Friedrich Kaden

Rund um die Astronomie





Nicolaus Copernicus



Das kopernikanische Weltbild


GRAPHIA
MATIS
NICANI.
HORA STELLARUM FIXARUM IMMOBILIS ET CONSISTENS
GEMI
NI
IAV
IVS
SATVRNVS
VIA IOVIS SPATIO DUODECIM ANNORVM SE REVOLVENTIS
INTERVALLO TOTIVS CIRCVLI EXACTIS
SEXTVS ANNVS
SOLSTI
BRV
AQVI NOCTIVM
AVTV MNALIS
MARS
SOLSTI
ÆSTI
FIVM
VVM
SAGIT
TARIVS

Friedrich Kaden
Rund um die Astronomie

Das Bilderbuch der Nacht
Eine uralte Wissenschaft
Der Mensch sprengt seine Fesseln
Der blaue Planet
Unser Nachbar
Das Reich der Sonne
Unser Stern
In grenzenloser Ferne



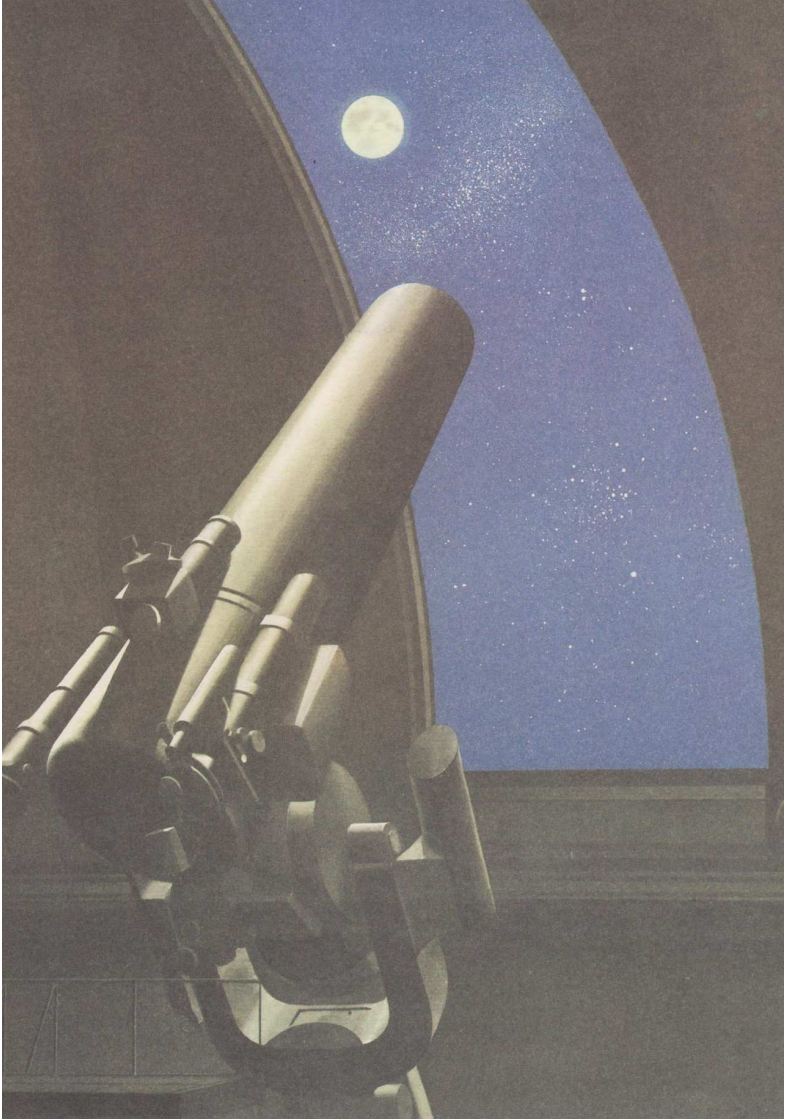
Friedrich Kaden

Rund um die Astronomie

Illustrationen von

Lutz Lüders
Karl-Heinz Naujocks
Klaus Segner
Günter Wongel

Der Kinderbuchverlag Berlin



Das Bilderbuch der Nacht

Die älteste aller Naturwissenschaften ist die Astronomie, die Sternkunde. Ihr ehrwürdiges Alter läßt sich leicht erklären: Was konnte die Menschen vor Jahrtausenden mehr zum Nachdenken, zum Staunen und zum Fragen anregen als der gestirnte Himmel? War er für sie nicht ein Bilderbuch ohne Worte, eine Märchenwelt voller Geheimnisse? Das ließ die klügsten Köpfe nicht rasten und nicht ruhen. Es drängte sie, die Rätsel zu lösen. Mehr noch. Sie versuchten sogar, aus ihren Beobachtungen Nutzen zu ziehen. So entwickelten sich richtige und falsche, teilweise sogar unsinnige Vorstellungen über die Vorgänge am Himmel.

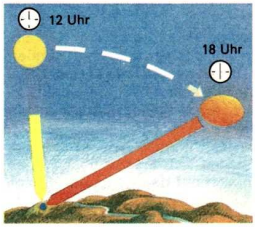
Die Fehler wurden nach und nach korrigiert, denn die Menschheit vertiefte ihr Wissen unablässig. Auf steinigen und verschlungenen Pfaden führte ihr Weg aus dem Dunkel ans Licht. Allerdings schleppte sie dabei auch manchen Ballast mit, zum Beispiel die Astrologie, einen faulen Nebenzweig der Astronomie. Wer die Sterne für Wahrsager und Propheten hält, der klammert sich an diesen morschen Ast.

Immer weiter geht der Aufstieg des Menschen. Das Tempo beschleunigt sich. Wie oft erfahren wir Neues, mitunter sogar Erregendes über astronomische Forschungen! Was wird morgen, was übermorgen entdeckt werden? Dabei sind Überraschungen nicht ausgeschlossen. Vielleicht erscheint dieses oder jenes eines Tages in einem ganz anderen Licht. Eines aber dürfen wir mit Sicherheit behaupten: Im Weltall mit seinen unzähligen Himmelskörpern geht es nicht chaotisch zu, kunterbunt und unbegreiflich. Im Großen wie im Kleinen wirken Naturgesetze. Ihnen folgt der Apfel, der vom Baum fällt, genauso wie das Raumschiff, das um die Erde kreist. Schwierig war und bleibt es, diese Regeln zu finden. Aber die Forscher und Denker gaben sich nicht mit der bloßen Beschreibung der Naturerscheinungen zufrieden. Sie suchten beharrlich nach deren Ursachen.

Heute ist die Menschheit so weit vorangeschritten, daß sie die Gesetze der Natur nicht nur erkennen, sondern auch anwenden kann. Das beweisen die Flüge der Kosmonauten. Die Erkenntnisse sollen dazu beitragen, unser Leben zu erleichtern. Darin besteht überhaupt der Sinn der Wissenschaft. Tausend Anregungen gab und gibt ihr das Bilderbuch des Himmels. Wer es aufmerksam betrachtet, dem stellen sich Fragen über Fragen. Viele Antworten finden sich auf den folgenden Seiten.



In der Nähe des Horizonts rötet sich die Sonne gewöhnlich. Das liegt daran, daß ihre Strahlen dann den längsten Weg durch die Erdatmosphäre zurücklegen müssen. Sie durchlaufen zuerst sehr dünne, dann immer dichtere Luftschichten. Dabei geht durch die Streuung viel Blau verloren, und das Sonnenlicht wird stark abgeschwächt.
Am besten überstehen die roten Farbanteile den langen „Marsch" am Morgen und am Abend. Sie dringen fast ungehindert durch die Lufthülle. Das führt zur scheinbaren Rotfärbung der Sonne. (Nur so darf sie mit ungeschützten Augen betrachtet werden. Gegen ihr volles Licht hilft nicht einmal eine Sonnenbrille.)
Mit der Rötung scheint – bei der Sonne wie beim Mond – eine Vergrößerung verbunden zu sein. Die Ursache dafür zeigt ein Versuch mit einem Löffel in einem Glas Wasser. Betrachtet man ihn, dann fällt der Blick von der dünneren Luft in das dichtere Wasser. (Eine ähnliche Verdichtung müssen auch die Sonnenstrahlen überwinden.) Der eingetauchte Löffel erscheint verzerrt und vergrößert, und die Vergrößerung nimmt zu, je weiter man ihn im Wasser vom Auge wegbewegt.
Da sich die Beschaffenheit der Lufthülle oft ein wenig ändert, wechseln auch die Färbungen von Sonne, Mond und Himmel. Dabei spielen die Staubteilchen und andere Bestandteile in der Luft eine wesentliche Rolle. Das heißt, die Schwebestoffe bestimmen die Farbgebung mit.



Es funkeln die Sterne

Der Vorhang öffnet sich

Ende August 1976 am Tharandter Wald, westlich von Dresden. Tiefblauer, wolkenloser Himmel. Von Osten bläst ein warmer Wind. Er bringt sehr trockene Luft heran. Dank dieser Trockenheit wirken die Farben frisch und rein: das Blau des Himmels, das Grün der Wiesen, das helle Gelb der abgeernteten Felder. Wie abgewaschen stehen die schwarzweißen Fachwerkhäuser im Tal. Bis in Fernen, die gewöhnlich hinter Dunstschleiern verborgen liegen, reicht der Blick von der Höhe. Knapp dreißig Kilometer mögen es sein bis dorthin, wo im Süden Himmel und Erde an den Hügelketten des Erzgebirges zusammenzustoßen scheinen. Was für ein ferner Horizont! Urlauber genießen die weite Sicht, einige mit Feldstechern. „So etwas kommt nicht alle Tage vor", heißt es.
Am späten Nachmittag nimmt die Helligkeit merklich ab, und die Schatten werden länger und länger. Je tiefer die Sonne zum westlichen Horizont hinabsinkt, um so mehr geht ihr Gelb in Rot über. Es sieht aus, als ob sie größer und größer würde. Gegen neunzehn Uhr scheint der Feuerball auf der Erde aufzusitzen. Bald ist er ganz verschwunden. „Sonnenuntergang 19.05 Uhr", steht auf dem Kalenderblatt.
Von Osten nach Westen löst sich nun der Vorhang aus blauem Tageslicht allmählich auf, und immer besser wird der Blick frei in das Weltall, das die Erde ringsherum umgibt. Jetzt geht es nicht mehr um zwanzig, hundert oder tausend Kilometer, sondern um unermeßliche Entfernungen. Neue, ungewohnte Maßstäbe setzt die Welt der Sterne.
Schon funkelt ein helles Gestirn aus dem breiten Orangesaum im Westen. Es ist die Venus, ein Nachbarplanet



unserer Erde. Ziemlich schnell sinkt sie zum Horizont hinab. Nach wenigen Minuten Sichtbarkeit ist sie untergegangen. Kurz darauf blinken einzelne Lichtpunkte in größerer Höhe über dem Horizont. Als einer der ersten taucht der sogenannte Bärenhüter auf. „Arktur" heißt er in den Sternkarten. Hoch oben werden drei Sterne etwa gleichzeitig sichtbar: Wega, Atair und Deneb. Sie bilden das Sommerdreieck. Nach kurzer Zeit ist es nicht mehr möglich, festzustellen, in welcher Reihenfolge am Himmelsgewölbe „das Licht angeht". Immer mehr leuchtende Punkte treten gleichzeitig oder kurz nacheinander aus dem nun schon nachtdunklen Himmel hervor. Im Nordwesten zeigt sich alsbald ein sehr bekanntes Sternbild, vielleicht das bekannteste überhaupt: der Große Bär, auch Großer Wagen genannt. In seiner Nähe, im Norden, steht der Polarstern. Was sind die dreißig Kilometer Luftlinie, die wir am Tage überblicken konnten, gegen dessen Entfernung von der Erde! Die beiden Strecken verhalten sich wie eins zu dreihundertbillionen. Drei Stunden nach Sonnenuntergang ist der Himmel mit Sternen geradezu übersät. Wie viele mögen es jetzt sein? Zu zählen sind sie schwer. Schätzungsweise kommen zweitausend zusammen.

Innerhalb weniger Minuten sausen mehrere Lichtpunkte mit rasender Geschwindigkeit dahin. Sternschnuppen! Guckt man steil nach oben, fällt der Blick auf ein schwach leuchtendes, verzweigtes Band, die Milchstraße.

Ein Stern scheint langsam wegzufliegen. In ein paar Minuten überquert er den Himmel von West nach Ost. Das kann nur ein künstlicher, von Menschen geschaffener Himmelskörper sein, ein Raumschiff oder eine Rakete.

Hoch im Osten schimmert schwach ein verwaschener, kleiner Fleck. Wegen seiner geringen Helligkeit wird er meist übersehen. Doch die Blässe trügt, auch der Name: Es ist der Andromedanebel. Er bezeichnet das gewaltigste Objekt, das mit bloßem Auge am Himmel beobachtet werden kann. Nur die große Entfernung schwächt sein Bild so stark ab.

Außerhalb der Erde und ihrer nächsten Umgebung sieht der Himmel nicht mehr blau aus, sondern schwarz, tiefschwarz. Unser schönes Blau verdanken wir der Luft, von der die Erde umhüllt wird, und – an erster Stelle – der Sonne. Sie strahlt weißes Licht ab. Doch in ihm sind eine ganze Reihe von Farben gebündelt. Aufgefächert werden sie durch Hindernisse, zum Beispiel durch Regentropfen. Die vermögen unter besonderen Bedingungen das Sonnenlicht zu prächtigen Halbkreisen abzulenken. Dann erscheinen die Farben getrennt. Im Regenbogen reihen sich, von außen nach innen, aneinander: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett.

Auf dem Weg durch unsere Lufthülle (die Atmosphäre) wird das gebündelte Sonnenlicht unterschiedlich zerstreut. Weitaus am stärksten werden die blauen Bestandteile „breitgeworfen". Das erklärt unsere Himmelsfärbung, unser gewohntes Blau.



Die Sterne können nur auf der sonnenabgewandten Erdhälfte beobachtet werden – also nicht in A. Von den 5000, die rings um die Erde ohne Hilfsmittel auszumachen sind, erblickt man in B die Hälfte.



Ein Kugelsternhaufen, eine Ansammlung von Tausenden von Sternen, fotografiert mit dem Tautenburger 2-m-Spiegelteleskop. Mit bloßem Auge ist er nicht zu sehen.

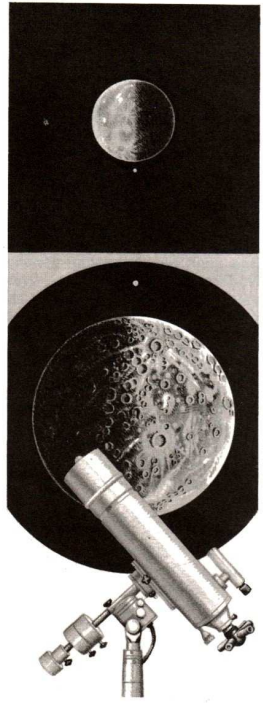
Ohne Optik sieht der abnehmende Halbmond (hier mit einem x-beliebigen Stern) so aus, wie es die Zeichnung zeigt. Im astronomischen Fernrohr jedoch kehren sich die Richtungen um: Aus rechts wird links, aus oben unten. Bei Himmelsbeobachtungen stört das nicht. Aber die Erdfernrohre haben, damit der Betrachter alles in der richtigen Lage sieht, zwischen Objektiv und Okular noch eine Umkehrlinse. Mit einem Schulfernrohr können ungefähr 100mal so viele Sterne beobachtet werden wie mit bloßem Auge. Bei den großen Refraktoren und den Riesenteleskopen wächst die Zahl ins Vieltausendfache.

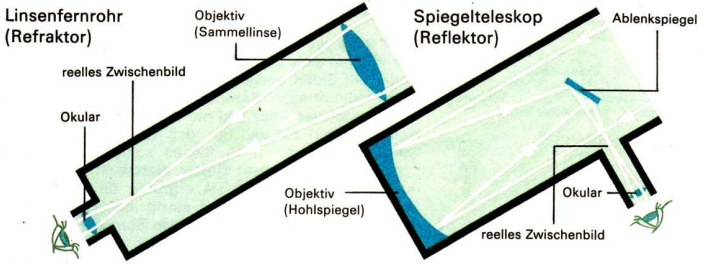
Ein Blick durchs Fernrohr

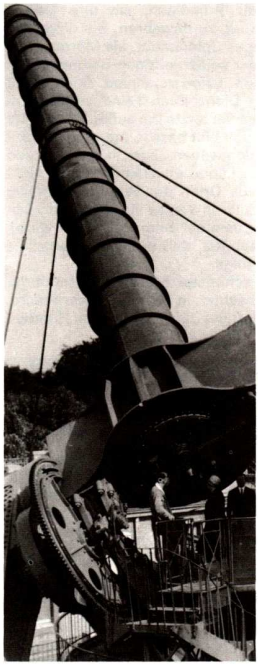
Eine sternklare Nacht regt viele Menschen an, einen Feldstecher oder ein Opernglas zur Hand zu nehmen. Sie wollen – wie bei Tage – die Ferne „heranziehen", Verschwommenes deutlicher und Kleines größer sehen. Zuerst gibt es da manche Enttäuschung, weil die Erwartungen falsch waren. Der Nachthimmel läßt sich nämlich nicht mit einer fernen Landschaft vergleichen. Selbst in großen Fernrohren erscheinen die leuchtenden Punkte nicht vergrößert. Nur die Planeten, die nahen Verwandten unserer Erde, erscheinen flächenhaft (natürlich viel kleiner als Mond und Sonne).

Und dennoch beeindruckt ein Blick durchs Fernrohr zum gestirnten Himmel. Das liegt vor allem an der Helligkeit. Sie nimmt – je nach Größe und Qualität des Instruments – so zu, daß die Anzahl der sichtbaren Sterne ins Unermeßliche wächst. Immer mehr Objekte, die dem unbewaffneten Auge verborgen bleiben, beginnen aus den Tiefen des Weltraums zu funkeln. Sogar an Stellen, die sonst ziemlich „kahl" erscheinen, wimmelt es von Lichtpünktchen, und selbst die blassen und unscheinbaren werden durch die Optik hell und kräftig. Das erschwert jedoch die Orientierung. Womöglich ist ein bestimmter Stern vor lauter Sternen kaum noch aufzufinden. Hinzu kommt, daß die vertrauten Bilder (wie der Große Wagen) so weit auseinandergezerrt werden, daß nur noch ein kleiner Teil von ihnen im Fernrohr verbleibt. Wenn ein kleines Fernrohr frei gehalten wird, dann scheinen die Beobachtungsobjekte zu tanzen; niemand kann ein solches Instrument ganz still halten.

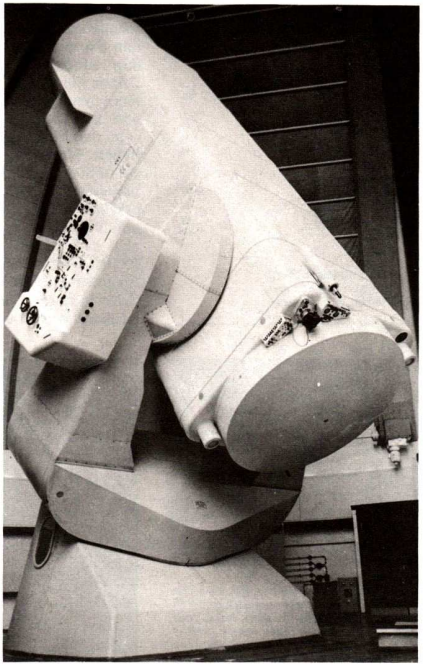
Natürlich dürfen Fernrohre nicht wackeln. Sie müssen erschütterungsfrei aufgestellt werden. Große Instrumente erhalten darum eine komplizierte, tonnenschwere Halterung (Montierung). Aber auch ein einfacher Feldstecher sollte zu Himmelsbeobachtungen fest aufgelegt werden. Es versteht sich, daß der Mond, unser nächster Nachbar, für ein kleines Instrument das interessanteste Beobachtungsobjekt darstellt.







Ein Rohr von über 20 m Länge hat der Refraktor der Archenhold-Sternwarte in Berlin.



Das größte Spiegelteleskop der DDR steht in Tautenburg bei Jena. Es hat einen Spiegeldurchmesser (eine Öffnung) von 200 cm.

Einprägsame Sternbilder und bekannte Einzelsterne des nördlichen Himmels

Sternbilder

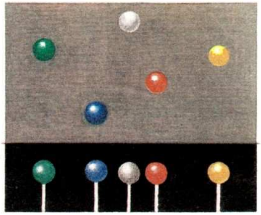
Deutscher Name (in Klammern: volkstümlicher Name)	Sichtbarkeit
Großer Bär (Gr. Wagen)	J
Kleiner Bär (Kl. Wagen)	J
Kassiopeia (Himmels-W)	J
Schwan (Kreuz d. Nordens)	S
Zwillinge	W
Siebengestirn im Stier	H,W
Orion	W

Das Sommerdreieck gehört nicht zu den 88 Sternbildern. Seine „Eckpunkte" sind Wega, Deneb und Atair.

Einzelsterne

Deutscher Name (in Klammern: Sternbild)	Sichtbarkeit
Sirius (Großer Hund)	W
Polarstern (Kl. Wagen)	J
Kapella (Fuhrmann)	H
Wega (Leier)	S
Deneb (Schwan)	S,H
Atair (Adler)	S,H
Arktur (Bootes)	F
Aldebaran (Stier)	H,W
Beteigeuze (Orion)	W
Prokyon (Kl. Hund)	W
Rigel (Orion)	W

(J = das ganze Jahr über;
F = Frühling; S = Sommer,
H = Herbst, W = Winter)

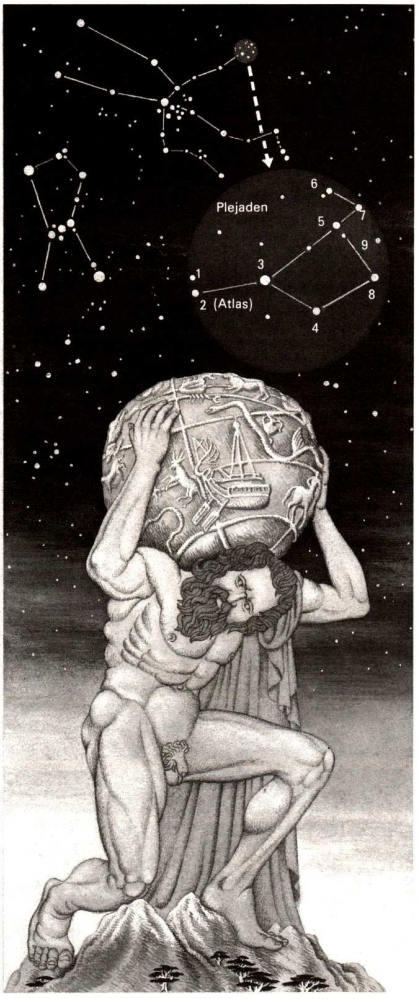


Sternbilder, wie wir sie sehen, gibt es in Wirklichkeit gar nicht. So sind zum Beispiel die Einzelsterne des Orions durchaus keine Nachbarn. Sie täuschen uns das nur vor, weil wir nicht bemerken können, wie weit sie hintereinanderstehen. Ein Versuch mit einigen bunten Stecknadelköpfen erklärt das. Auf ein Brett gesteckt, sind sie zuerst von oben zu betrachten, dann über die Kante anzupeilen.

Der übermütige Jäger

Orion lebte vor Zeiten als Jäger in Griechenland. Nichts war vór ihm sicher. In seinem Übermut wollte er alles Getier auf Erden erlegen. Auch schönen jungen Mädchen stellte er nach. Besonders hatte er es auf die sieben Töchter des Atlas und der Pleone abgesehen. Die jagte er derart hin und her, daß sie bald nicht mehr wußten, wohin sie noch fliehen sollten. Schließlich konnten die mitleidigen Götter diesem Treiben nicht mehr tatenlos zusehen. Sie ergriffen für die sieben Schönen, die „Plejaden", die einzig mögliche Schutzmaßnahme: Kurzerhand wurde das Schwesternseptett aus den heimatlichen Gefilden ausquartiert und am Himmel angesiedelt. Inzwischen hatte Diana, die Göttin der Jagd, (etwas heimtückisch) beschlossen, sich des gefährlichen Jägers zu entledigen, um ihre Tierbestände vor der Ausrottung zu bewahren. Sie dingte einen Skorpion, ein riesiges Spinnentier, als Mörder. Wie ihm befohlen, bohrte der seinen giftigen Stachel tief in Orions Ferse. Das wirkte, Orion verschied. Doch damit nicht genug, verfolgte Diana ihren Feind sogar noch über den Tod hinaus und versetzte ihn außer Reichweite – an den Himmel. Doppelt hält besser, mag sie gedacht haben. Wer oder was den wilden Jäger in seiner neuen Umgebung wieder zum Leben erweckt hat, wird nicht berichtet. Jedenfalls soll Orion am Himmel rückfällig geworden sein. Die Keule in seiner Hand deutet zwar aufs Waidwerk hin (bei dem der Stier sein Opfer wäre), aber es wird auch behauptet, daß er schon wieder die Plejaden-Mädchen verfolge.
Als unser größtes und schönstes Sternbild erstrahlt der Orion in klaren Winternächten in märchenhafter Pracht. Begleitet wird er als zünftiger Jäger von seinen Hunden.

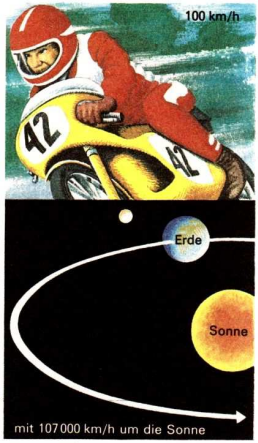




Die Plejaden bilden kein selbständiges Sternbild, sondern sie gehören zum „Stier". Beim flüchtigen Hinsehen fallen sie als heller Fleck am Himmel auf. Wer ihn länger betrachtet, erkennt alsbald fünf oder sechs Sterne. Im Fernglas zeigen sich neun. Insgesamt gehören aber mehr als hundert zu diesem Sternhaufen.
Auf deutsch heißt er „Siebengestirn". Daß diese Zahl nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmt, hängt mit einer Sage zusammen.
Die Neun entstand dadurch, daß sich auch die Eltern mit zu den Töchtern gesellt haben. Schon mit einem Feldstecher ist die Familie gut zu sehen: 1. Mutter Pleone, 2. Vater Atlas und 3. bis 9. die Töchter Alcyone, Merope, Maja, Asterope, Taygeta, Electra und Celaeno. Manche dieser Namen sind uns auch durch andere Sagen bekannt. Eine überragende Rolle spielt der Vater. Atlas, ein Bruder des Prometheus (Gedicht von Goethe!), war dazu ausersehen, am westlichen „Ende" der Welt das ganze Himmelsgewölbe auf seinen Schultern zu tragen. Da die alten Griechen das nordwestliche Afrika für dieses Randgebiet hielten, mußte der hünenhafte Himmelsträger seine Schwerstarbeit gerade dort verrichten. Der Name eines ausgedehnten nordafrikanischen Hochgebirges erinnert daran. Auch die Bezeichnung für geografische (und andere) Kartensammlungen geht auf den sagenhaften Riesen Atlas zurück.

Lückenlos wie eine Gartenkolonie ist der Himmel rings um die Erde „aufgeteilt". Achtundachtzig Sternbilder überdecken ihn. Darunter verstehen die Astronomen allerdings nicht nur bestimmte Sterngruppen, sondern sie rechnen dazu stets noch größere Gebiete darum herum. Ihre Grenzen wurden im Jahr 1925 international festgelegt. In Sternatlanten sind sie eingezeichnet. (Verbindungslinien zwischen den Sternen einer Gruppe haben damit nichts zu tun.)
Früher wurden die Sterne teilweise sehr anschaulich bezeichnet. „Der östliche Schulterstern des Orions", hieß es beispielsweise. Heute ist das „Alpha Orionis". Das heißt, die helleren Sterne erhalten einen Buchstaben des griechischen Alphabets und dazu den Genitiv (2. Fall) ihres Sternbildnamens. Die auffallendsten tragen außerdem noch Einzelnamen. So ist „Alpha Orionis" als „Beteigeuze" bekannt. Die schwächeren werden, in Verbindung mit ihren Sternbildern, nur durchnumeriert.

Viele Völker haben an der Sternbenennung und an sagenhaften Ausdeutungen mitgewirkt, so die Griechen, die Babylonier, die Ägypter, die Römer und andere. Das zeugt davon, daß die Astronomie schon im Altertum weit verbreitet war. Auch Indianerstämme hatten ihre Himmelsbeobachter. Zum Beispiel ersannen sie für unseren „Kleinen Wagen" eine ganz andere, ulkige Deutung. Sie sahen darin einen Affen, der sich mit dem Schwanz an den nördlichen Himmelspol gehängt hat und immerfort Umschwünge vollführt. (Wie sinnvoll das ist, wird im Kapitel „Himmel und Erde" ersichtlich.) Mit allen anderen Sternbildern hat dieser Affe (leider!) eines gemeinsam: Mit dem, was sie ihrem Namen nach darstellen sollen, besteht keine Ähnlichkeit. Aber alle erhielten einheitliche lateinische Bezeichnungen.

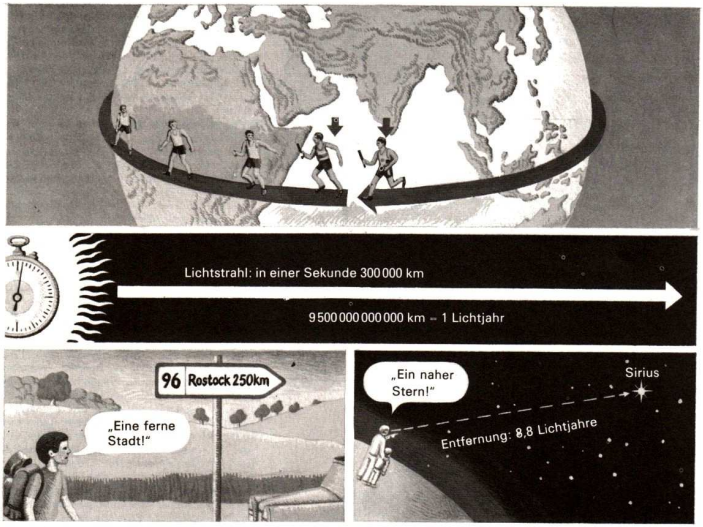


Ungewöhnliche Maßstäbe

Vertraute Begriffe – neue Vorstellungen

Das Leben auf der Erde hat unsere Vorstellungen geprägt. Nur von unseren erdgebundenen Erfahrungen hängt es ab, ob wir etwas als groß oder klein, schnell oder langsam, weit oder nah, als oben oder unten bezeichnen. So bedeuten eben achtzig Jahre ein hohes Menschenalter, hundert Kilometer pro Stunde eine rasende Geschwindigkeit und fünfhundert Kilometer eine große Entfernung zwischen zwei Orten. Den Kopf tragen wir oben, und die Füße bewegen sich unten. Ganz anders im Weltraum. Dort sind achtzig Jahre nur ein Augenblick, hundert Kilometer pro Stunde ein Schneckentempo und fünfhundert Kilometer eine Winzigkeit. Für einen Kosmonauten gibt es das irdische Oben und Unten nicht mehr.

Und doch besteht zwischen der Erde und dem Weltraum eine ganz wesentliche Gemeinsamkeit: Es existieren hier wie dort ein und dieselben Grundstoffe (wie Wasserstoff und viele andere).







Was oben und was unten ist, das wird für uns durch die Erdanziehungskraft bestimmt. Sie zieht nach „unten", zum Mittelpunkt der Erde hin. Dank dieser Hilfe behält ein Wasserspringer trotz aller Saltos die Füße beim Eintauchen oben. Dagegen kann sich der Mensch im Weltraum nicht nach der Erdanziehungskraft orientieren, denn dort verspürt er sie nicht.

Zehn Jahre bedeuten für einen Menschen viel. Wie verändert sich zum Beispiel ein Schüler von der ersten bis zur zehnten Klasse! Wieviel größer, schwerer, erfahrener und klüger wird er in dieser Zeit. Selbst die Sterne waren und bleiben nicht so, wie sie jetzt sind. Sie haben auch ihre Entwicklung. Doch dabei muß mit Millionen und sogar mit Hunderten von Millionen Jahren gerechnet werden.

Die Entfernungen zwischen den Sternen sind so groß, daß sie gewöhnlich nicht in Kilometern angegeben werden. Ein neues Maß – eins für kosmische Verhältnisse – wurde aus der Geschwindigkeit des Lichts abgeleitet. In einer einzigen Sekunde durchrast ein Lichtstrahl eine Strecke von 300 000 km. Daraus läßt sich leicht errechnen, daß er in einem Jahr ungefähr 9,5 Billionen km zurücklegt. Diese Strecke heißt „ein Lichtjahr". Sie ist ein wichtiges Entfernungsmaß in der Astronomie.

Dagegen müssen wir uns die Erde gar nicht so riesengroß denken. Wenn eine Staffel aus Fußgängern in normalem Schrittempo rund um den Äquator ginge, dann träfe der letzte (mit dem Staffelstab) ungefähr nach einem Jahr am Start und Ziel ein. 40 000 km würde die Summe der Teilstrecken betragen.



Nebel – schon der Gedanke daran bedrückt uns. Wir denken an eine Waschküche, an eine grau verhüllte Landschaft. Ganz anders die Nebel zwischen den Sternen. Sie bestehen aus Gas und Staub, und sie leuchten sogar ein wenig. Einer (im Sternbild Orion, nur im Fernrohr zu erkennen) hat die Form eines Pferdekopfes, der sich dunkel gegen die hellere Umgebung abhebt.



Vor Jahrtausenden glaubten die Menschen, die Sterne seien an einer Kugelschale befestigt (siehe Bild auf Seite 83). Heute wissen wir, daß es keine natürliche Himmelskugel gibt, daß der eine Stern 10, der andere 1000 Lichtjahre entfernt ist. Aber wir sehen den Himmel so wie das Gewölbe eines Planetariums.

Wenn es dunkel wird, schließen viele Pflanzen ihre Blüten. Das Gegenteil ist bei dem Riesenteleskop im Kaukasus der Fall. Sein großer Spiegel ist am Tage abgedeckt, und nachts öffnen sich seine Segmente. Das empfindliche Glas muß gut geschützt werden. Vor allem verträgt es keine Temperaturschwankungen. Von Zeit zu Zeit wird es durch Aluminiumdampf aufgefrischt.

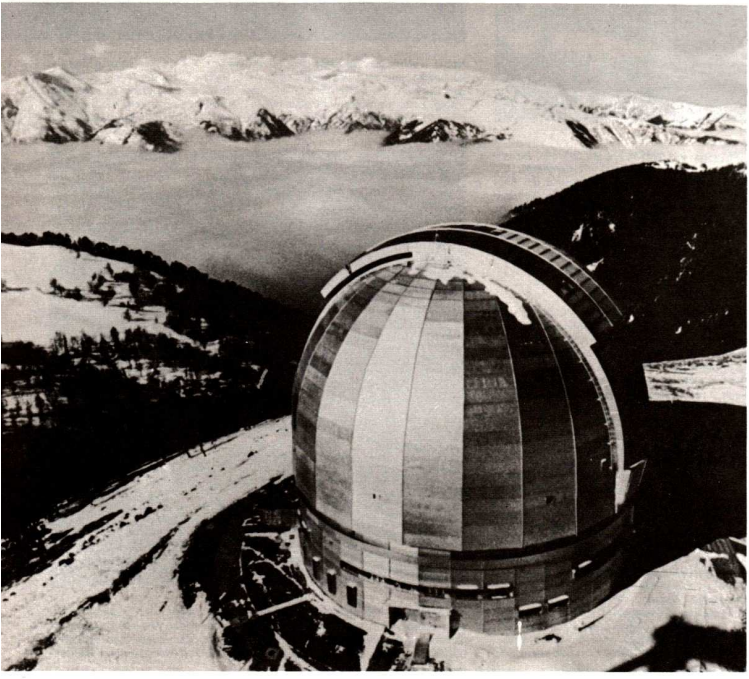
Eine Grenze des Weltalls zeigt sich selbst in diesem Gerät nicht. Ein Instrument, das die erfassen könnte, wird auch nie gebaut werden, denn der Weltraum ist so unbegrenzt wie – zum Vergleich – die Oberfläche einer Kugel. Das bedeutet aber nicht, daß er Kugelgestalt hat. Alles Nachdenken über seine Form führt uns nicht weiter, da wir uns in unseren Vorstellungen ohnehin immer an Gewohntes und Vertrautes halten. So müssen wir es bei der Behauptung, daß das Weltall unbegrenzt ist, bewenden lassen. Seine Form können wir nicht beschreiben.

Der Riese im Kaukasus

Auf einem Berg im nördlichen Kaukasus öffnet sich in klaren Nächten das schärfste und weitestblickende Auge der Menschheit. Es hat gewaltige Ausmaße: 6 m Durchmesser und 65 cm Dicke. Das ergibt eine Masse von 42 Tonnen.

Dieser mächtige Glaskörper ist der Spiegel des größten Fernrohrs der Erde. Sowjetische Wissenschaftler haben es konstruiert, und die Arbeiter und Ingenieure des Leningrader Werkes „Lomo" bauten und montierten das Riesenteleskop.

Dazu gehörte eine langwierige Präzisionsarbeit. Zum Beispiel mußte dafür gesorgt werden, daß sich das Glas nach dem Gießen, damit sich keine Risse bildeten, ganz langsam abkühlen konnte. Das allein dauerte über siebenhundert Tage. Danach wurde der Rohling jahrelang



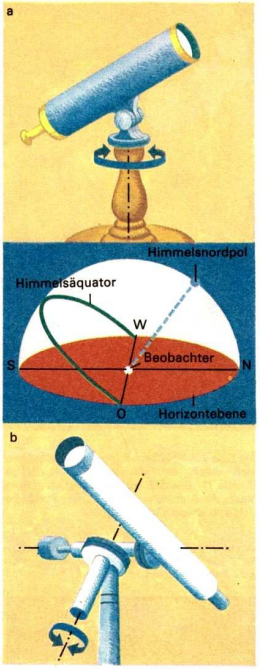


geschliffen und poliert, bis er auf Millionstelzentimeter genau die Form des geplanten Spiegels hatte. Natürlich erfordert ein solches Instrument noch mehr: weitere Spiegel und Gläser, komplizierte Halterungen, einen Antrieb für das Rohr und anderes. So beträgt seine Gesamtmasse (ohne die Kuppel) 840 Tonnen. Diese ungeheure Last bewegt sich auf einem dünnen Ölfilm, so daß selbst ein Kind imstande wäre, das Riesenfernrohr anzuschieben.

