wenige Minuten wird es nachtdunkel, und man kann die helleren Sterne erkennen. Leider sind diese Ereignisse sehr selten: für einen bestimmten Ort auf der Erde ereignet sich eine totale Sonnenfinsternis nur etwa alle 350 Jahre. In Deutschland gibt es erst wieder am 11. August 1999 die nächste totale Sonnenfinsternis längs der Städte Karlsruhe, Stuttgart, Ulm, München.

Bei Vollmond, wenn sich Mond und Sonne genau gegenüberstehen, kann es passieren, daß unser Trabant durch den Schatten läuft, den die Erde in den Weltraum wirft. Dann haben wir eine Mondfinsternis. Für die ein bis zwei Stunden, die der Mond nun in völligem Dunkel liegt, sinkt die Temperatur von +130 auf -50 Grad ab. (Die jeweils der Sonne abgewandte Mondseite ist sogar -150 Grad kalt.)

Bei seinem Umlauf um die Erde verursacht der Mond auf unserem Planeten die Gezeiten, also Ebbe und Flut. Weil er uns so nahesteht, zieht er die Wassermassen der Meere an und erzeugt einen Flutberg, der mit ihm, besser gesagt unter ihm, um die Erde läuft. Stehen Sonne, Mond und Erde auf einer gemeinsamen Geraden, summieren sich die Anziehungskräfte

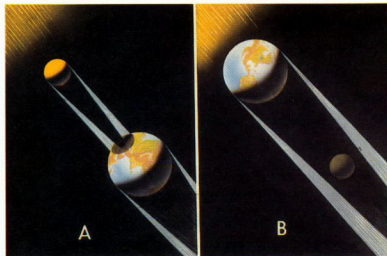
### Wie entstehen Ebbe und Flut?

von Sonne und Mond, der Flutberg wird besonders hoch – wir haben eine Springflut. Stehen Sonne, Mond und Erde im rechten Winkel zueinander, heben sich die Anziehungskräfte von Sonne und Mond teilweise gegeneinander auf, der Flutberg ist kleiner – wir haben eine Nippflut.

Die Anziehungskraft des Mondes wirkt jedoch nicht nur auf das Wasser ein, er zieht auch die Erde selbst ein wenig aus ihrer Umlaufbahn um die Sonne, man könnte sagen, er läßt sie ein wenig torkeln wie ein Betrunkener. Diese Torkelbewegung bewirkt eine Fliehkraft, die wiederum auf der dem Mond abgewandten Seite einen zweiten, fast gleich hohen Flutberg entstehen läßt. Da die Erde sich schneller um ihre Achse dreht als der Mond um die Erde läuft, dreht sich unser Planet unter diesen beiden Flutbergen hindurch, so daß sich in 25 Stunden Ebbe und Flut je zweimal ereignen.

### Was sind die „Mondmeere“?

auf dem Mond helle und dunkle Flecke. Die dunklen Flecke sind mehr oder minder große, sanft gewellte Ebenen, die seit 300 Jahren „Meere“ heißen, weil die damaligen



*Bild A zeigt eine Sonnenfinsternis, der Mond steht genau zwischen Sonne und Erde. Bild B zeigt eine Mondfinsternis, der Mond steht im Erdschatten.*



Astronomen die Flecke für Meere hielten. Damals wußte man noch nicht, daß es auf dem Mond kein Wasser gibt. Die hellen Stellen sind gebirgig mit ziemlich langen scharfkantigen Gebirgsketten, denen man die Namen irdischer Gebirge gegeben hat. So gibt es zum Beispiel die Mondalpen und die Mondapenninen.

Die auffälligsten Mondformationen sind die Krater, von denen es viele Millionen gibt. Schon mit einem einfachen Fernrohr kann man viele erkennen. Die größten haben Durchmesser bis zu 100 km, die kleinsten — das haben unsere Astronauten auf dem Mond selbst nachgewiesen — sind nur wenige Zentimeter oder gar Millimeter groß.

Früher hat man geglaubt, daß die Mondkrater vulkanischen Ursprungs seien. Aber schon vor der Landung der Astronauten auf dem Mond waren die Astronomen überzeugt, daß die Mondkrater die Narben von ungezählten Meteoriten-Einschlägen sind. Da der Mond keine Atmosphäre hat, stürzten die Brocken aus dem Weltall mit unverminderter kosmischer Geschwindigkeit auf seine Oberfläche.



*Totale Sonnenfinsternis 1970 in Mexiko. Die Korona, also die gasförmige Lichthülle der Sonne, ist gut sichtbar, weil die Sonne selbst vollständig vom Mond abgedeckt wurde.*

In den Kinderjahren des Mondes, als unser Sonnensystem

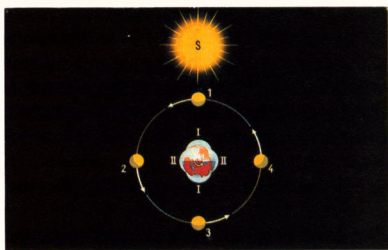
**Wie sieht es  
auf dem Mond  
aus?**

entstand, war die Dichte der Brocken im Weltall und die Häufigkeit ihrer Einschläge auf

dem Mond noch sehr viel größer als heute, so daß die meisten Mondkrater schon fast so alt sind wie er selbst. So ist die Mondlandschaft ein hervorragend erhaltenes Museum der frühen Mondgeschichte. Die einzigen Verwitterungskräfte sind der Sonnenwind,



*Siamesische Astronomen beobachten eine partielle (unvollständige) Sonnenfinsternis; Gemälde aus dem 17. Jahrhundert. Die Gelehrten halten ein Stück Papier vor das Okular eines Fernrohres, das die halbverdunkelte Sonne seitenverkehrt auf das Papier projiziert.*



*Bei Neumond (1) und Vollmond (3) wirken Sonne und Mond zusammen, es entstehen Springfluten (I), bei Halbmond (2 und 4) entstehen Nippsfluten (II).*

der feine Meteorstaub und die starken Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht. Die Verwitterung reicht aber nur wenige Zentimeter tief in den Mondboden hinein, so daß die Astronauten bei ihren Spaziergängen auf unserem Trabanten nur einige Finger tief in den Mondstaub einsanken. Auf dem Mond – so sagte einer der Astronauten – sieht es so aus, als habe man dort seit über vier Milliarden Jahren keinen Staub gewischt.

In früheren Zeiten gab es auf dem Mond tätige Vulkane. Die Mondmeere

sind wahrscheinlich die Rückstände breitflächiger Lavaflüsse, die ähnlich wie irdische Lava aus den Tiefengesteinen Basalt und Olivin bestehen. Bei einzelnen Einstürzen besonders großer Meteoriten wurde die Mondoberfläche aufgebrochen; das hat stellenweise zu solchen Lavaüberflutungen geführt.

Über das Alter und über die Entstehung

des Mondes wissen wir heute recht gut Bescheid. Die Erde und der Mond sind einander so nahe und in der

### Wie ist der Mond entstanden?

Größe so wenig verschieden, daß wir fast von einem Doppelplaneten sprechen können – der einzige dieser Art in unserem Sonnensystem. Eine Altersbestimmung des Mondgesteins hat auch gezeigt, daß Mond und Erde zur gleichen Zeit, vor etwa viereinhalb Milliarden Jahren, und wohl auch am gleichen Ort entstanden sind. Der Mond ist also ein Stück Urerde; beide entstammen demselben kosmischen Wirbel.

Kurz nach seiner Entstehung war der Mond uns näher als heute. Der Ab-

*Die Mondoberfläche ist von unzähligen Meteor-Einschlägen zernarbt.*

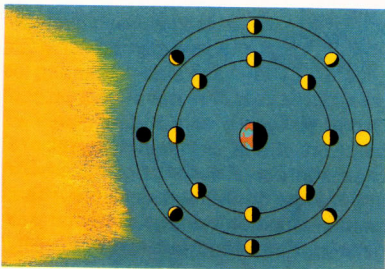
*Vorn sieht man den 40 km breiten Krater Reinhold, links hinten den 90 km breiten Krater Kopernikus. Das Foto wurde 1969 aus dem Landefahrzeug des Raumschiffes Apollo 12 aufgenommen.*





stand betrug zu Beginn etwa nur zwei Erddurchmesser. Die Umlaufzeiten des Mondes und der Erde betrug damals beide nur zweieinhalb Stunden. Dabei müssen sie gewaltige Gezeitenkräfte aufeinander ausgeübt haben, die nach den Gesetzen der Himmelsmechanik zwei entscheidende Folgen hatten.