Schon vor dem Bau hatten Astronomen in vielen Gebieten der Sowjetunion nach dem günstigsten Standort für das neue Teleskop gesucht. Sie entschieden sich schließlich für den „Hirtenberg" in der Nähe von Selentschukskaja, denn dort, 2000 m über dem Meeresspiegel und weitab von rauchenden Schornsteinen und dem Lichtermeer großer Städte, gibt es bei reiner Luft viele sternklare Nächte. Es entstand eine große Beobachtungsstation mit modernster Technik. Seit Ende 1974 durchforscht nun dieses größte Auge der Menschheit den Kosmos. Es dringt viel tiefer in das Weltall ein als je ein Instrument vorher.



Die Fernrohre mit metergroßen Objektiven sind allesamt Spiegelteleskope; denn Linsen von diesen Ausmaßen lassen sich kaum noch herstellen. Zum Vergleich dieser astronomischen Geräte untereinander dient nicht der Vergrößerungsfaktor, sondern die Reichweite. Zum Beispiel erfaßt der 6-m-Riese aus dem Kaukasus etwa 1000mal so viele Sterne wie das weltgrößte Linsenfernrohr (das 1 m Öffnung hat).

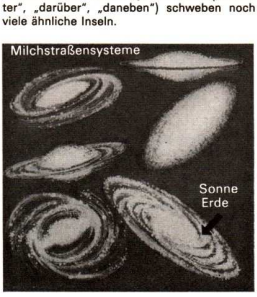


Es gibt zwei Möglichkeiten, ein Fernrohr aufzustellen. Man unterscheidet sie danach, wie sich das Rohr bei der seitlichen Drehung bewegt. Seine Bahn bleibt entweder (a) dem Horizont oder (b) dem Himmelsäquator parallel. Für das Spiegelteleskop von Selentschukskaja gilt (a).

Je größer seine Öffnung ist, um so besser kann ein Fernrohr das, was dicht und undeutlich beieinanderliegt, auflösen (auseinanderziehen).

Die Erde aus 70 000 km Entfernung, aufgenommen durch die sowjetische Raumstation „Sonde 7". Deutlich zu erkennen: das Rote Meer, die Arabische Halbinsel, der Persische Golf und einige Mittelmeergebiete.

Um unser Milchstraßensystem herum („darunter", „darüber", „daneben") schweben noch viele ähnliche Inseln.



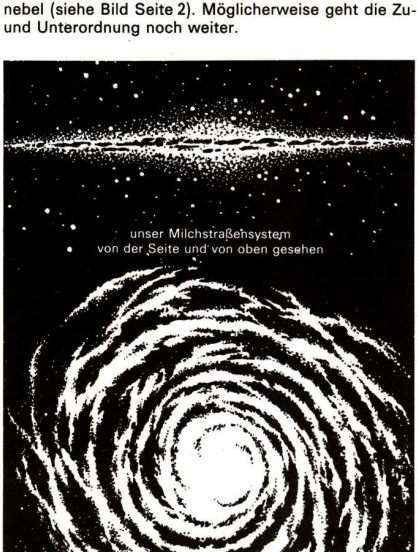
Die Erde im Weltall

Jeder Wohnort hat seine feste Zuordnung. Er gehört – nach unseren Bezeichnungen – zu einem Kreis, einem Bezirk, einem Land, einem Erdteil. Aber die Erde als Ganzes? Steht sie auch am Anfang einer solchen Stufenleiter vom Kleinen zum Großen? Ja, sie steht. Jahrtausende brauchte die Menschheit, um das zu erkennen. Aber noch wissen wir nicht, wo der Weg zum Höheren endet.

Er beginnt bei der Sonne. Sie ist unser Stern, also ein selbstleuchtender Himmelskörper. Mit ihrer großen Anziehungskraft sorgt sie dafür, daß die Erde und ihre Planetengeschwister sowie viele Millionen kleinere Himmelskörper immer in ihrem Herrschaftsbereich bleiben. Zusammen bilden alle diese Objekte das Sonnensystem. Ohne Hilfsmittel sehen wir nur wenige von ihnen: außer der Sonne vier, höchstens fünf Planeten, den Erdmond, ganz selten einen Kometen und öfter eine Sternschnuppe (einen Meteoritenfall).

Es gibt also nur einen einzigen Stern in unserem Sonnensystem – die Sonne.

Auch das Sonnensystem ist wieder untergeordnet; denn es fügt sich als ein kleiner Bestandteil in eine große Sterninsel ein. Das ist unser Milchstraßensystem. Zu ihm gehören schätzungsweise hundert Milliarden Sonnen, darunter alle Sterne, die wir ohne Hilfsmittel sehen können. Wegen ihrer großen Entfernung erscheinen sie uns als Punkte oder Pünktchen.
Im Weltall schweben unzählige solcher Inseln, jede mit vielen Milliarden Sternen. Unser Milchstraßensystem und mehrere Nachbarinseln werden zusammen als lokale Gruppe bezeichnet. Mit bloßem Auge läßt sich nur eine dieser „Nachbarinnen" erblicken, der Andromedanebel (siehe Bild Seite 2). Möglicherweise geht die Zu- und Unterordnung noch weiter.



Mit Ausnahme eines kleinen blassen Flecks gehört alles, was wir mit bloßem Auge am Sternhimmel sehen, zu unserer heimatlichen, großen Sterneninsel, dem Milchstraßensystem. Da wir mittendrin leben, kann seine Gestalt zwar erkundet und gezeichnet, aber nicht fotografiert werden. Die Bilder zeigen, daß unsere Sterneninsel die Form eines Diskus oder einer Linse hat.



Besonders verdient um die Erforschung anderer Sternsysteme machte sich der amerikanische Astronom Edwin Hubble (1889 bis 1953).

Seinen Namen erhielt der Andromedanebel nach dem Sternbild, in dem er – der Richtung nach – zu finden ist. In Wirklichkeit hat der Nebelfleck mit seinem Namensgeber überhaupt nichts zu tun; denn er schimmert aus einer viel, viel größeren Entfernung zu uns herüber. Zum Vergleich: Sähen wir die schöne Andromeda in einem Abstand wie ein Fußballtorwart den anderen, dann müßten wir „ihren" Nebel in 1500 km Entfernung suchen.
Wir finden die ferne Sterneninsel mit Hilfe einer Sternkarte am besten in einer dunklen Winternacht. Dabei bewegen wir uns wieder durch ein sagenumwobenes Himmelsgebiet. Kassiopeia, die Frau des Königs Cepheus, rühmte sich ihrer Schönheit derart, daß die Meerjungfrauen eifersüchtig wurden und ihren Meeresgott gegen die Rivalin aufwiegelten. Der ordnete prompt eine Strafaktion an und sandte ein todbringendes Ungeheuer landeinwärts. Da gab es für den armen König nur noch eine Möglichkeit, sein Land zu retten. Er mußte Andromeda, seine unschuldige Tochter, opfern. Sie wurde an den Strand gebracht, gefesselt und so dem schrecklichen Vieh preisgegeben. Doch im letzten Augenblick kam Rettung. Perseus, ein junger Held, schwang wuchtig sein Schwert und tötete das Ungeheuer. Das Weitere versteht sich: Er heiratete das Mädchen. Am Himmel finden wir alle wieder.

Nebel und Nebel ist in der Astronomie zweierlei. Einmal sind das leuchtende (oder angeleuchtete) Gas- und Staubmassen innerhalb unserer Sterneninsel (vgl. „Pferdekopfnebel"), zum anderen muß darunter noch etwas weit Größeres und Bedeutenderes verstanden werden: ganze Sterneninseln, weit entfernt von unserer. Nur ein einziger Nebel der zweiten Art ist mit bloßem Auge zu sehen: das Andromeda-Sternsystem. Von dort bis zur Erde braucht ein Lichtstrahl über 2 Millionen Jahre. Trotz dieser riesigen Entfernung erkannten die Astronomen, daß sich die ganze Insel dreht. Auch das bestätigt, daß es nirgends im Weltall einen Stillstand gibt.



Eine uralte Wissenschaft

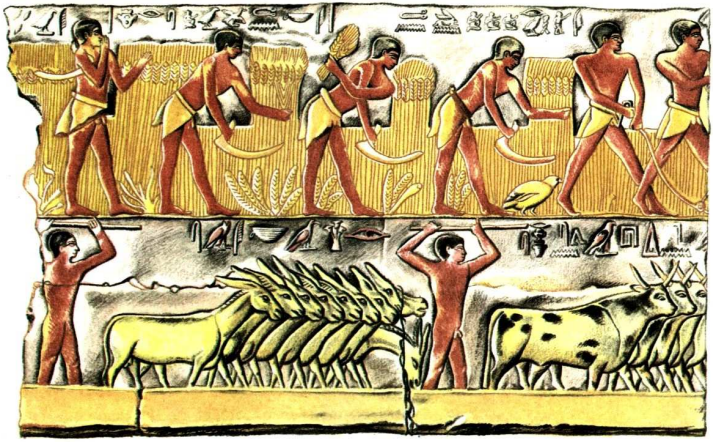
„Astro" bedeutet im Griechischen *Stern* und „nomos" *Gesetz*. Also ist die Astronomie, wörtlich übersetzt, die Wissenschaft von den Sterngesetzen. Ihre Anfänge liegen fünftausend Jahre zurück. Schon so lange bemühen sich Menschen um die Erklärung der Himmelsvorgänge. Anfangs schien ihnen alles unbegreiflich – von der unergründlichen Laune von Gottheiten abzuhängen. Vorgänge wie Sonnen- und Mondfinsternisse erregten Furcht und Verwirrung. Folglich glaubten die Unwissenden, für günstige „Stimmung" sorgen zu müssen. Sie beteten Himmelskörper an, vor allem die Sonne. Aus der Unwissenheit entstand auch die Sterndeutung, die Astrologie. Immerhin war sie mit gründlichen Himmelsbeobachtungen verbunden.

Später, als die Menschen über die Vorgänge am Himmel schon mehr wußten, fingen sie an, ihr Wissen zu ihrem Nutzen anzuwenden. So befaßten sie sich zum Beispiel mit der Zeiteinteilung. Nötig war sie für die Jagd und den Fischfang, für die Aussaat und die Ernte, denn dafür mußten die geeignetsten Zeitpunkte gefunden und ein für allemal festgehalten werden. Also wurde ein Kalender gebraucht. Wonach sollten sich die Kalendermacher richten, wenn nicht nach dem Himmel? Sie hatten beobachtet, daß dort bestimmte Erscheinungen regelmäßig wiederkehrten. Diese Regelmäßigkeiten wurden zur Grundlage der Zeiteinteilung. Auch zum Orientieren dienten den Menschen schon im Altertum die Sterne, zum Beispiel als Wegweiser durch die Wüste.

Erst als die Beobachtungen sorgfältig aufgezeichnet, gesammelt und weitergegeben wurden, entwickelte sich die Astronomie zu einer exakten Wissenschaft.

Wiederum eine höhere Qualität erreichte die Astronomie durch das erste geordnete „Weltbild". Diese alte Vorstellung von der Anordnung und dem Zusammenhang von Sonne und Planeten stammt von den Griechen. Später wurde sie zum Hemmschuh, und es entbrannten wegen dieses Weltbildes erbitterte Auseinandersetzungen. Die bedeutendsten Astronomen des 16./17. Jahrhunderts hatten nämlich erkannt, daß das griechische Weltbild nicht der Wirklichkeit entsprach. Aber erst nach harten und langen Kämpfen konnte sich das richtige Bild von der Sonne und den Planeten, insbesondere der Erde, durchsetzen.

Dieser Fortschritt ist auch mit dem Einsatz neuer Instrumente verbunden. Anfang des 17. Jahrhunderts konnte der Himmel zum erstenmal durch ein Fernrohr beobachtet werden. Seitdem geht die Forschung immer schneller voran.

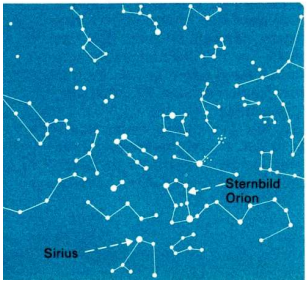


Landwirtschaftliche Arbeiten. Viertausend Jahre alte Darstellung in einem ägyptischen Grabmal.

Wissenschaft und Leben



„Wann sehen wir endlich den Sirius wieder in der Morgenfrühe aufgehen? Heute, morgen, übermorgen – in drei, vier oder fünf Tagen?"



Die Sterne und der Nil

Schon vor mehreren Jahrtausenden betrieben seßhafte Bewohner in Ägypten Ackerbau und Viehzucht. Auf Gedeih und Verderb hing das Land im nördlichen Afrika von seiner Landwirtschaft ab. Das nötige Wasser lieferte der Nil, der längste Fluß der Erde. Doch er versorgte die Felder nicht gleichmäßig damit, sondern periodisch. In bestimmten Zeitabständen überschwemmte sein Hochwasser breite Uferstreifen. Es ließ fruchtbaren Schlamm zurück, so daß reiche Ernten möglich wurden. Durch Kanäle wurde das Überschwemmungsgebiet noch vergrößert.

Die Bauern mußten auf das „Geschenk des Nils" immer gut vorbereitet sein, galt es doch, rechtzeitig zu säen und das Vieh aus den Niederungen in Sicherheit zu bringen. Vor allem deshalb war eine genaue Zeitrechnung unumgänglich geworden.

Die Maßstäbe dafür konnten nur vom Himmel entlehnt werden. Die ägyptischen Priester, die zugleich Astronomen waren und die Feldarbeiten leiteten, kannten sich in den Sternen schon gut aus. So entdeckten sie bereits dreitausend Jahre vor unserer Zeitrechnung am Himmel einen Vorgang, der sich regelmäßig wiederholte. Da er zufällig mit einem bedeutsamen Naturereignis zusammenfiel, wurde er fortan so ausgenutzt, daß es für das

Land von unschätzbarem Wert war. Das heißt, daß die Überschwemmungen vorhergesagt werden konnten und daß sich ein Kalender begründen ließ. Karl Marx schrieb darüber im „Kapital": „Die Notwendigkeit, die Perioden der Nilüberschwemmungen zu berechnen, schuf die ägyptische Astronomie."

Der Zeitberechnung zugrunde lag die Stellung zweier Sterne zueinander: der Sonne und des hellen Sirius aus dem Sternbild Großer Hund. Entscheidend war ein besonderer Aufgang des Hundssterns, ein Aufgang, wie er sich jedes Jahr nur einmal vollzieht. Wochenlang konnten die Beobachter den Sirius nicht aufgehen sehen, weil er so kurz vor oder nach der Sonne über den Horizont emporstieg, daß er von ihr überstrahlt wurde. Darum erwarteten sie mit Spannung den Tag, an dem dieser hellste Fixstern des Himmels in der Morgendämmerung zum erstenmal wieder – weit genug vor der Sonne – zum Vorschein kam. Es hatte sich nämlich gezeigt, daß sich stets um diese Zeit das lang ersehnte Nilhochwasser einstellte. „Der Sothis (Sirius) glänzt am Himmel, und der Nil tritt aus seinen Ufern", steht an der Wand eines alten ägyptischen Tempels geschrieben.

Das Wiedererscheinen des Hundssterns war für Ägypten ein großes Ereignis. Es wurde durch eilende Boten im ganzen Land verkündet. Und damit begann für die Ägypter das Jahr. Ihr Kalender richtete sich also nach dem ersten sichtbaren Aufgang des Sirius in der Morgendämmerung. Das geschah damals Ende Juni. Ein Neujahrstag im Sommer!

Inzwischen hat der Sirius als Wasserverkünder ausgedient, denn der Mensch korrigierte die Natur zu seinen Gunsten. Mit sowjetischer Hilfe wurde südlich von Assuan in Oberägypten ein riesiger Staudamm errichtet. Damit läßt sich die Wasserführung des Nils regeln. In Trockenzeiten bekommt er „Zuschuß", und zwar soviel, wie zur Bewässerung einer Fläche von der Größe des Bezirks Schwerin gebraucht wird. Außerdem ist mit dem Stausee ein großes Kraftwerk verbunden.

Obgleich er an Bedeutung einbüßte, hat er doch Geschichte gemacht, der Sirius. Er strahlt uns so hell wie den alten Ägyptern. Bruno H. Bürgel, ein Berliner Astronom und Schriftsteller, nannte ihn den „schönsten Edelstein" des Himmels.

Die Hundstage sind die heißesten Tage des Jahres. Doch damit, daß dann „selbst die Hunde schwitzen", hat der Ausdruck nichts zu tun. Er bezieht sich vielmehr auf den Sirius, den Hundsstern. Durch dessen heliakischen Aufgang wurden im alten Ägypten die Hundstage eingeleitet.

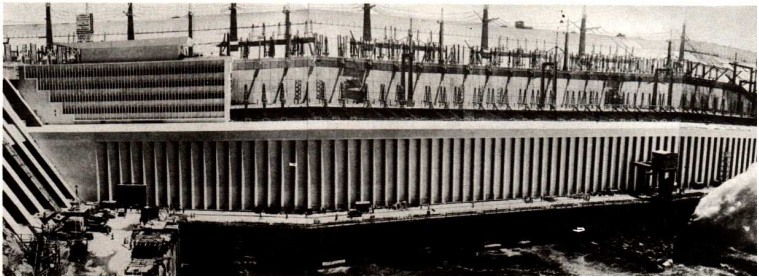
Auch das erste ägyptische Kalenderjahr begann mit dem Wiedererscheinen des Hundssterns in der Morgendämmerung. Nach einigen Jahren fiel dieses astronomische Ereignis jedoch nicht mehr mit dem Neujahrstag zusammen. Der wanderte statt dessen langsam durch alle Jahreszeiten. Zum Beispiel tauchte der Sirius nach 120 Jahren frühmorgens erst einen Monat nach Jahresbeginn wieder auf. Es dauerte 1460 Jahre – eine Hundssternperiode – bis der Neujahrstag und das erste morgendliche Sichtbarwerden des Sirius wieder übereinstimmten. Das lag daran, daß die alten Ägypter die Jahreslänge um einen Vierteltag zu kurz bemessen hatten. Also lief ihre Zeit zu schnell. Vor rund 2200 Jahren korrigierten sie diesen Fehler, indem sie alle 4 Jahre einen zusätzlichen Tag in den Kalender einfügten und somit den Jahreslauf verlangsamten.

Es war für alle Völker sehr schwierig, die Jahreslänge genau zu ermitteln und den Kalender darauf abzustimmen. Was sollte vor allem mit einem Rest an Stunden und Minuten werden? Er erschwerte die genaue Zeiteinteilung jahrtausendelang.

Im wesentlichen gilt die Regelung der alten Ägypter mit den Schalttagen noch heute. Ein wenig verändert wurde sie im Jahre 1582 auf Vorschlag einer Gelehrtenkommission durch Gregor XIII., einen römischen Papst. Seitdem bekommen nicht mehr alle Jahre, deren Jahreszahl durch 4 teilbar ist, einen Schalttag. Die vollen Jahrhundertzahlen (1800, 1900 usw.) nur dann, wenn sie sich durch 400 teilen lassen.

Zu Ehren des damaligen Gesetzgebers erhielt die neue, sehr genaue Zeiteinteilung den Namen „Gregorianischer Kalender". Er stimmt mit dem Jahreslauf der Sonne weitestgehend überein und gilt heute in ganz Europa und in vielen anderen Ländern. Nicht übernommen hatten die russischen Zaren den verbesserten Kalender. Erst Lenin führte in seinem Land die neue Zeitrechnung ein. (So wurde zum Beispiel aus dem 25. Oktober 1917, dem Tag des Siegs der Oktoberrevolution, der 7. November.)

Erst nach 3000 Jahren wird die Abweichung zwischen Natur und Kalender auf einen vollen Tag angewachsen sein. (Im alten Ägypten war das anfangs schon nach 4 Jahren der Fall.)



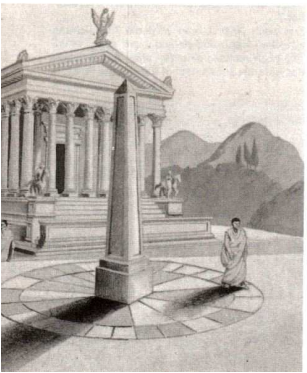


An einen strahlend hellen Stern erinnert die Sonnenblume. Nicht zufällig erhielt sie gerade diesen Namen.
„Klärchen" oder „Tante Klara" wird die Sonne manchmal scherzhaft genannt. Auch das aus gutem Grund, denn (lateinisch) „clarus" heißt „glänzend, hell".



Helios, der Sonnengott, mit seinem Sonnenwagen auf der Fahrt über den Himmel – ein Vasenbild aus dem alten Griechenland.

Gnomon im alten Rom. Ähnliche Schattensäulen gab es in Babylonien und in vielen anderen Ländern. Aus der Länge des Schattens konnte auf die Tageszeit, zu Mittag näherungsweise auf den Kalendertag geschlossen werden.



Die Sonne im Visier

Sicherlich war die Sonne bei allen Völkern das Himmelsobjekt Nummer eins. Davon zeugen uralte Kulturdenkmäler in aller Welt: in Stein gemeißelte Sonnengötter, Darstellungen von der Fahrt des Sonnenwagens über den Himmel, gewaltige Visiereinrichtungen (Stonehenge!), Sonnenuhren und Schattensäulen.
Werden diese Vorläufer mit eingerechnet, dann beträgt das Alter der Astronomie sogar ein Mehrfaches der erwähnten fünftausend Jahre. Zum Beispiel errichteten Indianer in 4000 m Höhe in Südamerika das berühmte „Sonnentor". Einige Fachleute vermuten, daß es zwischen dem 13. und dem 10. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung gebaut wurde. Einen eindeutigen Nachweis dafür gibt es nicht.
Natürlich hatten die alten Völker nicht die Absicht, mit ihren Sonnenbeobachtungen eine Wissenschaft zu begründen. Das Leben selbst brachte sie dazu, sich mit dem nächsten aller Sterne zu beschäftigen. Ganz notgedrungen mußten sie ihre Abhängigkeit von der Sonne empfinden. Wärme und Kälte, Starre und Geschmeidigkeit – alles ging geradewegs von ihr aus. Verlängern und verkürzen konnte ihr Licht die Jagd- und Fischfangzeiten. Wie mögen einst die Menschen erschrocken sein, wenn sich die Sonne am hellichten Tag bei blauem Himmel auf einmal verfinsterte! Ein böser Drache, so schien es, wollte ihren Lebensspender verschlingen. Welche Erlösung, wenn der nach wenigen Minuten wieder heil aus des Ungeheuers Rachen hervorkam!
Bei Fernheizung, Neonlicht und warmer Kleidung lassen sich heute die Freuden und Nöte aus grauer Vorzeit leicht vergessen. Das ist verständlich. Schade aber, daß selbst auffallende Naturerscheinungen so häufig übersehen werden. Nicht wenige „moderne" Menschen haben zum Beispiel noch nie bemerkt, wie sich der Sonnenbogen im Laufe eines Jahres verändert, wie hoch die Mittagssonne im Sommer und wie tief sie im Winter steht oder wie sich die Auf- und Untergangspunkte auf dem Horizont verschieben. Wann der Balkon der Neubauwohnung von der Sonne beschienen sein wird und wann nicht – das ist für manchen künftigen Mieter ein großes Rätsel.
In vergangenen Jahrtausenden dagegen galt der Sonne große Aufmerksamkeit. Mühselig wurden in vielen Gebieten der Welt tonnenschwere Felsblöcke so zusammengestellt, daß sie die Richtung zu bestimmten Sonnenaufgangspunkten markierten. Eine besondere Rolle spielten dabei die Zeiten der Tagundnachtgleiche (Frühlings- und Herbstanfang) und der Sonnenwenden (Sommer- und Winteranfang). Jedesmal war es für die Steinzeitmenschen ein freudiges Ereignis, wenn die Tage wieder länger wurden, und das feierten sie. So dienten diese vorzeitlichen astronomischen „Stationen" zugleich als Feierplätze, als Kultstätten.

Eines der bedeutendsten Sonnendenkmäler aller Zeiten ist Stonehenge (auf deutsch „Steinhang") in Südengland. (Unten ein vereinfachter Grundriß.) Dort wurden im 2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung riesige Steinblöcke nach der Sonne ausgerichtet. So zeigt die Öffnung (unten rechts) genau dahin, wo die Sonne am Tag der Sommersonnenwende aufgeht. Heute besuchen viele Touristen die Stätte, wo einst große Sonnenfeiern stattfanden.



Das Sonnentor am Titicacasee in Südamerika enthält viele symbolische, teilweise rätselhafte Darstellungen. Sie zeugen von den astronomischen Kenntnissen der Indianer. In Stein gehauen wurden von ihnen unter anderem Symbole für die Sonne und ihren Jahreslauf. Den Wechsel von Tag und Nacht kennzeichnen Köpfe von Pumas und Kondoren. Während der Puma, auch Silberlöwe genannt, ausschließlich nachts jagt, fliegt der Kondor, ein großer Geiervogel, nur tagsüber. Warum die Jahreslänge mit 290 Tagen angegeben ist, darüber bestehen widersprüchliche Vermutungen.



Ein fauler Absenker

Schon mehrmals sollte die Welt zugrunde gehen. Auf den Tag genau, manchmal sogar auf Stunden und Minuten, kündigten Astrologen den Weltuntergang an. Aus den Sternen wollten sie das herausgefunden haben. Immer wieder fielen leichtgläubige Menschen auf diese Prophezeiungen herein. In ihrer Angst stellten sie alle möglichen Dummheiten an. Sie versetzten ihr Hab und Gut, verließen ihre Wohnungen, benebelten sich mit Alkohol und verkrochen sich in Höhlen. Meist führten die Fluchtwege aus den Niederungen in die Berge, da die falschen Propheten mit Vorliebe große Überschwemmungskatastrophen voraussagten. Abergläubische, die es sich leisten konnten, sorgten auf eine ganz andere Weise für ihr Überleben: Sie rüsteten sich mit Booten aus. So ließ sich ein reicher Franzose in Toulouse im Jahre 1524 ein unförmiges Kastenschiff bauen, damit er auch seinen kostbaren Hausrat vor den angekündigten Wasserfluten retten konnte. Die Panik erfaßte damals ganz Westeuropa. Allein die „große Wässerung" blieb aus. Im Gegenteil, das Jahr 1524 soll sogar außergewöhnlich heiß und trocken gewesen sein.
Das Durcheinander hatte ein Sterndeuter namens Stefler auf dem Gewissen. Der ging zunächst von einer astronomischen Tatsache aus, nämlich davon, daß im Februar 1524 die Planeten Mars, Jupiter und Saturn im Sternbild der Fische zu finden waren. Nach dieser sachlichen Feststellung verließ er den Boden der Wissenschaft und begann zu spinnen. Mit anderen Worten: Er betrat das Feld der Sterndeuterei, der Astrologie. „Drei Planeten bei den Fischen – was hat das zu bedeuten?"



Auch in dem babylonischen Denkmal des sternverzierten Löwen mit der Mondsichel auf der Brust vermischen sich die Astronomie und die Astrologie. Symbolisch dargestellt wird ein Himmelsausschnitt – mit dem Sternbild des Löwen – für den 7. Juli des Jahres 62 vor un-





serer Zeitrechnung. Jedoch der Sinn dieser kunstvollen Arbeit geht in Unsinn über: Aus der Stellung der Himmelskörper sollte nämlich das Schicksal des Königs, der an jenem Tage gekrönt wurde, hervorgehen.

fragte sich Stefler. Da Fische und Wasser offensichtlich zusammengehören, gab es für ihn keinen Zweifel: Es drohte eine Hochwasserkatastrophe. In den Sternen stand's geschrieben! Da das Gegenteil eintrat, müßte man annehmen, daß Stefler gesteinigt wurde und die Astrologie von Stund an tot war. Weit gefehlt! Astrologen sind Meister im Erfinden von Ausreden. Immer, wenn sie in der Klemme saßen, entdeckten sie nachträglich am Himmel mildernde Einflüsse, die im letzten Augenblick das Schlimmste verhütet hatten.

Zu Hilfe kamen der Sterndeuterei der Zufall und die Vergeßlichkeit. Wer zum Beispiel voraussagen will, ob es am 1. Mai 1986 auf dem Fichtelberg regnet oder nicht, der wird mit 50 Prozent Wahrscheinlichkeit das Richtige treffen. Und solche Zufallstreffer wurden von den Astrologen derart aufgebauscht, daß sie viele unkritische Menschen glauben machen konnten, die Geschicke auf der Erde würden einzig und allein von den Sternen gelenkt und sie, die Sterndeuter, könnten darum weit in die Zukunft blicken. Sie wüßten stets schon im voraus, wie es dem einzelnen und ganzen Völkern in künftigen Zeiten erginge.

Allzuschnell vergaßen die Leichtgläubigen die vielen unsinnigen und falschen Prophezeiungen. So lebt die Astrologie noch heute. Sie siecht nicht einmal dahin, denn in einigen kapitalistischen Ländern steht sie in unseren Tagen, wie einst im Mittelalter, in voller Blüte. Zum Beispiel bringen dort viele Zeitungen täglich das sogenannte Horoskop. Unter dieser Überschrift wird den Lesern weisgemacht, was sie, je nach ihrem Geburtsdatum, in einer bestimmten Zeitspanne von den Sternen zu erwarten hätten. Aber ihre Aussichten sind



Auf dem Ararat, einem 5000 m hohen Berg in der Türkei, soll, nachdem ein großes Hochwasser, die „Sintflut", zurückgegangen war, ein Kahn niedergegangen sein. So berichtet es die Bibel, und die Astrologen prophezeien seit jeher solche Wasserkatastrophen.
Nachweisen ließen sich große Überschwemmungen im Gebiet des Euphrat und des Tigris. Bei Ausgrabungen wurden dort mehrere alte Schlammschichten entdeckt. Sie ragten jedoch nur wenige Meter über den Meeresspiegel empor.

Anfangs waren die Astronomie und die Astrologie sehr eng miteinander verbunden. Da sich die Menschen die Vorgänge am Himmel nicht erklären konnten, vermochten sie nicht zu erkennen, daß die Sterndeuterei auf falschen und irrigen Vorstellungen beruht. Die Verknüpfung von Erfahrung und Unwissen zeigt sich unter anderem in der Anbetung von Himmelskörpern. Bei der Sonne zeugt das einesteils davon, daß ihre große Bedeutung für die Erde richtig erfaßt wurde. Zum anderen spielt aber die Furcht vor wundersamen Ereignissen mit. Die Planeten, „harmlose Geschwister" unserer Erde, wurden von den Astrologen des Altertums gar als die „Herren der Welt" bezeichnet.



Sonnenanbetung im Inkareich

so verschwommen formuliert, daß von allem auch das Gegenteil eintreten kann und daß für die Sterndeuter immer ein Türchen zum Rückzug und zur weiteren Existenz offenbleibt.
Ausgestorben ist die Astrologie auch bei uns noch nicht. Sie darf zwar längst nicht mehr als Geschäft betrieben werden, aber in den Köpfen, leider in gar nicht so wenigen, steckt sie noch immer. Davon zeugt eine Frage, die bei der Beobachtung des Himmels nur allzuoft und allzugern gestellt wird: „Was hat denn das zu bedeuten?" („Was sagen denn die Sterne, steht's gut oder schlecht?") Ist es wirklich so schwer zu begreifen, daß der Himmel der Erde keine Zukunftssignale gibt und daß es auf unser Leben keinen Einfluß hat, ob der Mars oder ein anderer Planet nun durch das Sternbild der Fische oder das der Zwillinge wandert?
Des Übels Wurzel liegt bei den alten Babyloniern. In guter Absicht faßten sie vor mehreren tausend Jahren die Sterne zu Sternbildern zusammen und gaben ihnen schöne, klangvolle Namen. Damit lenkten sie aber die menschliche Phantasie größtenteils in eine bestimmte Richtung. So verband sich eben das Sternbild der Fische mit der Vorstellung von Wasser, während das des Löwen an Kraft und Macht und das des Stiers an Tücke und Unberechenbarkeit erinnerte. Die Erde galt damals als der Mittelpunkt des Weltalls, und die Sterne wurden, ähnlich wie die Lufthülle, für ein nötiges Beiwerk gehalten. Ganz rätselhaft erschienen die Bahnen der Planeten. Überhaupt waren alle Gesetze, nach denen die Vorgänge am Himmel ablaufen, im alten Babylonien unbekannt. Darum bildete sich dort, wo die Astronomie schon früh aufblühte, die Vorstellung heraus, daß viele Himmelskörper das Leben auf der Erde entscheidend beeinflußten – je nach ihrer Stellung zueinander mal so und mal so. Und wer sollte sich im Altertum mit der Sterndeutung befassen, wenn nicht die Astronomen? Also dienten sie einesteils der Wissenschaft, zum anderen, ohne es zu ahnen, einer Irrlehre.
Wie Zauberformeln muten uns heute die „Regeln" der Astrologie an. Zum Beispiel teilen die Sterndeuter die Himmelskörper in Wohl- und Übeltäter und die Woche nach guten und schlechten Tagen ein. Vernünftige Gründe dafür können sie nicht anführen, geschweige denn Beweise. Den Ausschlag gaben und geben die Namen. Wenn das Sternbild der Fische zufällig „Kamel" genannt worden wäre, hätte sich Stefler wahrscheinlich eine Wüste ausgemalt, für 1524 eine große Dürre prophezeit und damit einen Zufallstreffer erzielt.
Zum heutigen Niveau der Produktivkräfte paßt die Astrologie einfach nicht mehr. Zu Steinwerkzeugen, Fallgruben und Fellbekleidung vielleicht noch, aber zu Raketen, Raumschiffen und Rechenautomaten? Wer zum Fortschritt beitragen will, der kann die Entwicklung auf der Erde nicht den Sternen überlassen, der muß nach besten Kräften arbeiten.



Christoph Kolumbus wurde 1451 in der Nähe von Genua in Italien als Sohn eines Webers geboren. Bevor er nach Spanien kam, stand er in portugiesischen Diensten. Die Portugiesen suchten den kürzesten Seeweg nach Indien. Sie wollten um Afrika herum fahren, um an die Reichtümer Ostasiens zu gelangen. Kolumbus unterbreitete einen anderen Vorschlag: Der kürzeste Weg müsse nach Westen über das offene Meer führen. Er wolle ihn als erster einschlagen. Aber der „Rat der Mathematiker" in Lissabon lehnte diesen Plan als irrsinnig ab. Wenig später gelang es Kolumbus jedoch, den spanischen König für sein Vorhaben zu interessieren. Mit dessen Unterstützung konnte die große Fahrt alsbald beginnen.

In der geografischen Lage seiner Entdeckungen irrte sich Kolumbus jedoch tatsächlich. Darum heißen die Ureinwohner Amerikas noch heute „Indianer" und die Inselwelt vor seiner Ostküste „Westindien". Der Name „Amerika" kam erst 1507 auf. Er wurde von dem Vornamen des italienischen Seefahrers Amerigo Vespucci, der Südamerika erkundet und darüber berichtet hatte, abgeleitet.

Westwärts nach Osten

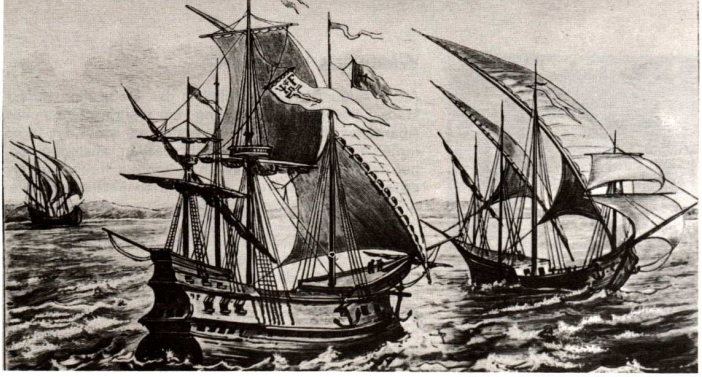
Am 3. August 1492 herrschte in der spanischen Hafenstadt Palos große Aufregung. Ein weltgeschichtliches Abenteuer stand bevor. Zum erstenmal sollte das ferne Indien auf dem Seeweg erreicht werden. Küstenbewohner hatten sich um Christoph Kolumbus, ihren Kapitän, geschart. Sie bildeten die Schiffsbesatzungen. Niemand wußte, wie weit der Weg sein würde. So begann also eine Fahrt ins Ungewisse. Mit wehenden Flaggen liefen drei Segelschiffe aus ihrem Heimathafen aus.

Den Kurs bestimmte der Kapitän, denn er kannte sich aus in der Kunst der Navigation, der Schiffsführung. Kolumbus ließ nach Westen steuern. Um den Erdball herum wollte er nach Osten gelangen. Wochenlang sahen die Männer nur Wasser und Himmel. Einige Seeleute packte schon die Verzweiflung. Alle hatten die Entfernung unterschätzt. Doch der Kapitän blieb standhaft und richtete die Entmutigten wieder auf. Endlich – nach neunundsechzig Tagen – kam Land in Sicht. Es war die Insel Guanahani oder San Salvador, die „Erlöserinsel". Sie wurde am 12. Oktober 1492 von Kolumbus und seinen Männern betreten. Dieser Tag ging in die Weltgeschichte ein: als das Datum der Entdeckung Amerikas.

Der Entdecker wußte und ahnte allerdings nichts von einem Erdteil dieses Namens. Über Kuba (Südchina, wie er dachte) und Haiti führte Kolumbus seine Expedition nach Spanien zurück. In den folgenden Jahren unternahm er noch drei weitere Fahrten in dieses Gebiet und zur Nordküste Südamerikas. Er glaubte unbeirrt bis an sein Lebensende, nach Indien gesegelt zu sein.

Was bringt den Entdecker Amerikas aber in ein Buch über die Astronomie? Die Sterne! Sie halfen ihm, den Kurs nach Westen zu finden. Daneben hatte Kolumbus noch viele andere Helfer.





Alles zu seiner Zeit

„Der junge Alexander eroberte Indien.
Er allein?"
formulierte Bert Brecht in dem Gedicht „Fragen eines lesenden Arbeiters". Diese beiden Zeilen lassen sich auch auf Kolumbus und die Entdeckung Amerikas übertragen. Dabei ist aber nicht nur an die Schiffsmannschaften zu denken. Allein und auf sich gestellt waren der Kapitän und seine tapferen Männer nur draußen auf dem Meer. An der Vorbereitung der Fahrt haben unzählige Menschen mitgewirkt, berühmte und unbekannte, lebende und tote. Es fällt schwer, sie alle aufzuzählen und ihren Beitrag zur Entdeckung Amerikas richtig zu würdigen.
Zweitausend Jahre vor Kolumbus lebte Pythagoras, ein griechischer Mathematiker und Philosoph. Er lehrte, die Erde habe Kugelgestalt. Trotzdem setzte sich später eine andere Vorstellung durch, und unser Planet wurde lange Zeit für scheibenförmig gehalten, als eine Art Riesenteller betrachtet. Da konnte niemand auf die Idee einer Erdumsegelung kommen. Erst im 15. Jahrhundert fand die Behauptung, daß die Erde einer Kugel gleiche, wieder größere Beachtung und immer neue Anhänger. Ein französischer Bischof schrieb ein Buch darüber, und ein italienischer Arzt wandte sich in einem Brief direkt an Kolumbus, um ihn in seiner Absicht zu bestärken, „nach Westen ... zu den Ländern des Ostens zu segeln". Martin Behaim, ein Kaufmann und Astronom aus Nürnberg, fertigte 1492, im Jahr der Entdeckung Amerikas, den ersten Erdglobus an. Der beruhte natürlich auf dem lückenhaften Wissen dieser Zeit. Zum Beispiel ist Indien dort eingetragen, wo es auch Kolumbus vermutete und suchte.
Einen unschätzbaren Beitrag zu den Fahrten über die Weltmeere leistete der deutsche Astronom und Mathe-

Mit diesen Schiffen stach Christoph Kolumbus am 3. August 1492 in See. Sie waren dreimastig, hochgebaut und schnittig. Der Typ hieß „Karavelle". Das bedeutet im Portugiesischen „großes Schiff".

Johannes Müller wurde 1436 in Königsberg in der Nähe von Schweinfurt geboren. Er nannte sich Regiomontanus („der Königsberger"). Schon mit elf Jahren(!) nahm er in Leipzig ein Studium auf. Vor allem befaßte er sich mit der Mathematik und der Astronomie. In Nürnberg gründete er später eine eigene Druckerei, damit er seine wissenschaftlichen Arbeiten veröffentlichen konnte. Das waren zum Beispiel erstaunlich genaue Vorausberechnungen über den Lauf der Sonne, des Mondes und der Planeten. Sie halfen Seefahrern und Entdeckern, ihren Standort zu bestimmen und ihr Ziel zu finden.
Die 500. Wiederkehr seines Todestages (6. Juli 1976) wurde auf Vorschlag der UNO als internationaler Gedenktag begangen.





Die Wikinger, Seeleute, Krieger und Kauffahrer aus dem Norden Europas, besaßen sicherlich noch keine Tabellen über den Lauf der Himmelskörper. Trotzdem wagten sie sich schon ein halbes Jahrtausend vor Kolumbus aufs offene Meer hinaus. Es ist anzunehmen, daß sie sich trotzdem (wenn auch nur im groben) nach den Sternen orientierten. Wie hätten sie sonst ihren Kurs bestimmen sollen? So erreichte Leif Erikson von Grönland aus im Jahre 1000 den Norden Amerikas. Doch für ständige Fahrten zwischen der „alten" und der „neuen" Welt war die Zeit noch nicht reif. Dieses Zeitalter eröffnete erst Kolumbus.

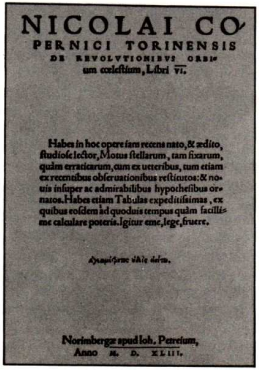
Vasco da Gama (1469 bis 1524), ein Portugiese, segelte als erster, und zwar auf dem Seeweg um Afrika, nach dem wirklichen Indien. Auch er konnte sich, wie Kolumbus, astronomischer Hilfsmittel bedienen. Nach zweijähriger Fahrt kehrten seine Schiffe – nur noch mit der Hälfte der Mannschaft – 1499 nach Lissabon zurück.



matiker Johannes Müller, genannt Regiomontanus. Er hatte die Stellung der hellsten Himmelskörper, vor allem der Planeten, genau berechnet und sie in den Jahren von 1474 bis 1506 in astronomischen Jahrbüchern angegeben. Es ist geschichtlich verbürgt, daß Kolumbus die Müllerschen Sterntabellen zur Navigation verwandte. Doch sie allein hätten ihm nichts genützt. Dazu gehörten noch Instrumente zur Winkelmessung, vor allem zur Feststellung der Gestirnshöhen. Ein solches Gerät war das Astrolabium. Von den Arabern gelangte es nach Portugal und Spanien.

Noch mehr kam Kolumbus zugute: der Bau schnellerer und leichterer Segelschiffe, die Verbesserung des Kompasses und der Feuerwaffen. Alles in allem hatten die Produktivkräfte einen Stand erreicht, der große Entdekkungsfahrten ermöglichte. Die eigentliche Triebfeder für die Expeditionen war weder die Abenteuerlust noch die Freude am Entdecken. Es lockten die fremden Reichtümer. „Gold", schrieb Friedrich Engels, „war das Zauberwort, das die Spanier über den Atlantischen Ozean nach Amerika trieb." Hinter den kühnen Entdekkern standen ihre Regierungen, und die wollten Besitzungen und Kolonien.

Die Seefahrt gab es schon viele Jahrhunderte vor Kolumbus. Aber ihre Wege führten an den Küsten entlang oder über Binnengewässer. Sonst wäre die Orientierung verlorengegangen. Der Übergang zur Hochseeschiffahrt setzte voraus, daß sich die Seeleute auf dem offenen Meer zurechtfanden, daß sie ihren Standort (ihre Position) und ihren Kurs bestimmen konnten. Und dazu verhalf ihnen die Astronomie. (Selbst der Kompaß muß durch astronomische Messungen kontrolliert und korrigiert werden.) Seit Johannes Müller und Kolumbus gehören Sterntabellen zum „Handwerkszeug" aller Hochseefahrer. Trotz der Einführung noch anderer Navigationsmethoden hat sich daran nichts geändert.


NICOLAI CO
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBI
um coelestium, Libri VI.

Habes in hoc opere iam recens nato, & adito, studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum, quàm erraticarum, tum ex veteribus, tum etiam ex recentibus obseruationibus restitutos: & nouis insuper ac admirabilibus hypothesibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex quibus eosdem ad quoduis tempus quàm facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

Quapropter vale, & ei.

Norimbergæ apud Iob. Petreium,
Anno M. D. XLIII.

Copernicus hatte sein Werk nur „De revolutionibus" – „Über die Umdrehungen" genannt. Alles andere setzte der Herausgeber eigenmächtig hinzu. So schrieb er auch ein Vorwort, das den Inhalt des ganzen Buches stark abschwächte. Es handele sich bei den Darlegungen nur um ein Gedankenexperiment zur Verbesserung der Berechnungen.

Nicolaus Copernicus wurde am 19. Februar 1473 geboren. Sein Geburtsort, Toruń an der Weichsel, zählte zu den schönsten polnischen Städten. Obwohl er schon frühzeitig seinen Vater verlor, konnte sich der junge Nicolaus eine umfassende Bildung aneignen. Dabei unterstützte ihn besonders sein Onkel, ein Bischof. Fast alles, was damals gelehrt wurde, interessierte Copernicus. So befaßte er sich gründlich mit der Mathematik, der Astronomie, der Medizin und der Rechtswissenschaft und erlernte mehrere Sprachen. Sein Studium (ab 1491) führte ihn über Kraków nach Bologna und Padua in Italien. Von dort kehrte er 1503 als Doktor des Kirchenrechts in seine Heimat zurück. In Frombork, wo er dann die längste Zeit seines Lebens verbrachte und wo er 1543 starb, war er hauptsächlich in der Kirchenverwaltung tätig. Das ließ ihm genügend Zeit, den Himmel zu beobachten und seine kühnen Gedanken niederzuschreiben.

Doch auch die neue Lehre war nicht frei von Irrtümern. Da Copernicus bei seinen Beobachtungen nur sehr einfache, selbstgebaute Instrumente zur Verfügung standen, konnte er die Bahn der Planeten noch nicht genau beschreiben. Er glaubte, sie bewegten sich in Kreisen um die Sonne. Darum gab es weiterhin Abweichungen zwischen den vorausberechneten und den wirklich erreichten Planetenstellungen. Doch Wissenschaft und Fortschritt bleiben nicht stehen. Im Jahr 1609 wurde das Rätsel der Planetenbahnen endgültig gelöst (vgl. „Der gebändigte Kriegsgott"), und damit war der Weg frei für den Siegeszug der Wahrheit.

Der Fortschritt siegt

Nicolaus Copernicus

Revolution! Wer denkt da nicht an aufgepflanzte Bajonette, an Kanonenschüsse und Pulverdampf, an Königskronen, die in den Staub rollen, und an die schmetternden Gesänge der Sieger! Aber ein Umsturz mit Gedanken und Berechnungen, mit Winkelmeßgerät und Lineal, mit Federhalter und Zirkel? Es hat ihn gegeben, und er war ein wichtiger Bestandteil der „größten Revolution, die die Erde bis dahin erlebt hatte". So nannte Friedrich Engels den Sieg des Bürgertums über den Feudalismus, und Nicolaus Copernicus aus dem polnischen Toruń, einer der bedeutendsten Gelehrten der Menschheitsgeschichte, trug dazu mit seinen geistigen Waffen entscheidend bei. Er wurde zum Wegbereiter der neuzeitlichen Naturwissenschaft, indem er die Sonne „anhielt" und die Erde „in Bewegung setzte".

Worum ging es? Tief im Feudalismus wurzelte eine Weltanschauung, die dem Denken und Forschen und damit dem Fortschritt der Produktivkräfte Fesseln anlegte. Sie stützte sich auf religiöse Glaubensvorschriften (Dogmen), und an ihnen durfte nicht gezweifelt werden. Wer es dennoch tat, galt als „Ketzer" und mußte das Schlimmste befürchten. Ein treuer Untertan der Herrschenden hatte etwa folgendes zu glauben: Gott gab der Erde unter allen Himmelskörpern eine auserwählte Stellung. Sie ruht unbeweglich im Mittelpunkt des Weltalls. Alle anderen Himmelskörper, auch die Sonne, bewegen sich um sie herum. Es gibt am Himmel nichts Wichtigeres und nichts, was der Erde gleichen oder auch nur ähneln könnte. – Um keinen Preis wollten die „Stellvertreter Gottes auf Erden", die römischen Päpste, an diesem Weltbild rütteln lassen. Gerade darauf beruhte doch ihre „gottgewollte" Macht, und die ging damals weit über den Bereich des Glaubens hinaus. Selbst die weltlichen Herrscher hatten der katholischen Kirche gehorsam zu sein.

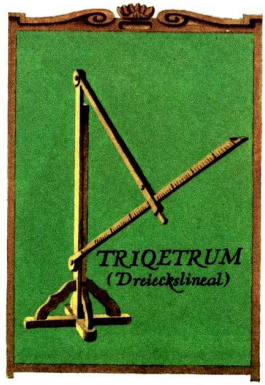
An diesen Machtverhältnissen änderte sich lange Zeit nichts.

Fast eineinhalb Jahrtausende blieb das Weltbild von der auserwählten Erde unangetastet. Es war bereits im 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung von dem Griechen Ptolemäus begründet worden. Da erschien im März 1543 ein Buch von Nicolaus Copernicus, das dieses steinalte Gedankengebäude wie ein Erdbeben erschütterte. Es hieß „De revolutionibus orbium coelestium" oder – vom Lateinischen ins Deutsche übersetzt – „Über die Umdrehungen der himmlischen Kreise".

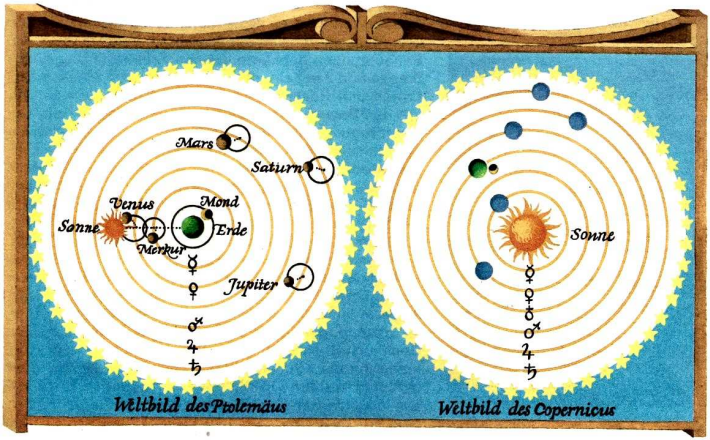
Daraus ging ein neues Weltbild hervor. Copernicus lehrte sinngemäß: Die Erde nimmt unter den Himmels-

körpern keine Sonderstellung ein. Sie steht weder im Mittelpunkt des Weltalls, noch ist sie unbeweglich. Sie dreht sich täglich einmal um ihre eigene Achse und läuft jährlich einmal um die Sonne. Auch die anderen Planeten kreisen um die Sonne und nicht um die Erde. Alle Bewegungen des Sternhimmels sind „nicht von sich aus so, sondern von der Erde aus gesehen". (Das heißt, es müssen scheinbare und wahre Bewegungen unterschieden werden.) Alle anderen Sterne sind viele Male weiter von der Erde entfernt als die Sonne.

Erst kurz vor seinem Tod wagte Copernicus, diese revolutionären Gedanken zu veröffentlichen, obwohl er ihre schriftliche Ausarbeitung schon lange abgeschlossen hatte. Die Feinde des Fortschritts konnten den großen Wissenschaftler nicht mehr verfolgen. Er starb an dem Tag, an dem das erste Exemplar seines unsterblichen Werkes ihn erreichte, am 24. Mai 1543. Das alte Weltbild wankte, aber es zerbrach nicht von heute auf morgen. Es mußten bis zum endgültigen Sieg der Wahrheit noch harte Kämpfe geführt werden. Erst 1835, fast dreihundert Jahre später, sah sich die katholische Kirchenführung gezwungen, die Schriften des Copernicus von der Liste der verbotenen Bücher zu streichen.



Zu Copernicus' Instrumenten gehörte auch dieses einfache Winkelmeßgerät.



Claudius Ptolemäus, der bekannteste Astronom des Altertums (geboren um das Jahr 90 und gestorben um 160), schrieb eines der berühmtesten Bücher aller Zeiten. Er nannte es „Großes astronomisches System". Bekannt wurde es unter dem arabischen Titel „Almagest" („der Größte"). Darin begründete der griechische Gelehrte das geozentrische Weltsystem, wonach die Erde im Zentrum des Weltalls stehen sollte.

Die Sonne statt der Erde rückte Copernicus in das Zentrum der Planetenbahnen. Heute weiß jedes Schulkind, daß sein heliozentrisches System wahr ist. Alle Fehler des Ptolemäus konnte Copernicus allerdings noch nicht erkennen. Kreise beschreiben die Planeten nämlich nicht. (Vgl. Seite 114)



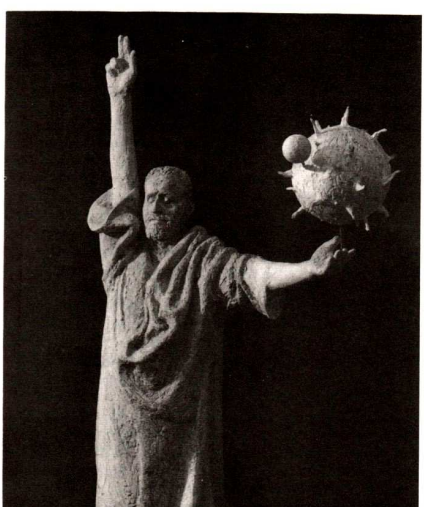
Giordano Bruno (1548 bis 1600) war eine Zeitlang Mönch in einem Kloster in Neapel (Italien). Doch er wollte sich nicht vorschreiben lassen, was er zu denken und zu glauben hatte: Er verteidigte und verbreitete das Weltbild des Copernicus. Das führte zu schweren Konflikten. Um dem Gericht der Kirche zu entgehen, floh Bruno ins Ausland. Nach der Rückkehr in seine Heimat (1592) wurde er verraten und der Inquisition ausgeliefert.



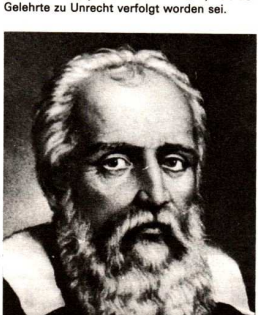
Ein Großinquisitor. Inquisition heißt auf deutsch Untersuchung. Bereits 1183 wurde dieses Gericht der römisch-katholischen Kirche gegründet. Es bestand in einigen Ländern bis ins 19. Jahrhundert. Besonders in Italien, Spanien, Portugal und Deutschland gingen Inquisitoren mit äußerster Grausamkeit gegen fortschrittlich denkende Menschen vor. Allein in Spanien ließen sie über dreißigtausend „Ketzer" verbrennen.

Und sie bewegt sich doch

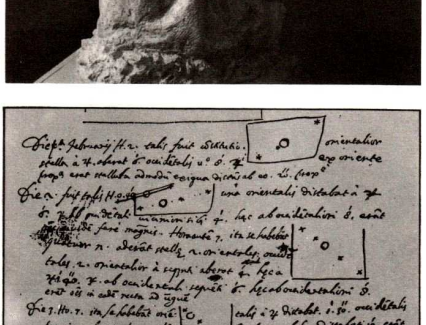
Es war am 17. Februar 1600. Auf dem Blumenmarkt in Rom wurde ein Scheiterhaufen entzündet. In den Flammen fand ein Mensch ein qualvolles Ende: Giordano Bruno, ein Philosoph und Astronom.
Worin bestand sein Verbrechen? Das Urteil „Tod durch Verbrennen" war von der Inquisition, dem obersten Gericht der römischen Kirche, gefällt worden, weil Bruno falsche Ansichten widerlegt und richtige verbreitet hatte. Es ging um Erde und Sonne, um Himmel und Sterne, um Copernicus und Ptolemäus. Sieben Jahre Kerkerhaft und selbst das Feuer hatten den scharfsinnigen Denker nicht davon abbringen können, für das Neue einzustehen. Die Kirche aber ergriff mit harter Hand Partei für das Alte. Sie wollte das Weltall weiterhin zweigeteilt wissen: auf der einen Seite die Erde als das Prunkstück der „Schöpfung", auf der anderen – unveränderlich und in allem ganz anders beschaffen – der Himmel mit allen übrigen Gestirnen. Die Kunde von Giordano Brunos Flammentod traf einen Mathematikprofessor in Padua schwer: Galileo Galilei. Er hatte sich bereits einige Jahre vorher zur kopernikanischen Lehre bekannt. Fortan griff der Kampf ums Weltbild tief in das Leben dieses berühmten Wissenschaftlers ein. Bis zu seinem Tod kam er nicht mehr davon los. Galilei war kein Mensch, der sich mit Ansichten, Vermutungen und Behauptungen begnügte. Seinen Arbeitsstil prägte das Fragen und Zweifeln, das Beobachten und Messen, das Prüfen und Rechnen. Beweisen wollte er, wie es sich mit den Bewegungen von Sonne und Erde verhält. Die Überzeugung allein genügte ihm nicht. Mit einem kleinen, selbstgebauten Fernrohr konnte er von 1609 an immer wieder Neues am Himmel entdecken. Alles sprach für Copernicus und gegen Ptolemäus. Da waren zum Beispiel die Jupitermonde, deren Bewegungen sich nicht in das alte System fügten. Entgegen der herrschenden Vorstellung veränderte sich auch die Sonne. Sie zeigte wechselnde oder auch gar keine Flecken. Der Mond ließ Berge und Täler erkennen. Damit erinnerte er an die Erde. Die sollte sich aber von anderen Himmelskörpern unterscheiden wie das Wasser vom Feuer. Galilei glaubte genügend Beispiele gefunden zu haben. Doch anstatt einen Blick durch sein Fernrohr zu werfen, luden ihn die Kirchenvertreter vor die Inquisition. Dort verboten sie ihm (1616), seine Forschungen fortzusetzen. Da sich Galilei nicht daran hielt, mußte er 1633 erneut vor dem Kirchengericht erscheinen. Beim zweiten Prozeß scheute sich die Inquisition nicht, dem angesehenen Gelehrten mit ihren Folterwerkzeugen zu drohen. Unter Druck gesetzt, verleugnete Galilei die Wahrheit. Daß sich die Erde dennoch bewegt, daran gab es für ihn keinen Zweifel. Heimlich forschte er weiter. Als Gefangener! Denn trotz seines Widerrufs blieb er auf Lebenszeit von der Kirche überwacht.



„Und sie bewegt sich doch", so nannte Fritz Cremer, ein bekannter Bildhauer, diese Plastik. Er schuf sie zum Gedenken an Galileo Galilei, der vor dem Inquisitionsgericht wider besseres Wissen abschwören mußte, daß die Erde sich um die Sonne dreht. 337 Jahre nach Galileis Tod erklärte Papst Johannes Paul II., daß der Gelehrte zu Unrecht verfolgt worden sei.

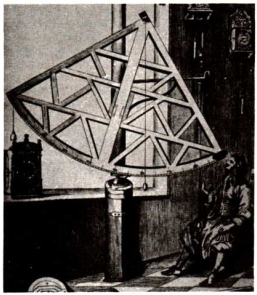


Galileo Galilei (1564 bis 1642) war einer der größten Naturforscher aller Zeiten. Als Mathematikprofessor wirkte er an den Universitäten von Pisa und Padua. Überragende Leistungen vollbrachte er vor allem auf den Gebieten der Physik und der Astronomie. Zum Beispiel fand er die Gesetze des freien Falls. Da er als erster den Himmel durch ein Fernrohr beobachten konnte, sah er dort mehr als alle anderen Astronomen vor ihm. Das führte ihn noch enger an die Seite von Copernicus.

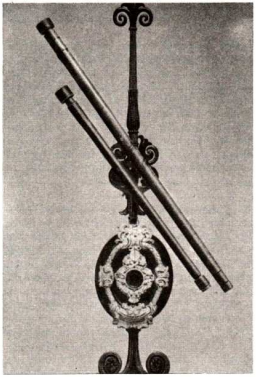


Mit einem kleinen Fernrohr entdeckte Galilei im Jahre 1610 vier kleine Sterne in der Nähe des Riesenplaneten Jupiter. Bald stellte sich heraus, daß die sich „ganz unmöglich" verhielten. Sie richteten sich nicht nach den kirchlichen Dogmen und bewegten sich nicht um die Erde als Zentrum. Vielmehr umrundeten sie den Jupiter. Hatte Copernicus nicht recht? (Seine Bücher zu lesen stand unter schwerer Strafe.) Der Lauf der Jupitermonde war zwar noch kein hinreichender Beweis für die Richtigkeit der kopernikanischen Lehre, aber ein Beispiel zur Widerlegung des alten Weltbilds. (Die hier wiedergegebene Darstellung stammt aus Galileis Skizzenbuch.) Zu Ehren seines Fürstenhauses nannte er die Monde „Mediceische Sterne".

Heute heißen die vier die Galileischen Monde. Wer immer eine Sternwarte (bei Nacht) besucht, möchte sie sehen. Schon in einem Schulfernrohr bieten sie einen eindrucksvollen Anblick. Mit etwas Geduld (und wiederholten Beobachtungen) läßt sich ihr Umlauf gut verfolgen.



Quadrant (Viertelkreis) aus dem 17. Jahrhundert. Über die Visiereinrichtung peilt der Beobachter einen Stern an. Wo das Lot die Gradteilung schneidet, kann abgelesen werden, wie hoch das Gestirn über dem Horizont steht (hier 61 Grad). Die Quadranten waren bis zur Erfindung des Fernrohrs die wichtigsten astronomischen Geräte, aber auch danach wurden sie, teils sogar mit einem Fernrohr verbunden, noch verwendet.



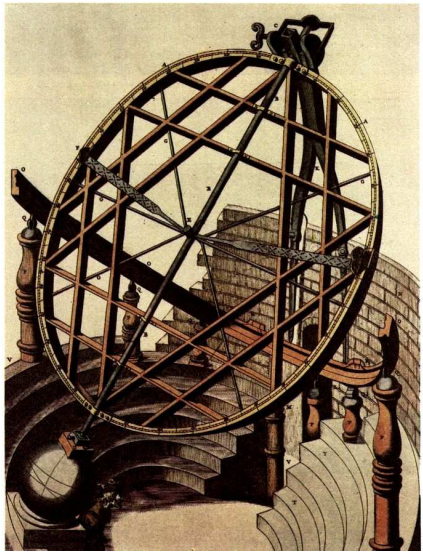
Ein Fernrohr Galileis. Er hatte die Bauweise von den Holländern kennengelernt und entwickelte mehrere eigene Modelle. Das erste vergrößerte drei-, das letzte (mit 5 cm Objektivdurchmesser und 1,24 m Länge) dreißigmal.

Armillarsphäre. Die ineinandergeschachtelten, drehbaren Kreise stellen wichtige Himmelslinien dar. Gepeilt und gemessen wurde mit Hilfe einer Visiereinrichtung.

Winkel, Licht und Positionen

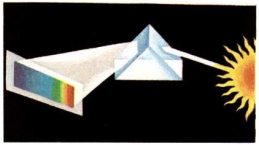
Jahrhundertelang befaßten sich die Astronomen vor allem mit Winkeln. Sie maßen Sternabstände und Schattenlängen und stellten fest, wie hoch bestimmte Sterne in bestimmten Augenblicken über dem Horizont standen. Diese Winkelmessungen dienten zur Zeitbestimmung, zur Berechnung von Planetenbahnen und später auch zur Navigation. Die Forschung galt demnach den Positionen der Himmelskörper, ihren „Örtern". Das trifft für Copernicus genauso zu wie für Ptolemäus. Trotz des großen Zeitunterschieds zwischen ihnen arbeiteten beide im wesentlichen mit den gleichen technischen Hilfsmitteln. Copernicus baute zwar seine Meßgeräte selbst, aber beschrieben fand er sie im „Almagest" von Ptolemäus. Schattenstab, Armille, Astrolabium und Quadrant und was es ähnliches vor Galilei noch gab – das alles waren Winkelmeßinstrumente. Sie lieferten teilweise erstaunlich genaue Ergebnisse. So wurde mit der Armillarsphäre (oder Armille) der Abstand zweier Gestirne schon vor über zweitausend Jahren auf fünfzehntel Grad genau bestimmt.

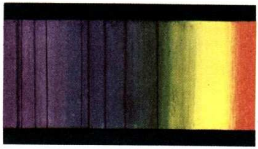
Viel schneller entwickelte sich die Astronomie von 1609 an, denn nach der ersten Fernrohrbeobachtung ging es auf diesem Gebiet stürmisch voran. Während Galilei seine Fernrohre noch in kleinen Futteralen unterbringen konnte, umschließt eine Kuppel von 42 m Höhe den heutigen kaukasischen 6-m-Riesen.





Mit Hilfe großer Mauerquadranten maßen Astronomen wie Tycho Brahe astronomische Winkel mit erstaunlicher Genauigkeit.



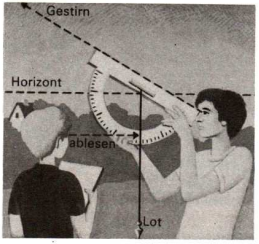


Sonnenspektrum. Viele schmale, dunkle Streifen bemerkte Fraunhofer im zerlegten Sonnenlicht. Sie heißen noch heute „Fraunhofersche Linien". Wie kamen sie zustande? Gustav Kirchhoff (Physiker) und Robert Bunsen (Chemiker) halfen dem Entdecker, das Rätsel zu lösen. Sie fanden durch Versuche und Vergleiche mit irdischen Stoffen im Labor: Die Sonne muß nach außen hin – im Vergleich zu ihrem Innern – aus dünneren und weniger heißen Gasen bestehen. Sie verursachen die dunklen Linien. Ferner zeugt das Spektrum von vielen chemischen Elementen, die es auch auf der Erde gibt.

Und wieder neuen Auftrieb erhielt die Sternkunde um 1860 durch die Anwendung der Fotografie. Sie beeinflußte auch den Bau der Fernrohre, denn die werden seither vorwiegend als Kameras benutzt. Damit können bei langen Belichtungszeiten noch Sterne erfaßt werden, die hundertmal lichtschwächer sind als die, die das menschliche Auge beim Durchblick durch die gleiche Optik gerade noch bemerkt.

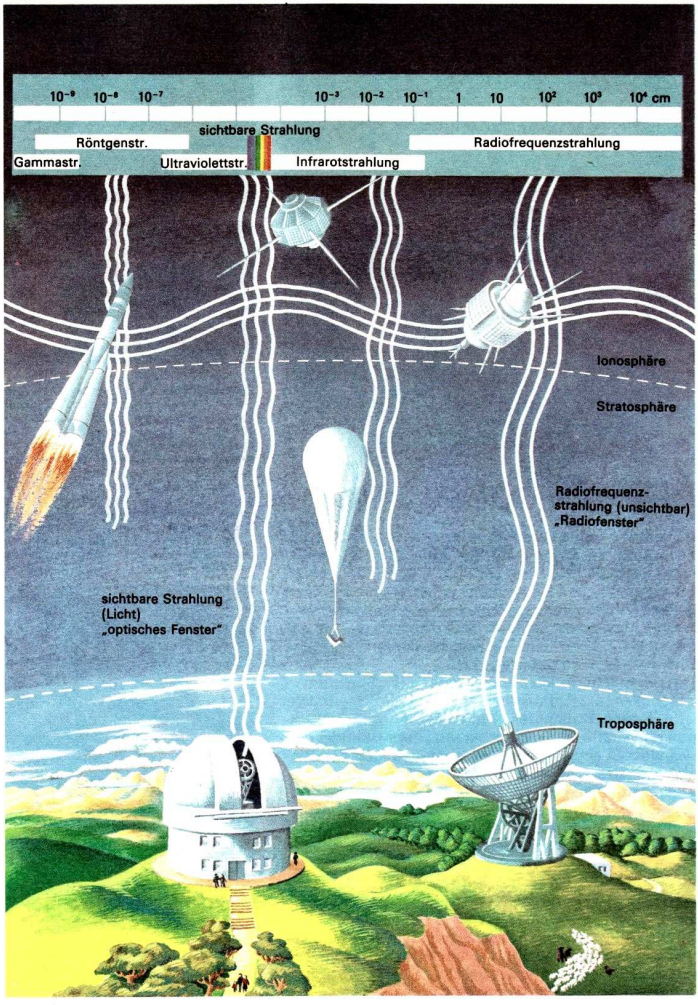
Das aufgefächerte Licht der Sterne – ihr Spektrum – untersuchen die Astronomen seit 1814. In diesem Jahr hatte Joseph Fraunhofer in München im Sonnenspektrum rätselhafte Linien entdeckt. Aus ihrer Deutung entwickelte sich ein wichtiger Zweig der heutigen Astronomie: die Astrophysik. Sie kam und kommt zu Forschungsergebnissen, die zur Verwunderung und zum Fragen geradezu herausfordern. Zum Beispiel: Woher weiß man denn, welche Temperatur auf dem Stern X herrscht? Die Antwort kann nur lauten: Aus seinem Licht.

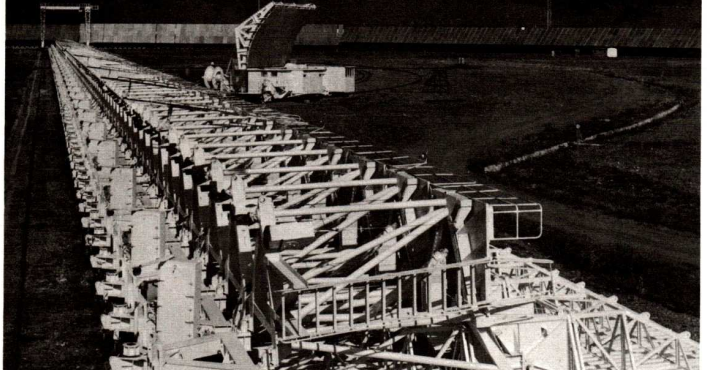
An vielen modernen Fernrohren spiegelt sich der lange Entwicklungsweg der Astronomie schon äußerlich wider. Sie wirken kompliziert und unübersichtlich. Das liegt vor allem an ihren Zusatzeinrichtungen. Das können sein: Teilkreise für die Winkelmessung, Nebenrohre zum visuellen (direkten) Beobachten sowie Spektrografen (Apparate zum Fotografieren von Spektren).



Genaue Winkelmessungen ermöglicht ein Theodolit. Wer jedoch nur grob nachmessen will, wie hoch ein Stern zu einer bestimmten Zeit über dem Horizont steht, der kann sich so behelfen wie die Kinder auf dem Bild.

Die erste Himmelsaufnahme entstand 1839. Damals fotografierte der Franzose Daguerre den Mond. Etwa zwanzig Jahre später, nachdem die anfänglichen Schwierigkeiten überwunden waren, begann die Fotografie, den Himmel Zug um Zug zu „erobern".


10^{-9} 10^{-8} 10^{-7} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 1 10 10^{2} 10^{3} 10^{4} cm
Röntgenstr.
sichtbare Strahlung
Radiofrequenzstrahlung
Gammastr.
Ultravioletttstr.
Infrarotstrahlung
Ionosphäre
Stratosphäre
Radiofrequenz-
strahlung (unsichtbar)
„Radiofenster"
sichtbare Strahlung
(Licht)
„optisches Fenster"
Troposphäre



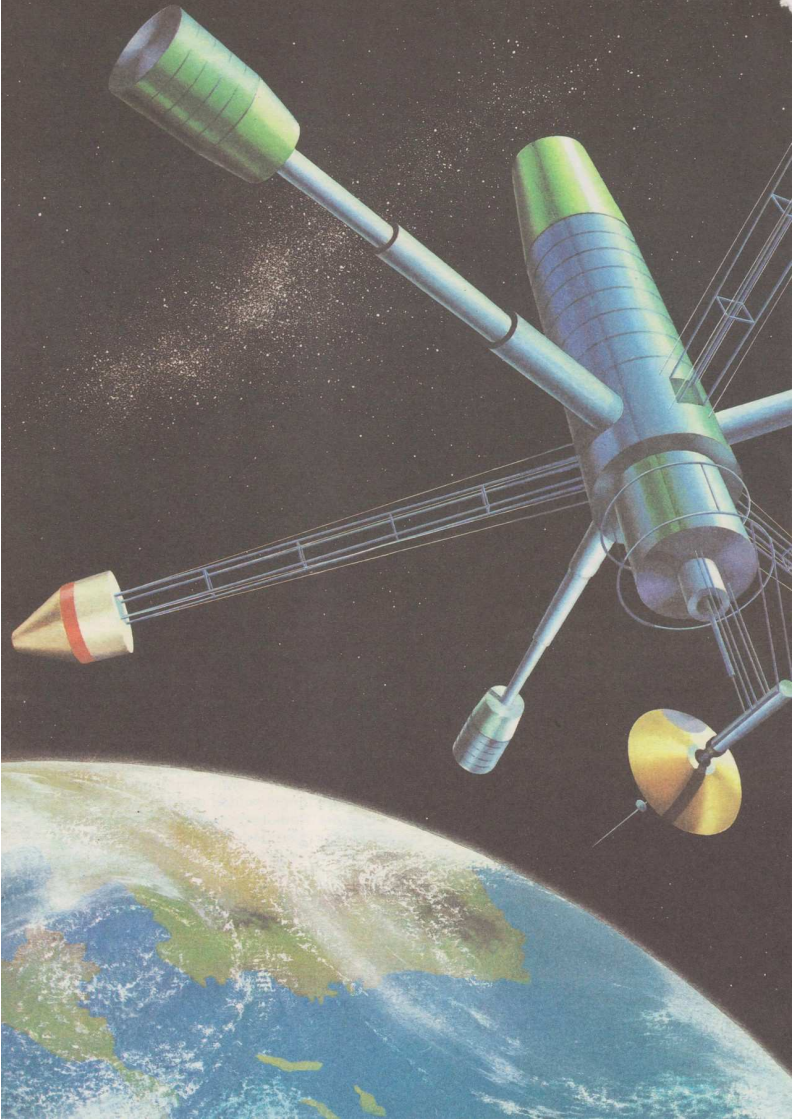
„Ratan 600" heißt das neue große Radioteleskop der sowjetischen Akademie der Wissenschaften im Nordkaukasus. 895 Aluminiumhohlspiegel, in einem Kreis von 600 m Durchmesser angeordnet, sind so miteinander verbunden, daß sie wie ein einziges Gerät arbeiten. Angestrebt wird die weltweite Verbindung von Radioteleskopen. Das erfordert den Einsatz von Atomuhren, damit die Meßergebnisse auf das genaueste miteinander verknüpft werden können. Eine derartige Brücke besteht bereits seit 1971 zwischen der Sowjetunion und den USA. Geplant ist eine zwischen der Erde und dem Mond.

Das größte voll schwenkbare Radioteleskop der Welt ist ein Instrument des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie, Bonn. Der Reflektor (der parabolisch geformte Spiegel, der die Strahlung auffängt und im Brennpunkt, wo sich der „Dipol" befindet, sammelt) hat mit einem Durchmesser von 100 m die Größe eines Fußballfelds.

Es gibt vielerlei Strahlung von der Sonne und aus dem Weltraum. Die Unterschiede liegen in den Wellenlängen. (Vom Radio her kennen wir zum Beispiel Kurz-, Ultrakurz-, Mittel- und Langwellen.) Im Kosmos reichen sie von Milliardstelmillimetern bis zu vielen Metern. Doch nur ein kleiner Teil der kosmischen Strahlung erreicht die Erde. Der größere wird von unserer Lufthülle verschluckt oder zurückgeworfen. (Anders gäbe es kein menschliches Leben.) Ballons, Raumschiffe und Raketen erforschen das, was nicht „durchkommt".
Nur zweierlei Strahlung dringt bis zur Erdoberfläche durch: das sichtbare Licht und die sogenannte Radiofrequenzstrahlung. Es ist also, als hätte die Erdatmosphäre zwei Öffnungen: ein optisches und ein Radiofenster. So arbeiten die Astronomen heute sowohl mit Fernrohren als auch mit Radioteleskopen.