Wie bereits geschildert, dreht die Erde sich unter ihren Flutbergen hindurch. Diese wirken wie zwei Bremsbacken.



*Die innere Kreisbahn auf diesem Bild zeigt, wie der Mond von der Sonne angestrahlt wird, auf der äußeren Kreisbahn sieht man die Lichtgestalten (Phasen) des Mondes, wie wir sie sehen. Ein Umlauf des Mondes um die Erde dauert 27,3 Tage.*

Dadurch hat sich die Rotationsgeschwindigkeit der Erde in viereinhalb Milliarden Jahren bis auf 24 Stunden verlangsamt. Gleichzeitig bremste auf dem anfangs noch flüssigen Mond eine gewaltige Flutwelle aus Lava mit ihrer riesigen Reibungskraft seine Rotation mehr und mehr ab, bis der Bremsvorgang zum Stillstand kam. Daher dreht er uns immer die gleiche Seite zu – seine Rückseite konnten wir erst in den letzten 20 Jahren mit unseren Raumschiffen ergründen, die ihn umflogen und fotografierten.

Die zweite Folgeerscheinung ist, daß der Mond sich – auf Grund bestimmter komplizierter physikalischer Gesetze – seit seiner Entstehung immer weiter von der Erde entfernt. Von seinem ursprünglichen Abstand von zwei Erddurchmessern ist seine Entfernung mittlerweile auf 30 Erddurchmesser angewachsen. Und sie wird weiter wachsen, bis der Mond – in fernen Jahrtausenden – vielleicht nur noch als kleiner leuchtender Punkt am Nachthimmel zu sehen ist.

## Geschwister der Sonne

Die amerikanische Planetensonde „Voyager II“ wurde im Herbst 1977 gestartet und flog vier Jahre später am Saturn vorbei. Im Herbst 1989 wird

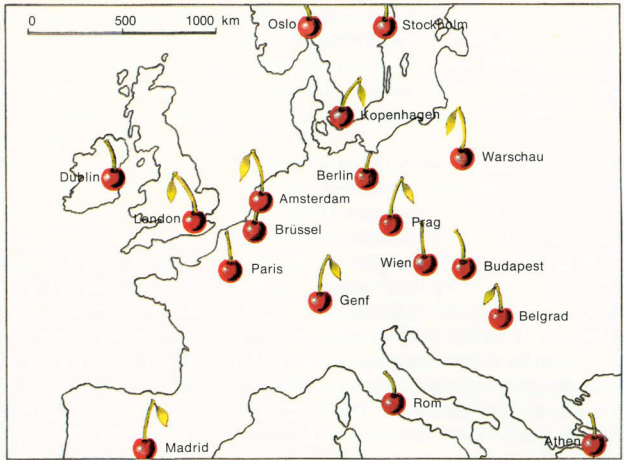
**Wann fliegt  
„Voyager 2“  
am Sirius  
vorbei?**

sie die Neptunlaufbahn kreuzen. Sie ist dann immer noch schnell genug, das Schwerefeld der Sonne zu verlassen. Gegen Ende unseres Jahrhunderts wird sie auch unser Sonnensystem hinter sich lassen und sich in die Tiefe des Weltalls stürzen. Das allerdings wird eine einsame Reise werden. Denn erst nach 360 000 Jahren wird sie die Nach-

barschaft des hellsten Fixsterns an unserem Himmel, den Sirius im Sternbild des Großen Hundes, erreichen. Dabei gehört Sirius zu den allernächsten Sonnennachbarn im Weltall. Denn auch die Fixsterne sind Sonnen.

Es gibt wohl kein besseres Beispiel dafür, wie groß, aber auch wie leer das Weltall ist. Obwohl es Hunderte von Milliarden Sterne in unserer Milchstraße gibt, stehen sie unvorstellbar weit voneinander ab. Denken wir uns einmal ein Modell der Sonnenumgebung mit den nächsten Fixsternen. Dazu verkleinern wir den Durchmesser der Sonnen und ihre Abstände im glei-

Wie leer der Weltraum ist, veranschaulicht diese Zeichnung: Wenn wir — in Gedanken — die Sonne und die nächsten Fixsterne auf die Größe von Kirschen verkleinern, wäre der Raum, in dem sie sich bewegen, so groß wie Europa. Jede Hauptstadt wäre eine Kirsche — alles andere ist leerer Raum. Unser Sonnensystem wäre bequem auf einem mittleren Marktplatz unterzubringen.



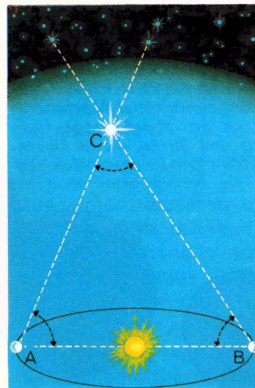
chen Maßstab. Die Sonnen wollen wir so groß machen wie eine Kirsche. Wenn wir dann etwa ein Dutzend Sterne in unserem Modell unterbringen wollen, so müßte es so groß sein wie Europa. In jeder Hauptstadt würde sich eine Kirsche befinden — alles andere ist leerer Raum. Auch die Größe unseres Planetensystems schrumpft zusammen. Es würde bequem auf den Marktplatz einer Hauptstadt passen. Die Sonnen mit ihren Planeten — wenn sie welche haben — sind also in den Tiefen des Alls ungeheuer einsam. Jetzt verstehen wir auch, weshalb der „Voyager“ den Marktplatz bequem in zwölf Jahren durchqueren kann, aber 360 000 Jahre braucht, um von Bonn nach Paris zu fliegen.

Um diese riesigen Entfernungen zu messen, benutzen die Astronomen einen Trick aus der Geometrie, mit dem auch jeder Entfernungsmesser in unserer Kamera funktioniert. Man mißt die scheinbare Verschiebung

### Wie mißt man die Entfernung eines Fixsterns?

Um diese riesigen Entfernungen zu messen, benutzen die Astronomen einen Trick aus der Geometrie, mit dem auch jeder Entfernungsmesser

eines Sternes, die er zeigt, wenn man ihn von zwei verschiedenen Punkten, möglichst weit voneinander entfernt, anvisiert. Dann kann man ein Dreieck zeichnen, wie es das Bild auf Seite 33 zeigt. Dazu fixiert man einen Stern etwa am 1. Januar und dann wieder am 1. Juli. Dann wird die Basis des Dreiecks möglichst groß und damit auch der Winkel an der Spitze, in dessen Scheitel der Stern liegt. Diesen Winkel nennt man „Parallaxe“. Da die Sterne



Wenn man Stern C von Punkt A und sechs Monate später von Punkt B der Erdbahn aus betrachtet, kann man aus der Entfernung AB (Durchmesser des Erdumlaufs) und den Winkeln CAB und CBA die Entfernung der Erde zu C berechnen.



sehr weit entfernt sind, ist dieser Winkel winzig klein, und so gelang es erst im Jahre 1838 dem deutschen Astronomen Bessel, zum erstenmal die Entfernung eines Fixsterns zu messen.

Die Entfernungen im All sind so riesen- groß, daß der Kilometermaßstab unhandlich wird. Deswegen erfand Bessel einen neuen Maßstab: das

### Was ist ein Lichtjahr?

Lichtjahr. Das ist jene Entfernung, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt 300 000 Kilometer pro Sekunde. Ein Lichtjahr ist demnach 9,48 Billionen Kilometer lang.

Der Mond ist danach 1,3 Lichtsekunden und die Sonne 8,3 Lichtminuten entfernt. Schon daran lassen sich die ungeheuren Entfernungen im Weltall er- messen.

Reisen wir jetzt einmal in Gedanken zum Sirius, unserem hellsten Fixstern. Er ist 8,8 Lichtjahre entfernt. Von dort aus gesehen erscheint der Durchmesser der Erdbahn so groß wie ein Tennisball, aus einer Entfernung von 14 Ki- lometern gesehen.

Wenn der Sirius so weit entfernt und

trotzdem noch der hellste Stern am Himmel ist, dann muß er eine gewalt- ige Leuchtkraft besitzen. Das ist auch der Fall. Da wir seine Entfernung ken- nen, konnten wir auch seine Leucht- kraft im Vergleich zu unserer Sonne bestimmen: Sie ist 20mal größer. Stün- de unsere Sonne so weit entfernt wie der Sirius, wäre sie nur ein Stern zwei- ter Größe, etwa so hell wie die Sterne des Großen Wagen.

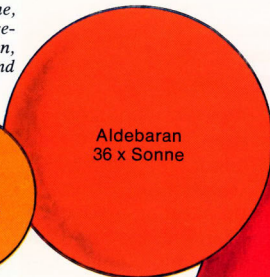
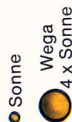
Auf diese Weise hat man die wirkliche Leuchtkraft der Sterne bestimmen könn- en. Die hellsten unter ihnen sind bis 100 000mal heller als unsere Sonne. Damit ist eine Grenze erreicht. Noch hellere Sterne müßten so massereich sein, daß ihre Energieerzeugung sie auseinanderblasen würde.

Von unserer Sonne wissen wir, daß ihr Durchmesser 109- mal größer ist als der unserer Erde. Wie groß sind nun die übrigen Ster- ne? Im Gegensatz

### Wie mißt man die Größe eines Fixsterns?

zu den Planeten in unserer Nähe können wir die Durchmesser der Fix- sterne nicht direkt messen. Sie sind so weit entfernt, daß sie auch bei den größten Vergrößerungen mit unseren

*Die Zeichnung zeigt einige bekannte Sterne nach der Größe ihrer Durchmesser geordnet. Es gibt aber auch viele Sterne, die wesentlich kleiner als die Sonne sind. Manche weißen Zwerge, also explo- dierte und zusammengeschrumpfte Riesensterne, sind nicht größer als der Mond; einige soge- nannte Pulsare, das sind Sterne, die in kurzen, wiederkehrenden Stößen Energie ausstrahlen, sind nur 20 km groß.*



Fernrohren gestochen scharfe Punkte bleiben. Wenn wir also die Größe der Sterne bestimmen wollen, müssen wir einen Umweg einschlagen. Er führt über die Farbe und damit über die Oberflächentemperatur der Sterne.

Schon mit dem bloßen Auge können wir sehen, daß Sterne verschieden gefärbt sind. An der Farbe kann man die Temperatur ablesen, die mit der Farbskala von rot über gelb, weiß bis blau laufend steigt. Die roten Sterne sind „nur“ 3000 Grad heiß, während die blauen Sterne Oberflächentemperaturen bis zu 35 000 Grad erreichen. Unsere Sonne ist mit ihrer Temperatur von 5900 Grad ein gelber Stern.

Das ist erst der halbe Umweg zur Berechnung der Größe eines Sternes. Wir wissen, daß ein Körper um so heller wird, je heißer er glüht. Nun vergleichen die Astronomen die Farbe und die Leuchtkraft eines bestimmten Sternes miteinander und schließen daraus auf seine Größe:

Wenn ein roter Stern mit seiner schwachglühenden Oberfläche dennoch sehr hell ist, muß er eine gewaltig große Oberfläche haben – nur so läßt sich seine riesige Gesamtleuchtkraft erklären. Umgekehrt strahlt ein blauer Stern pro Quadratmeter seiner Oberfläche so viel mehr Licht aus, daß seine Kugel auch etwas kleiner sein kann.

Auf diese Weise haben die Astronomen festgestellt, daß es unter den Sternen Riesen und Zwerge gibt. Die größten unter ihnen sind die roten Riesen,

weil sie trotz ihrer geringen Abstrahlung pro Quadratmeter bis 50 000mal heller als die Sonne sind. Die größten Riesen sind bis zu 200mal größer als unsere Sonne. In ihrem Inneren hätte unser

### **Was sind Riesen- und Zwergsterne?**

Sonnensystem bis zur Bahn des Planeten Mars Platz. Der Sirius ist ein weißer Stern, 20mal so hell wie unsere Sonne. Seine Oberflächentemperatur beträgt 10 000 Grad. Er ist etwa doppelt so groß wie die Sonne.

Es gibt aber auch zahllose Zwergsterne, vor allem die roten Zwerge, die die Hälfte oder gar nur ein Fünftel des Sonnendurchmessers haben.

Unsere Sonne ist der Größe nach ein recht durchschnittlicher Stern mit vielen Milliarden ähnlich großer Geschwister in der Milchstraße. Glücklicherweise hat sie aber genau die richtige Größe und Helligkeit, um unserer Erde als nährendes Zentralgestirn zu dienen. Wäre sie wärmer oder auch kälter, wäre jedes Leben auf der Erde ausgeschlossen.

Eine Besonderheit sind die weißen Zwerge. In ihnen hat sich die Materie so ungeheuer verdichtet, daß eine ganze Sonnenmasse in die Größe der Erdkugel hineinpaßt. Dabei haben wir es allerdings mit einer Abart der Materie zu tun; eine Streichholzschachtel aus diesem Sternmaterial wöge 900 Tonnen. Da die weißen Zwerge sehr heiß sind, sind sie trotz ihrer kleinen Oberfläche sehr hell. Nur darum konnten wir sie entdecken.

Im Schnitt sind die Sterne in den riesigen Räumen des Weltalls auch recht gleichmäßig verteilt. Dennoch neigen sie dazu, sich an manchen Orten

### **Was sind Sternhaufen?**

zusammenzuscharen und etwas dichter zu stehen. In unserem Modell hätten wir dann eine Kirsche etwa in jeder Hauptstadt eines Bundeslandes. Aus großer Entfernung sieht eine solche Ansammlung wie ein Sternenhaufen aus – und so nennt man sie auch. Der berühmteste Sternenhaufen ist das so-





*Die Plejaden im Sternbild Stier gehören zu den bekanntesten Sternhaufen am nördlichen Winterhimmel. Weil man auch mit bloßem Auge wenigstens sieben ihrer Sterne sehen kann, werden sie auch „Siebengestirn“ genannt. Sie sind etwa 400 Lichtjahre von uns entfernt und entstanden vor rund 100 Millionen Jahren aus kosmischem Staub.*

genannte Siebengestirn, auch Plejaden genannt. In diesem Sternhäufchen im Sternbild des Stiers lassen sich im Fernrohr 120 Sterne erkennen, sieben sieht man mit bloßem Auge. In unserer Milchstraße gibt es etwa 100 Sternhaufen.

Die Sterne stehen keineswegs im Raume still, sondern rasen mit Geschwindigkeiten von etwa 10–50 Sekundenkilometern durch das Weltall. Unsere Sonne z. B. bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 20 km/sec in Richtung auf das Sternbild des Herkules. Zusammenstöße brauchen wir nicht zu befürchten. Auch in Milliarden von Jahren kommt es praktisch nicht vor, daß zwei Sterne einander auch nur nahe kommen.

Unsere Sonne ist ein Einzelstern.

### Was sind Doppelsterne?

Manchmal jedoch stehen zwei oder mehr Sonnen dicht zusammen und umkreisen einander. Man nennt sie

Doppel- oder Mehrfachsterne. Sie sind gar nicht so selten. So hat etwa der Stern Mizar im Großen Wagen einen kleinen Begleiter mit Namen Alkor. Je nach ihrem Abstand umkreisen die Doppelsterne einander langsam oder schneller, wobei die Umlaufzeiten zwischen wenigen Tagen und Hunderten von Jahren betragen können.