Fenster ohne Glas und Rahmen

Als der amerikanische Funktechniker Jansky 1932 die Ursachen von Rundfunkstörungen untersuchte, stand er in einem Fall vor einem Rätsel: Die Störquelle mußte außerhalb der Erde und ihrer Lufthülle liegen. Er entdeckte, daß diese Strahlung vom Himmel kam, und zwar aus einem bestimmten Gebiet der Milchstraße.
Das war die Geburtsstunde der Radioastronomie. Sie öffnete unserem Planeten ein zweites „Fenster" in den Weltraum. Bis dahin waren die Astronomen auf sichtbare Objekte angewiesen. Das heißt, sie konnten nur durch das „optische Fenster" beobachten: mit bloßem Auge, mit Fernrohren. Nun vermochten sie sogar verborgene Himmelsobjekte aufzuspüren. Weder Sonnenlicht noch Wolken behindern die Forschung der Radioastronomie. Tag und Nacht können die Radioastronomen den Himmel absuchen. Nur zu sehen sind ihre Forschungsgegenstände nicht. Deren Strahlung kann aber in sichtbare Zeichen umgewandelt werden.
Natürlich setzte die Radioastronomie die Entwicklung neuer Geräte voraus. Seit dem Ende des zweiten Weltkriegs werden immer neue und größere Radioteleskope gebaut. Sie dienen zum Auffangen und Auswerten kosmischer Strahlung. Die geht von sehr vielen Objekten aus: von der Sonne, dem Mond und den Planeten, aber auch von Gasen zwischen den Sternen und anderen weit entfernten „Radioquellen". Mit fremden Lebewesen hat sie nichts zu tun, sondern unter anderem mit der Temperatur der Sterne und dem Zustand von Gasen im Weltraum. Bei den Untersuchungen stellte sich ein weiteres Mal heraus, daß irdische Stoffe auch im Weltraum vorkommen.



Der Mensch sprengt seine Fesseln

Bei den alten Griechen ging die Sage vom Riesen Atlas, der im nordwestlichen Afrika als dem äußersten Westen der Erde das Himmelsgewölbe auf seinen breiten Schultern tragen sollte. Eine „Weltkarte" mit dieser Westgrenze zeichnete Ptolemäus im 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Die großen Entdeckungsfahrten, wie die von Leif Erikson, Christoph Kolumbus, Amerigo Vespucci, Vasco da Gama und Fernão de Magalhães, sprengten die alten Vorstellungen und bestätigten das Bild von der Kugelgestalt der Erde. Damit war unser Planet sozusagen zum erstenmal entdeckt. Nach der Erfindung des Buchdrucks – im 15. Jahrhundert – konnten die Entdeckungsberichte und Reisebeschreibungen weit und schnell verbreitet werden. Aber es blieben noch viele „weiße Flecken" auf der Erde – unerforschte, unbeschriebene Gebiete.

Das erforderte eine „zweite Entdeckung". Diesmal zogen aber nicht Seefahrer und Kaufleute aus, sondern Wissenschaftler. Der bekannteste von ihnen ist Alexander von Humboldt. (Nach ihm und seinem Bruder Wilhelm, einem Sprachwissenschaftler, wurde die Berliner Universität benannt. Die Denkmäler vor dem Eingang erinnern an sie.) Er erforschte von 1799 bis 1804 unbekannte Gebiete in Süd- und Mittelamerika und später im östlichen Rußland. Über Land und Leute schrieb er viele Bücher. Unter besonders schwierigen Bedingungen wurden von Forschern aus verschiedenen Ländern die Polargebiete erkundet. Heute ist die Zeit der großen geografischen Entdeckungen vorüber. Und doch begann eine neue, die dritte Etappe.

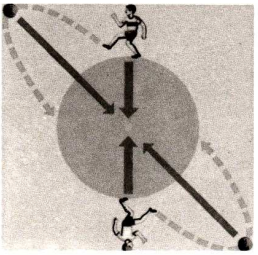
Geträumt wurde von ihr seit langem, denn schon in alten Sagen und Märchen gibt es Menschen, die sich in die Lüfte erheben konnten; darunter solche, die die Erde „von oben" untersuchen wollten. Wer kennt nicht den jungen Griechen Ikarus, der mit seinen wachsgeklebten Flügeln zu nahe an die Sonne kam und abstürzte? In einem mittelalterlichen Volksbuch heißt es über einen, der alles wissen wollte: „Er nahm an sich Adlers Flügel und erforschte alle Gründ' am Himmel und der Erden." Jahrtausende hindurch konnten solche Träume nicht in Erfüllung gehen, weil eine Naturkraft den Menschen an seinen Planeten fesselte. 1957 wurde diese Fessel zum erstenmal zerrissen. Die Weltraumfahrt konnte beginnen. Nicht zuletzt dient sie der „dritten Entdeckung der Erde".

Aufgestoßen ist das Tor

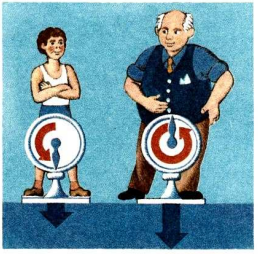
Träume werden Wirklichkeit

Bei den Olympischen Spielen 1968 in Mexiko sprang der Amerikaner Bob Beamon 8,90 m weit. Das war und ist Weltrekord. Bei aller Bewunderung für diese Leistung – außerhalb des Sportplatzes nützt sie wenig. Sie reicht nicht aus, einen Fluß zu überspringen oder über eine Schlucht zu setzen. Doch gerade derart weite und nützliche Sprünge wünschten sich die Menschen von jeher, und das nicht um der Rekorde willen. Wären solche Sätze nicht manchmal die Rettung aus höchster Not gewesen? Wie oft mag es zum Beispiel bei der Jagd vorgekommen sein, daß die wuchtigen Wisente den Fallgruben entgingen und plötzlich ihre Jäger jagten. Wie die Vögel hätten dann wohl die Verfolgten und Geängstigten davonfliegen wollen.

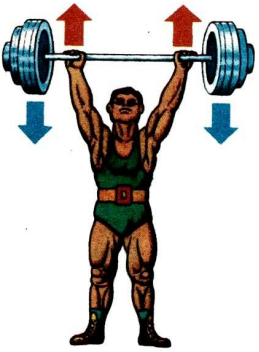
Aber bisher sprang noch kein Mensch aus eigener Kraft weiter als 8,90 m und höher als 2,35 m. Im Vergleich zu den erträumten Größen sind das bescheidene Hopser. Daß es auch in Zukunft nicht mehr wesentlich darüber hinausgehen wird, das liegt an der Anziehungskraft der Erde. Sie wird auch als Schwerkraft bezeichnet. Sosehr sie den Menschen an seinen Planeten festbindet, so lebensnotwendig ist sie für ihn. Wir verspüren sie ständig – nämlich als Druck gegen unsere Sitz-, Stand- oder Liegefläche. Das heißt nichts anderes, als daß die Schwerkraft unser Gewicht hervorbringt. Ohne sie gäbe es diese physikalische Größe überhaupt nicht. Uns überkommt ein eigenartiges Kribbeln, wenn ihre Wirkung auch nur ein bißchen nachläßt, zum Beispiel, wenn wir in der Gondel eines Riesenrads abwärts zu fahren beginnen. Unendlich vieles noch bewirkt die Schwerkraft: Sie hält die Lufthülle der Erde fest, richtet alle (gehenden und stehenden) Menschen mit den Füßen zum Erdmittelpunkt aus, läßt den Regen aus den Wolken herabfallen wie den Apfel vom Baum, gibt den Fernsehtürmen Festigkeit, holt den Ball nach jedem Wurf wieder zur Erdoberfläche zurück und weist jedermann sein „Oben" und sein „Unten" zu. Allerdings „hilft" sie auch ab und zu, Porzellan in Scherben zu verwandeln, und uns erlaubt sie – siehe oben! – keine großen Sprünge. Es ist nicht möglich, sie abzuschirmen oder auszuschalten. Und doch träumten die Menschen davon, ihr entgegenzuwirken und sie dort zu überwinden, wo sie ihnen hinderlich war. Warum sollte es nur den Vögeln gelingen, der Erdanziehung zu trotzen? Schon vor fast fünfhundert Jahren befaßte sich Leonardo da Vinci, ein genialer italienischer Bildhauer, Baumeister, Mathematiker, Naturforscher, Schriftsteller und Maler (1452 bis 1519), mit der Nachahmung des Vo-



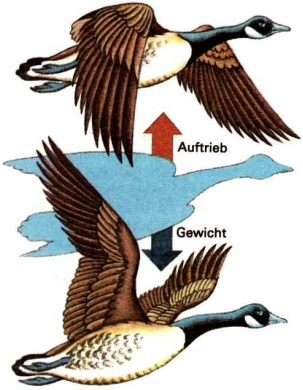
Dank der Schwerkraft fällt niemand und nichts von der Erde „herunter".



Das Gewicht ist die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird.



Der Gewichtheber setzt der Erdanziehung die Kraft seiner Muskeln entgegen.



Schon von jeher interessierte die Menschen das Geheimnis des Vogelflugs. Über die Lösung dieses Rätsels führte der Weg zum Flugzeug. Entscheidend sind die Flügel. Auf ihre Unterseite drückt die vorbeiströmende Luft. Oben entsteht ein Sog. Das ergibt den nötigen Auftrieb.

Der Schneider von Ulm

Bischof, ich kann fliegen
Sagte der Schneider zum Bischof.
Paß auf, wie ich's mach!
Und er stieg mit so 'nen Dingen
Die aussahn wie Schwingen
Auf das große, große Kirchendach.

Der Bischof ging weiter.
Das sind lauter so Lügen
Der Mensch ist kein Vogel
Es wird nie ein Mensch fliegen
Sagte der Bischof vom Schneider.

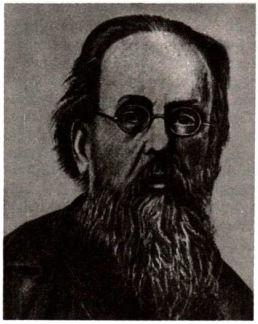
Der Schneider ist verschieden
Sagten die Leute dem Bischof.
Es war eine Hatz.
Seine Flügel sind zerspellet
Und er liegt zerschellet
Auf dem harten, harten Kirchenplatz.

Die Glocken sollen läuten
Es waren nichts als Lügen
Der Mensch ist kein Vogel
Es wird nie ein Mensch fliegen
Sagte der Bischof den Leuten.

Waleri Tschkalow, ein sowjetischer Testpilot, und seine Mannschaft flogen 1937 mit einer ANT-25 ohne Zwischenlandung von Moskau über den Nordpol nach Nordamerika. 12 000 km! Das war damals Langstreckenweltrekord.

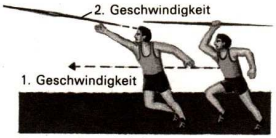
gelflugs. Er entwarf und zeichnete Flugmaschinen mit beweglichen Schwingen. In die Praxis überführen konnte er seine kühnen Pläne noch nicht, denn sie eilten ihrer Zeit zu weit voraus. Immer besser wurde seither erkannt, was die Vögel zum Fliegen befähigt: An ihren Schwingen entsteht eine Kraft, die gegen die Erdanziehung (und damit das Gewicht) wirkt. Das ist der Auftrieb. Ihn erhalten auch die Tragflügel eines Flugzeugs. Der erste Mensch, der sich mit einem Flugapparat in die Lüfte erhob, war der Berliner Ingenieur Otto Lilienthal. Er erreichte Weiten zwischen 15 m und 350 m. 1896 verunglückte er bei einem solchen Flug tödlich. Bald darauf wurden die ersten Motorflugzeuge gebaut. 1909 gelang damit dem französischen Piloten Bleriot der erste „Sprung" über den Ärmelkanal zwischen Frankreich und England, und achtzehn Jahre später überquerte der amerikanische Postflieger Charles Lindbergh in 33stündigem Flug als erster den Atlantischen Ozean. Das war bereits ein Satz von 6000 km. Fortan verkürzte der Flugverkehr die Reisezeiten zwischen Europa und Amerika so, als ob die Erdteile näher aneinandergerückt wären. Doch die Menschheitsträume gingen weiter. Noch vor Lilienthal gab es bereits Planungen und Berechnungen für Flüge ganz anderer Art – für den vollständigen Sieg über die Erdanziehungskraft.





Konstantin Ziolkowski (1857 bis 1935) war Lehrer. Er lebte in Kaluga in der Nähe von Moskau. Schon in seiner Jugend befaßte er sich mit Plänen zu Raketen und Raumschiffen. Aber damit eilte er den Möglichkeiten seiner Zeit und seines Landes um viele Jahre voraus. Nachdem sein Schaffen unter der Sowjetmacht neuen Auftrieb erhalten hatte, legte er 1929 seine Arbeiten über „Raketenzüge" vor. Fünf Jahre später wurde der Mensch geboren, der damit als erster die Erdanziehung überwand – Juri Gagarin.
Neben Ziolkowski gehören Hermann Ganswindt, Hermann Oberth, Eugen Sänger und Wernher von Braun (führender Raketen- und Raumfahrtspezialist im faschistischen Deutschland; ging nach Kriegsende in die USA) zu den bekanntesten Raumfahrt- und Raketenforschern. In der Sowjetunion vollbrachte Sergei Koroljow (1907 bis 1966) herausragende Leistungen auf diesem Gebiet.

Wird die zweite Stufe einer zusammengesetzten Rakete gezündet, dann erhält sie die Geschwindigkeit der ersten mit. Ähnlich ist es beim Speerwerfen. Dort müssen ebenfalls zwei Geschwindigkeiten addiert werden: die des Anlaufs und die des Wurfs.
Viel weiter flöge der Speer, wenn er mit Anlauf und in Fahrtrichtung von einer schnell bewegten Plattform abgeworfen würde, denn dann wären drei Geschwindigkeiten zu addieren. In bezug auf diese Addition (und nur darauf) gliche unser Wurfgeschoß einer Dreistufenrakete. (Die fliegt gegebenenfalls zum Brennschluß so schnell, daß sie die Erdanziehungskraft überwinden kann.)



Speerwerfen mit Anlauf

Wege aus der Wiege

„Die Erde – unser Planet – ist die Wiege des Menschen, aber man kann nicht ewig in der Wiege leben." Diesen Satz schrieb ein Pionier des Fortschritts, der in seinen Gedanken Jahrzehnte und Jahrhunderte übersprang. Er träumte von einer fernen Zukunft. Aber er sah sie nicht in verschwommenen Bildern, sondern klar umrissen, denn er kleidete seine Überlegungen in exakte Formeln. Noch war das erste Flugzeug nicht aufgestiegen, da rechnete er schon an den Grundlagen für viel schnellere und weitere Flüge, für Vorstöße dorthin, wo es keine Luft und keinen Auftrieb mehr gibt – in den Weltraum. Heute gilt er als der „Vater" der Raketentechnik und Raumfahrt: Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski. Als er seine ersten Arbeiten über Raketen und Raumschiffe verfaßte, war an die Verwirklichung seiner Vorstellungen überhaupt nicht zu denken, lebte er doch in einem der rückständigsten Länder Europas, im zaristischen Rußland. Vier Fünftel seiner Landsleute konnten weder lesen noch schreiben, und die Produktivkräfte des Zarenreichs waren auf Dreschflegel und Pferdekut-



Die Kraft, mit der die Verbrennungsgase aus der Raketendüse ausgestoßen werden, ist genauso groß wie die, die nach der entgegengesetzten Richtung wirkt und die Rakete „wegschiebt". Je mehr Gase in einer bestimmten Zeit verbrennen und je schneller sie ausströmen, um so größer wird die Geschwindigkeit der Rakete.



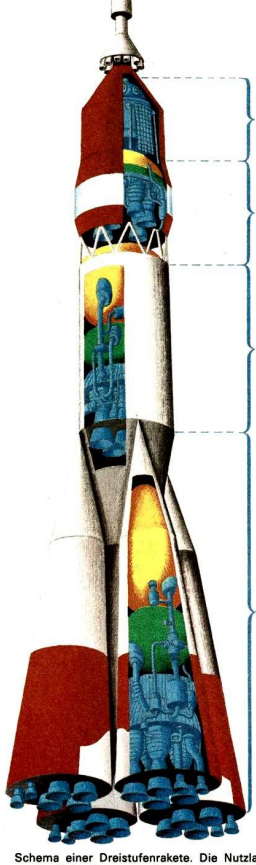
Speerwerfen von fahrender Plattform

schen eingestellt, aber nicht auf komplizierte Maschinen oder gar Flugapparate. Viel Geld gab der allgewaltige Zar für seine rauschenden Feste aus, keinen Rubel für solche Zukunftsideen. Das änderte sich mit einem Schlag: Als Ziolkowski sechzig Jahre alt war, feuerten Matrosen des Panzerkreuzers „Aurora" einen Kanonenschuß ab, der ein neues Zeitalter einleitete. Die Sowjetmacht führte Rußland aus seiner Rückständigkeit. Schon kurz nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution erteilte Lenin den Auftrag zur Entwicklung moderner Raketen. Dazu fand in Moskau eine Erfinderkonferenz statt. Auf ihr wurde Ziolkowski mit einer lebenslänglichen Ehrenrente ausgezeichnet. Am 17. August 1933 – zwei Jahre vor seinem Tod – startete die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete. Sie flog noch nicht in kosmische Höhen empor und wurde von der Erdanziehungskraft bald zurückgeholt. Etwa zur gleichen Zeit erschien in Deutschland „Der Große Brockhaus", ein zwanzigbändiges Lexikon. Darin wird die Raumschifffahrt als ziemlich aussichtslos hingestellt, denn unter diesem Stichwort steht nachzulesen, daß die Überwindung der Erdschwerkraft „nicht möglich sein dürfte".

Im Gegensatz dazu war Ziolkowski zu sehr optimistischen Erkenntnissen gelangt. Zum Beispiel: Mit Hilfe von Raketen ist es möglich, die Erdanziehungskraft und den Luftwiderstand vollständig zu überwinden. Welche Geschwindigkeit eine Rakete hat, nachdem ihr gesamter Treibstoff verbraucht ist, das läßt sich genau vorausberechnen. Zum Verlassen der Erde müssen mehrere Raketen zu „Raketenzügen" ineinandergeschachtelt werden. (Wir nennen sie heute Mehrstufenraketen. Ist die eine Stufe leergebrannt, wird sie abgestoßen und die nächste gezündet.) Als Brennstoff eignet sich flüssiger Wasserstoff in Verbindung mit flüssigem Sauerstoff.

Für die End- oder Brennschlußgeschwindigkeit stellte Ziolkowski eine mathematische Formel auf. Sie erwies sich als so bedeutend, daß sie heute als die „Grundgleichung der Rakete" bezeichnet wird. Sehr wichtig ist in ihr ein bestimmtes Verhältnis. Es errechnet sich, indem die Masse der vollgetankten Rakete durch die der leergebrannten dividiert wird. (Der Quotient liegt bei vielen Raketen zwischen 3 und 4.) Auf die gleiche Formel kam, unabhängig von Ziolkowski, der deutsche Forscher Hermann Oberth.

Nun sind Raketen allein nur Transportmittel. Ziolkowski dachte auch an ihre Nutzlasten. Er war überzeugt, daß mächtige „Raketenzüge" einst Menschen und Baumaterial in den Weltraum tragen würden. Sinngemäß formulierte er: Für die Erforschung des Sonnensystems gibt es einen einfachen Weg. Zunächst müssen „Siedlungen" außerhalb der Erde errichtet werden, die den Heimatplaneten wie Monde umkreisen. – Die ersten Schritte in dieser Richtung sind getan. Aber bis zur Weltraumsiedlung ist es noch sehr weit.



Schema einer Dreistufenrakete. Die Nutzlast an der Spitze kann aus einem Raumschiff bestehen. Beim Aufstieg umhüllt ein Schutzkegel die wertvolle Fracht. Wichtig ist, daß für die Verbrennung des Treibstoffs genügend Sauerstoff mitgeführt wird, denn den gibt es im luftleeren Raum nicht.

Flugzeuge können die Erdatmosphäre nicht verlassen. Sie brauchen die Luft zum Fliegen. Dagegen funktioniert der Raketenantrieb auch im luftleeren Raum – und da sogar besonders gut, weil dort kein Luftwiderstand mehr zu überwinden ist.



Der Kosmosobelisk in Moskau mit dem Ziolkowskidenkmal

Die Schwerkraft besiegt

Anfang Oktober 1957 berieten in der spanischen Stadt Barcelona Wissenschaftler aus neunzehn Ländern mehrere Tage lang über die künftige Weltraumfahrt. In vielen Vorträgen wurden Theorien dargelegt, wie die Erdanziehungskraft am besten bezwungen werden könne und was auf diesem Weg als nächstes zu tun sei. Da traf eine Nachricht ein, die beinahe wie eine Rakete im Konferenzsaal einschlug. Der erste künstliche Mond, der erste von Menschen aufgelassene Flugkörper, der die Fessel der Schwerkraft gesprengt hatte, zog bereits über den Köpfen der Tagungsteilnehmer seine kosmische Bahn!

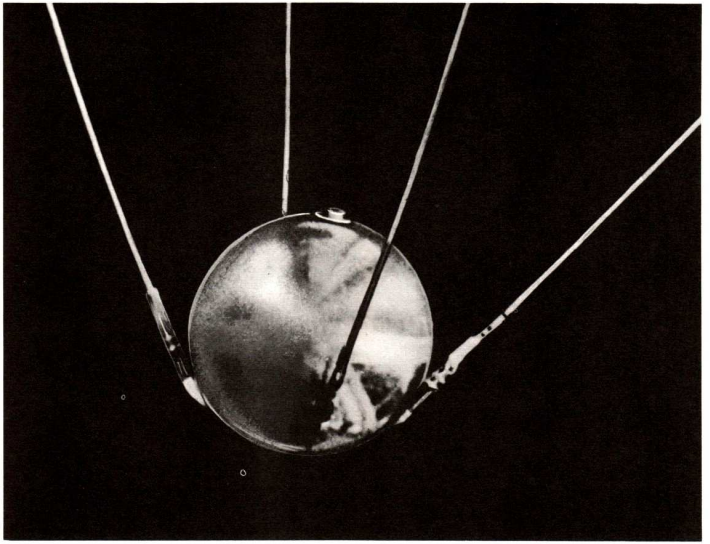
Ein jahrtausendealter Traum der Menschheit war Wirklichkeit geworden. Die Meldung kam von der sowjetischen Nachrichtenagentur TASS. Kurz und knapp hieß es darin: „Am 4. Oktober 1957 wurde in der Sowjetunion der erste Satellit erfolgreich gestartet." Dieser kleine Mond erhielt den Namen „Sputnik". Das bedeutet dasselbe wie Trabant oder Satellit – nämlich Begleiter. Die englische „Sonntagsillustrierte" schrieb: „Die Tore zum Weltall sind offen. Hinter der Schwelle befinden sich die Geheimnisse der Milchstraße. Aber über dem Torweg weht die rote Fahne."

Der neue Himmelskörper bewegte die Menschen in aller Welt. Denen aber, die sich noch nie mit Ziolkowski und seinen Gedanken beschäftigt hatten, wollte manches nicht in den Kopf. Das begann bei der Geschwindigkeit. Mit 28 000 Kilometern in der Stunde raste die piepsende Kugel dahin. Auch ihre Höhe mußte mit neuen Maßstäben gemessen werden. Sie übertraf die der modernen Verkehrsflugzeuge um das Hundertfache. Wurden diese Zahlen noch hingenommen, so erschien es fast wie Hexerei, daß der die Erde umkreisende künstliche Satellit gar keinen Motor hatte, daß er losgelöst von seiner Trägerrakete seine Runden zog. Muß nicht ein Kraftfahrer auf dem Weg von Dresden nach Berlin zwei Stunden lang ständig aufs Gaspedal treten?

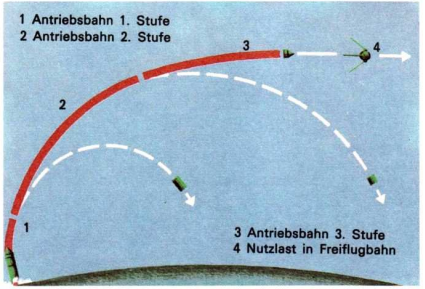
Wie sollte es da möglich sein, daß bei dem Himmelstrabanten wenige Minuten Raketenantrieb für viele Millionen Flugkilometer ausreichten?

Die Erklärungen folgen aus Naturgesetzen. Wenn ein künstlicher Satellit nicht auf die Erde zurückfallen soll, dann muß er sie wie ein natürlicher Mond umrunden. (Bei dem fragt niemand nach dem Motor!) Diese Bahn entsteht durch das Gleichgewicht zweier Kräfte. Es kommt nur darauf an, daß der Erdanziehung die richtige Umlaufgeschwindigkeit entgegengesetzt wird. Sie muß in Erdnähe ungefähr 7,9 km/s betragen. Das läßt sich jedoch nur durch den Einsatz von Mehrstufenraketen erreichen.

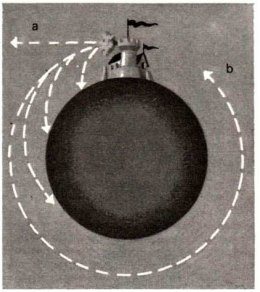
Die letzte Antriebsstufe des Sputniks flog, leergebrannt, ebenfalls viele Male um die Erde.

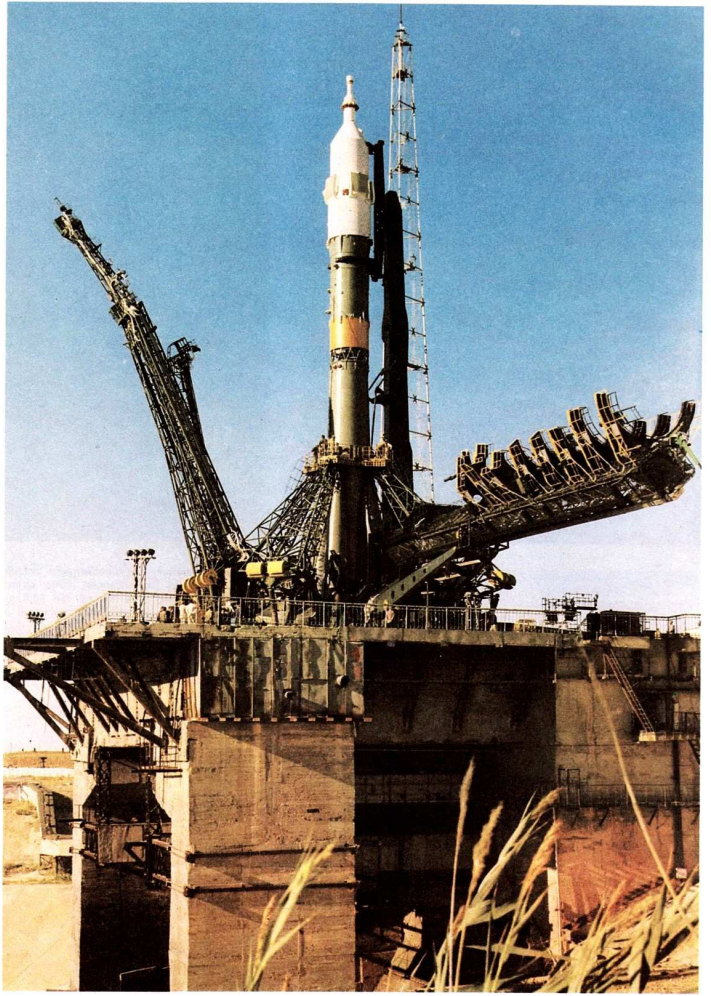


Der erste Sputnik, ein kugelförmiger Satellit mit vier langen Stabantennen, hatte 58 cm Durchmesser und eine Masse von 83,6 kg. Ausgerüstet war er mit zwei Sendern und Meßfühlern für die Innentemperatur und den Innendruck. Sein größter Erdabstand betrug 947 km. Anfangs brauchte er für eine Erdumrundung 96 Minuten. Ohne Antrieb legte er über 60 Millionen Kilometer zurück.



Ohne die Erdanziehungskraft schlüge ein waagerecht abgefeuertes Geschoß die Bahn a ein. In Wirklichkeit wird es auf eine Kurve gezwungen. Flöge es aber zehnmal so schnell wie eine Gewehrkugel, geschähe etwas Unglaubliches: Es fiele um die Erde herum auf einer Bahn b; denn dann halten sich Erdanziehungs- und Fliehkraft (das ist die Kraft, die uns bei Kurvenfahrten nach außen drückt) genau die Waage. So war es erstmalig bei Sputnik 1. Doch selbst die sehr dünne Höhenluft bremste ihn noch ein wenig, so daß er allmählich tiefer sank und verglühte. Wie solche künstlichen Himmelskörper durch Mehrstufenraketen auf ihre Bahn gebracht werden, zeigt obiges Bild.



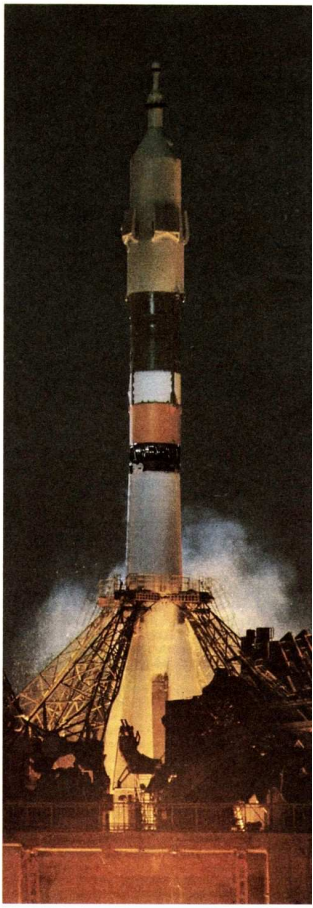


Zwei — eins — null!

Die letzte Minute vor dem Start einer dreistufigen Rakete ist angebrochen. Wie ein aufgestellter Riesenbleistift steht sie auf ihrem hohen Tisch. Er verschafft ihr Platz nach unten — für den Ausstoß der Verbrennungsgase. Längst sind die stählernen Versorgungsarme von der Startrampe zurückgekippt. Niemand hantiert mehr in der Nähe. Der Leiter des Startkommandos beginnt zu zählen. Rückwärts! „Sechzig, neunundfünfzig, achtundfünfzig . . . " Weithin hallt seine Stimme durch die Lautsprecher, „. . . vier, drei, zwei, eins, null!" Da drückt der Mann am Steuerpult im unterirdischen Kommandobunker auf einen Knopf, und der ferngesteuerte Raketenmotor zündet. Donnernd schießt ein Feuerstrahl der Erde entgegen. Der lange, schlanke Rumpf erzittert, und unter Heulen und Gedröhn setzt sich der „Raketenzug" langsam in Bewegung. Hunderte von Tonnen heben sich, vom Rückstoß geschoben, senkrecht empor. Den größten Anteil an dieser Masse hat der Treibstoff. Er verbrennt in großen Mengen. Anfangs werden tausend Kilogramm in der Sekunde kaum reichen. Ständig verändern sich die Werte: leerer die Tanks — leichter die Last, schwächer die Erdanziehung — größer die Geschwindigkeit.

Flammen und Rauch hüllen den Startplatz ein. Vor dem Übergriff des Feuers schützt ihn eine dicke Betonschicht. Weit und breit ist kein Gebäude zu sehen. In sicherer Entfernung stehen die Beobachter. Über Kopfhörer empfangen sie weitere Meldungen, wie „Flugzeit jetzt 70 Sekunden — Geschwindigkeit 500 Meter in der Sekunde". Nach 530 Sekunden heißt es: „Dritte Antriebsstufe abgesprengt — Erdumlaufbahn erreicht — Geschwindigkeit 8 Kilometer in der Sekunde." Im Flugleitzentrum wird angespannt gearbeitet.



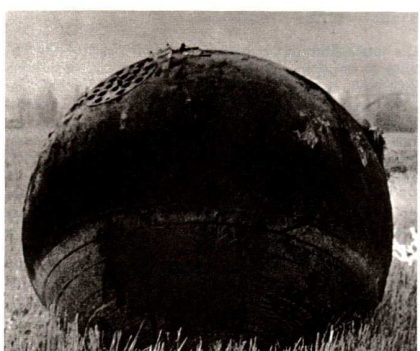


Blick in das Flugleitzentrum der UdSSR zur Zeit eines Raumflugs. Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen überwachen den Flug des Raumschiffes.



Juri Gagarin (1934 bis 1968) flog mit dem Raumschiff „Wostok 1" um die Erde. (Bild oben rechts zeigt die Landekapsel.) Wegen seiner hervorragenden geistigen, körperlichen und charakterlichen Eigenschaften und seines Könnens als Flieger wurde er unter vielen Bewerbern für den ersten bemannten Raumflug ausgewählt. Sein Leben endete durch ein Flugzeugunglück.

So ohne weiteres kann der Mensch nicht im Weltraum leben. Schon wenige Kilometer Abstand von seinem Planeten bereiten ihm große Schwierigkeiten. Zum Beispiel braucht er „normale" Luft zum Atmen. Ist sie zu dünn, droht ihm der Erstickungstod. Darum mußte Juri Gagarin, nachdem er aus seinem Raumschiff herauskatapultiert war, mit Atemluft versorgt werden. Dazu befand sich an seinem Schleudersitz, mit dem er draußen noch eine Weile verbunden blieb, ein Behälter. Von dort strömte Sauerstoff in seinen dicht verschlossenen Helm. Erst in den unteren Luftschichten, wo das Atmen ohne Hilfe möglich ist, wurden Kosmonaut und Sessel getrennt.
Alle Raumschiffe, in denen Menschen fliegen, sind mit vielen Einrichtungen zur Lebenserhaltung ausgerüstet. Dazu gehören unter anderem Anlagen zur Sauerstoff-, Wasser- und Nahrungsmittelversorgung sowie zur Luftreinigung und -erneuerung. Auch Toiletten und Mülltonnen müssen sein. Wichtig ist ferner die Klimaregelung und der Schutz der Raumfahrer vor schädlichen Strahlen aus dem Weltraum. Für den Ausstieg zu Außenarbeiten werden spezielle Raumanzüge gebraucht. (Sie führen auch den nötigen Sauerstoff mit.) Zusammengenommen bedeuten all die Einzelheiten, daß der Mensch einen Teil seiner Erdumwelt in den Kosmos mitnehmen muß.



Die dritte Entdeckung der Erde

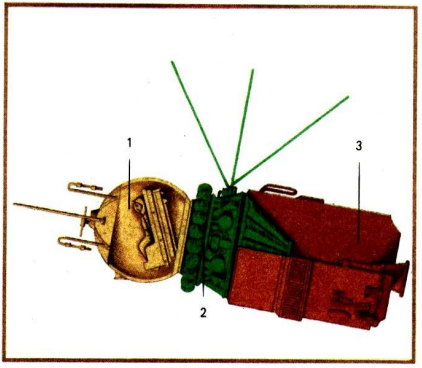
Juri Gagarin

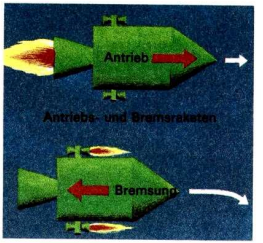
Seit Jahrhunderten wurde gelehrt, die Erde gliche einer Kugel. Doch niemand hatte das gesehen. In Büchern stand die Schwerelosigkeit beschrieben. Aber Erfahrungen dazu gab es nicht. Es waren Theorien aufgestellt. Doch die Probe fehlte. Sicherlich sprachen Lehrer irgendwo auf der Welt auch in den Morgenstunden des 12. April 1961 über die Schwerkraft und die Erdgestalt.
Begonnen hatte dieser Tag wie viele andere. Das Leben schien im gewohnten Rhythmus zu verlaufen. Da unterbrachen plötzlich alle Rundfunksender ihr Programm. Wieder, wie schon vor dreieinhalb Jahren, verbreitete TASS eine weltbewegende Nachricht. Die Mitteilung lautete: „Am 12. April 1961 ist in der Sowjetunion zum ersten Mal in der Welt ein Raumschiffsputnik . . . mit einem Menschen an Bord auf die Reise um die Erde geschickt worden. Der Pilot des Raumschiffes, des Sputniks ‚Wostok', ist . . . Fliegermajor Juri Alexejewitsch Gagarin. Der Start der mehrstufigen kosmischen Rakete verlief erfolgreich, und nachdem das Raumschiff . . . sich von der letzten Stufe der Trägerrakete losgelöst hatte, begann es mit dem freien Flug auf einer Bahn um die Erde . . . Mit dem Raumfahrer Gagarin be-

steht zweiseitige Funkverbindung." Weltweit konnte die Stimme des ersten Kosmonauten empfangen werden. Nach einer Erdumrundung in 108 Minuten landete er wohlbehalten in dem vorausbestimmten Gebiet in seinem Heimatland.

Was für ein Tag! Wieder war ein unvergänglicher geschichtlicher Meilenstein gesetzt worden. Gagarin trat neben Kolumbus, Copernicus und Galilei in die Reihe der großen Entdecker und der Pioniere auf dem Weg der Menschen vom Niederen zum Höheren. Noch in ferner Zukunft wird seine Tat gewürdigt werden. Dem Sinn nach vielleicht so: Bis 1961 lebten Menschen schon einige hunderttausend Jahre auf der Erde. Aber sie waren förmlich an sie gefesselt — durch die Schwerkraft. Darum sahen sie von ihrem Planeten immer nur kleine Flächen. Die reichten jedoch nicht aus, seine Krümmung zu erkennen oder gar die Kugelform. Was in den großen Wäldern vor sich ging oder in den Wüsten und Ozeanen, das konnten die Erdenbewohner nicht übersehen. Es war, als berührten sie ein Buch mit der Nase und wollten darin lesen. Daran änderte sich auch nicht viel, als sie in Flugzeugen und Ballons aufstiegen, denn deren Höhe blieb gering. Sehr mühselig, Fleckchen für Fleckchen, mußte die Erde erkundet werden. Mit einem Male verwandelten sich die vielen kleinen Schritte in einen großen Sprung. Das geschah am 12. April 1961. An diesem Tag zerriß Juri Gagarin die Kette der Schwerkraft, und als erster Mensch konnte er sagen: Ich sehe die Erdkrümmung. Ich fühle mich gut im schwerelosen Zustand. Damit leitete er eine neue Entdeckung der Erde ein — die aus dem Weltraum. Sie brachte der Menschheit großen Nutzen.

Viele Kosmonauten folgten auf Juri Gagarin. Ewig bleibt der Ruhm des ersten.