Bei einigen wenigen Doppelsternen schauen wir von der Erde aus genau auf die Kante der Bahnebene. Dann kommt es vor, daß in genau regelmäßigen Abständen der eine Stern den anderen bedeckt. Dabei sackt jedesmal die Gesamthelligkeit des Sternes ab. Hier sprechen wir von einem „veränderlichen“ Stern. So ist der Algol im Perseus schon seit dem Altertum be-

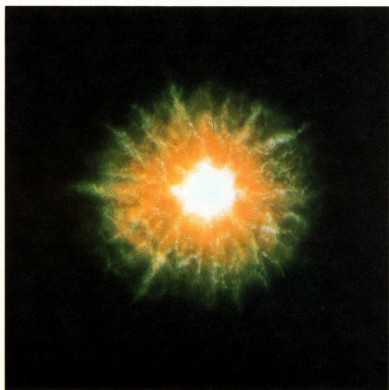
kannt. Alle 62 Stunden – das ist die Umlaufzeit der beiden Partner umeinander – ereignet sich eine Sternenerfinsterung mit einem deutlichen Helligkeitsabfall. Nach zehn Stunden stehen die beiden Sterne wieder nebeneinander, und der Stern ist wieder hell wie zuvor.

Jeder größere Stern erlebt am Ende

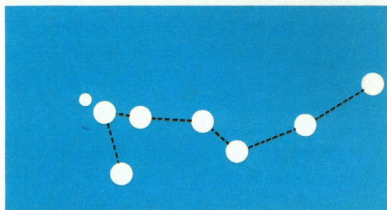
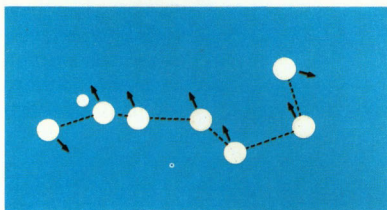
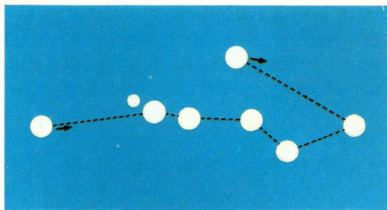
### Was ist eine Supernova?

seines Daseins eine Katastrophe. Wenn er seinen atomaren Brennstoff, den Wasserstoff, aufgebraucht

hat, versagt der Strahlungsdruck, der von innen heraus die riesige Gaskugel im Gleichgewicht hielt. Dann bricht der Stern buchstäblich binnen Sekunden zusammen und wird schlagartig zu einem weißen Zwerg. Dabei wird momentan ein gewaltiger Energiestoß frei, der die äußersten Gashüllen des Sterns mit einem ungeheuren Lichtblitz in die weiten Räume des Weltalls schleudert. Während eines solchen Ausbruches kann ein Stern für kurze Zeit so hell



Eine Supernova ist die schnelle Explosion eines Riesensterns. Er strahlt dabei ungeheure Energiemengen ab und schrumpft dann zum weißen Zwerg.



Die Form des Großen Wagens ändert sich langsam, weil seine sieben Sterne sich in verschiedene Richtungen bewegen. Oben sehen wir, wie das Sternbild vor 100 000 Jahren aussah. In der Mitte der Große Wagen heute. So wie unten wird er weitere 100 000 Jahre später aussehen. Der Große Wagen ist das Sternbild des Großen Bären.

sein wie die hundert Milliarden anderen Sterne der Milchstraße zusammengekommen.

Von der Erde aus gesehen erscheint dann binnen Minuten ein neuer Stern am Himmel, der ein paar Wochen lang so hell sein kann, daß man ihn selbst am Tage sehen kann. Da eine solche Erscheinung gewissermaßen ein neuer Stern ist, spricht man von einer „Nova“ (lateinisch = neu).

Bei der Explosion eines Riesensternes spricht man von einer „Supernova“. Dabei strahlt der Stern an einem ein-



zigen Tag so viel Energie aus wie unsere Sonne in 40 000 Jahren, die Sternmaterie wird mit Geschwindigkeiten bis zu 10 000 km/sec in den Weltraum geschleudert.

Da die Riesensterne so selten sind, gibt es auch in der Milchstraße nur wenige Supernovas. In geschichtlicher Zeit wurden nur vier registriert, und zwar in den Jahren 1006, 1054,

**Wie häufig ereignet sich eine Supernova?**

1572 und 1604. Da es viele ferne Galaxien gibt, konnten die Astronomen auch in jüngster Zeit Supernovas in ferneren Sternensystemen entdecken und studieren.

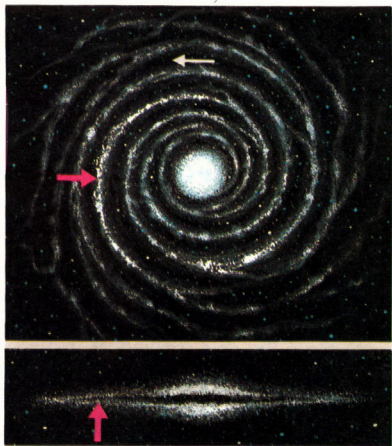
In unserer Milchstraße ereignet sich im Schnitt ein Supernova-Ausbruch etwa alle 300 Jahre. Die letzte Supernova in unserer Milchstraße vom Jahre 1604 hat der deutsche Astronom Johannes Kepler beobachtet und genau beschrieben. Das war vor fast 400 Jahren. So kann sich vielleicht bald wieder eine Supernova ereignen.

## Unsere Milchstraße

Im Jahre 1609 hat der große Italiener Galileo Galilei als erster Mensch ein Fernrohr in den Himmel gerichtet und dabei auf Anhieb ein großes Rätsel gelöst: Er konnte uns sagen,

**Woraus besteht die Milchstraße?**

was die Milchstraße ist. Mit einem primitiven Fernrohr gelang es Galilei, die hellsten Wolken der Milchstraße in einzelne Sterne aufzulösen. Aber dahinter entdeckte er neue, noch schwächere Wolken, die er mit seinem primitiven Fernrohr nicht mehr auflösen konnte. Galilei zog den richtigen Schluß: Auch



Die Milchstraße ist in klaren Nächten als helles Band am Himmel sichtbar. Der weiße Pfeil zeigt die Richtung ihrer Rotation, die roten Pfeile zeigen, wo sich unser Sonnensystem befindet.



Der Pferdekopfnebel ist eine Wolke aus kühlem Staub, die sich vor einem Schleier heißer, glühender Gase erhebt und damit den Blick auf dahinter liegende Galaxien verdeckt.



*Der Orionnebel, am Winterhimmel mit bloßem Auge sichtbar, ist 1300 Lichtjahre von unserer Sonne entfernt. Er hat einen Durchmesser von etwa 16 Lichtjahren. Astronomen glauben, daß in diesem Nebel neue Sterne entstehen.*

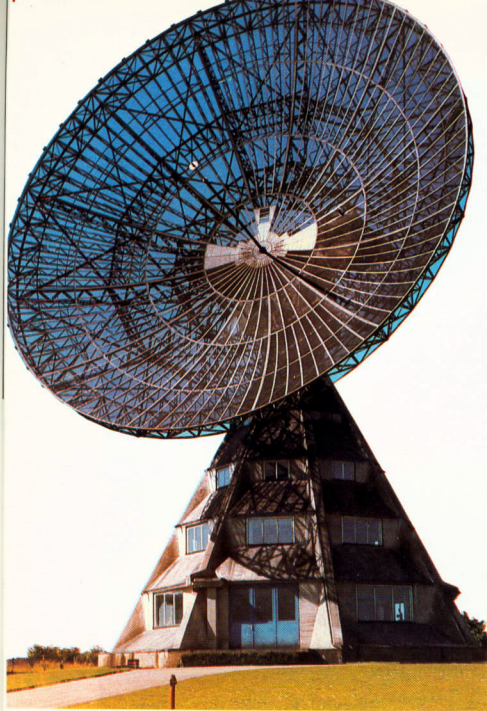
die schwach leuchtenden Wölkchen in seinem Fernrohr müssen aus Sternen bestehen. Heute, mit Hilfe unserer großen Fernrohre, wissen wir, daß er recht hatte: Unsere Milchstraße besteht in der Tat aus einer Ansammlung von ungefähr 200 Milliarden Sternen. Unsere Sonne mit ihren Planeten ist einer von ihnen. Auch stehen wir nicht in der Mitte, sondern etwa  $\frac{2}{3}$  des Radius der Milchstraße von ihrer Mitte entfernt. Wir leben also in der Provinz unseres Sternensystems.

Nach Galileis großartiger Entdeckung machten sich die Astronomen Gedan-

ken über die Form unserer Milchstraße: Da wir sie von unserem Standort aus nur als ein schmales Band am Himmel erblicken und wir selber dazugehören, kann sie – so schlossen die Astronomen ganz richtig – eigentlich nur die Form einer Scheibe haben.

Und so ist es in der Tat: Im Zentrum der Milchstraße stehen die Sterne etwas dichter und bilden dort eine leicht kugelförmige Anhäufung. Nach außen hin flacht sich die Scheibe deutlich ab und wird immer dünner. Ein bißchen sieht die Milchstraße aus wie der Planet Saturn mit seinen Ringen.





*Das Radioteleskop der Sternwarte Bonn in der Eifel hat einen Parabolspiegel von 25 m Durchmesser. Mit seinem feinmaschigen Netz von Metalldrähten fängt der Spiegel aus dem Weltall kommende Strahlen auf. Neuere Spiegel sind bis 210 m breit.*

Später entdeckte man, daß die Milchstraße nicht nur aus Sternen besteht, sondern auch aus Gas- und Staubwolken, die ganz langsam regellos durcheinanderwirbeln wie die Dunstwolken in einer verräucherten Kneipe. Aber auch diese Staub- und Gasmassen befinden sich ausschließlich in der Scheibenebene.

Einige der Gasmassen leuchten in wunderschönen bunten Farben. Es sind dies die berühmten Gasnebel, von de-

### **Was sind „leuchtende“ Gasnebel?**

nen der Orionnebel im Sternbild des Orion, mit dem bloßen Auge gut sichtbar, der bekannteste ist. Heute wissen wir, daß diese Gasnebel die Wiege von jungen Sternen sind, die gerade geboren werden, auf die gleiche Art, wie einst unser Sonnensystem entstand. Die Schöpfung ist also auch heute noch unentwegt im Gang.

Diese Gas- und Staubmassen können nun das Licht der dahinterliegenden Sterne verschlucken, so daß auf unseren Himmelsaufnahmen vielfach schwarze Stellen zu erkennen sind. Diese nennt man „Dunkelnebel“. Am südlichen Sternenhimmel gibt es eine besonders auffallend große Stelle dieser Art; ihr haben die alten Seefahrer schon den treffenden Namen „Kohlensack“ gegeben.

Die Astronomen schätzen, daß sich bisher ungefähr nur die Hälfte aller Massen der Milchstraße zu Sternen verdichtet hat. Die andere Hälfte besteht aus feinverteiltem Gas und Staub, der sich besonders in der Mittelebene der Milchstraßenscheibe konzentriert hat. Das ist der Grund, weshalb die Milchstraße über lange Strecken hinweg in der Mitte geteilt erscheint. Diese Massen versperren uns just den Blick auf das Zentrum der Milchstraße. Wenn wir aber nicht hindurchschauen können – wie können wir dann etwas darüber wissen?

Da kamen die Radiotechniker den Astronomen zu Hilfe. Die riesigen Dunkelwolken bestehen in der Hauptsache aus Wasserstoff. Auch

### **Wie zeigen uns Radiowellen die Milchstraße?**

bei sehr niedrigen Temperaturen strahlt Wasserstoff Radiowellen aus, und zwar auf der 21-cm-Welle. Diese Wellen durchdringen ungehindert Dunst, Nebel und Staub. Überall dort, wo das

Licht blockiert wird, gehen wir daher von der Lichtastronomie zur Radioastronomie über. Man baute riesige Antennen mit Durchmessern bis zu 100 m, mit denen man das Weltall im Radiobereich belauscht. Bei der Erforschung der Form der Milchstraße hat uns die Radioastronomie die Lösung gebracht.

Heute wissen wir: Die Staubmassen, vermischt mit dichteren Ansammlungen von Sternen, haben die Form einer Spirale, deren Arme vom Zentrum ausgehend die Mitte umschlingen, etwa einem riesigen Kraken vergleichbar, der mit seinen langen Tentakeln in

lich weit am Rande der Milchstraße steht, dauert es für sie etwa 200 Millionen Jahre, bis sie eine Umdrehung vollendet hat. Da die Milchstraße etwa 15 Milliarden Jahre alt ist, hat die Sonne also das Zentrum der Milchstraße erst 70mal umrundet.

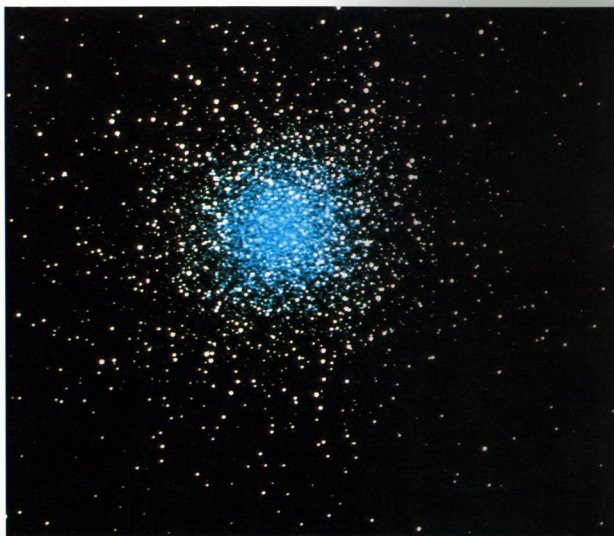
Unsere Milchstraße ist rundherum,

**Was sind  
Kugel-  
haufen?**

und zwar in kugelförmiger Anordnung, mit einer besonderen Form von Sternhaufen geschmückt. Es sind

dies die berühmten „kugelförmigen

*Dieser Kugelsternhaufen im Sternbild Herkules besteht aus 100 000 bis 150 000 Sternen. Er ist knapp 22 500 Lichtjahre von uns entfernt und nähert sich unserem Sonnensystem mit einer Geschwindigkeit von 320 km/s. In der Milchstraße gibt es etwa 100 000 solcher Kugelsternhaufen.*



einen Wasserwirbel geraten ist. Unsere Milchstraße ist also ein sogenannter „Spiralnebel“ (siehe Seite 43).

Wie alles im Weltall befindet sich auch die Milchstraße in einer gewaltigen Rotation. Genau wie in unserem Planetensystem kreisen die inneren Sterne schneller um die Mitte als die Sterne weit draußen. Da unsere Sonne ziem-

lich „Sternhaufen“. Sie bestehen aus besonders dichten Ansammlungen von bis zu einer Million Einzelsternen, die, im Zentrum dicht gedrängt, nach außen hin etwas lockerer werden; ihre Durchmesser betragen 160 bis 230 Lichtjahre. Auf photographischen Himmelsaufnahmen gehören die Kugelhaufen zu den schönsten Erscheinungen am



Sternenhimmel. Auch in einem großen Fernrohr sind sie ein wundervoller Anblick: Sie glitzern wie eine Handvoll Diamanten auf schwarzem Samt.

Im allgemeinen ist die Natur darauf bedacht, ihre Schöpfung im Weltall milliardenfach zu wiederholen. Von den Kugelhaufen jedoch, die unsere Milchstraße wie eine Krone schmücken, gibt es nur 88 Stück.