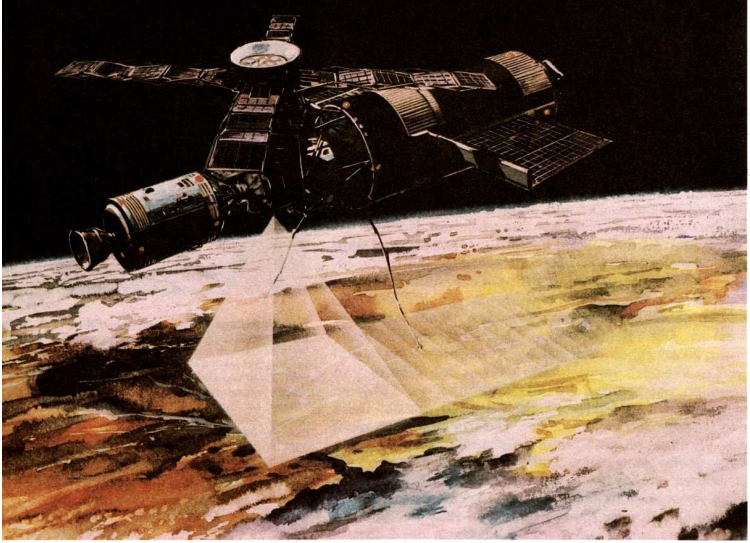




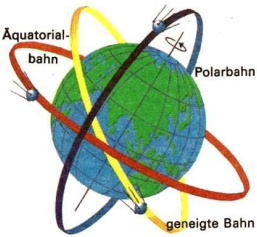
Der unbemannte Sputnik 1 war beim Niedergehen verglüht und verdampft, denn die Reibung an der Luft hatte ihn bei seinem schnellen Flug auf mehrere tausend Grad Celsius erhitzt. Bevor ein Mensch in einem Raumschiff fliegen konnte, mußte für seine sichere Rückführung zur Erde gesorgt sein. Das wurde vor dem 12. April 1961 in der Sowjetunion mehrfach erprobt. Die ersten Lebewesen, die aus dem Kosmos zurückkehrten (am 20. August 1960), waren zwei Hunde. Das Hauptproblem besteht darin, die Geschwindigkeit vom freien Flug bis zur Landung von 8000 m/s auf 5 oder 6 m/s herabzumindern und dabei das Raumschiff vor zu starker Hitzeentwicklung zu schützen. Gebremst wird in mehreren Etappen. Bei Gagarins Flug verliefen sie etwa so: Zündung der Bremsraketen und dadurch Einbiegen des Raumschiffs in die Abstiegsbahn, weiteres Abbremsen zunächst allein durch die Luft und dann durch Bremsklappen und einen Stahlbänderfallschirm, Trennung des Geräteteils mit dem Hitzeschutzschild von der Pilotenkabine, Katapultflug des Kosmonauten aus der Kabine, Landung am (Stoff-) Fallschirm. Für Mensch und Technik ein sehr schwieriges Manöver! Während der Geräteteil in der Erdatmosphäre verglühte, schwebte die kugelförmige Kapsel an einem zweiten riesigen Fallschirm zur Erde nieder. (Insgesamt sorgte ein ganzes System von Brems-, Haupt- und Reservefallschirmen für die sichere Rückkehr.) Gagarin hätte den Aufprall auch innerhalb seiner Kabine gut ertragen können, aber es gab dafür ja noch keine Erfahrungen. Heute verbleiben die Raumfahrer bis zum Aufsetzen im Landeteil ihrer Raumschiffe.

Gagarins Raumschiff „Wostok": 1 Pilotenkabine (2,3 m Durchmesser) mit Schleudersitz, 2 Geräteteil mit Bremstriebwerk und Hitzeschutzschild, 3 Raketenendstufe mit Haupttriebwerk.

So schwer wie Eisen wird der Körper durch den Druck beim Aufstieg. Im Liegen verträgt der Mensch ihn besser, vor allem, weil sein Herz das Blut dann leichter durch den Körper pumpen kann. Ganz anders fühlte sich Gagarin, als die Umlaufbahn erreicht war und die Schwerkraft durch die Fliehkraft ausgeglichen wurde. „Alle Bewegungen", berichtete er, „waren auf einmal leichter auszuführen. Ich hing in der Luft. Den Notizblock mußte ich festhalten, sonst schwamm er davon."



Künstliche Satelliten fliegen auf unterschiedlichen Bahnen um die Erde. Während die Flugbahn ihre Lage annähernd beibehält, das heißt im Raum fast stabil bleibt, dreht sich die Erde ständig weiter um ihre eigene Achse. Dadurch erscheinen folgende Gebiete nach und nach unter dem Satelliten: beim Flug über die Pole die gesamte Erde, bei der Äquatorialbahn nur ein Streifen um den Äquator und bei geneigten Bahnen eine Zone, die mit zunehmendem Neigungswinkel immer breiter wird.



Die meisten künstlichen Satelliten leuchten nicht von selbst. Sie glänzen vielmehr im Sonnenlicht. Daher können sie nur in den ersten und den letzten Nachtstunden beobachtet werden. Der Beobachtungsort muß im Dunkeln liegen, der Satellit aber noch von der Sonne beschienen werden.

Die amerikanische Raumstation „Scylab" (Himmelslaboratorium), gekoppelt mit einem Apollo-Raumschiff, beim fotografischen Abtasten der Erde. Aufgespürt wurden dabei unter anderem eine Kupferlagerstätte im Westen der USA und von Pflanzenschädlingen befallene Gebiete in Mexiko.

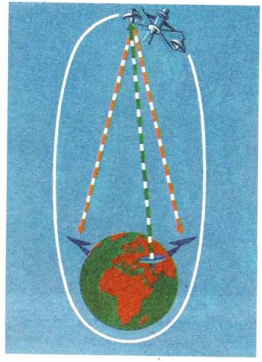
Vom Himmel herab

Auf dem Raumfahrtkongreß 1973 in Baku zog der Präsident der Internationalen Astronautischen Föderation einen bildhaften Vergleich. Früher, sagte er, habe der Mensch von der Erde in den Himmel geschaut. Nun sei die Zeit für die Umkehrung dieser Richtung gekommen, für den Blick vom Himmel zur Erde herab. Hunderte von Satelliten, bemannt und unbemannt, sind seit Gagarins Pionierflug gestartet worden. Sowjetische und amerikanische Raumstationen, wie „Salut" und „Scylab", umkreisten lange Zeit die Erde. Wochenlang arbeiteten Besatzungen in diesen fliegenden Laboratorien, und mehrfach wechselten die Mannschaften. Raumschiffe bewährter Typen („Sojus"/Sowjetunion und „Apollo"/USA) dienten ihnen zum Hin- und Rückflug und zu Materialtransporten. Zu den Hauptaufgaben gehörte die Beobachtung irdischer Erscheinungen. Dazu sind viele Satelliten mit Spezialkameras ausgerüstet. Die können sogar das erfassen, was für unser Auge im unsichtbaren Bereich des Lichts liegt. Auch sogenannte Falschfarbenaufnahmen tragen zur Erforschung der Erde aus dem Weltraum bei. Auf ihnen erscheinen grüne Wiesen

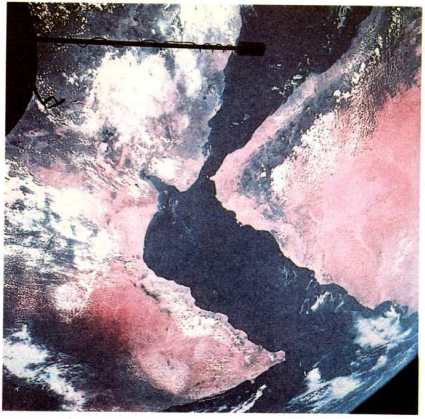
und gesunde Bäume rot, kranke Pflanzen dagegen blaugrün. Das kann sowohl der Forst- als auch der Landwirtschaft helfen. Ein großer Vorteil der Satellitenaufnahmen besteht darin, daß sich sehr große Flächen auf ein einziges Bild bringen lassen. Zum Beispiel genügen für das Gebiet der DDR fünf bis zehn Aufnahmen aus 250 km Höhe. Eine Salut-Besatzung berichtete, daß die Ost- und die Westküste Südamerikas gleichzeitig zu sehen gewesen seien. In wenigen Tagen liefern Orbital- (kreisende) Stationen genauso viele Informationen über den Zustand unseres Planeten wie Flugzeuge in etlichen Jahren. Das erfordert jedoch eine gründliche Auswertung ihrer Fotos in irdischen Laboratorien und Wetterdienststellen. Vor allem durch bessere Wettervorhersagen mit Hilfe der Raumfahrt kam die Landwirtschaft in vielen Gebieten schon bald zu höheren Erträgen. Zeitungsüberschriften, wie „Satellitenfotos ‚lenken' Erntekolonnen" oder „Wettersatelliten geben Tips für Beregnungsanlagen", weisen darauf hin. Auch die geologische Erkundung erhielt „vom Himmel" manchen Hinweis, denn auf den Fernaufnahmen lassen sich Gebiete ermitteln, wo Erze oder Erdöl mit großer Wahrscheinlichkeit zu finden sein dürften. Nicht selten wurden Umweltverschmutzungen, zum Beispiel an Meeresküsten, erst aus dem Weltraum entdeckt, ebenso Waldbrände, heraufziehende Wirbelstürme oder Fischschwärme in den Ozeanen. Durch Satelliten wird die Bevölkerung dort, wo ein Vulkan oder ein Erdbeben auszubrechen droht, in naher Zukunft rechtzeitig gewarnt werden können. Schon jetzt nutzt die Raumfahrt den Menschen mehr, als sie kostet.



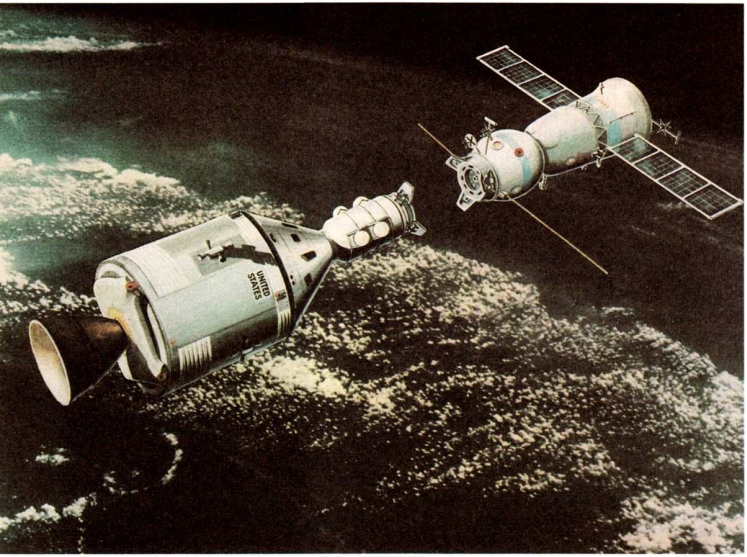
So sieht die Kamera die Bahn eines Raumschiffs (oder einer leergebrannten und abgesprengten Rakete) bei zwei Minuten Belichtung. Mit Hilfe eines Stativs gelingt ein solches Foto schon mit dem einfachsten Apparat. Täglich fliegen einige Dutzend Satelliten, darunter mehrere zu günstigen Zeiten, über die DDR hinweg.

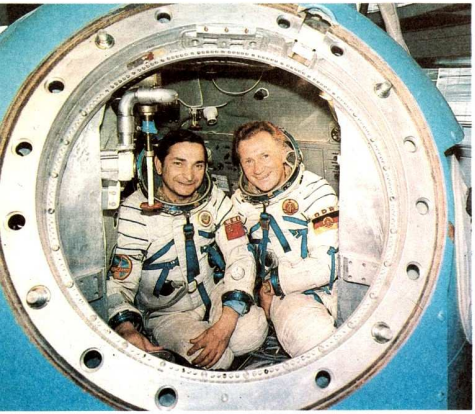


Wegen der Erdkrümmung haben Fernsehsender keine große Reichweite. Und dennoch konnten wir schon Direktsendungen aus anderen Erdteilen empfangen. Das Bild zeigt, wie Übertragungen nach entfernten Gebieten möglich sind. Der Nachrichtensatellit (hier ein sowjetischer „Molnija") fliegt so, daß er die längste Zeit in Funksicht ist. Noch besser eignen sich Übertragungssatelliten, die über dem Äquator zu stehen scheinen, denn sie geraten nie in den Funkschatten (auf die andere Erdhälfte). Ihre Bewegung muß genau der Erdrotation angepaßt sein. Dann bleiben sie immer über ein und demselben Äquatorpunkt. (Das kann nur in einer Höhe von rund 36 000 km geschehen.) Solche „geostationären" Satelliten gibt es seit einigen Jahren in größerer Zahl.



Aufgenommen aus dem Weltraum: der Golf von Aden. Es lohnt sich, einen Atlas zu nehmen und die Umrisse zu vergleichen. Wie viele Fotos hätten wohl von einem Flugzeug aus gemacht werden müssen, damit ein Gebiet von ähnlicher Größe erfaßt worden wäre? Es nutzt uns allen, wenn große Flächen auf einmal überblickt werden können. Zum Beispiel zeigt sich die Wetterentwicklung besser.





Einen Höhepunkt erreichte die Weltraumfahrt 1975 mit der Kopplung der bemannten Raumschiffe „Sojus" und „Apollo". Das Hauptexperiment dieses sowjetisch-amerikanischen Gemeinschaftsflugs war die Erprobung des Kopplungsmechanismus. Daneben wurden Versuche zur Herstellung verschiedener Legierungen (Metallmischungen) in einem Schmelzofen ausgeführt. Die kosmischen Hüttenwerker hoffen, künftig Stoffe erzeugen zu können, die so leicht sind wie Kork und so fest wie Stahl.

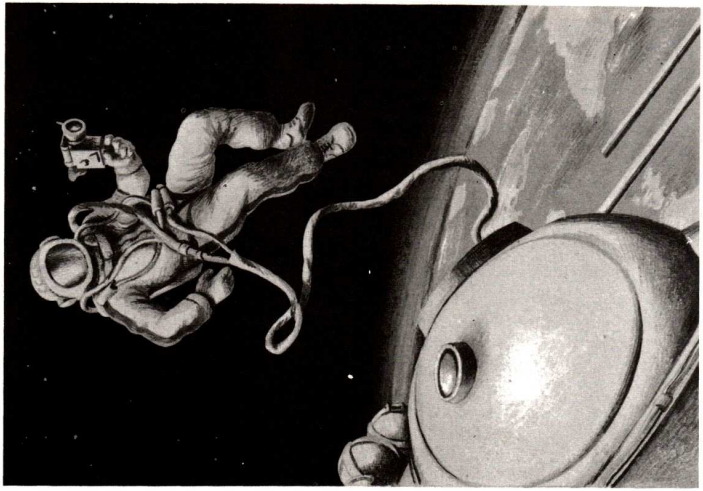
26. August 1978. Ein Tag für die Geschichtsbücher. Der erste Deutsche im All! An der Seite seines Kommandanten und Freunds Waleri Bykowski flog Sigmund Jähn in den Kosmos – zur gemeinsamen Forschung in der Raumstation „Salut 6". Schon kurz nach ihrer Rückkehr zur Erde (3.9.1978) stellten sich die beiden mutigen Kosmonauten in unserer Republik vor. Millionen urteilten über sie: freundlich, klug und sehr bescheiden.
In Morgenröthe-Rautenkranz im Vogtland, dem Geburtsort Sigmund Jähns, wurde ein kleines kosmisches Museum eingerichtet.
Nach 140 Tagen Aufenthalt in „Salut 6" (Langzeitweltrekord!) betraten im November 1978 auch Wladimir Kowaljonok und Alexander Iwantschenkow wieder heimatlichen Boden.

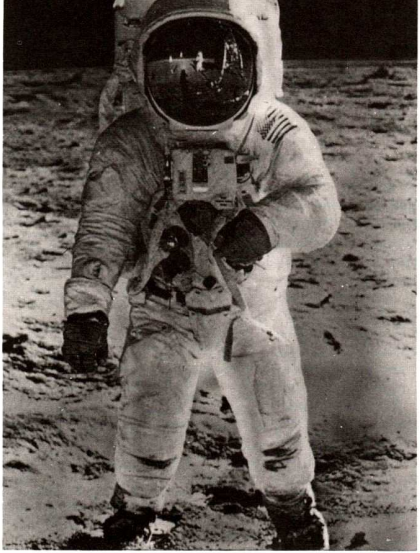
Kosmische Besuche

Menschen und Automaten

Auch der 20.7.1969 ist ein historisches Datum. An diesem Tag verwirklichte sich eine alte, phantastische Vorstellung der Erdenbewohner. Nicht ohne Ziel wollten sie die Schwerkraft überwinden. Die Krönung dieses Sieges sollte der Flug zu anderen Gestirnen sein. Nun war es soweit. Zum erstenmal gingen Menschen auf einem fremden Himmelskörper nieder. Die amerikanischen Raumfahrer Neil Armstrong und Edwin Aldrin landeten auf dem nächsten von allen, auf dem Mond. Damit öffneten sie eine weitere Pforte zum Weltall. Mit Mondgestein im Gepäck kehrten sie sicher zur Erde zurück. Noch fünfmal besuchten Amerikaner den Erdtrabanten. Sie entnahmen weitere Bodenproben, erkundeten größere Gebiete mit Jeeps und stellten Meßgeräte auf. Die Sowjetunion wählte einen anderen Weg. Sie ließ Gestein durch Automaten vom Mond holen. Menschen arbeiteten dabei nur im Flugleitzentrum. In Laboratorien vieler Länder wurde das Mondgestein sorgfältig untersucht. Größtenteils kamen Bestandteile zum Vorschein, die es auch auf der Erde gibt.

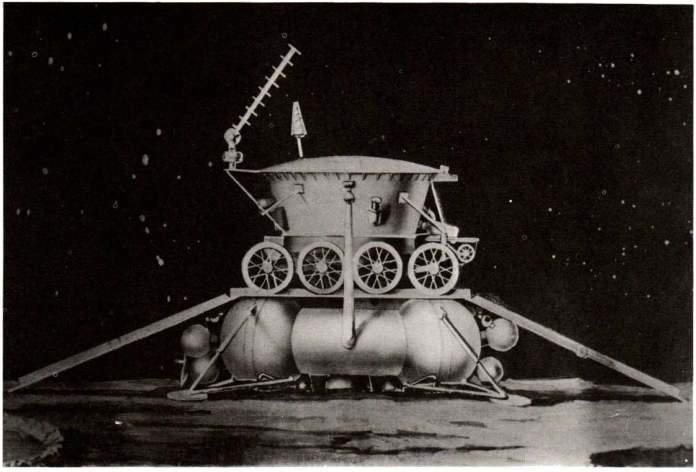
In nicht allzuferner Zukunft, vielleicht schon, wenn dieses Buch erscheint, werden sicherlich größere Forschungsstationen um die Erde kreisen. Sie werden ein weiterer Schritt sein auf dem Wege zu den „Siedlungen im Weltraum", von denen Ziolkowski geträumt hatte. Aber sie lassen sich nicht im ganzen hinaufbringen, sondern sie müssen auf ihrer Umlaufbahn Teil für Teil montiert werden. Das erfordert die Außenarbeit von „Monteuren".
Auch das wurde bereits erprobt. Am 18. März 1965 stieg der sowjetische Kosmonaut Alexej Leonow als erster Mensch während eines Satellitenflugs in den freien Raum hinaus. Natürlich trug er einen lebenerhaltenden Schutzanzug. Zehn Minuten lang flog er neben seinem Raumfahrzeug. Das war möglich, weil er dessen Geschwindigkeit mitbekommen hatte und weil er durch die sehr dünne Luft nur unmerklich gebremst wurde.
Da ihm ringsum weder ein Gegenstand noch ein Geräusch das ungeheure Tempo anzeigten, hatte er nicht das Gefühl, sehr schnell zu sein. Inzwischen nahmen Kosmonauten schon mehrmals Außenreparaturen an ihren Raumschiffen vor.





Edwin Aldrin auf dem Mond, fotografiert von Neil Armstrong, dem ersten Menschen, der je einen fremden Himmelskörper betrat.

Mit „Apollo 11" starteten die amerikanischen Astronauten Collins, Armstrong und Aldrin zur ersten Mondlandung. Eine mächtige Mehrstufenrakete brachte ihr Raumschiff auf eine Geschwindigkeit von rund 40 000 Kilometern in der Stunde. Damit konnte es den erdnahen Bereich verlassen. In der Nähe ihres Ziels trennte sich die Mannschaft, um ein schwieriges Manöver auszuführen. Armstrong und Aldrin stiegen in die Mondfähre „Eagle" (Adler) um, die vom Mutterschiff mitgeführt worden war, und setzten mit ihr den Flug selbständig fort. Kleinere Antriebs- und Bremsraketensätze ermöglichten ihnen die Landung und den Aufstieg. Währenddessen umkreiste der Pilot Collins mit dem Apollo-Hauptfahrzeug den Mond. Der Rückflug begann nach der Wiederankopplung von „Eagle". Zur Erde gelangte aber nur, wie bei allen Raumflügen, die Landekabine. Im Stillen Ozean ging sie mit den drei Astronauten nieder. Die bekamen damit ihr irdisches Gewicht wieder. Auf dem Mond hatten die Besucher von der Erde nur noch ein Sechstel davon gewogen. Wegen seiner kleineren Masse übt der Erdtrabant nämlich auch eine geringere Anziehungskraft aus. Daß die Astronauten etwas federnd und unsicher über den Mondboden gingen, lag an dieser Schwerkraftminderung. Der Raumfahrt bringt sie einen großen Vorteil: Bei Flügen vom Mond aus kann gegenüber den Starts von der Erde viel Treibstoff eingespart und darum mehr Nutzlast mitgeführt werden.



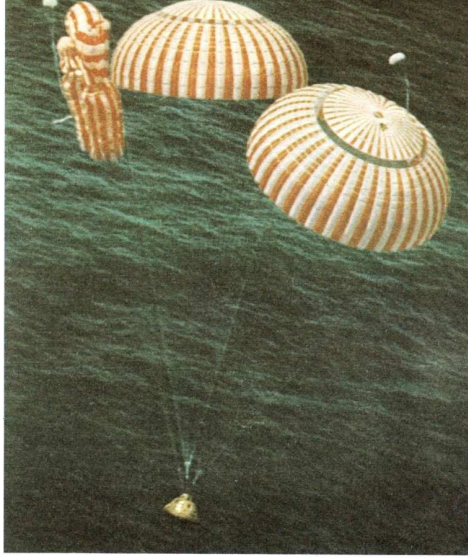
So kehrte „Apollo 15" vom Mond zurück. Riesige Fallschirme sorgten für ein langsames Niedergehen. Einer öffnete sich nicht. Trotzdem glückte die Wasserung.

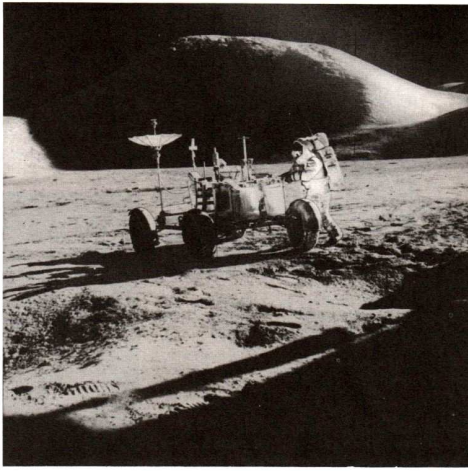


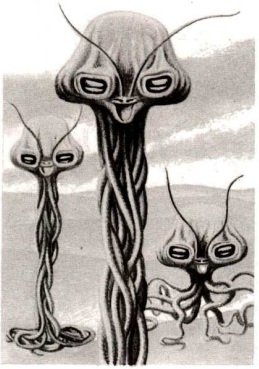
Bahn eines Raumflugkörpers von der Erde zum Mars, einem Nachbarplaneten. Weder der Mond noch die Planeten lassen sich auf dem kürzesten Weg erreichen. Wegen der Eigenbewegungen und der Anziehungskräfte dieser Himmelskörper erfordern solche Flüge komplizierte Berechnungen. Die können – wie bei allen Raumfahrtunternehmen – nur von Computern ausgeführt werden. Als erster Raumflugkörper gelangte die sowjetische Sonde „Venus 3" auf einen anderen Planeten – am 16.1.1965 auf die Venus. Seitdem werden Geschwister unserer Erde an Ort und Stelle immer wieder durch Automaten erforscht.

Mit einem Jeep unternahm die amerikanische Apollo-15-Expedition geologische Erkundungsfahrten auf dem Mond. Das Fahrzeug (Masse 209 kg) wurde von einem Elektromotor angetrieben. Zu seiner Ausrüstung gehörte unter anderem eine Farbfernsehkamera, so daß die Astronauten Scott und Irwin das, was sie bei ihren „Mondausflügen" sahen, teilweise direkt zur Erde übertragen konnten. Insgesamt legten sie mit ihrem Mobil eine Strecke von 30 km zurück. Dabei sammelten sie rund 80 kg Mondmaterial. Das soll helfen, die Geschichte unseres Himmelsnachbarn zu erforschen.

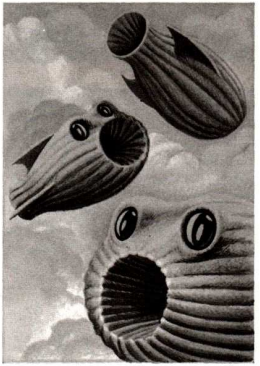
„Lunochod" (Mondgänger, s. Bild links), das erste irdische Fahrzeug, das auf einen anderen Himmelskörper entsandt wurde. Der unbemannte sowjetische Raumflugkörper „Luna 17" setzte es am 17. November 1970 auf dem Mond ab. Dort begann das Forschungsmobil zu rollen. Seine Fahrer dirigierten es von der Erde aus. Sie gaben Funkkommandos, und ihr Auto reagierte darauf. Es untersuchte Gesteinsproben auf ihre Zusammensetzung und funkte die Ergebnisse. „Lunochod 2" wiederholte und erweiterte die Experimente im Januar 1973. Dem Einsatz dieser beiden Mondfahrzeuge war eine andere technische Meisterleistung vorausgegangen: Vollautomatisch hatte „Luna 16" Mondbodenproben entnommen und zur Erde gebracht (September 1970).







„Marsbewohner" nannte der englische Schriftsteller H. G. Wells (1866 bis 1946) diese seltsamen, von ihm erdachten Wesen.



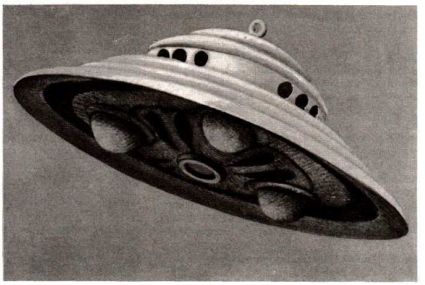
Phantasiedarstellung von „Jupiterlebewesen". Wie luftstrahlgetriebene Flugapparate schweben sie durch die dichte Atmosphäre.

Etliche Erdenbewohner wollten in den fünfziger und sechziger Jahren unseres Jahrhunderts unbekannte fliegende Objekte (UFOs) gesehen haben. Einer brachte sogar dieses Bild von einem „Raumschiff der Venusier" an. Er hätte es am 13. Dezember 1952, 9.10 Uhr, in einem Ort in Kalifornien (USA) aufgenommen. Später wurde der Schwindel entdeckt. Das Bild zeigte den Deckel einer alten Gaslaterne.

Gibt es die Venusier?

Von Angst und Entsetzen getrieben, rannten an einem Tag des Jahres 1938 viele Menschen kopflos durch die Straßen einiger Städte an der Ostküste der USA. Sie hatten im Radio schreckliche Dinge gehört. Die Martianer, die Bewohner des Planeten Mars, bis an die Zähne bewaffnet, waren in Amerika gelandet. Mit Waffen, gegen die sich die irdischen wie Spielzeug ausnahmen, wollten die fremden Krieger die Erde erobern. Doch nichts Derartiges geschah. Der Rundfunk hatte lediglich ein Hörspiel gebracht, gestaltet nach einem Buch des englischen Schriftstellers H. G. Wells aus dem Jahr 1898. Sein Titel hieß „Der Krieg der Welten".

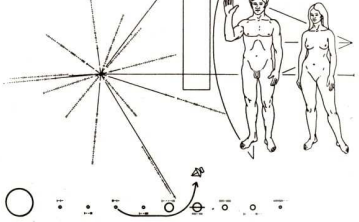
Dank der Raumfahrt und ihren Forschungsautomaten wissen wir heute mit Sicherheit, daß es weder Martianer noch Venusier (Bewohner der Venus) gibt, ja, daß außerhalb der Erde nirgends in unserem Sonnensystem menschliches Leben existiert. Nicht einmal Pflanzen oder Pflänzchen wurden auf den untersuchten Himmelskörpern gefunden. Also sind wir allein im Weltall? Niemand weiß es genau. Nur soviel steht fest: Falls wir im Kosmos Verwandte haben, dann leben sie weit weg von uns, außerhalb unseres Sonnensystems. Dort vermögen wir aber selbst mit unseren besten Fernrohren keine Planeten mehr zu entdecken. Beobachtet wurden nur Anzeichen für deren Existenz. Näheres ist nicht bekannt. Eine Minderheit von Forschern behauptet nun, daß das Leben auf der Erde eine Ausnahme, daß es einmalig im ganzen Weltall sei. Dem entgegen steht die Meinung der Mehrheit. Sie besagt, daß es noch viele bewohnte Planeten (außerirdische Zivilisationen) geben müsse. Schon Giordano Bruno vertrat diese Ansicht. Sie setzt voraus, daß erdähnliche Bedingungen wieder und wieder vorkommen. (Geeignete Temperatur, Vorhandensein von Luft und Wasser und anderes.) Aber eindeutige Beweise dafür, daß wir im Weltall nicht allein sind, fanden sich noch nicht. Alles, was bisher in





Die Terrasse von Baalbek im Libanon. Prächtige Bauten, von den Römern vor zweitausend Jahren errichtet, ruhen auf einem Unterbau aus riesigen Steinquadern. Die waren und sind Gegenstand vieler Spekulationen. Welches Alter haben sie? Wer hat sie behauen? Wie wurden die Kolosse transportiert? (1000 Tonnen Masse, 20 m Länge und 4 m Breite und Höhe!)
Schnell gelangte die menschliche Phantasie zu Raumfahrern von weit her. Die gewaltige Steinterrasse sei deren Lande- und Startplatz gewesen, und erst viel später hätten die ahnungslosen Römer darauf ihre Tempelbauten errichtet. Und die behindern nun eine gründliche Untersuchung der überdimensionalen rätselhaften Steinblöcke.

dieser Richtung vorgebracht wurde, stellte sich als Irrtum, als voreiliger Schluß oder gär als vorsätzliche Lüge heraus. Die Belegstücke, die für Besuche aus dem Weltraum zeugen sollten (Felszeichnungen, Steinterrassen), ließen meist noch andere Deutungen offen. Trotzdem wird die Hoffnung auf Kontakte mit außerirdischen Zivilisationen nicht aufgegeben. In den letzten Jahren wurden dazu viele Versuche unternommen. Sie erfordern vor allem Geduld, denn die Antworten sind nicht morgen oder übermorgen zu erwarten. In einem Fall werden bis dahin mindestens 48 000 Jahre vergehen. Aber noch wissen wir nicht, ob es für die Botschaften von der Erde überhaupt Empfänger gibt.



Ohne Ergebnis „horchten" in den letzten Jahren viele Radioteleskope das Weltall nach verschlüsselten Nachrichten ab. 1975 strahlten Funktechniker von Puerto Rico aus ein dreiminütiges Signal in Richtung des Kugelsternhaufens „M 13" ab. Eine Antwort darauf werden sie nie empfangen können, denn darauf müßten sie 48000 Jahre warten.

Eine vergoldete Aluminiumplakette mit einer Mitteilung für mögliche Bewohner fremder Planeten. Falls sie je von denkenden Wesen aufgefunden werden sollte, dann müßten die einige Angaben über die Absender herausfinden, z.B. wie die Menschen aussehen, wo sie wohnen und welchen Weg ihr „Briefträger" genommen hat.
Befördert wird diese Post von der amerikanischen Raumsonde „Pioneer 10", dem ersten Flugkörper, der unser Sonnensystem verlassen wird.



Der blaue Planet

Die sowjetischen Kosmonauten Boris Wolynow und Witali Sholobow berichteten 1976 aus der Orbitalstation „Salut 5":
„In unserer Freizeit bewundern wir unseren Planeten. Wir können nur nochmals bestätigen: Unsere Erde ist wunderbar und erinnert uns an eine Braut, die in einen durchsichtigen Schleier eingehüllt ist. Nur ist dieser Schleier nicht weiß, sondern hellblau. Durch ihn kann man ganz genau die Kontinente und Ozeane erkennen."
Alle Weltraumfahrer bemerkten den himmelblauen Saum rings um die Erde. Er entsteht durch die Streuung des Sonnenlichts in der Atmosphäre und hebt unseren „blauen Planeten" deutlich von anderen Himmelskörpern, zum Beispiel dem Mond, ab. Voll des Lobes waren die Raumflieger über ihre ferne Heimat. „Großartig", „prächtig", „interessant" und ähnlich lauteten ihre Prädikate für sie. Wie schön muß ein Mensch die Erde empfinden, der nach längerem Aufenthalt auf dem Mond, wo nichts grünt und blüht, zu ihr zurückkehrt! Er betritt geradezu ein Paradies. Noch wissen wir nicht, ob und wo es andere „Erden" gibt. Falls aber ähnliche belebte Planeten existieren (und einige Wissenschaftler rechnen mit sehr, sehr vielen), dann müßten zwischen ihnen große Unterschiede bestehen. Das Leben auf der Erde entstand nicht von heute auf morgen. Vielmehr dauerte seine Entwicklung Hunderte von Millionen Jahren. In so langer Zeit bildete sich der Mensch heraus. Also könnten woanders sowohl ein weit höherer als auch ein viel niedrigerer Stand anzutreffen sein, und die Verständigung wäre sicherlich sehr schwierig oder ganz unmöglich, denn mit Pflanzen und Tieren läßt sich kein Gespräch führen.
Vier Milliarden Menschen leben jetzt auf unserem Planeten. Im Jahr zweitausend werden es zwischen sechs und sieben Milliarden sein. Doch noch sind viele Millionen Menschen weit davon entfernt, die Erde als ein Paradies zu preisen.
„Ich kann nicht aufsehen, die Last ist zu schwer", sagt eine holzschleppende alte Frau in einem Gedicht von Erich Weinert, während neben ihr ein reicher Mann den Frühling, den Sonnenschein und den Blütenduft genießt. Auch Heinrich Heine forderte Gerechtigkeit:

„. . . Verschlemmen soll nicht der faule Bauch,
Was fleißige Hände erwarben."

Daß das Brot zum besten gedeiht und daß es gerecht verteilt wird, darum kämpften und kämpfen Sozialisten. Wohnlich für alle soll der blaue Planet werden.



Uralter Wald. Kein Baum grünt ewig, und Holz bleibt nicht für alle Zeiten Holz. So versanken vor Millionen von Jahren üppige Wälder im Moor. Unter Luftabschluß und Druck verhärtete sich das Holz. Schließlich entstand daraus Kohle. Je fester sie ist, desto höher ihr Heizwert. Er steigert sich von der Braun- über die Steinkohle bis zum Anthrazit.



Viele bunte und schöne Formen hat das Leben auf der Erde hervorgebracht.

Die Erde lebt

Vom Niederen zum Höheren

Für unsere Begriffe ist unser Planet sehr alt. Nach neueren Forschungen gibt es ihn seit etwa vier Milliarden Jahren. Ob er nun als Glutball geboren wurde, der langsam abkühlte, oder als Eisball, der sich stetig erwärmt, ist noch nicht genau geklärt. Sicher aber ist, daß sich seine Oberfläche in den Jahrmilliarden immerfort veränderte. Gewaltige Naturkräfte preßten aus dem Erdinnern Gebirge empor, und Inseln versanken. Wo heute in tausend Meter Tiefe Salz gefunden wird, war einmal Meer. Riesige Landmassen drifteten auseinander. So wird zum Beispiel angenommen, daß Afrika und Südamerika einst einen zusammenhängenden Erdteil bildeten. In Jahrmillionen wiederum wird die Erde ganz anders aussehen als zu unserer Zeit.

Auch das Leben auf unserem Planeten wandelte sich seit seiner Entstehung vor etwa drei Milliarden Jahren unaufhörlich. Davon zeugen vielerlei Funde: versteinerte Tier- und Pflanzenreste, einzelne Knochen, Skelette. Im sibirischen Dauerfrostboden wurde vor wenigen Jahren sogar ein viele tausend Jahre altes, noch vollständig erhaltenes Mammut gefunden.

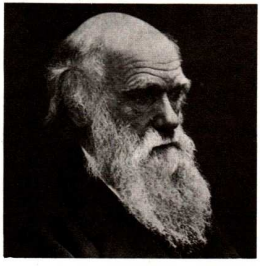
Solche Zeugnisse aus der Vergangenheit halfen dem Menschen, die grundlegende Erkenntnis zu gewinnen: Das Leben auf der Erde entwickelte sich im Laufe einer langen Zeit außerordentlich vielfältig. Es verzweigte sich wie ein Baum mit einer mächtigen Krone. Dabei entstanden anfangs einfache, später immer kompliziertere Formen. Dieses ständige Fortschreiten, diese Entwicklung vom Niederen zum Höheren wird als Evolution bezeichnet.

Die Hauptlinie der Entwicklung führte schließlich zur Menschwerdung; denn ganz allmählich – durch Veränderungen von Generation zu Generation – erhob sich aus dem Tierreich der Mensch. Der Übergang dauerte Millionen von Jahren.

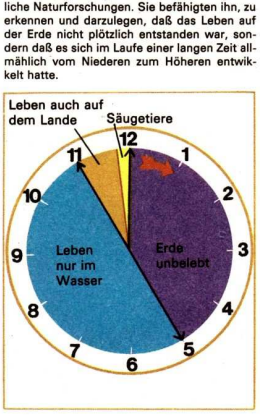
Heute kennt die Wissenschaft ungefähr eineinhalb Millionen Lebensformen auf der Erde. Sie reichen von den kleinsten Organismen – wie den Bakterien – über Pflanzen und Tiere bis hinauf zum Menschen. Er ist das jüngste und höchstentwickelte Glied einer langen Kette. Die ersten Kettenglieder liegen im Meer, denn dort regte sich das Leben zuerst. Von größter Bedeutung für die Weiterentwicklung des Lebens war der Schritt vom Wasser aufs Land. Formenreicher und interessanter wurde das Leben dadurch. Es eroberte sich auch Teile der Lufthülle.



Ein Streifzug durch die Geschichte des Lebens auf der Erde. Die Entwicklung schreitet in dieser Darstellung von unten nach oben fort. Wir wissen nicht genau, wie lange unser Planet völlig tot war. Versteinerte Überreste (auf dem Bild jeweils rechts in verschiedenen Erdschichten zu sehen) weisen jedenfalls aus, daß vor 500 Millionen Jahren im Meer bereits ein reges Leben herrschte. Erst in der Erdneuzeit taucht der Mensch auf. Da waren solche riesigen Tiere wie der langhalsige Saurier bereits ausgestorben.



Charles Darwin (1809 bis 1882) hatte Medizin und Theologie studiert, bevor er sich auf eine fünfjährige Weltreise mit dem Vermessungsschiff „Beagle" begab. Dabei betrieb er gründliche Naturforschungen. Sie befähigten ihn, zu erkennen und darzulegen, daß das Leben auf der Erde nicht plötzlich entstanden war, sondern daß es sich im Laufe einer langen Zeit allmählich vom Niederen zum Höheren entwickelt hatte.