*Irreguläre Galaxien — hier M 82 im Großen Bären — haben keine festen Umrisse und enthalten meist große heiße blaue Sterne. M 82 ist 6,5 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Wahrscheinlich fand in seinem Zentrum vor über einer Million Jahre eine Explosion statt, die ihm seine heutige Form gab.*

Der Kosmos ist zwar reich an Objekten, die wir sehen können — Sterne, helle Nebel, Planeten. Ein großer Teil der Masse im Universum ist jedoch unsichtbar: die Schwarzen Löcher. Ein Schwarzes Loch ist eine Sternenmasse, die zum Beispiel nach der Explosion einer Supernova zu so hoher Dichte zusammengepreßt wurde und

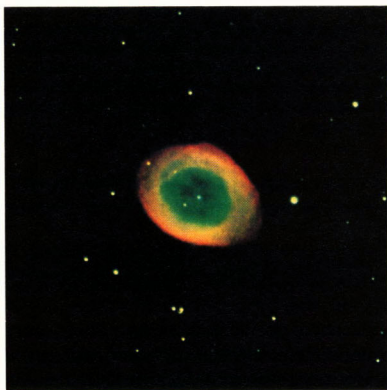
**Was ist ein „Schwarzes Loch“?**

darum eine so gewaltige Schwerkraft entwickelte, daß nicht einmal das eigene Licht entkommen kann.

Schwarze Löcher hat darum noch kein Mensch gesehen. Sie sind bislang astronomische Theorie. Alle Wissenschaftler sind jedoch davon überzeugt, daß es sie gibt. Astronomen schätzen, daß es allein in unserer Milchstraße über 100 Millionen Schwarze Löcher gibt, jedes einzelne das Überbleibsel eines Riesensterns, der irgendwann in der Vergangenheit explodierte.

Die Masse eines Schwarzen Lochs muß ein ungeheures Gewicht haben, vielleicht 10 000mal so viel wie unsere Sonne, weil es alles, was an interstellarem Gas oder anderer kosmischer Materie in seine Nähe kommt, verschlingt.

Große Teile der Masse des Universums, so schätzen die Astronomen, könnte in diesen Löchern unsichtbar verborgen sein. Auf ihre Existenz weisen bisher nur Röntgenstrahlen hin, die aus bestimmten Stellen des Universums kommen, in denen bisher auch mit modernsten optischen oder Radioteleskopen nichts zu sehen war.



*Der Ringnebel in der Leier ist 2100 Lichtjahre entfernt und besteht aus leuchtendem Gas, das den Zentralstern in Kugelform umhüllt. Die Hülle entstand, als der Zentralstern bei einem Nova-Ausbruch seine äußeren Teile abstieß und in den Raum schleuderte. Der Stern ist 14mal größer als die Sonne.*



*Der Spiralnebel M 51 im Sternbild Jagdhunde zählt wegen seiner ausgeprägten Spiralform zu den eindrucksvollsten Galaxien. Er ist etwa acht Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Der helle Fleck am Ende des unteren Spiralarms ist eine irreguläre Galaxie. Die anderen Sterne stehen im Vordergrund und gehören zu unserer Milchstraße. Man sieht also auf diesem Foto durch die Milchstraße hindurch.*

## Die Grenzen von Raum und Zeit

In ganz dunklen Nächten kann man mit

### Was ist ein Spiralnebel?

dem bloßen Auge im Sternbild der Andromeda ein schwach glimmerndes Lichtfleckchen erkennen, das die

Astronomen schon seit langem kennen. Es ist der berühmte „Andromedanebel“. Nach der Erfindung des Fernrohrs entdeckte man noch andere ähnliche Nebelflecke, die man allerdings erst nach der Erfindung der Himmelsfotografie näher erforschen konnte. Die meisten von ihnen hatten die Gestalt von harmonisch geformten Spiralen; deshalb nannte man sie „Spiralnebel“. Ihre wahre Natur hat man allerdings

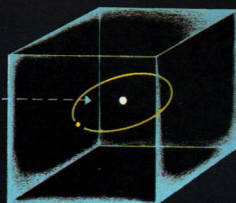
erst vor knapp 60 Jahren nachweisen können, als das damals größte Fernrohr mit einem Spiegeldurchmesser von 2,5 Metern in Dienst gestellt wurde. Damit gelang es dem amerikanischen Astronomen Edwin Hubble, die Südschnecke des Andromedanebels in eine Riesenzahl feinsten Sternchen aufzulösen. Damit erbrachte er einen sensationellen Beweis: Die Spiralnebel sind selbständige Milchstraßen, unserer eigenen Milchstraße an Größe und im Range gleich. Da inzwischen Milliarden von diesen Milchstraßen entdeckt worden sind, wissen wir erst seit wenigen Jahrzehnten, wie unvorstellbar groß und reich das Universum ist. Seit man nun weiß, was diese Nebel-



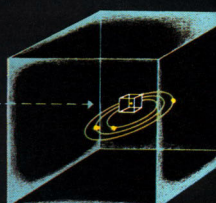
Um die ungeheure Größe des Weltalls zu zeigen, wurde hier je ein Würfel in den nächstgrößeren daneben gestellt. Dabei wurde die Kantenlänge des vorigen Würfels jedesmal um das 1000fache, der Rauminhalt damit um das Milliardenfache vergrößert.



Durchmesser  
12757 km



Kantenlänge  
1500 000 km



Kantenlänge  
1 500 000 000 km

flecke in Wirklichkeit darstellen, hat man ihnen auch einen eigenen Namen gegeben; man nennt sie „Galaxien“, abgeleitet von dem griechischen Wort „galaxe“, das heißt Milch.

Man wußte schon seit langem, daß die

### Wie mißt man die Entfernung einer Galaxis?

Galaxien sehr weit von uns entfernt sein müssen. Um diese Entfernungen zu messen, hat man sich fol-

gendes überlegt: Aus unserer eigenen Milchstraße wissen wir, daß selbst die hellsten Sterne eine obere Helligkeitsgrenze haben. Da man im Andromedanebel Einzelsterne fotografieren konnte, mußten diese wohl auch Helligkeitsgiganten sein. Da sie aber sehr viel schwächer erschienen als die entferntesten Sterne in unserer eigenen Milchstraße, konnte man die Entfernung des Andromedanebels recht genau messen. Das Ergebnis war gewaltig: die Entfernung des Andromedanebels entspricht dem 20fachen Durchmesser unserer Milchstraße – das sind 2,2 Millionen Lichtjahre. Wenn wir also den Andromedanebel betrachten, empfängt unser Auge Lichtstrahlen, die über 2 Millionen Jahre lang unterwegs waren! Dabei müssen wir bedenken, daß das Licht in jeder Sekunde 300 000 Kilometer zurücklegt und bis zur Sonne nur etwa

8 Minuten. benötigt. Als das Licht den Andromedanebel verließ, gab es noch gar keine Menschen auf der Erde.

Inzwischen hat man aber mehr als 100

### Wieviele Galaxien gibt es im All?

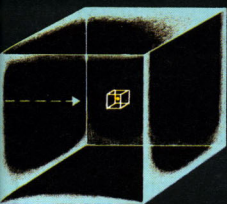
Milliarden Galaxien entdeckt, die einen ungeheuer großen Raum erfüllen. Unsere Riesenfernrohre haben heute die sichtbare Grenze des Universums bis zu einer Entfernung von über zwei Milliarden Lichtjahren hinausgeschoben.

Nun wollte Hubble auch wissen, wie sich die Galaxien im Weltraum bewegen. Für uns scheinen sie unbeweglich still zu stehen. Es gibt aber einen besonderen Trick, mit dem man feststellen kann, ob sich ein Himmelskörper

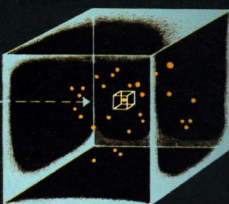
Der Andromedanebel ist das bekannteste Sternsystem außerhalb unserer Milchstraße. Dieser Spiralnebel ist etwa 2,25 Millionen Lichtjahre von uns entfernt.



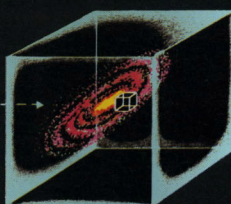
Der Andromedanebel ist das bekannteste Sternsystem außerhalb unserer Milchstraße. Dieser Spiralnebel ist etwa 2,25 Millionen Lichtjahre von uns entfernt.