Wenn die Erde um 11 entstanden wäre und es jetzt 12 Uhr schlüge. Kurze Reportage über diese 60 Minuten (wobei für die Zahlenangaben keine Gewähr übernommen werden kann):

11.10 Uhr: Ein öder Planet. Viel Wasser. Nirgends eine Spur von Leben.

11.25 Uhr: Die ersten Mikroorganismen tauchen auf – winzige Lebewesen, zum Beispiel Bakterien.

11.50 Uhr: Im Meer tummeln sich allerlei Tiere, große und kleine.

11.55 Uhr: Das Leben beginnt das Land zu erobern.

11.58 Uhr: Säugetiere und Vögel erscheinen.

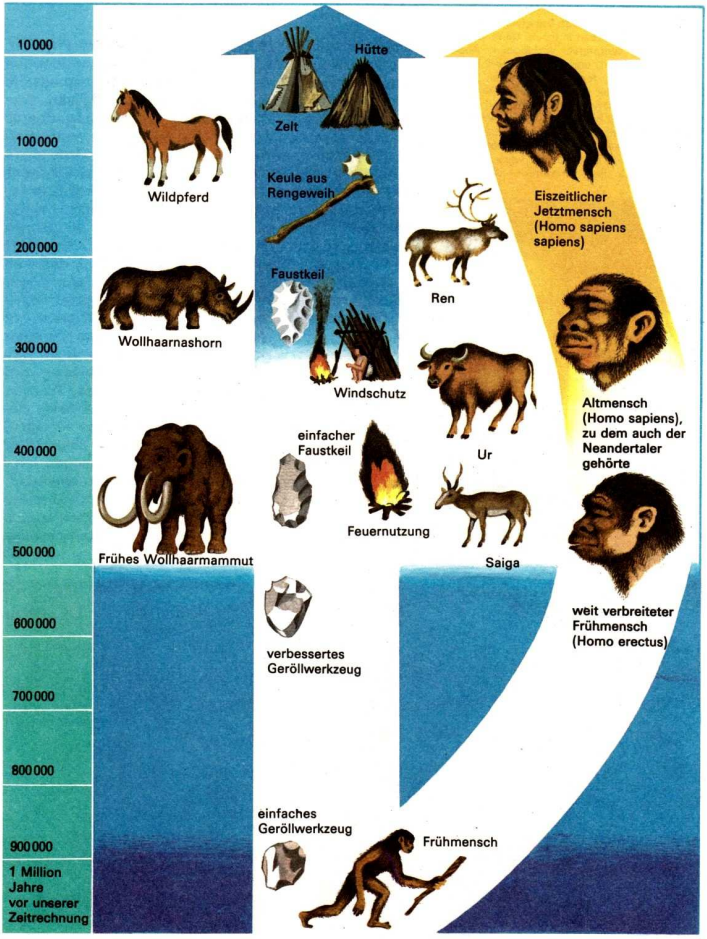
11 Uhr, 59 Minuten und 59 Sekunden (das Zeitzeichen für die volle Stunde hat bereits eingesetzt): Ein Paukenschlag ertönt. Der Mensch erhebt sich aus dem Tierreich.

Ein Mensch – wie stolz das klingt!

Von allem, was auf der Erde lebt, ist der Mensch am höchsten entwickelt. Nur er produziert. Nur er gestaltet bewußt die Natur. Er spricht und schreibt. Er denkt und plant. Er rechnet, dichtet, malt und singt und komponiert. Dagegen hat, wie sich Friedrich Engels ausdrückte, keine Affenhand je das roheste Steinmesser verfertigt. „Ein Mensch – wie stolz das klingt", schrieb Maxim Gorki.

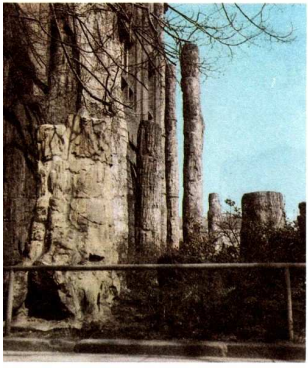
Ein Bildhauer formt die Gestalt eines Menschen mit Hammer und Meißel aus einem Steinblock. Früher wurde es so dargestellt, als seien unsere ältesten Vorfahren auf ähnliche Weise erschaffen worden. Als wären da überirdische Wesen am Werke gewesen, die ihren Geschöpfen zuletzt noch das Leben einhauchten. Die Wissenschaft widerlegte das. Vor reichlich hundert Jahren veröffentlichte der englische Naturforscher Charles Darwin ein Buch über die Herkunft des Menschen. Es wurde weltberühmt. Im Anfang löste es, wie so vieles Neue, heftigen Widerspruch aus. Doch heute sind Darwins Gedanken allgemein anerkannt. Darwin wies nach, „daß der Mensch von einem behaarten, geschwänzten Säugetier abstammt, das wahrscheinlich auf Bäumen lebte . . ." Es müsse zu den Affen gezählt werden. Die stammten sicherlich von einer Beuteltierrasse ab und diese wiederum von Geschöpfen, die sowohl auf dem Land als auch im Wasser leben konnten. Deren Vorgänger seien ausschließlich im Meer zu suchen. Sie hätten durch Kiemen geatmet, und solche Organe wie das Herz und das Gehirn seien bei ihnen unvollkommen oder noch nicht entwickelt gewesen.

Natürlich wurden Darwins Erkenntnisse in der folgenden Zeit durch immer neue Forschungen erweitert, vervollkommnet. Dennoch sind viele Fragen offen. Viele Spuren verlieren sich im Dämmerlicht der Vergangenheit, so daß sich auch heute noch nicht eindeutig bestimmen läßt, wann die einzelnen Übergänge erfolgten und wo die Grenze zwischen Affenvorfahr und Mensch liegt. Es bleibt noch zu erklären, wie es kam, daß sich die eine Gattung so hoch über die anderen erheben konnte. Die Antwort gab Friedrich Engels. Er schrieb 1876 in seinem Aufsatz mit dem Titel „Anteil der Arbeit an der Menschwerdung des Affen": Die Arbeit „ist die erste Grundbedingung allen menschlichen Lebens". Sie „fängt an mit der Verfertigung von Werkzeugen". Die „Herstellung von Werkzeugen bildet somit jene kritische Grenze, welche das Reich der Tiere von dem der Menschen scheidet". Veränderungen in der Natur hatten bestimmte Affenstämme gezwungen, sich zum zweibeinigen Gehen aufzurichten und verschiedene Handgriffe auszuführen. Damit begann das Zusammenwirken und das Sich-Verständigen. Nach und nach entstand die Sprache. Von da an ging der Weg steil nach oben – bis zum Bau von Rechenautomaten und Raumschiffen.



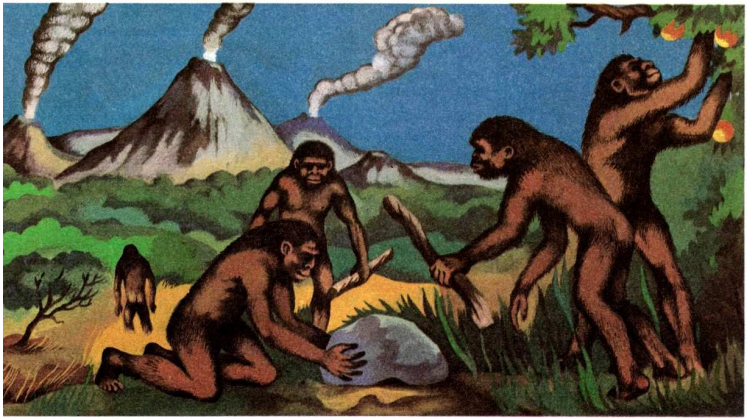
Drei Entwicklungszweige: Säugetiere, Arbeitsmittel und -fertigkeiten, Menschen. Die Werkeuge und ihre Handhabung werden in Pfeilrichtung immer vollkommener, und die Menschen entfernen sich immer weiter von ihren affenähnlichen Vorfahren. Schon vor 20 000 Jahren gab es Künstler. Sie brachten zum Beispiel mehrfarbige Gemälde, meist Jagdszenen, an Felswänden an.

Versteinerte Bäume vor dem Museum im Zentrum von Karl-Marx-Stadt. Vor etwa 250 Millionen Jahren war Leben in ihnen. Dann versanken sie im sumpfigen Waldboden. Abgeschlossen von Luft und Licht, wurde ihr Holz immer trockener, fester und spröder. Hinzu kam der Druck der Erdmassen über ihnen. Er verfestigte die „Pflanzenleichen" noch mehr. Auf diese Weise bildete sich Kohle. Was wir als Braunkohlenbriketts verfeuern, das sind Teile von Pflanzen, die vor 40 bis 50 Millionen Jahren grünten. Dagegen ist unsere Steinkohle so alt wie diese versteinerten Bäume.



Nichts bleibt, wie es ist

Albert Einstein (1879 bis 1955), ein genialer Physiker, entdeckte Neues und Überraschendes. Was er über den Ablauf der Zeit ergründete und in eine mathematische Formel kleidete, das ist beinahe nicht zu fassen. Eine Stunde sei nicht überall eine Stunde, nicht überall gleich lang, behauptete er. Wenn eine Uhr annähernd mit der Geschwindigkeit des Lichts bewegt würde, dann ginge sie viel, viel langsamer als sonst. Natürlich konnte er das experimentell nicht nachweisen. Noch fliegen die bemannten Raumschiffe „nur" mit 8 bis reichlich 11 km/s. Was geschähe aber, wenn sie einst fast so schnell wie ein Lichtstrahl (300 000 km/s) durchs All brausten? Die Antwort auf diese Frage ist so verblüffend, daß man sie ein paarmal lesen muß. Also: Wenn die Raumflieger – nach ihrer Zeit zwei oder drei Jahre älter geworden – auf die Erde zurückkehrten, wären dort Millionen von Jahren vergangen! Nichts Gewohntes fänden sie mehr vor. Nicht einmal verständigen könnten sie sich. Ihr Heimatplanet sähe ganz anders aus, denn unablässig wird er umgeformt. Das besorgen der Wind und das Wasser, die Kälte und die Wärme, Vulkane und Erdbeben, Hebungen und Senkungen. Wo heute die Alpen aufragen, war einmal Meer. Anderes versank, so die sagenhafte Insel „Atlantis". (Niemand weiß, wo sie gelegen hat.) Wie sein Planet, so hat sich auch der Mensch verändert. Selbst seine Sprache wandelt sich allmählich. Nur eines bleibt für alle Ewigkeit: die Veränderung. Engels sprach in diesem Sinn von der Bewegung als der Daseinsweise der Materie.





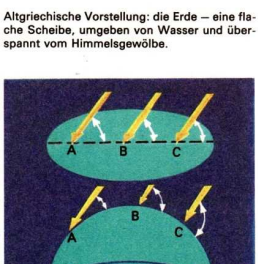
Alles hat sich verändert: der Mensch, die Landschaft, die Tier- und die Pflanzenwelt. Auch Klimaschwankungen trugen dazu bei. (Ihre Ursachen sind noch nicht genügend aufgeklärt.) Immer besser wirkten die Menschen auf die Natur ein. Sie selbst entwickelten sich durch ihre Arbeit ständig höher. Dennoch ist es nicht ausgeschlossen, daß in völlig unzugänglichen Gebieten vereinzelt noch Wesen leben, die nicht mehr Tier, aber noch nicht Mensch sind. Immer wieder erschienen in den letzten Jahren Zeitungsüberschriften wie die folgenden: „Schneemenschen im Himalaja?", „Schneemenschen in Australien?", „Ist der Yovi ein Menschenaffe?", „Wilde Menschen im Nordosten der Sowjetunion?", „Unbekannter Menschenstamm am Amazonas?", „Lebender Neandertaler am Kongo?". Schon die Fragezeichen deuten darauf hin, daß es sich nur um Vermutungen handelt. In jedem Bericht heißt es dann, die Wissenschaftler seien nunmehr dabei, die Sache gründlich zu untersuchen. Bis jetzt (Anfang 1978) konnte noch kein stichhaltiger Beweis für die Existenz solcher Affenmenschen vorgelegt werden.

Vor der isländischen Küste brach 1963 unter der Meeresoberfläche ein Vulkan aus. (Nebenbei bemerkt: Vulcanus nannten die alten Römer ihren Gott des Feuers und der Schmiedekunst.) Er warf so viel glühendes Gestein aus, daß im Handumdrehen eine neue Insel entstand. Solche schlagartigen Umgestaltungen der Erde traten auch in anderen Formen auf: Erdbeben und Erdrutsche, Hochwasser und Orkane, Sprengungen, Brände und Meteoriteneinschläge verformten das Antlitz unseres Planeten an vielen Stellen. Die weiträumigsten und bedeutendsten Veränderungen verlaufen jedoch so langsam, daß ein Zuschauen nicht möglich ist.



Altgriechische Vorstellung: die Erde – eine flache Scheibe, umgeben von Wasser und überspannt vom Himmelsgewölbe.

Vom Erdkörper



Wenn die Erde eine Scheibe wäre, dann stünde die Sonne wegen ihrer großen Entfernung überall in gleicher Höhe, so auch in den Orten A, B und C. Liegen diese Orte aber auf einer Kugel, dann bleiben zwar die eingezeichneten Sonnenstrahlen parallel, aber die Winkel ändern sich wegen der Oberflächenkrümmung.

Auch Aristoteles, einer der größten Denker des Altertums (4. Jahrhundert v.u.Z.), war von der Kugelgestalt der Erde überzeugt. Er hatte beobachtet, daß sich ihr Schatten bei jeder Mondfinsternis als Kreis abzeichnete. Wäre die Erde eine Scheibe, könnte der Schatten auch eine andere Form haben.

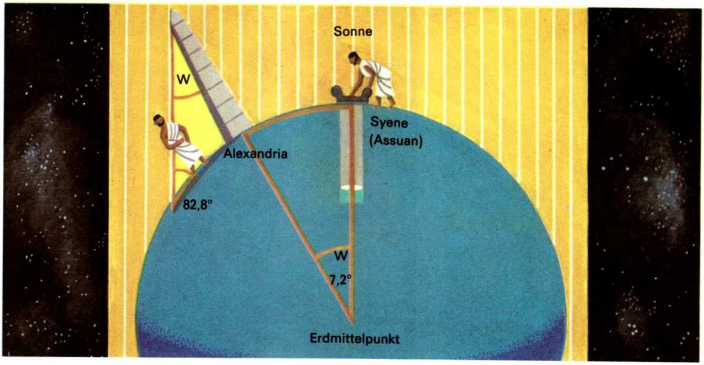
Mit dem Bandmaß ringsherum?

Daß der Erdumfang rund 40 000 km beträgt, ist heute allgemein bekannt. Vielen Menschen hat sich diese Zahl wie die eigene Hausnummer eingeprägt. Schließlich steht sie in Tausenden von Büchern.

Was aber, wenn wir aus eigner Kraft daraufkommen sollten – das heißt, wenn uns auferlegt würde, diese Größe nachzuweisen? Wären wir da nicht ziemlich hilflos? Wer wollte eine so lange Strecke mit Zollstock oder Bandmaß ausmessen? Unzählige Hindernisse, Wasser, Berge und wilde Tiere, stünden dem ohnehin im Wege.

Zu helfen wußte sich ein griechischer Gelehrter, der in Ägypten lebte, schon vor über zweitausend Jahren. Es war Eratosthenes, der Leiter der damals berühmten Bibliothek von Alexandria. Er leistete Großes auf vielen Wissensgebieten. Doch weltbekannt wurde er vor allem durch seine Erdvermessung. Dabei ging er von einem sehr fortschrittlichen Standpunkt aus. Er setzte nämlich, während viele seiner Zeitgenossen und auch spätere Generationen noch die Erde für scheibenförmig hielten, die Kugelgestalt unseres Planeten voraus. Nur so konnte er in das Größengeheimnis eindringen. Sein „Trick" bestand darin, daß er von einer kleinen, ausmeßbaren Teilstrecke auf den ganzen Erdumfang schloß.

Im einzelnen: Eratosthenes wählte zwei Orte in Nord-Süd-Richtung aus, nämlich Alexandria und Syene (heute Assuan), ließ die Entfernung zwischen ihnen von sogenannten Schrittläufern abschreiten und bestimmte



an Hand des Sonnenstands in beiden Städten den Winkel zwischen ihren Verbindungslinien zum Erdmittelpunkt. Dann bildete er eine Verhältnisgleichung. Sie lautete: Mittelpunktswinkel zum Vollkreis gleich Strecke Alexandria–Syene zum Erdumfang (siehe Zeichnung). Wie einfach erscheint das! Doch es war ein großes Unternehmen. Bedenken wir nur, daß die Endpunkte der Meßstrecke so weit auseinanderlagen wie Berlin und Paris! Wie viele Helfer mögen da, gleichförmig wie die Roboter, durch Sand und Wüste marschiert sein?

Hier die Ergebnisse:

1) Sonnenhöhe am Mittag der Sommersonnenwende in Syene : 90°
2) Sonnenhöhe zur gleichen Zeit in Alexandria : 82,8°
3) Winkel im Erdmittelpunkt, aus 1) und 2) abgeleitet : 7,2°
4) Entfernung Alexandria – Syene: 5000 Stadien.

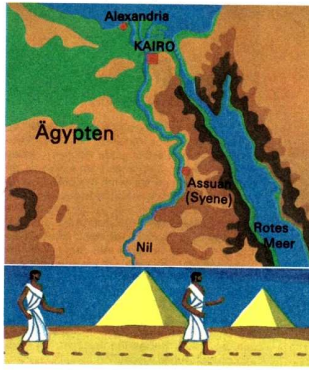
Nach der oben angeführten Gleichung ergaben sich für den Erdumfang aus 3) und 4) 250 000 Stadien. Vorausgesetzt, daß ein Stadion etwa 185 m lang war (es existierten unterschiedliche Längenmaße mit dieser Bezeichnung), sind das rund 46 000 km.

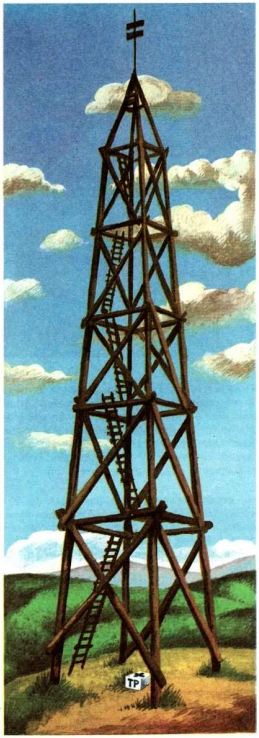
Ein beachtliches Resultat, denn es vermittelt eine richtige Vorstellung von der Größenordnung der Erde. Man muß ihm zugute halten, daß sich alle Schrittabweichungen im Endergebnis verfünfzigfachten. Außerdem liegt Assuan nicht genau südlich von Alexandria, und es ist nicht bekannt, ob und wie dieser Umstand berücksichtigt wurde.

Später ließ ein arabischer Kalif dieses Meßverfahren in einer Ebene bei Bagdad wiederholen. Seine Geodäten maßen 220 km Nord-Süd-Strecke mit Stäben aus, und ihre verbesserte Meßtechnik führte zu einem erstaunlichen Ergebnis: 40 000 km für den Erdumfang!

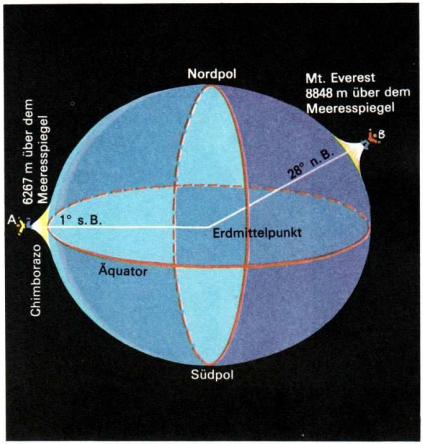
In Syene schien die Mittagssonne zur Zeit der Sommersonnenwende in einen tiefen Brunnen. Also stand sie dort im Zenit, während Eratosthenes für ihre Mittagshöhe in Alexandria 82,8° ermittelt hatte. Die Zeichnung zeigt, warum die Winkel W gleich groß sind (Wechselwinkel an geschnittenen Parallelen).

Unebenes, teilweise bergiges Gelände erschwerte die Streckenmessung zwischen Alexandria und Assuan. Auch der Nil mußte an einigen Stellen umgangen werden. Schrittläufer, auch Bematisten genannt, nahmen die Messungen vor. Zwar waren sie auf ein gleichbleibendes Schrittmaß eingestellt, aber größere Abweichungen konnten wohl bei dieser Art Entfernungsmessung nicht ausbleiben.



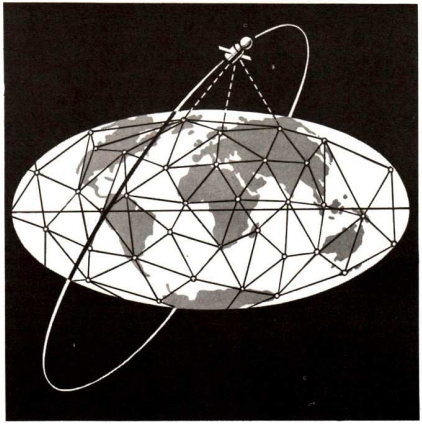


1617 führte der Niederländer W. Snell ein neues geodätisches Verfahren ein – die Triangulation. Dabei werden große Flächen – heute im wesentlichen die ganze Erde – mit einem Netz größerer und kleinerer Dreiecke überzogen. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß die Meßstrecken viel kürzer sind als die von Eratosthenes und daß ihre Länge größtenteils allein aus Winkelmessungen (ohne Bandmaß) berechnet werden kann. Jeder Eckpunkt eines solchen Dreiecks ist als trigonometrischer Punkt durch einen Granitstein markiert. Er trägt drei eingemeißelte Zeichen: nach oben ein Kreuz, nach Süden zu die Buchstaben TP und an der Nordfläche ein Dreieck. Zur besseren Sichtbarkeit wurde über einigen TP-Steinen ein hohes Holzgerüst errichtet. Es heißt trigonometrisches Signal.



Wer steht am höchsten? Auf die Meeresoberfläche bezogen, ist es B. Doch A hat den größten Abstand vom Erdmittelpunkt. Wegen der Auswölbung am Äquator befindet er sich 2 km weiter „oben" als B.

Satellitentriangulation. Von Dreieckspunkten auf der Erde aus werden mit Spezialgeräten Winkel und Entfernungen nach bestimmten Raumflugkörpern gemessen.



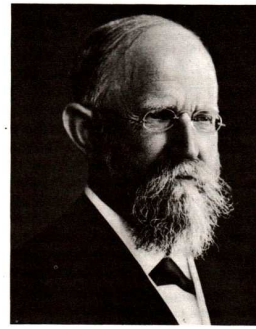
Professor Helmert und die Sputniks

Professor Helmert lebte zweitausend Jahre nach Eratosthenes. Er war der bedeutendste Geodät (Erdmessungswissenschaftler) des 19. Jahrhunderts. Da brauchte die Kugelgestalt der Erde nicht mehr nachgewiesen zu werden, sondern es ging beinahe um das Gegenteil: um die Abweichungen von dieser idealen, einfachen Form. Längst hatte sich nämlich herausgestellt, daß unser Planet nicht nur wegen seiner Berge und Täler unterschiedliche Radien aufweist. Infolge seiner täglichen Drehung ist er ein wenig deformiert worden. Am Äquator, wo die Fliehkraft am stärksten angreift, hat sich eine Wulst gebildet. Auf ihr liegt zum Beispiel der Chimborazo, ein erloschener Vulkan in Ekuador. Sein Gipfel ist 2 km weiter vom Erdmittelpunkt entfernt als der des „höchsten Bergs der Erde". Die Erde ist ein komplizierter Körper. Aber es gibt ein mathematisches Modell, das ihrer wahren Figur sehr nahekommt. Es entsteht, indem eine Ellipse um ihre kleinere Achse rotiert. Dieser Vergleichskörper, der vor allem zu Flächenberechnungen gebraucht wird, heißt Erdellipsoid. Um dessen Bestimmung machte sich Professor Helmert besonders verdient. Er wertete viele Schwerkraftmessungen aus. Warum schwangen denn die Pendel in Polnähe schneller als am Äquator? Eben wegen der Ellipsoidform der Erde. Helmert ermittelte den Äquator- und den Polradius. Daraus erhielt er den Wert für die Abplattung des Erdkörpers. Sein Ergebnis lautet: 1 : 298,2. Es ist fast genau und zeugt von einer überragenden wissenschaftlichen Leistung.

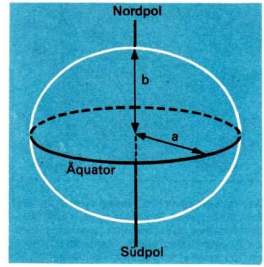
Heute sind auch Vermessungssatelliten zur weiteren Erforschung der Erdfigur eingesetzt. Dabei erwies sich, daß die Geodäten schon außerordentlich gut gearbeitet hatten. Es gab nur geringfügige Korrekturen. Wenn hier und da geschrieben wurde, das Ellipsoid sei nunmehr hinfällig, denn die Erde habe die Form einer Birne, so ist das maßlos übertrieben. Ganze 30 Meter liegt der Südpol der Äquatorebene näher als der Nordpol! Überhaupt dürfen wir uns keine falschen Vorstellungen machen. Wäre die Erde so groß wie ein Medizinball, dann betrüge der Unterschied zwischen ihren Radien weniger als 1 mm. Wir können sie also getrost weiter als Kugel zeichnen und als Erdball betiteln. Für die Wissenschaft gilt nach wie vor das Erdellipsoid. Seine wichtigsten Daten sind (gerundet):

a = Äquatorradius	b = Polradius	α = Abplattung $\left(\frac{a-b}{a}\right)$
6378,2 km	6356,8 km	1 : 298,2

Als Radius einprägen sollten wir uns nur den Halbmesser einer Kugel, die das gleiche Volumen hat wie der Erdkörper: 6371 km.



Friedrich Robert Helmert wurde 1843 in Freiberg geboren. Als Kind armer Leute verspürte er zunächst wenig von den großen naturwissenschaftlichen Traditionen seiner Heimatstadt, in der so berühmte Gelehrte wie Alexander von Humboldt und Michail Lomonossow studiert hatten. Aber nach einem verspäteten Beginn arbeitete er sich zielstrebig auf die Höhen der Wissenschaft empor. Schon mit 29 Jahren war er Professor für Geodäsie in Aachen. 1886 erhielt er die Berufung zum Direktor des Geodätischen Instituts in Potsdam. Das weitete sich bald zum „Zentralbüro der Internationalen Erdmessung" aus, und Professor Helmert organisierte eine weltweite Zusammenarbeit (natürlich bei weitem nicht so umfassend, wie sie im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957 stattfand).
Der Erforscher der Erdfigur starb 1917 in Potsdam. Sein großes Lehrbuch über die Geodäsie gilt noch heute als die theoretische Grundlage der wissenschaftlichen Erdmessung.



Die zwei Halbmesser des Erdellipsoids: a, der Äquator-, und b, der Polradius. Die Differenz a - b, dividiert durch a, ergibt den Wert für die Abplattung.

Meridianstein in Görlitz. Er trägt oben ein eisernes Visier. Genau in dessen Richtung verläuft der Meridian mit der Bezeichnung „15° ö.L.“. Er ist für Mitteleuropa von besonderer Bedeutung. (Vgl. „Rund um die Welt“)

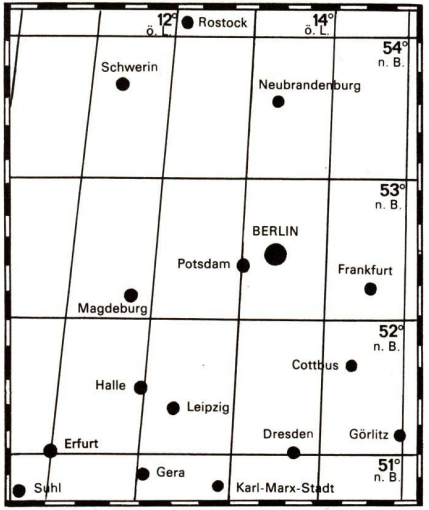


Die Erde wird „quer“ und „längs“ in zwei Hälften geteilt: zur Angabe der geografischen Breite in eine nördliche und eine südliche, in bezug auf die geografische Länge in eine östliche und eine westliche.

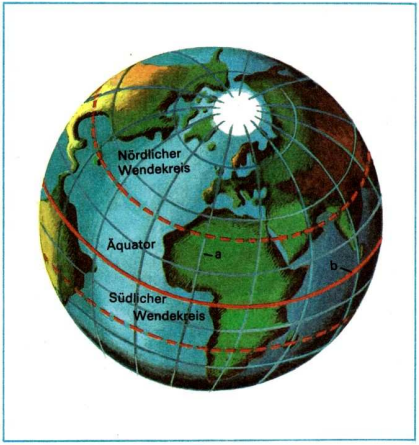


Wer zum erstenmal zu Wasser oder in der Luft den Breitenkreis Null überquert, muß einen traditionellen Jux über sich ergehen lassen: die Äquatortaufe. Neptun, der Gott des Meeres, der stets eine dreizinkige Lanze trägt, vollzieht sie persönlich. Er manscht mit Selters, salbt und schmiert, verabreicht bittere Pillen und scharfe Getränke. Hinterher gibt's meist ein Dokument, damit sich die Prozedur bei der nächsten Überquerung nicht wiederholt.

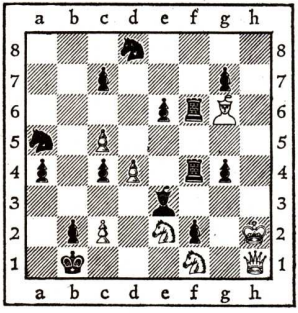




Einige Städte der DDR und ihre Einordnung ins Gradnetz



Meridiane (halbe Längenkreise) und Breitenkreise (a und b) bilden zusammen das Gradnetz. Während die Meridiane an den Polen zusammentreffen, verlaufen die Breitenkreise parallel zum Äquator. Der (zu deutsch der „Gleicher") ist der Breitenkreis Null, während die beiden Wendekreise eine geografische Breite von rund 23,5° (Nord bzw. Süd) haben. Zwischen ihnen pendelt der Zenitstand der Sonne hin und her. Die folgende Übersicht zeigt, wann und wo sie zu Mittag senkrecht über dem Beobachter (das heißt im Zenit) steht:
um den 21. März (Frühlingsanfang) am Äquator, um den 21. Juni (Sommeranfang) am nördlichen Wendekreis,
um den 23. September (Herbstanfang) wieder am Äquator,
um den 21. Dezember (Wintersanfang) am südlichen Wendekreis.



Auf dem Schachbrett ist jedes Feld durch zwei Koordinaten eindeutig bestimmt. Zum Beispiel stehen die schwarzen Springer auf den Feldern a 5 und d 8.

Die „Titanic" versank, im üblichen Sprachgebrauch ausgedrückt und nur näherungsweise angegeben, „auf 42 Grad Nord und 50 Grad West".

Die geografischen Koordinaten des Roten Rathauses von Berlin: 13° 25′ ö.L.; 52° 31′ n.B. (gesprochen: „13 Grad, 25 Bogenminuten östlicher Länge" und – in Kurzform – „52 Grad, 31 Minuten nördlicher Breite").
Eine Bogenminute ist der 60. Teil eines Winkels von 1°. Also gilt:

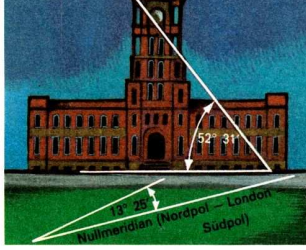
$$1° = 60′$$

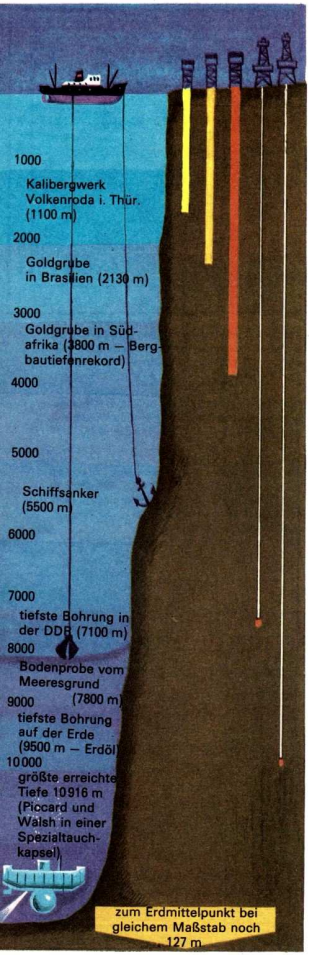
$$\frac{1°}{60} = 1′$$

Eine Bogenminute hat 60 Bogensekunden (1′ = 60″).

Das unsichtbare Netz

In der Nacht vom 14. zum 15. April 1912 stieß der englische Luxusdampfer „Titanic" auf der Fahrt nach Amerika mit einem Eisberg zusammen. Der Rumpf des Riesen wurde aufgeschlitzt, und er begann zu sinken. Rettung konnte nur von anderen Schiffen kommen. Pausenlos rief der Funker SOS! Dazu gab er den Unglücksort an. Zwei Winkel legten diese Stelle eindeutig fest: einer für die geografische Länge und einer für die geografische Breite. Doch jede Hilfe kam zu spät.
Ein ganzes Netz von Längen- und Breitenkreisen (eigentlich Ellipsen) überspannt die Erde. Zu sehen ist es freilich nur auf Globen und in Atlanten, denn in der Natur kann allein aus Winkelmessungen ermittelt werden, wie und wo seine „Maschen" verlaufen. Mit dieser Kunst befassen sich Geodäten und Astronomen, Flugkapitäne und Schiffsoffiziere. Doch wer weiß sonst noch, wo er sich befindet – nach dem Gradnetz?





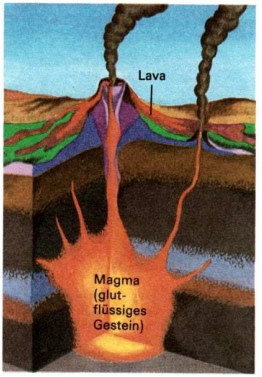
Erreichte Tiefen (sofern als Rekorde angegeben, Stand von 1976)

Geheimnisvolle Tiefe

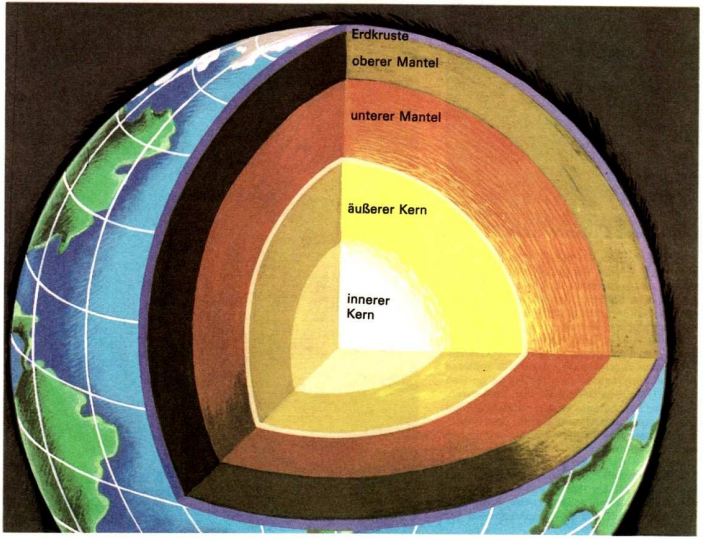
Ein phantastisches Abenteuer bestand Professor Otto Lidenbrock. In einer alten Schrift hatte er 1863 eine erregende Nachricht entdeckt. Sie stammte von einem isländischen Gelehrten und betraf nicht nur dessen, sondern auch sein Fachgebiet, war er doch seit langem schon damit beschäftigt, in die Geheimnisse des Erdinneren einzudringen. Nun hielt er auf einmal den Schlüssel in der Hand, der ihm weiterhelfen konnte. Die Botschaft lautete: „Steige hinab in den Krater des Jökull Snaefells, . . . und du wirst zum Mittelpunkt der Erde gelangen. Was ich ausgeführt habe." Nach gründlichen Vorbereitungen brach Lidenbrock nach Island auf. Zusammen mit zwei Gefährten, ausgerüstet mit Proviant und allerlei Geräten, darunter Strickleitern und Laternen, stieg er in den Kraterschlund hinab, und damit begann die Expedition ins Ungewisse. Würde es in der Tiefe nicht zu heiß werden? Müßten sie nicht verschmoren? Der Professor zerstreute die Bedenken seiner Begleiter, und er behielt recht. Immer wieder fanden sich Hohlräume und Spalten zum Weiterkommen. Durch Schichten von Kohle und Schiefer, von Gneis und Granit krochen und kletterten sie tiefer und tiefer. Wo sich ihnen keine Kluft öffnete, dort wurde gesprengt. 35 Meilen unter der Erdoberfläche stießen die drei Männer, fast trauten sie ihren Augen nicht, auf einen innerirdischen Ozean. Aus halbversteinertem Holz zimmerten sie schnell ein Floß, und ungeachtet der gräßlichen Seeungeheuer setzten sie damit ihren Weg fort. Doch im Orkan strandeten sie. Felswände behinderten die Durchfahrt vollends. Die Männer versuchten, sie freizusprengen. Da riß es sie samt ihrem Fahrzeug urplötzlich in einen Wasserfall hinab. Fast besinnungslos schossen sie in die rabenschwarze Tiefe. Nach stundenlangem Fall erschreckte sie ein heftiger Ruck. Sie standen. Ihr Floß drehte sich um seine Achse und bewegte sich zu ihrer Überraschung wieder aufwärts. Sie befanden sich in einem engen Schlot. Immer schneller ging es nach oben. Es wurde unerträglich heiß. Schließlich begann sogar das Wasser an den Felswänden zu sieden. Feuer und Asche schienen ihrem Leben ein Ende zu setzen. Es brodelte und dampfte, rumorte und fauchte um sie herum, und es geschah ein Wunder; denn unversehens lagen die drei Mutigen im hellen Licht zu Füßen eines feuerspeienden Berges, Neben glutflüssigem Gestein waren sie aus der Tiefe hinaufbefördert und ausgeworfen worden. Der lebensrettende Vulkan entpuppte sich als der Stromboli, nördlich von Sizilien gelegen.

Diese abenteuerliche Expedition fand freilich nie statt. Sie wurde von Jules Verne, einem französischen Schriftsteller (1828 bis 1905), der viele sinnvolle phantastische Geschichten schrieb, erfunden. Verne wußte, wie schwierig es ist, das Erdinnere zu erschließen. So leitete er den Weg dorthin ins Phantastische um.

Die Wirklichkeit nimmt sich dagegen sehr bescheiden aus. Ein Schacht bis zum Erdmittelpunkt müßte ungefähr 6370 km tief sein. Was aber bisher beim Vorstoß ins Erdinnere – vor allem bei der Suche nach Bodenschätzen – durchquert wurde, das beträgt nicht viel mehr als ein Tausendstel dieser Strecke. Vergleichsweise haben wir von einem Apfel nur die Schale angekratzt. Wie sollen wir da über sein Kerngehäuse Bescheid erhalten? Vor einer ähnlichen Schwierigkeit stehen die Geologen (die Wissenschaftler, die sich mit dem Aufbau und der Entwicklung der Erde beschäftigen) tatsächlich; denn sie können ihre Beweisstücke (Erze und Gesteine) nur aus der dünnen Erdkruste holen. Die ist nur 10 bis 40 oder 50 km dick. Noch Tieferliegendes fördern viele Vulkane zutage, aber auch das stammt nur aus den äußeren Schichten (aus dem oberen Mantel) der Erde. Den besten Aufschluß über das Innere unseres Planeten geben die Erdbeben, denn ihre Erschütterungswellen laufen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch die Schichten. Daraus kann auf deren Beschaffenheit geschlossen werden. So kamen Geologen zu der Annahme, daß die Erde schalenförmig zusammengesetzt ist. In ihren Tiefen gibt es, wie in den Weiten des Kosmos, noch vieles zu erforschen.



Schnitt durch einen Vulkan



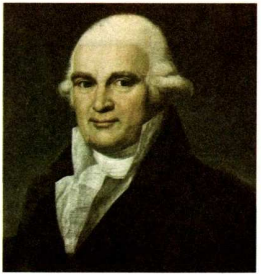
Der Schalenbau der Erde



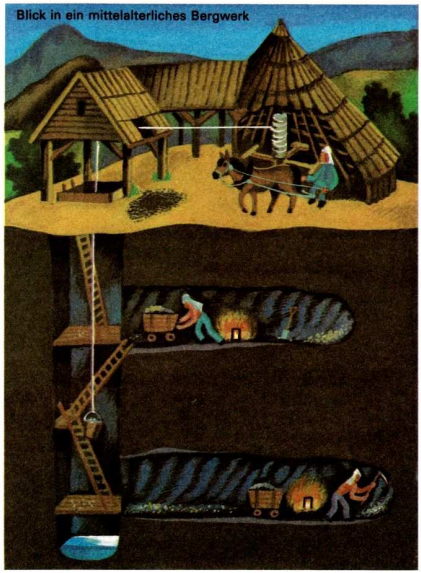
Georgius Agricola (1494 bis 1555) war einer der bedeutendsten Naturwissenschaftler seiner Zeit. Alles, was er je über die Arbeit der Berg- und Hüttenleute beobachten oder erfahren konnte, stellte er zu einer umfassenden wissenschaftlichen Darstellung zusammen. Sie half, den Bergbau und das Hüttenwesen voranzubringen.

Verborgene Schätze

König Salomo, der vor fast dreitausend Jahren im morgenländischen Israel regierte, galt als klug und weise. Statt seine Untertanen in Kriege zu hetzen, ließ er sie Paläste und Tempel bauen. Noch heute nennen wir eine wohldurchdachte richterliche Entscheidung ein salomonisches Urteil. Einige Legenden überliefern solche Richtsprüche des orientalischen Herrschers. So habe er eines Tages ein Fest für die Erbauer des Tempels von Jerusalem gegeben und den anwesenden Meistern die Frage gestellt, wer wohl den wichtigsten Beitrag zu dem großen Werk geleistet hätte. Genannt worden wären daraufhin – mit allerlei Begründungen – der Maurer, der Zimmermann und der Erdarbeiter. Allein der König sei anderer Meinung gewesen. Jeder hätte ihm sagen müssen, woher denn sein Werkzeug stammte (Kelle, Hammer, Spaten). Dann sei Salomo auf einen rußgeschwärzten Mann zugegangen und habe sein Urteil verkündet: „Hier ist der, auf den sich alles gründet – der Schmied. Ohne ihn hätte keiner arbeiten können."
Der Sinn dieser alten Geschichte liegt nicht darin, daß



Abraham Gottlob Werner (1749 bis 1817) erwarb sich große Verdienste um die Erforschung des Erdaufbaus. Er lehrte an der Bergakademie in Freiberg. Kenntnisse, die er seinen Studenten vortrug, hatte er aus eigenen Beobachtungen gewonnen. Er durchstreifte das Land, fuhr in Schächte ein und zerschlug mit seinem Geologenhammer vielerlei Gestein. Aus dessen Zusammensetzung zog er Schlüsse auf die Vorgänge in fernster Vergangenheit und auf die Beschaffenheit des Erdinneren. Vor allem beschäftigte er sich mit dem Einfluß des Wassers (der Meere) auf die Gesteinsbildung. Da er seine Erkenntnisse zu einer umfassenden, übersichtlichen Lehre ordnete, erhielt Werner den Beinamen „Vater der Geologie". Sein berühmtester Schüler war Alexander von Humboldt (1769 bis 1859). Auch er bereicherte die Geologie, denn er untersuchte besonders den Vulkanismus und die Temperaturen in der Tiefe.

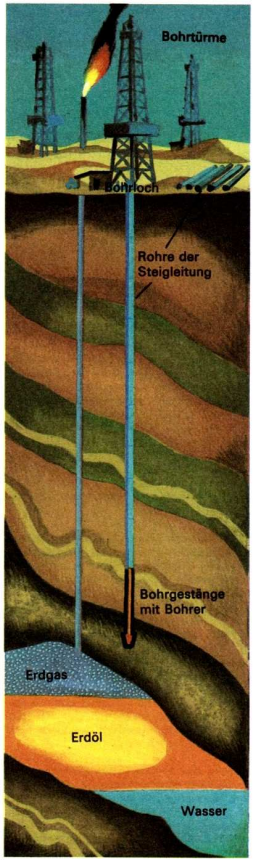


Blick in ein mittelalterliches Bergwerk

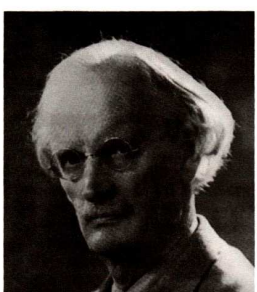
ein Beruf über den anderen erhoben wird. Es geht vielmehr um die überaus große Bedeutung des Eisens. Wo stünde die Menschheit heute ohne dieses Metall? Mit Steinwerkzeugen ging einst die Entwicklung der Produktivkräfte sehr langsam voran. Erst der Gebrauch des Eisens hat sie ungeheuer beschleunigt. Und wenn es irgendwo außerhalb der Erde ähnliche hochentwickelte Zivilisationen geben sollte, dann müssen dort auch Bodenschätze existieren. Was hat nicht alles seinen Ursprung in der Erde! Unmöglich, alles aufzuzählen. Denken wir nur an Kohle und Benzin, an verschiedene Salze und all die Gegenstände, mit denen wir täglich hantieren. Schon vor Jahrtausenden haben die Menschen deshalb in der Erdkruste nach Schätzen gesucht. Zuerst gruben sie nach Gesteinen, später nach metallhaltigen Erzen. Kupfer und Zinn, Gold und Silber, Blei, Quecksilber und Eisen wurden bereits im Altertum gewonnen und verarbeitet. Da diese Metalle erst aus den Erzen „herausgezogen" werden müssen, entwickelte sich neben dem Bergbau auch das Hüttenwesen. Für beides gingen in neuerer Zeit besonders viele Impulse von der Stadt Freiberg aus.

AUS DER GESCHICHTE DES BERGBAUS UND DER VERHÜTTUNG

um 12 000 v. u. Z.	In verschiedenen Ländern Westeuropas Grabungen nach Feuerstein (Gänge in Kreidefelsen)
um 7000 v. u. Z.	Beginn des Erzschmelzens (der Verhüttung) in Armenien, Gewinnung von Kupfer und Blei
um 4000 v. u. Z.	Silberbergbau in Indien
um 2200 v. u. Z.	Erste Herstellung von Bronze aus Kupfer und Zinn (Bronzezeit), Salzbergbau in Tirol
um 1400 v. u. Z.	Bergmännische Goldgewinnung in Ägypten
968	Beginn des Silber- und Kupferbergbaus im Harz
um 1170	Beginn des Freiberger Silberbergbaus
um 1350	Anfänge des Steinkohlenbergbaus bei Zwickau
1501	„Ein nützlich Bergbüchlein", erstes deutschsprachiges Buch über den Bergbau, verfaßt von Ulrich Rülein von Calw, Stadtarzt (später Bürgermeister) von Freiberg
1525	„De re metallica, libri XII", zwölfbändiges großes Werk über den Bergbau und das Hüttenwesen von Georgius Agricola, dem „Vater der Mineralogie", Stadtarzt und Bürgermeister von Chemnitz (Karl-Marx-Stadt)
1765	Gründung der Bergakademie Freiberg, der ältesten bergbautechnischen Hochschule der Welt
1875	Untermeerische Steinkohlenförderung vor der japanischen Küste
1879	Einführung der ersten elektrischen Gesteinsbohrmaschinen
1968	Inbetriebnahme einer automatisierten Steinkohlengrube bei Katowice in der VR Polen



Zur Förderung von Erdöl muß oft sehr tief gebohrt werden (und trotzdem wird dabei vergleichsweise nicht einmal die Schale eines Apfels durchstoßen). Dieser wichtige Rohstoff ist vielseitig verwendbar. Unter anderem werden daraus hergestellt: Benzin, Petroleum und Schmieröl, Kunstfasern (für Bekleidung), Plaste, Reinigungsmittel und Sprengstoffe.



Wenn je ein Mensch mit besonderer Beharrlichkeit danach trachtete, „alle Gründ' am Himmel und der Erden" zu erforschen, dann war es Auguste Piccard (1884 bis 1962), Physikprofessor in der Schweiz (Lausanne) und in Belgien (Brüssel). Er stieg sowohl mit Ballons in die Atmosphäre auf als auch mit speziellen Tauchbooten in die Hydrosphäre (die Wasserhülle) hinab. So erreichte er 17 km Höhe und 3 km Tiefe. Sein Sohn Jacques stellte mit 10,916 km den Tiefenrekord auf (zusammen mit dem Amerikaner Don Walsh).

Die Schwerkraft bewirkt, daß die Atmosphäre an der Erde haftenbleibt. Auf jeden Quadratzentimeter Oberfläche drückt die Luft in Meeresspiegelhöhe mit einer Kraft von 1,033 kp. Demnach muß ein erwachsener Mensch 12 bis 15 Tonnen Druck aushalten. Das ist nur möglich, weil die Luft im Körperinneren einen gleich großen Gegendruck ausübt.

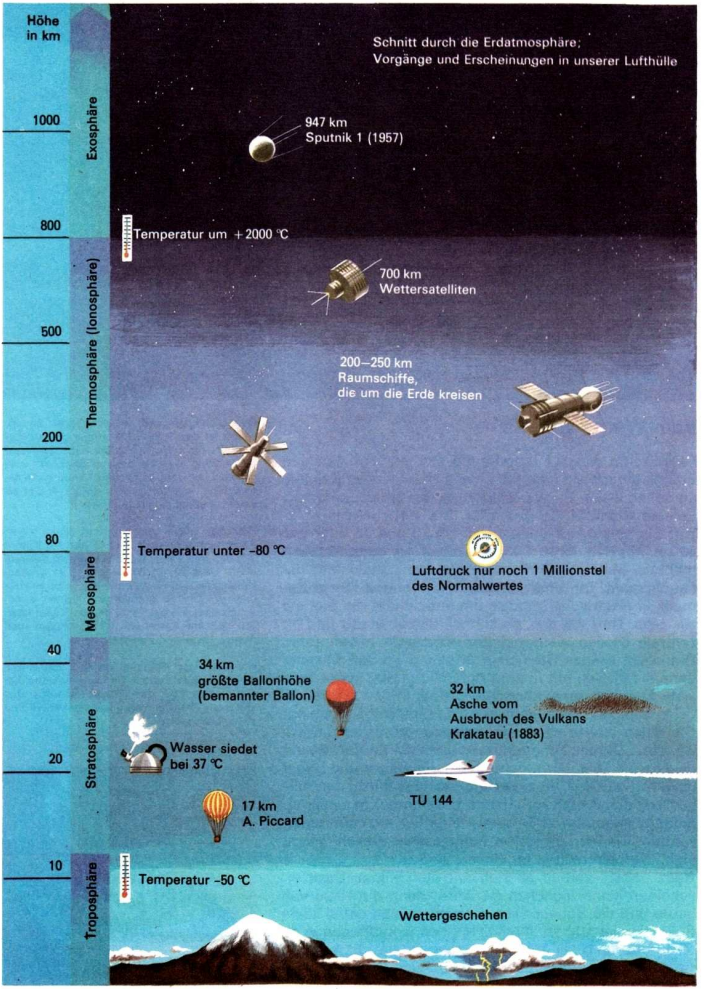
Unsere gesamte Atmosphäre hat die gleiche Masse wie eine Eisenkugel von 107 km Durchmesser. Wer da meint, die Luft sei „nichts", der irrt sich sehr! Die Luft setzt sich aus verschiedenen Gasen zusammen. Den Hauptanteil bilden Stickstoff (reichlich drei Viertel) und Sauerstoff (reichlich ein Fünftel).

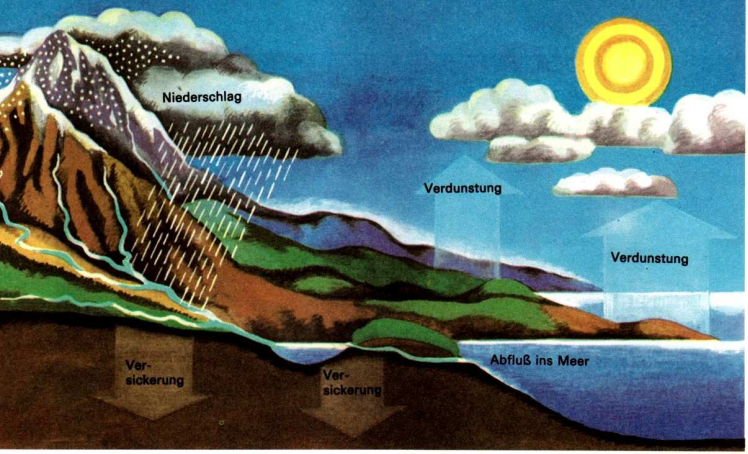
Am Fuße des Berliner Fernsehturms herrscht ein merklich höherer Luftdruck als oben im Café. Die niedrigsten Werte in der DDR werden auf dem Fichtelberg (1214 m) gemessen. Dort siedet das Wasser bereits bei 96 °C. Viele Menschen verspüren bei schnellen Luftdruckänderungen (zum Beispiel Berg-und-Tal-Fahrten) ein unangenehmes Knacken in den Ohren. In 12 bis 15 km Höhe hat sich der gewohnte Druck gar um neun Zehntel verringert, und das verbliebene Zehntel mit dem bißchen, über die Maßen verdünnten Sauerstoff reicht für den Menschen zum Atmen bei weitem nicht mehr. Darum werden in Flugzeugen und Raumschiffen in hermetisch (luftdicht) abgeschlossenen Kabinen gut verträgliche Druckverhältnisse und Luftzusammensetzungen hergestellt.

Die äußere Hülle

Unser Schutzschild

Es heißt, Ikarus sei bei seinem kühnen Flug der Sonne zu nahe gekommen, so daß ihre Strahlen das Wachs seiner Flügel zum Schmelzen gebracht hätten und er ins Meer gestürzt wäre. In dieser alten griechischen Sage steckt die Sehnsucht des Menschen nach dem Fliegenkönnen, nach dem Freisein von der Erdanziehungskraft. Eine naturwissenschaftliche Elle darf an die Geschichte natürlich nicht gelegt werden; denn der mutige Flieger wäre schon in geringer Höhe erfroren oder erstickt. Zum Beispiel hätte er in 7 bis 8 km Entfernung von der Erde kaum noch atmen können, und die Temperaturen dort (um minus 50 °C) würden ihm schwer zugesetzt haben. Aber die Beschaffenheit unserer Lufthülle war Ikarus' Erfindern noch unbekannt. Woher sollten sie auch gewußt haben, daß die Dichte und der Druck der Luft mit zunehmender Höhe rapide abnehmen und daß wenige Kilometer über uns eine eisige Kälte herrscht? (Zum Beispiel wird oft in Flugzeugen durchgesagt, daß die Außentemperatur minus 50 °C beträgt.)
Da sind wir im Vorteil. Wettersatelliten, Ballons und Radiosonden erkundeten inzwischen die Atmosphäre mit aller Gründlichkeit. Die erste Überraschung gab es schon beim Flug von „Sputnik 1" (1957). Noch in 900 km Höhe wurde er mehr als vermutet gebremst. Also mußte die Lufthülle viel weiter reichen, als bis dahin angenommen wurde. Heute wird ihre Ausdehnung auf 2000 bis 3000 km bemessen. Nahtlos geht die Atmosphäre dann in den Weltraum über. Für das Leben auf der Erde bildet sie einen sicheren Schutz. Sie bewahrt uns vor Strahlen aus dem Weltall und von der Sonne, die wir nicht vertragen würden. Könnte die Sonne plötzlich voll und ungehindert einstrahlen, dann würde die Erdoberfläche versengen, und alles hochentwickelte Leben ginge zugrunde. Erdwärts fliegende Steinchen (Sternschnuppen) und leergebrannte Raketen werden durch unsere schützende Hülle so gebremst, daß sie sich bis zum Glühen erhitzen und schließlich großenteils verdampfen. Durch und durch lebensfeindlich und unfreundlich wäre der Planet Erde ohne seine Atmosphäre. Im Schatten ließe es sich vor Kälte nicht aushalten. Der Himmel sähe schwarz aus, und die Sonne schiene unerträglich grell. Kein Laut wäre zu hören, denn der Schall könnte sich nicht ausbreiten. Es gäbe überhaupt kein Wetter! Was bedeuten demgegenüber schon die Nachteile der Erdumhüllung: Blitz und Donner und Wirbelstürme, das Verfaulen von Holz und das Verrosten von Eisen sowie die Verschlechterung oder Behinderung unseres Durchblicks zum Himmel.


Höhe in km
1000
800
500
200
80
40
20
10
Exosphäre
Thermosphäre (Ionosphäre)
Mesosphäre
Stratosphäre
Troposphäre
Schnitt durch die Erdatmosphäre:
Vorgänge und Erscheinungen in unserer Lufthülle
947 km
Sputnik 1 (1957)
Temperatur um +2000 °C
700 km
Wettersatelliten
200–250 km
Raumschiffe,
die um die Erde kreisen
Temperatur unter –80 °C
Luftdruck nur noch 1 Millionstel
des Normalwertes
34 km
größte Ballonhöhe
(bemannter Ballon)
32 km
Asche vom
Ausbruch des Vulkans
Krakatau (1883)
Wasser siedet
bei 37 °C
TU 144
17 km
A. Piccard
Temperatur –50 °C
Wettergeschehen



Vom Wetter zum Klima

Gleichzeitig wie auf Kommando steigen rund um den Erdball täglich ein paarmal etwa siebenhundert Ballons, an denen kleine Pakete hängen, in die Atmosphäre auf. Es sind wichtige Kundschafter. Sie verrichten ihre Arbeit bis hinauf in Höhen zwischen 25 und 35 oder gar 40 km. Mit Hilfe ihrer „Fühler" messen sie beim Aufstieg mehrere Male den Luftdruck, die Temperatur und die Feuchtigkeit. Die ermittelten Werte wandelt ihre Automatik in elektrische Impulse um und sendet die Signale zur Erde. Dort werden sie schnell entschlüsselt und an zentrale Stellen weitergeleitet. Am Ende bilden diese Daten ein kleines Steinchen in einem großen Mosaik; denn sie fließen mit in eine Aufstellung ein, in der sehr viele Angaben zusammengefaßt sind: in den Wetterbericht. Millionen Menschen erwarten ihn mit Spannung. Die einen wollen säen, die anderen ernten und dritte wandern. Vorausplanen müssen auch die Seefahrer und die Flieger. Und wer möchte nicht vor Sturm und Hagel gewarnt werden? Viele Meßgeräte und Methoden wirken bei der Wettervorhersage zusammen. In unserem anfangs angeführten Beispiel handelt es sich um Radiosonden. Sie werden weiter aufgelassen, obwohl schon viele Wettersatelliten im Einsatz sind.

Ganz anders verhält es sich mit dem Klima. Dazu erscheinen keine täglichen Berichte; denn die Hitze von heute und die Schauer von morgen spielen dabei keine Rolle. Wir verstehen unter Klima den langjährigen Wetterdurchschnitt für ein bestimmtes Gebiet. Er schließt Tausende von Regengüssen und Stürmen, von Hitze- und Kälteperioden ein.

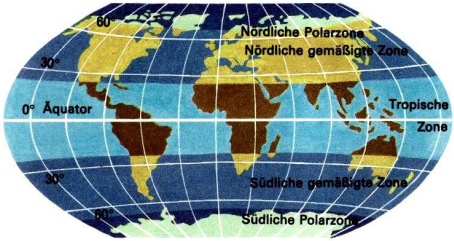
Der wichtigste und meistbegehrte Bodenschatz ist das Wasser. Nach ihm graben tausendmal mehr Menschen als nach Gold und Silber. Ewig ist es auf der Wanderschaft: vom Festland und der Hydrosphäre hinauf in die Atmosphäre, von dort wieder zurück – und so weiter in unaufhörlichem Kreislauf.

Zwischen einem geheizten und einem kalten Raum strömt die Luft hin und her: die kältere und dichtere unten, die wärmere und dünnere oben. Ganz Ähnliches geschieht im großen. Unterschiedliche Temperaturen führen zu Luftbewegungen, zu großen und kleinen atmosphärischen Wirbeln, und daraus folgen letztlich nicht nur Sturm und Wind, sondern auch Regen, Hagel und Gewitter.

Nur aus einer Richtung, nämlich von unten, wirkt hier der Luftdruck auf den Inhalt des Glases. Darum fließt das Wasser nicht aus. Das läßt sich (über dem Waschbecken) leicht und schnell nachprüfen.



Die Klimazonen der Erde (schematisch)



DURCHSCHNITTE UND REKORDE

Mittlere Jahrestemperatur (in °C)

Gesamte Erde: 16 Erfurt: 8 Brocken: 2,4

Mittlere Monatstemperatur
der Jahre 1901 bis 1950 in Potsdam (in °C)

Januar:	–0,7	Februar:	0,1	März:	3,6	April:	8,0
Mai:	13,4	Juni:	16,3	Juli:	18,1	August:	17,1
Sept.:	13,8	Oktober:	8,7	Nov.:	3,6	Dez.:	0,4

Höchste und niedrigste Temperaturen (in °C)

Azizia (an der libyschen Mittelmeerküste), am 13.9.1922: 57,8
Wostok (sowjetische Antarktisstation), im August 1960: – 91,5

Heiztage in der DDR (Außentemperatur 12 °C und darunter)

Zwischen 225 und 280 (je nach Ortslage)

Niederschlagshöhen (in cm pro Jahr)

Gesamte Erde: 100 Tscherrapundschi (Indien): 1200
Nordchile (Küste): 0,8 Brocken: 168 Cottbus: 59

Anzahl der Gewittertage im Jahr

Äquatorgebiete: 80 bis 160 Mitteleuropa: 15 bis 25

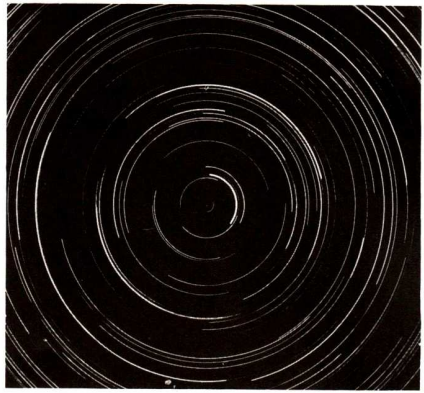
Häufig wiederkehrendes Wetter in Mitteleuropa

Sonnig und trocken: 2. Januarhälfte, Ende Mai/Anfang Juni, Anfang September, Ende September/Anfang Oktober („Altweibersommer")
Unbeständig und zu kalt: Ende Juni („Schafskälte"), Ende Juli

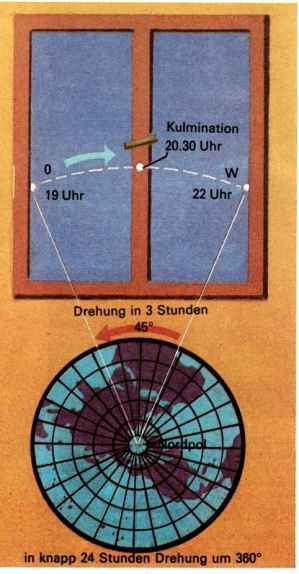


Von großer Bedeutung für unser Leben ist der Wasserdampf in der Atmosphäre. Ohne ihn könnten sich keine Wolken bilden, und es gäbe keine Niederschläge und keine Verdunstung. Auch aus der Art der Bewölkung schließen die Meteorologen (die Wissenschaftler, die sich mit dem Wetter beschäftigen) auf den Zustand der Atmosphäre und auf bevorstehende Wetteränderungen. Wer die Wolken öfter beobachtet, wird bald eigene Erfahrungen haben.

Es gibt Himmelsaufnahmen, die an Zauberei zu grenzen scheinen. Wer seine Kamera genau nach Norden ausrichtet, (in der DDR) einen Winkel von etwa 50 bis 55° gegen den Horizont einstellt und — was nur in einer dunklen Winternacht möglich ist — 12 Stunden belichtet, der wird vor einem Rätsel stehen: Auf dem Bild sind lauter Halbkreise zu sehen. (Bei 6 Stunden Belichtung entstehen Viertel-, bei 3 Stunden Achtelkreise usw.) Die Lösung: Die Erde hat sich samt der Kamera gedreht, und die Sterne hinterließen auf dem Film ihre Spuren. Darum heißt ein Foto, wie es hier gezeigt wird, „Sternspuraufnahme". Infolge der langen Belichtungszeit erfaßt die Kamera noch viele Sterne, die unser Auge nicht wahrnimmt.



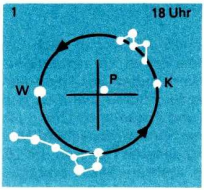
Ein Stern wandert durchs Fenster. (Damit er keine „Sprünge" macht, muß seine Wanderung von ein und derselben Stelle aus beobachtet werden.) Dabei sehen wir nur eine *scheinbare* Bewegung; denn wegbewegt hat sich in Wirklichkeit die Erde mit dem Haus und allem, was auf ihr ist, und zwar genau entgegengesetzt zur Wanderrichtung des Sterns.
In der Beobachtungszeit drehte sich hier unser Planet um 45°weiter. Vom Nordpol aus gesehen, erfolgt seine Achsendrehung (die Rotation) linksherum.

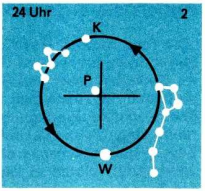


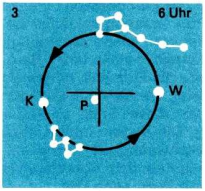
Himmel und Erde

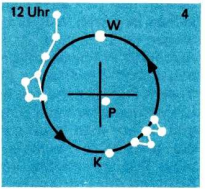
Ewig kreisen die Sterne

Achtzehntausend Himmelsumdrehungen hatte Herr N. schon miterlebt. Dennoch griff er zum Telefon und rief bei einem Freund an, von dem er sich Rat erhoffte. „Ich komme nicht weiter mit einer Zeichnung. Darauf soll der Große Wagen so dargestellt werden, daß seine ‚Räder' nach oben zeigen. Aber das gibt es doch wohl gar nicht, wenigstens nicht bei uns. Oder?" Die Sache konnte schnell geklärt werden; denn es war ein sternklarer Abend im April. Ein Gang ins Freie beseitigte die Zweifel des Anrufers. Das Himmelsfahrzeug „Großer Wagen" stand tatsächlich kopf, beziehungsweise der Große Bär (das sind noch einige Sterne mehr) lag auf dem Rücken.
Vielen Menschen geht es ähnlich wie Herrn N. Sie bemerken die Karussellfahrt des Himmels nicht. Die alten Kulturvölker befaßten sich schon vor vielen tausend Jahren mit ihr. Nur verwechselten sie den Schein und die Wahrheit. Erst Copernicus hielt den Himmel an und setzte die Erde in Bewegung. Erinnern wir uns an eine seiner Thesen: Alle Bewegungen des Sternhimmels sind „nicht von sich aus so, sondern von der Erde aus gesehen". Also fährt der Himmel in Wirklichkeit gar nicht Karussell. Es scheint nur so. Die Scheinbewegung wird uns vorgetäuscht, weil wir selbst rotieren, weil sich die Erde ständig um ihre eigene Achse dreht.



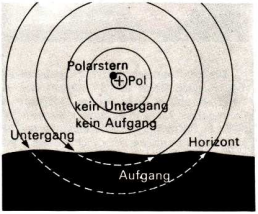


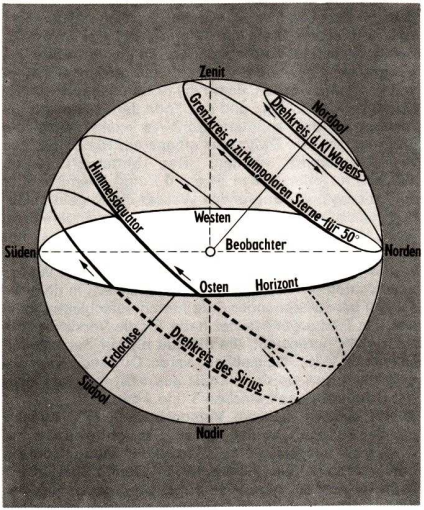




Die sogenannte Himmelsuhr, bestehend aus den Sternbildern Großer Wagen und Kassiopeia sowie den Sternen Wega in der Leier (W) und Kapella im Fuhrmann (K). Dicht am Drehpunkt, dem nördlichen Himmelspol, liegt der Polarstern (P). Die gezeichnete Stellung gilt für den Wintersanfang und die folgenden Zeiten:

	Bild 1	Bild 2	Bild 3	Bild 4
Frühlingsanfang	12 Uhr	18 Uhr	24 Uhr	6 Uhr
Sommersanfang	6 Uhr	12 Uhr	18 Uhr	24 Uhr
Herbstanfang	24 Uhr	6 Uhr	12 Uhr	18 Uhr

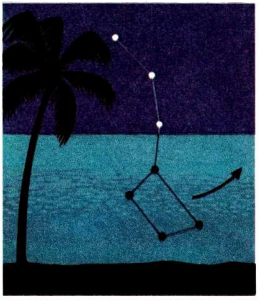


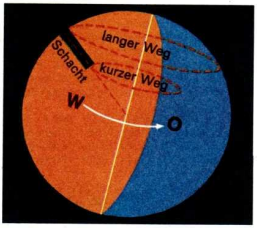


So überqueren die Sterne, durch die Erdrotation in eine Scheinbewegung gebracht, unseren Horizontkreis. Die hoch genug im Norden stehen (siehe „Drehkreis des Kleinen Wagens"), bleiben Tag und Nacht über dem Horizont.

Sterne, die nicht auf- und untergehen, sondern immer und ewig über dem Horizont ihre Kreise ziehen („zirkeln"), heißen Zirkumpolarsterne. Wie viele zu dieser Gruppe gehören, das hängt ganz von der geografischen Breite ab. Bei uns betrifft es etliche Sterne, am Nord- und am Südpol alle, am Äquator keinen einzigen Stern.

Bei den Griechen ging die Sage, daß das schöne Mädchen Kallisto von einem eifersüchtigen Gott in eine Bärin verwandelt und an den Himmel strafversetzt worden sei und daß ihr obendrein noch verboten worden wäre, sich im Meer zu erfrischen. Im Norden stimmt das Badeverbot, aber in den Ländern am Äquator verliert dieser Teil der Geschichte seinen Sinn, denn dort geht das Bärensternbild ungehindert baden. Das Bild zeigt es. In unterschiedlichen geografischen Breiten sieht der Himmel sehr verschieden aus!

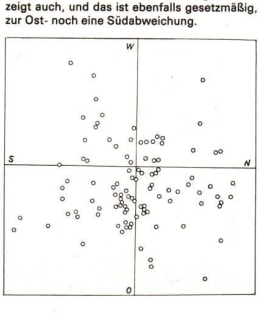




Im Dreibrüderschacht in Freiberg (rund 51° n. B. – nach Reich 50° 53′ 22,81″) legt ein Punkt am oberen Ende bei der Erdrotation in 1 s ungefähr 7 mm mehr zurück als sein Lotpunkt in 158 m Tiefe. Zur Errechnung der Abweichung genügt es aber nicht, diese 7 mm einfach mit der Maßzahl der Fallzeit (5,7) zu multiplizieren. Die Gesetzmäßigkeiten sind etwas komplizierter. (Zur Verdeutlichung ist die Schachttiefe in der Zeichnung stark übertrieben dargestellt.)

Ferdinand Reich (1799 bis 1882), Professor der Physik an der „Königlich Sächsischen" Bergakademie in Freiberg (Mitentdecker des Indiums, eines silberweißen, sehr weichen Metalls) führte nicht als erster derartige Fallversuche aus. Bereits 1804 hatte der Physiker Benzenberg in Hamburg, allerdings aus geringerer Höhe, ein ähnliches Experiment angestellt. Der Freiberger Oberberghauptmann Freiherr von Herder, ein Patenkind und Freund Goethes, ordnete an, daß die Versuche „über die Abweichung fallender Körper von der Lotlinie" im Dreibrüderschacht wiederholt werden sollten.

So schlugen die Kugeln beim Versuch von Reich auf (Wiedergabe hier nicht im richtigen Maßstab): 31 blieben westlich der Nord-Süd-Linie, 72 wichen nach Osten ab (und 3 kamen nicht ins Ziel). Nur der Durchschnitt, bei dem sich kleine Abwurf- und andere Fehler ausgleichen, vermittelt ein brauchbares Ergebnis. Er zeigt auch, und das ist ebenfalls gesetzmäßig, zur Ost- noch eine Südabweichung.



Rotiert die Erde wirklich?

„Die Erde rotiert." Das war noch Jahrzehnte nach Copernicus, zu Brunos und Galileis Zeiten, ein revolutionärer Gedanke. Feuer und Schwert sollten das Neue niederhalten. Es setzte sich trotzdem durch, denn es gab überzeugende Überlegungen und Argumente. Und doch fehlte lange Zeit ein sichtbarer naturwissenschaftlicher Beweis für die Achsendrehung unseres Planeten. Im 19. Jahrhundert wurde er gleich mehrere Male erbracht. Ein Experiment fand 1831 in Freiberg statt. Es beruht darauf, daß sich ein Punkt an der Erdoberfläche wegen seines längeren Weges bei der Rotation schneller bewegen muß als einer im Erdinneren (siehe Zeichnung). Also ließ der Physiker Reich Kugeln in einen tiefen Bergbauschacht hinabfallen. Stünde die Erde still, hätten sie in dem Punkt auftreffen müssen, den das Lot anzeigte. Sie wichen aber nach Osten von dieser Stelle ab. Dafür gibt es nur eine Begründung: Die Kugeln hatten oben die größere horizontale Geschwindigkeit mitbekommen. Das verschaffte ihnen unten den Vorsprung in Richtung der Erdrotation – von West nach Ost.

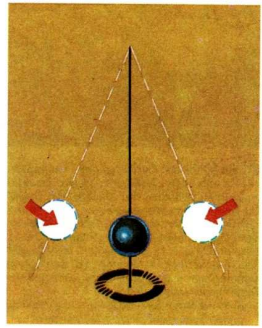
Die Versuche im Freiberger Dreibrüderschacht sind ein beeindruckendes Beispiel wissenschaftlicher Gründlichkeit. Mit einem Stab von Mitarbeitern traf Professor Reich vielfältige Vorbereitungen. Zunächst mußte die geografische Breite des Schachts mit größter Genauigkeit bestimmt werden, damit die Rotationsgeschwindigkeiten für den Anfang und das Ende der Fallstrecke berechnet werden konnten. Genauso exakt wurde die Tiefe vermessen. Dafür war eigens ein Metermaß aus Paris beschafft worden. Der Mittelwert ergab 158,5407 m (oder: 158 m 54 cm 0,7 mm). Damit weder ein Luftzug noch tropfendes Wasser die Kugeln ablenken konnte, erhielt der Schacht eine durchgängige Bretterverschalung (in der Form eines Schornsteins) mit sorgfältig abgedichteten Fugen. Mit Hilfe eines Lots wurde am Schachtende auf einem großen, mit Wachs beschichteten Holzblock der Punkt markiert, in dem die Kugeln bei stillstehender Erde hätten aufschlagen müssen. Ein Freiberger Meister hatte für die Versuche eine Spezialuhr hergestellt, die die Zeit bis auf Sechzigstelsekunden teilte. Schließlich waren Dutzende von Kugeln gegossen worden – teils aus Blei, teils aus Zinn, mit Durchmessern zwischen 3 und 4 cm.

Zuerst dienten mehrere Versuchsreihen (120 Kugeln) nur der Bestimmung der Fallzeit. Sie betrug rund 5,7 s. Dank einer ausgeklügelten Konstruktion sahen dabei die oben stationierten Zeitnehmer in einem Spiegel ein Licht verlöschen, wenn eine Kugel unten aufschlug. Anschließend – die Experimente erstreckten sich über mehrere Monate – wurden bei 106 Kugeln die Aufschlagstellen vermessen. Das Ergebnis lautete: 28,396 mm durchschnittliche Abweichung vom Lotpunkt nach Osten. Theoretisch hätten es – nach einer



„Der Zweifler", ein bekanntes Bild. Wie die Welt nach der Meinung anderer beschaffen sein soll, das will er nicht auf Treu und Glauben hinnehmen. Selbst möchte er sich davon überzeugen. Im Grunde waren sie alle Zweifler, die Pioniere des Fortschritts, wie Copernicus und Galilei, Werner und Humboldt, Ziolkowski und Piccard.