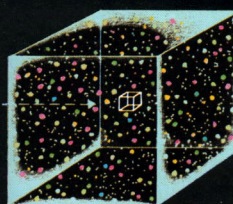
Kantenlänge  
1 500 000 000 000 km



Kantenlänge  
1 500 000 000 000 000 km

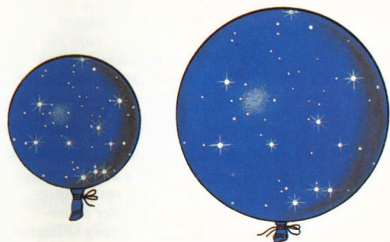


Kantenlänge  
1 500 000 000 000 000 000 km



Kantenlänge  
1 500 000 000 000 000 000 000 km

per auf uns zu oder von uns bewegt. Wenn man an einer Autobahn steht und die Autos an sich vorbeirasen läßt, merkt man, daß sich das Geräusch eines Wagens in dem Augenblick ändert, in dem er vorbeifährt — es wird tiefer. Das hat einen einfachen Grund: Die Höhe des Tones hängt von seiner Frequenz ab, das ist die Anzahl der Schallwellen, die in einer Sekunde an unser Ohr dringen. Je höher die Frequenz ist, desto höher ist der Ton. Die Schallquelle ist in unserem Fall das herannahende Auto. Solange es auf uns zufährt, treffen pro Sekunde mehr Schallwellen an unser Ohr, als wenn es stünde. Die Frequenz — und damit der Ton — sind also höher. Ist das Auto an uns vorbeigefahren, erreichen uns pro Sekunde weniger Schallwellen, die Frequenz ist gesunken, der Ton ist tiefer.



Wie die Punkte auf einem Luftballon, den man aufbläst, entfernen sich die Galaxien vom Mittelpunkt des Alls und voneinander mit wachsender Geschwindigkeit.

Aus solchen Frequenzänderungen können die Physiker auch die Geschwindigkeit des Fahrzeuges bestimmen.

Nun besteht ja auch das Licht aus Wel-

### Was ist die Rotverschiebung?

len, wobei Rot die größte und Violett die kleinste Wellenlänge hat; Rot ist also langwelliges, Violett ist kurz-

welliges Licht. Hubble stellte nun fest, daß sich die Wellenlänge eines Sternes vergrößert, also zu Rot hin verschoben wird, wenn sich der Stern von uns entfernt, und daß sie sich zu Violett verschiebt, wenn sich der Stern uns nähert. Astronomen sprechen deswegen von „Rotverschiebung“ und „Violettverschiebung“.

An Hand dieser Messungen hat Edwin Hubble die Geschwindigkeiten von vielen hundert Galaxien bestimmt und dabei wiederum eine große Entdeckung gemacht. Er hat nämlich festgestellt, daß alle Galaxien — ausnahmslos — sich von uns wegbewegen, und zwar um so schneller, je weiter sie entfernt sind — die „Flucht der Spiralnebel“.

Diese Flucht kann man sich an einem einfachen Modell klar machen: Betrachten wir einmal einen Luftballon, auf den wir vorher viele kleine Punkte gemalt haben. Der Luftballon soll das Weltall sein, die Punkte sind die Spiralnebel.



Wenn wir den Luftballon aufblasen, vergrößert sich seine Oberfläche, und alle Punkte streben auseinander. Dabei wird die Fluchtgeschwindigkeit, also die Geschwindigkeit, mit der sich die einzelnen Punkte voneinander entfernen, immer größer, je weiter die Punkte voneinander entfernt sind.

Diese Fluchterscheinung gilt für jeden einzelnen Punkt auf dem Ballon, also im ganzen Kosmos. Das bedeutet: Das Weltall dehnt sich aus; der Fachausdruck dafür lautet „expandierendes Universum“.

Nun wollen wir das Experiment einmal umdrehen und den Film sozusagen rückwärts ablaufen lassen, um zu erfahren, was sich in der Vergangenheit abgespielt haben muß: Wir lassen die Luft aus dem Ballon heraus. Er schrumpft zusammen, die Punkte nähern sich einander. Da sich die entferntesten Punkte am schnellsten bewegen, treffen sie alle im gleichen Moment am selben Punkt, nämlich im Mittelpunkt des Ballons, zusammen.

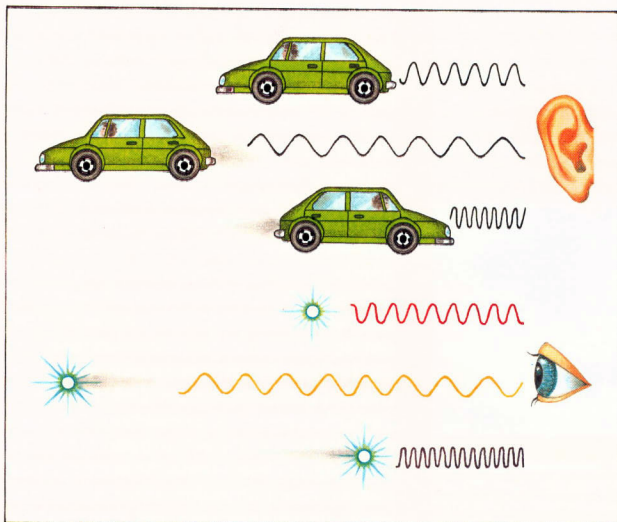
Nun kennen wir ja die Entfernungen und die Geschwindigkeiten einer großen Zahl von Spiralnebeln. So kann man leicht das Schicksal des

### Was ist der „Urknall“?

Universums in die Vergangenheit zurückrechnen: Sein Anfang muß etwa 20 Milliarden Jahre zurückliegen.

Allerdings müssen damals alle Galaxien, alle Sterne, ja die gesamte Masse des Universums an einem Punkte vereinigt gewesen sein. In der Tat stellen sich die Astronomen heute so die Geburt des Universums vor: Die vereinigten Massen mit einer ungeheuren Dichte und Temperatur sind in einer Ur-explosion auseinandergeplatzt und in den Weltraum hinausgeschleudert worden. Noch heute fliegen die Galaxien wie riesige Bombsplitter durch das Weltall.

Deshalb hat die Geburt des Universums einen ganz besonderen Namen bekommen: „Urknall“.



Wenn ein schnell fahrendes Auto auf uns zu und dann an uns vorbeifährt, nimmt die Wellenlänge zu — der Ton wird deutlich tiefer. Genau so verschiebt sich die Wellenlänge des Lichtes eines Sterns entsprechend seiner Bewegungsrichtung: Fliegt er von uns weg, verschiebt sich seine Farbe zu Rot, kommt er auf uns zu, verschiebt sie sich zu Ultraviolett.

*Die große Magellansche Wolke ist 140 000 Lichtjahre von uns entfernt und damit die uns nächste Galaxie. Sie ist am südlichen Sternhimmel mit bloßem Auge als großer Nebelfleck zu sehen. Die große und die etwas entferntere kleine Magellansche Wolke gelten als Trabanten unserer Milchstraße.*



## Menschen in fernen Welten

Seit die Menschen wissen, daß unser Planet nicht allein ist in unserem Sonnensystem, sondern ähnlich große Geschwister hat, haben sie immer wieder die Frage gestellt, ob nicht auch die anderen Planeten Leben tragen. Vor allem wurde überlegt, ob es nicht auch andere vernunftbegabte Wesen gibt, andere Menschheiten, die genau wie wir in den Himmel schauen und sich über die Schöpfung wundern. So hat man ernsthaft über Mond-, Venus- und Marsmenschen nachgedacht. Darüber sind zahllose Geschichten geschrieben worden.

Schon vor Beginn der modernen Weltraumfahrt waren die Astronomen skeptisch. Die Oberflächen der Planeten und die Umweltbedingungen, die dort herrschen, entsprechen nicht den irdischen Verhältnissen. Leben braucht Wasser, eine Lufthülle und vor allem eine gleichmäßige, mittlere Tempera-

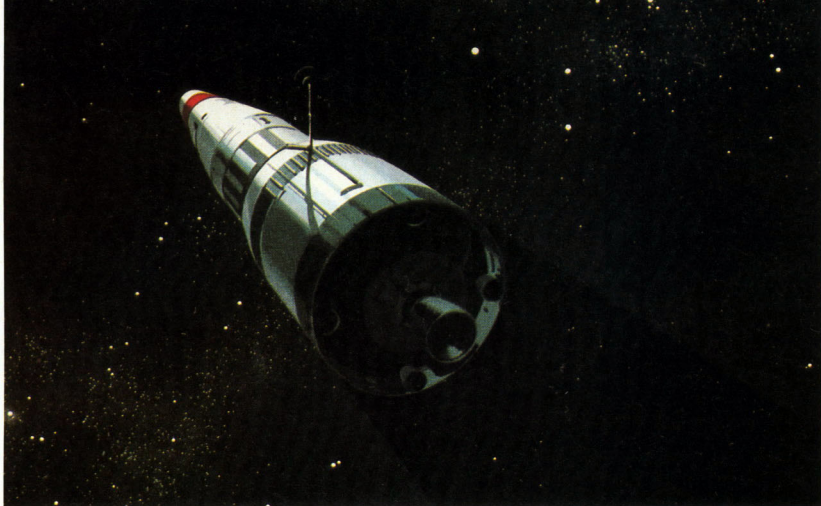
tur. Nur unsere Erde besitzt all diese Voraussetzungen, um dem Leben eine Wohnstätte zu bieten.

Diese Annahmen haben sich bewahrt, als wir auf dem Monde landeten und unbemannte Instrumententräger auf den Nachbarplaneten Venus und Mars absetzten. Die gesamte bisherige Erforschung unseres Planetensystems hat nirgendwo auch nur einen Hinweis auf jetziges oder ausgestorbenes Leben ergeben. In unserem Sonnensystem ist die Erde der einzig belebte Planet.

Nun haben wir ja gesehen, daß das Weltall mit Billiarden von Sternen und Milliarden von Galaxien angefüllt ist. Aus diesem Grunde muß es im Weltall viele Milliarden Planeten geben. Unter ihnen gibt es mit Gewißheit ungezählte Millionen erdähnlicher Planeten, auf denen das Leben gedeihen kann und sich wohl auch entwickelt hat. Darunter gibt es auch bestimmt viele solcher Planeten, auf denen wie auf unserer Erde intelligente Wesen leben.

**Kann es auf  
fernen Sternen  
Leben geben?**





*So schnell auch künftige Raumschiffe sein mögen — die Entfernungen im All sind so groß, daß die Menschen die Distanz bis zu einem Stern mit von intelligenten Lebewesen bevölkerten Planeten wohl nie überbrücken können. Selbst lichtschnelle Raumschiffe würden keinen anderen Stern erreichen: Da der Weltraum nicht leer ist, würde das Schiff mit frei im All schwebender Materie zusammenstoßen und infolge hoher Reibungshitze verdampfen.*

### **Warum werden wir unsere Brüder im All nie sehen?**

Astronomen und Biologen sind heute davon überzeugt, daß das Weltall von Leben wimmelt. Die Schöpfung ist zu reich, als daß wir die einzigen Wesen mit Vernunft und Intelligenz sein könnten. Die Frage ist nur, ob wir mit unseren Brüdern im All Verbindung aufnehmen können. Die Chance, daß sich jemals zwei intelligente Menschheiten von verschiedenen Himmelskörpern besuchen könnten, ist sehr gering. Wir haben gesehen, wie riesig groß die Entfernungen im Weltall sind. Eine Reise zu den nächsten Sternen würde Hunderte oder Tausende von Jahren dauern. Nun könnten unsere Brüder im All mit ihrer Weltraumtechnik uns weit überlegen sein und Wege finden, auch diese riesigen Entfernungen zu überbrücken. Dann aber ist immer noch die Zeit ein gewaltiges Hindernis. Es wäre ein Riesenzufall,

wenn ein solcher Besuch von einem fremden Stern gerade zu dieser Zeit stattfände, in der wir uns so weit entwickelt haben, daß wir überhaupt begreifen könnten, wer diese fremden Besucher sind. Vielleicht waren vor 300 Millionen Jahren einmal Lebewesen aus dem All da. Da gab es uns noch nicht, und sie mußten unverrichteter Dinge wieder abreisen. Vielleicht kommen sie in 50 Millionen Jahren — dann wird es uns nicht mehr geben. Diese Überlegungen sind der Grund, weshalb kein vernünftiger Wissenschaftler an die fliegenden Untertassen glaubt. Für sie gibt es keinen einzigen stichhaltigen Beweis. Das Weltall ist so unvorstellbar groß und die Galaxien so unvorstellbar alt, daß es wohl niemals vorkommen wird, daß zwei vernunftbegabte Wesen von verschiedenen Sternen einander je die Hand reichen können. Wir sind — genauso wie unsere Brüder im All — verloren in Raum und Zeit.



## In dieser Reihe sind bisher erschienen:

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Band 1 Unsere Erde                             | Band 38 Prähistorische Säugetiere |
| Band 2 Der Mensch                              | Band 39 Magnetismus               |
| Band 3 Atomenergie                             | Band 40 Vögel                     |
| Band 4 Chemie                                  | Band 41 Fische                    |
| Band 5 Entdecker                               | Band 42 Indianer                  |
| Band 6 Die Sterne                              | Band 43 Schmetterlinge            |
| Band 7 Das Wetter                              | Band 44 Das Alte Testament        |
| Band 8 Das Mikroskop                           | Band 45 Mineralien und Gesteine   |
| Band 9 Der Urmensch                            | Band 46 Mechanik                  |
| Band 10 Fliegerei                              | Band 47 Elektronik                |
| Band 11 Hunde                                  | Band 48 Luft und Wasser           |
| Band 12 Mathematik                             | Band 49 Leichtathletik            |
| Band 13 Wilde Tiere                            | Band 50 Unser Körper              |
| Band 14 Versunkene Städte                      | Band 51 Muscheln und Schnecken    |
| Band 15 Dinosaurier                            | Band 52 Briefmarken               |
| Band 16 Planeten und Raumfahrt                 | Band 53 Das Auto                  |
| Band 17 Licht und Farbe                        | Band 54 Die Eisenbahn             |
| Band 18 Der Wilde Westen                       | Band 55 Das Alte Rom              |
| Band 19 Bienen und Ameisen                     | Band 56 Ausgestorbene Tiere       |
| Band 20 Reptilien und Amphibien                | Band 57 Vulkane                   |
| Band 21 Der Mond                               | Band 58 Die Wikinger              |
| Band 22 Die Zeit                               | Band 59 Katzen                    |
| Band 23 Von der Höhle bis zum<br>Wolkenkratzer | Band 60 Die Kreuzzüge             |
| Band 24 Elektrizität                           | Band 61 Pyramiden                 |
| Band 25 Vom Einbaum<br>zum Atomschiff          | Band 62 Die Germanen              |
| Band 26 Wilde Blumen                           | Band 63 Foto, Film, Fernsehen     |
| Band 27 Pferde                                 | Band 64 Die Alten Griechen        |
| Band 28 Die Welt des Schalls                   | Band 65 Die Eiszeit               |
| Band 29 Berühmte Wissenschaftler               | Band 66 Berühmte Ärzte            |
| Band 30 Insekten                               | Band 67 Die Völkerwanderung       |
| Band 31 Bäume                                  | Band 68 Natur                     |
| Band 32 Meereskunde                            | Band 69 Fossilien                 |
| Band 33 Pilze, Farne und Moose                 | Band 70 Das Alte Ägypten          |
| Band 34 Wüsten                                 | Band 71 Seeräuber                 |
| Band 35 Erfindungen                            | Band 72 Heimtiere                 |
| Band 36 Polargebiete                           | Band 73 Spinnen                   |
| Band 37 Computer und Roboter                   | Band 74 Naturkatastrophen         |
|  | Band 75 Fahnen und Flaggen        |

TESSLOFF VERLAG · HAMBURG