Besonders eindrucksvoll demonstrierte der französische Physiker Foucault (1819 bis 1868) die Achsendrehung der Erde. Zwanzig Jahre nach dem Versuch von Reich führte er in einem hohen Kuppelbau in Paris vor den Augen vieler Zuschauer ein sensationelles Experiment aus. Er ließ ein riesiges Pendel schwingen: eine schwere Eisenkugel, aus der nach unten eine Nadel herausragte, an einem 67 m langen Seil. Darunter war auf dem Boden ein ringförmiger Wall aus feinem Sand aufgehäuft. Hunderte Male durchschnitt die Nadelspitze den Sandwall, und zum Erstaunen der Beobachter verschoben sich die Schnittstellen immer weiter von Osten nach Westen – entgegen der Erdrotation. Einem physikalischen Gesetz zufolge konnte diese Wanderung aber nicht auf das Pendel zurückgehen. Das behält nämlich, sofern es frei schwingen kann, die einmal eingeschlagene Richtung bis zum Stillstand bei. Also mußte sich die Erde mit der Kuppel, den Schaulustigen und dem Sandwall unter der schwingenden Kugel hinweggedreht haben, und zwar von West nach Ost. In Leningrad wird ein ähnliches Pendelexperiment ständig vorgeführt.

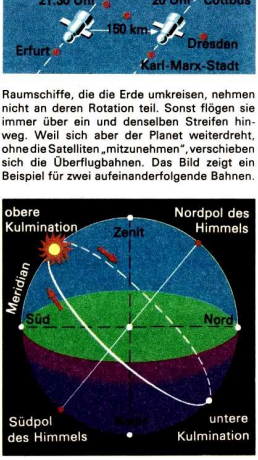


Formel des großen Mathematikers und Physikers Carl Friedrich Gauß – 27,512 mm sein müssen. Ein gelungenes Experiment!(Allerdings überrascht die Genauigkeit des Ergebnisses angesichts der Streuung der Aufschlagstellen der Kugeln.)

Die unteren Schichten der Atmosphäre mit Wolken, Fallschirmspringern und Flugzeugen rotieren mit. Anders könnten wir gar nicht leben; denn bei stillstehender Lufthülle und sich drehender Erde bliese ein fürchterlicher Orkan. Da bliebe der dickste Baum nicht stehen, und die Erdrotation würde durch eine starke Reibung beeinträchtigt. Erst die oberen Luftschichten drehen sich allmählich langsamer (Pfeile!), bis sie schließlich ganz aufhören zu rotieren.



Raumschiffe, die die Erde umkreisen, nehmen nicht an deren Rotation teil. Sonst flögen sie immer über ein und denselben Streifen hinweg. Weil sich aber der Planet weiterdreht, ohne die Satelliten „mitzunehmen", verschieben sich die Überflugbahnen. Das Bild zeigt ein Beispiel für zwei aufeinanderfolgende Bahnen.



Mittags kulminiert die Sonne oben und mitternachts unten. Das heißt, sie erreicht dann jeweils ihren höchsten bzw. niedrigsten Stand. Die mittlere Zeitspanne zwischen zwei unteren Kulminationen ist ein Tag. Er dauert 24 Stunden. Die anderen Sterne kulminieren (oben oder unten) alle 23 Stunden und 56 Minuten. (Die 4 zusätzlichen Minuten bei der Sonne kommen durch den Umlauf der Erde um ihr Zentralgestirn zustande.)
In einem anderen Sinn bedeutet „Tag" die Zeit zwischen Sonnenaufgang und -untergang.



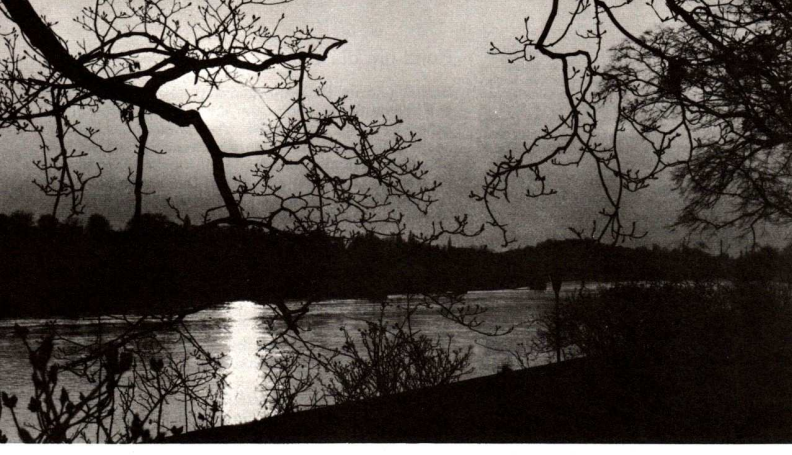
Tag und Nacht

Niemand besang die Erdrotation. Nirgends steht für sie ein Denkmal. Doch ihre Folgen werden oft geehrt, besonders der Morgen, der Abend und die Nacht. Ihnen gelten unzählige Verse, Lieder und Sprüche, Musikstücke und Gemälde. Die Inkas in Südamerika meißelten Sinnbilder für die Tageszeiten in ihr berühmtes Sonnentor (vgl. Seite 22), und bei allen Völkern wurde der Morgen zum Symbol des Aufbruchs. „Aurora" – Morgenröte – hieß der Kreuzer, der 1917 mit dem historischen Schuß die Große Sozialistische Oktoberrevolution einleitete. „Morgenstund hat Gold im Mund", behauptet ein Sprichwort.
Tatsächlich greifen die Folgen der Erdrotation tief in das Leben der Menschen, Tiere und Pflanzen ein. Der ständige Wechsel zwischen Hell und Dunkel vermittelt ein Zeitgefühl und bestimmt den ganzen Lebensrhythmus auf der Erde. Was verändert sich nicht alles – rhythmisch und ziemlich gesetzmäßig – im Laufe von

WANN GEHT DIE SONNE AUF (A) UND UNTER (U)?

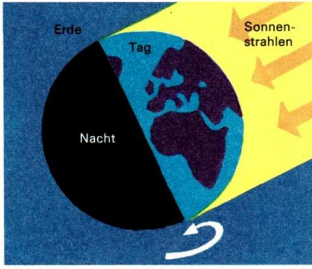
Datum	Berlin	Coventry (Mittelengland)	500 km südlich von Berlin
	A/U	A/U	A/U
20.1.	8.05/16.29		7.48/16.46
21.2.	7.12/17.28		7.04/17.37
21.3.	6.09/18.20	jeweils	wie in Berlin
22.4.	4.55/19.15	60 Minuten	5.05/19.05
20.5.	4.04/20.02	später als	4.22/19.43
21.6.	3.42/20.33	in Berlin	4.06/20.04
23.7.	4.11/20.14		4.30/19.54
20.8.	4.57/19.21		5.07/19.11
23.9.	5.54/18.03		wie in Berlin
23.10.	6.45/16.54		6.37/17.03
20.11.	7.36/16.07		7.20/16.23
22.12.	8.15/15.55		7.54/16.16

(Infolge von Schaltjahren und Rundungen kann es Zeitabweichungen bis zu 2 Minuten geben.)
Coventry, wo ebenfalls die mitteleuropäische Zeit gilt, liegt etwa auf der Breite von Berlin, aber 15 Längengrade weiter westlich. Darum geht die Sonne dort 60 Minuten später auf und unter als in unserer Hauptstadt (4 Minuten je Längengrad).
Welche Orte auf gleicher Länge (Nord-Süd-Richtung) früher oder später Sonnenauf- oder -untergang haben, das hängt von der Jahreszeit ab (siehe Ort 500 km südlich von Berlin).



vierundzwanzig Stunden! Unsere Stimmung und unsere Leistungsfähigkeit, die Körpertemperatur und der Blutdruck. Medizinische Versuche haben erwiesen, daß die Wirkung von Arzeneien und der Verlauf von Krankheiten – wie das Befinden eines Menschen überhaupt – mitunter stark von der Tageszeit abhängen. Selbst das Wachstum von Tieren wurde nach verschiedenen Experimenten damit in Zusammenhang gebracht. Da sich jeder Mensch an seinen Tag-und-Nacht-Rhythmus gewöhnt hat, führen plötzliche Änderungen zu Schwierigkeiten. Am härtesten würde das die Raumfahrer betreffen. Doch sie trainieren entsprechend. Zur Vorbereitung von Flügen ohne den Hell-Dunkel-Wechsel (aus dem Erdbereich hinaus) wurden mehrmonatige Aufenthalte in abgeschlossenen Kammern erprobt. Sportler können kurz nach der Ankunft in einem fernen Kontinent noch keine Höchstleistungen vollbringen. Ihr Organismus paßt sich erst nach einigen Tagen den veränderten Zeitbedingungen an. Nicht anders ist es in der Tier- und Pflanzenwelt. Auch dort haben sich, diktiert von der Erdrotation, feste Rhythmen gebildet. So krähen die Hähne morgens, und viele Pflanzen öffnen und schließen ihre Blüten je nach der Beleuchtung. Eine künstliche nächtliche Sonne brächte vieles durcheinander.

In der Natur spielt der Hell-dunkel-Rhythmus eine große Rolle. Zum Beispiel öffnet die Weiße Seerose ihre Blüten erst einige Zeit nach dem Sonnenaufgang, und bereits am späten Nachmittag verschließt sie ihre Pracht wieder. Andere Pflanzen scheuen das grelle Licht und lassen sich nur im Dunkeln bewundern. Allen voran die Königin der Nacht, eine Kakteenart. Eines Abends erblüht sie, und schon am nächsten Morgen beginnt sie zu welken. Noch anders verhält sich die Zaunwinde. Ihre Blüten bevorzugen das gedämpfte Licht der Morgen- und Abendstunden und der mondhellen Nächte.



Dank der Rotation gibt es Tag und Nacht. Sonst hieße es Tag *oder* Nacht. Wie kalt und lebensfeindlich wäre es auf der Nachtseite! Wieder eine Voraussetzung (die wievielte schon?) für hochentwickeltes Leben auch auf einem fremden Planeten: Er müßte sich ungefähr so drehen wie die Erde.

Auf dem Kickelhahn, einem Berg in der Nähe von Ilmenau, schrieb Goethe eines der schönsten Gedichte über den Abend in der Natur und im Leben:

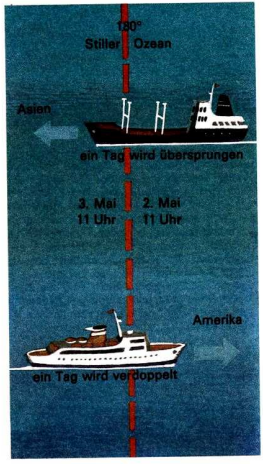
WANDERERS NACHTLIED

Über allen Gipfeln
ist Ruh;
in allen Wipfeln
spürest du
kaum einen Hauch;
die Vögelein schweigen im Walde.
Warte nur, balde
ruhest du auch.

„Big Ben", die berühmte große Uhr am Londoner Parlamentsgebäude, zeigte früher die Weltzeit an. Die wurde nach dem Nullmeridian festgelegt und ist mit der westeuropäischen Zeit identisch. (Einen ganz anderen Sinn hat der Begriff „*Weltzeit*uhr": etwa „Uhr für alle Zeitzonen".) Vor einigen Jahren hat sich Großbritannien jedoch der mitteleuropäischen Zeitzone angeschlossen.

Wegen der geografischen Lage interessieren uns besonders:

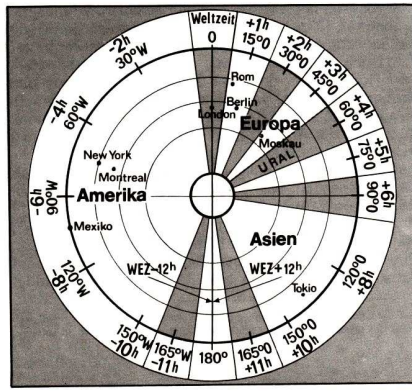
die westeuropäische Zeit (WEZ)
u. a mit Irland und Portugal;
die mitteleuropäische Zeit (MEZ)
mit beiden deutschen Staaten;
die osteuropäische Zeit (OEZ)
mit Polen, Rumänien, Bulgarien;
die Moskauer Zeit (MZ)
mit dem westlichen Teil der Sowjetunion.



Am Meridian 180 treffen die Zeitzonen so zusammen, daß hüben und drüben nie das gleiche Datum herrschen kann. Dafür ein Beispiel. Es sei am 2. Mai, 23 Uhr Weltzeit. Die Differenz von 12 Stunden ergibt dann an der Datumsgrenze nach Asien zu den 3. Mai, 11 Uhr, und in Richtung Amerika den 2. Mai, 11 Uhr. So kommt es zu der merkwürdigen Erscheinung, daß bei der Überfahrt über diese „Naht" entweder ein Tag „verschwindet" oder einer sich verdoppelt. Insofern, als sie durch ein inselarmes Meeresgebiet führt, liegt die Datumsgrenze sehr günstig. Wo sich dennoch Schwierigkeiten ergäben, dort weicht sie vom Meridian ab. Zum Beispiel wird die Tschuktschen-Halbinsel von ihr nicht zweigeteilt. Ähnliches gilt für die Grenzen der Zeitzonen. Sie folgen sogar selten genau einem Meridian.

Rund um die Welt

Barfuß und im Büßergewand zog im September 1522 eine kleine Schar bedrückter und abgemagerter spanischer Seeleute zur Kirche. Von zweihundertfünfundsechzig Mann, die drei Jahre vorher mit fünf Schiffen die erste Weltumsegelung in Angriff genommen hatten, blieben nur achtzehn am Leben. Das waren sie. Nicht nur der Tod so vieler Kameraden und ihres Kapitäns, Fernão de Magalhães, drängte die Überlebenden zum Altar. Sie fühlten sich auch schuldig gegenüber ihrem Glauben, denn sie hatten die religiösen Feste womöglich an den falschen Wochentagen gefeiert. Bei ihrer Rückkehr nach Spanien schrieben die Weltumsegler nämlich den 6. September 1522, während dort bereits der 7. angezeigt wurde. Doch sie hatten ihren Schiffskalender sehr sorgfältig geführt und bei jedem Sonnenaufgang einen neuen Tag verbucht. Woher kam bloß die unverzeihliche Differenz? — Im Grunde von der Erdkrümmung. Ihretwegen verspätet sich der Sonnenaufgang von Ost nach West. So erscheint unser Tagesgestirn in Görlitz (15° ö.L.) genau eine Stunde früher am Morgenhimmel als in London (Nullmeridian). Die Mannschaft der „Victoria", des letzten jener fünf Schiffe, hatte aber, immer westwärts segelnd, die ganze Erde umrundet. Dabei summierte sich die Sonnenverspätung nach und nach zu einem vollen Tag. Bei Ostkurs hätte die Rückkehr nach dem Schiffskalender statt am 6. am 8. September erfolgen müssen. Heute ist dieses schwierige Problem gelöst, denn im 19. Jahrhundert,



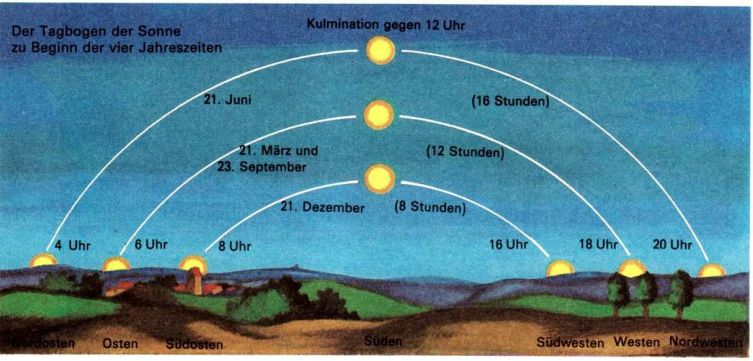
Die Einteilung der Erde in Zeitzonen (schematisch). Der Bezugsmeridian liegt meist in der Mitte. Für uns (MEZ) ist es der von Görlitz (15° ö.L.).



nach dem Aufkommen des Eisenbahn- und Dampfschiffverkehrs, wurde die Erde in Zeitzonen eingeteilt. Wer deren Grenzen überquert, der muß seine Uhr entweder vor- oder zurückstellen. Nur wenn es über die Datumsgrenze – zwischen Amerika und Asien im Stillen Ozean – hinweggeht, bleibt die Uhrzeit unverändert. Dafür wird, je nach der Fahrtrichtung, entweder ein Tag wiederholt oder einer übersprungen.

Nach historischen Berichten dürfte die „Victoria" den Meridian, der später (1845) zur Datumsgrenze erklärt wurde, von Südamerika her (Magalhäesstraße!) etwa am 1. März 1521 erreicht haben. Wäre da, wie es heute geschieht, ein Tag ausgelassen worden, dann hätten die Kalender bei der Ankunft in Spanien übereingestimmt.

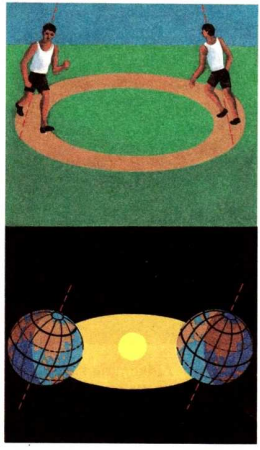
Die Weltzeituhr auf dem Alexanderplatz in Berlin. Da die Tageseinteilung überall ungefähr dem Sonnenstand angepaßt ist, ziehen sich 24 Zeitzonen rund um den Erdball. Von einer zur anderen beträgt der Zeitunterschied genau 1 Stunde, so daß alle Minutenzeiger – falls keine Sonderregelung vorliegt – die gleiche Stellung einnehmen. Zur Zeit der Aufnahme war es in Berlin (Uhren an der Zylindersäule!) und in Amsterdam, Brüssel, Budapest, . . . 15.20 Uhr; in Leningrad, Moskau, Bagdad und Addis Abeba 17.20 Uhr; in Teheran aber (wegen + 30 min) 17.50 Uhr. (Nicht berücksichtigt sind die Sommer- und Winterzeiten, die es in einigen Ländern gibt.) Ein Flugzeug, das von Moskau nach Berlin genau 2 Stunden braucht, würde „zur gleichen Zeit" starten und landen.



Die Reise um die Sonne

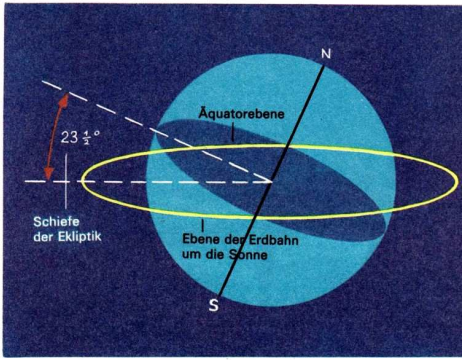
Lange wurde sie nicht beachtet und nicht erkannt, später — nachdem sie in den Blickpunkt gestellt worden war — bestritten, verleumdet und bekämpft. Doch sie findet seit Jahrmillionen statt: die Reise der Erde um die Sonne. Copernicus, Galilei und andere fortschrittliche Denker wiesen mit Nachdruck auf sie hin. Wir kennen die harten Auseinandersetzungen, die um die Erdbewegungen entbrannten. Heute gehört die Erkenntnis, die über Feuer und Folter triumphierte, genauso zum Allgemeinwissen wie das kleine Einmaleins. Wer wüßte es nicht, daß sich unser Planet nicht nur um seine Achse dreht, sondern daß er noch eine zweite wichtige Bewegung ausführt — den Umlauf um die Sonne. Daß eine Runde ein Jahr dauert, damit begnügten sich die Astronomen nicht. Sie bestimmten die Zeit genauer und kamen auf 365,2422 Tage. Daher mußten gemeine Jahre und Schaltjahre (z. B. 1980, 1984 und 1988) eingeführt werden.

Kaum etwas anderes könnte mehr Abwechslung in unser Leben bringen als diese Reise über Millionen von Kilometern. Vielerlei hängt von ihren Etappen ab: die Farben in der Natur, unsere Kleidung, die Sportart, die wir jeweils bevorzugen (Fußball oder Eishockey, Schwimmen oder Schilaufen), die Termine für die Schulferien, das Angebot an Speisen und Getränken ... Kurzum: Die Reiseabschnitte sind die Jahreszeiten. Ein Lieblingsthema für Poeten, Maler und Musiker. Doch wenn ein bestimmter Winkel nicht wäre, dann gäbe es die ganze schöne Abwechslung überhaupt nicht, dann würde die Sonne die Erde im Juni nicht anders bestrahlen als im Dezember. Die „Schiefe der Ekliptik" (Zeichnung S. 89 oben) macht unsere Fahrt so interessant!



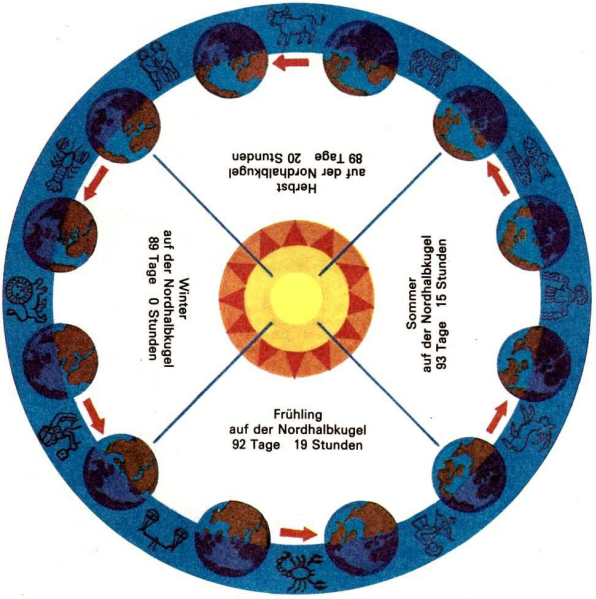
Ein Läufer neigt seinen Oberkörper beim Rundenlauf immer zum Bahninneren. Ganz anders verhält es sich mit der Erdachse beim Umlauf unseres Planeten um die Sonne. Darum liegt in unserem Sommer der Nordpol monatelang Tag und Nacht im Licht, während am Südpol die Sonne gar nicht aufgeht. Umgekehrt ist es, wenn bei uns (auf der nördlichen Erdhälfte) Winter herrscht. Die Zeiten der Sonnenauf- und -untergänge (vgl. Seite 84) deuten diese Nord-Süd-Verschiebung an.

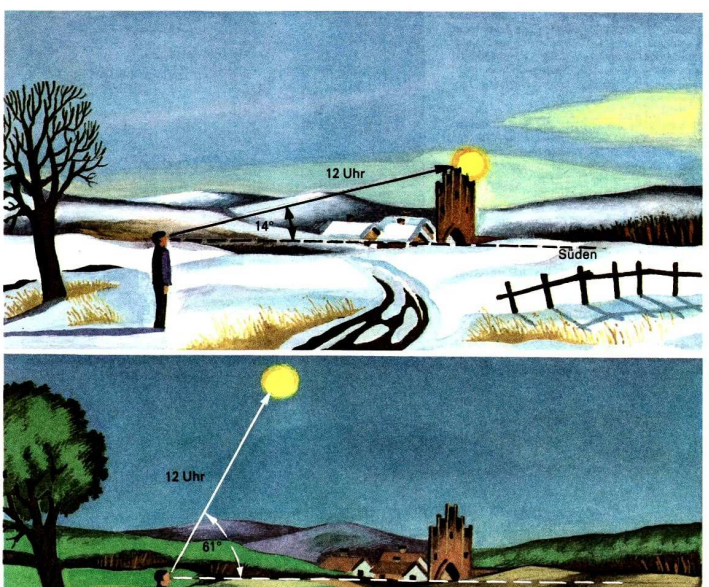
Der wichtigste Winkel in unserem Leben – die Schiefe der Ekliptik – 23,5°. (Das Fremdwort bezeichnet den Kreis, den die Sonnenumlaufbahn der Erde an die Himmelskugel „schreibt".) Wären die beiden Ebenen nicht gegeneinander geneigt, hätten wir keine Jahreszeiten.



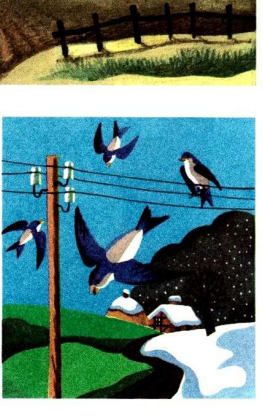
Vom Kalender her und aus der Schule kennen wir die *astronomischen* Jahreszeiten. Die *meteorologischen* (aufs Wetter bezogenen) verteilen sich etwas anders, nämlich so:
Frühling: 1. März bis 31. Mai
Sommer: 1. Juni bis 31. August
Herbst: 1. September bis 30. November
Winter: 1. Dezember bis 28./29. Februar

Der Umlauf der Erde um die Sonne (von „oben"). Monatelang herrschen am Nordpol ewiger Tag oder ewige Nacht. Bei uns steht dann die Sonne sehr steil bzw. sehr flach am Himmel. Von der Erde aus gesehen, für uns aber wegen der Tageshelligkeit nicht sichtbar, erscheinen immer neue Sternbilder in Richtung Sonne, so im Juni die Zwillinge und im Dezember der Schütze. Im ganzen sind es zwölf. Sie bilden den sogenannten Tierkreis.





Vor allem vom Sonnenstand hängen die Temperaturen ab. Je niedriger der Sonnenstand, desto kälter ist es – und umgekehrt. Der kleinstmögliche mittägliche Winkel zur Sonne (am 21. Dezember) beträgt in Berlin 14°. Die grimmigste Kälte kommt gewöhnlich einige Tage später, weil die Luftmassen nicht so schnell reagieren.
Höchstmöglicher Sonnenstand: in Berlin 61°; in Görlitz, Dresden, Erfurt, Köln und Brüssel 62,5°; in Assuan (Eratosthenes!) 90°; auf Bornholm 58,5°; in Leningrad 53,5°; am Nordpol 23,5°.

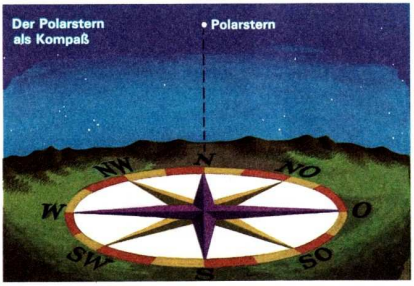


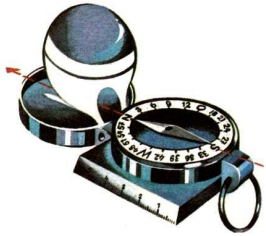
Gute Naturbeobachter waren stets die Bauern. Aus ihren Erfahrungen stellten sie für die Jahreszeiten einige Regeln auf. Mit Aberglauben hat das nichts zu tun. Zum Beispiel:
„Bleiben die Schwalben lange, sei vor dem Winter nicht bange."
„Wenn es nicht wintern tut, wird der Sommer selten gut."
„Der Januar muß vor Kälte knacken, wenn die Ernte gut soll sacken."
„Wenn im Februar die Mücken schwärmen, muß man im März die Ohren wärmen."
„Erst in der Mitte des Mai ist der Winter vorbei."
„Der Mai kühl, der Juni naß, das füllt die Scheune und das Faß."
„Weihnachten im Klee – Ostern im Schnee."

Orientieren wir uns!

Im Jahr 1499 bestimmte Amerigo Vespucci, nach dem Amerika benannt ist (vgl. S. 27), näherungsweise die geografische Länge der Orinoco-Mündung. Für die damalige Zeit eine Meisterleistung. Dazu hatten ihm die Stern- und Planetentabellen von Johannes Müller (Regiomontanus) verholfen. Aber die Orientierung auf der Erde blieb noch lange ein schwieriges Problem, denn die Anforderungen an die Genauigkeit stiegen ständig. Vor allem die Seefahrer brauchten exakte Angaben, damit sie ihre Häfen nicht verfehlten. Einige Regierungen waren darum besonders besorgt. So setzte das englische Parlament 1713 einen hohen Preis für die Vorlage eines Verfahrens aus, mit dem die geografische Länge auf See auf einen halben Grad genau bestimmt werden konnte. (Das läßt am Äquator immerhin noch eine Abweichung von 55 km zu.) In Frankreich wurde zwei Jahre später ein ähnlicher Wettstreit ausgeschrieben. Die Ergebnisse, beispielsweise genau gehende Uhren und „Tafeln der Bewegungen der Sonne und des Mondes", ließen lange auf sich warten. Den vollen Preis erhielt niemand. Heute ermöglichen auch Funkverbindungen zwischen Land und Schiff die Ortsbestimmung auf den Meeren, und schon bald werden die Signale künstlicher Satelliten den Schiffsbesatzungen helfen, ihre Positionen sehr genau zu ermitteln. Trotzdem hat die Navigation nach den Sternen – vor allem wegen ihrer Unanfälligkeit gegen Störungen – noch nicht ausgedient, und die künftigen Seefahrer müssen sich nach wie vor mit ihr vertraut machen. Ein weltweiter Zeitdienst (Funkzeitsignale) erleichtert heute die Arbeit nach dieser Methode.

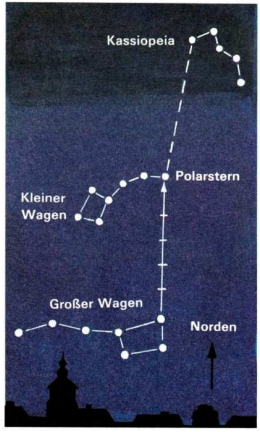
Auf dem Land ist es viel einfacher, sich zurechtzufinden. Hierfür gab es keine Preisausschreiben. Dennoch kommen auch dort Irrtümer vor. Helfen kann dann vor allem der Himmel. Nur eins muß man selbst wissen: in welcher Himmelsrichtung das angestrebte Ziel liegt.



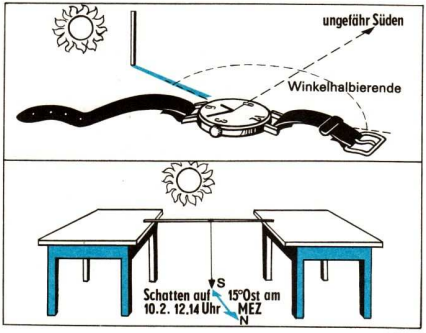


Wer mit einer Wanderkarte gut zurechtkommen will, muß sie einnorden. Dazu wird der Kompaß mit seiner Anlegekante an den nord-südlichen Randstreifen der Karte gelegt und beide so weit gedreht, bis die Nadel nach Norden zeigt. Dann stimmen die Himmelsrichtungen auf der Karte und in der Natur überein. (Der Unterschied zwischen der geografischen und der magnetischen Nordrichtung ist zur Zeit bei uns so gering, daß er außer acht bleiben kann.)

Da bei uns die Westwinde vorherrschen, neigen sich viele freistehende Bäume deutlich nach Osten.

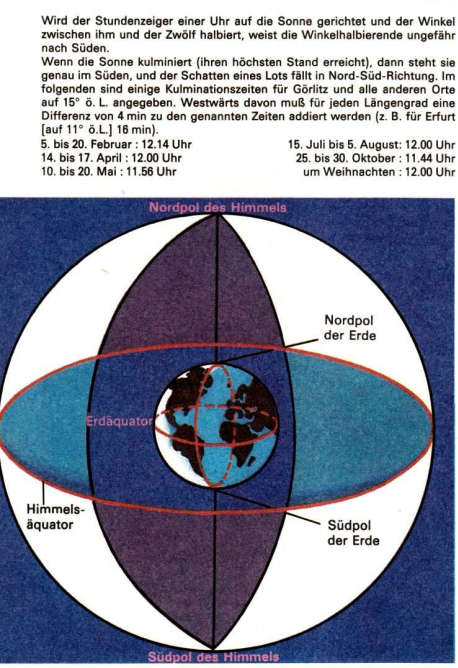


Der beste nächtliche Orientierungshelfer ist der Polarstern. Er steht dicht am nördlichen Himmelspol und beschreibt bei der täglichen Drehung einen so kleinen Kreis, daß sich an seiner Nordrichtung kaum etwas ändert. Als einziger Stern verharrt er fast auf der Stelle.



Wird der Stundenzeiger einer Uhr auf die Sonne gerichtet und der Winkel zwischen ihm und der Zwölf halbiert, weist die Winkelhalbierende ungefähr nach Süden.
Wenn die Sonne kulminiert (ihren höchsten Stand erreicht), dann steht sie genau im Süden, und der Schatten eines Lots fällt in Nord-Süd-Richtung. Im folgenden sind einige Kulminationszeiten für Görlitz und alle anderen Orte auf 15° ö. L. angegeben. Westwärts davon muß für jeden Längengrad eine Differenz von 4 min zu den genannten Zeiten addiert werden (z. B. für Erfurt [auf 11° ö.L.] 16 min).

5. bis 20. Februar : 12.14 Uhr
14. bis 17. April : 12.00 Uhr
10. bis 20. Mai : 11.56 Uhr
15. Juli bis 5. August: 12.00 Uhr
25. bis 30. Oktober : 11.44 Uhr
um Weihnachten : 12.00 Uhr





Das Mündungsgebiet des Orinoco liegt etwa zwischen 61° und 62,5° westlicher Länge. Amerigo Vespucci dürfte etwa 43° bis 45° ermittelt haben, denn der Nullmeridian war damals anders festgelegt. Er ging durch die Kanarischen Inseln. Ptolemäus (vgl. S. 31) hatte nämlich geglaubt, dort sei das westliche Ende der Welt.
Da er seine Landkarten bereits mit einem Gradnetz versah und sie viereckig waren, gehen die geografischen Begriffe „Länge" und „Breite" auf ihn zurück.

Das Gradnetz der Erde widerspiegelt sich am Himmel so, als würde es durch eine starke Lampe in einem gläsernen Globus an den Himmel projiziert. In diesem Sinn stellt z. B. der Erdäquator das Original dar und der Himmelsäquator dessen Projektionsbild. Derselbe Zusammenhang besteht zwischen den Polen der Erde und denen des Himmels. Aus den irdischen Längen- und Breitenkreisen wurden an der Himmelskugel Stunden- und Deklinationskreise.



Der Polarstern über der nördlichen Sowjetunion



Der Polarstern über Vietnam

Arabischer Himmelsglobus aus dem Jahr 1279. Er hat, wie alle Himmelsgloben, einen entscheidenden Nachteil: Der Himmel muß bei ihm von außen betrachtet werden, während er in der Wirklichkeit von innen gesehen wird.



Die Erdmasse läßt sich natürlich nicht mit einer Waage ermitteln. Sie kann aus der Mondbewegung oder aus Messungen der Schwerkraft bestimmt werden. (Die Bahn, die der Mond beim Umlauf um die Erde beschreibt, hängt von deren Masse ab.)
Es ist nicht schwer, die Geschwindigkeit (v), mit der ein Punkt am Äquator rotiert, selbst zu errechnen. Man erhält sie, indem man den zurückgelegten Weg durch die Zeit dividiert. Die Rechnung lautet demnach:

$$v = \frac{40000\ km}{23{,}93\ h} = 1670\ km/h.$$

Für andere Punkte (z. B. für Berlin) erfordert die Berechnung des verkürzten Rotationswegs mathematische Kenntnisse der 10. Klasse. (Findige Köpfe können sich auch durch eine maßstäbliche, möglichst große Zeichnung helfen.)

Die Sonnenhöhe (h) bei der Kulmination am Heimatort:
21. Juni: $h = z + 23{,}5°$
(23,5° = Schiefe der Ekliptik! Vgl. S. 88/89)
21. Dezember: $h = z - 23{,}5°$
21. März und 23. September: $h = z$
(Anleitung:
$z = 90° -$ geografische Breite des Heimatortes;
z. B. gilt
für Berlin: $z = 90° - 52{,}5° = 37{,}5°$;
für Görlitz: $z = 90° - 51° = 39°$)

Ein paar Zahlen

Zum Erdkörper
Radius — wegen der Abplattung der Erde auf eine Kugel mit gleichem Volumen umgerechnet: 6371 km
Länge des Äquators: rund 40000 km
Masse: $5{,}975 \cdot 10^{21}$ t (annähernd 6 Trilliarden Tonnen; 10^{21} bedeutet eine Eins mit 21 Nullen)

Zur Erdrotation
Dauer einer Umdrehung: 23 h 56 min oder rund 23,93 h
Geschwindigkeit eines Punktes am Äquator: 465 m/s = 1670 km/h
. . . am Einstieg des Freiberger Dreibrüderschachts (vgl. S. 82): 1050 km/h (in 158 m Tiefe 0,025 km/h weniger)
. . . des Roten Rathauses und des Gebäudes des Kinderbuchverlages in Berlin: 1015 km/h
. . . des Nord- und des Südpols: 0

Über Sonne und Erde
Zeitspanne zwischen einer Kulmination und der nächsten: 24 h
Geschwindigkeit der Erde beim Umlauf um die Sonne: durchschnittlich 107000 km/h

Zum Stand der Sonne über der DDR
Größtmögliche Horizonthöhe (Gegend von Bad Elster, 21. 6., 12.13 Uhr): 63,3°
Kleinstmögliche Horizonthöhe zu Mittag (Kap Arkona, 21. 12.): 11,8°
Längster Tag (zwischen Auf- und Untergang): 17 h 20 min (Kap Arkona, 21. 6.)
16 h 50 min (in Berlin)
Kürzester Tag: 7 h 10 min (Kap Arkona, 21. 12.), 7 h 40 min (in Berlin)

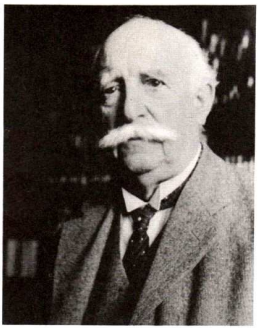


Zweierlei Himmel

Bis fast zum Ende des 19. Jahrhunderts hatte Berlin noch keine Sternwarte, die jedermann zugänglich war. Die Regierung war nicht bereit, dafür Geld auszugeben. Da griff Friedrich Archenhold, ein junger Astronom, zur Selbsthilfe. Er organisierte Sammlungen, vor allem in Arbeiterkreisen, und in kurzer Zeit wurden 250 000 Goldmark gespendet. Dank dieser Hilfe konnte 1896 die Volkssternwarte im Treptower Park eröffnet werden. Fortan informierten sich hier Tausende von Menschen über den Himmel, die Erde und die Sterne. Weltberühmte Gelehrte, darunter die norwegischen Polarforscher Fridtjof Nansen und Roald Amundsen sowie der deutsche Physiker Albert Einstein (vgl. S. 64), sprachen in den Vortragsräumen. Eintausenddreihundert Wißbegierige schlossen sich dem „Verein von Freunden der Treptower Sternwarte" an. 1908 erhielt sie ihre jetzige Form und 1946 – nach der Niederlage des Faschismus, dem der Direktor und einige seiner Mitarbeiter mutig Widerstand geleistet hatten – den Namen Archenhold-Sternwarte. Ihr Zweck ist geblieben. Sie dient der Bildung des Volkes. Neben ihr arbeiten in der DDR, wie in allen hochentwickelten Ländern, eine Reihe wissen-

Die Archenhold-Sternwarte in Berlin ist eine der größten Volkssternwarten der Welt.
Wissenschaftliche Sternwarten (die sich mehr mit der Forschung als mit der Verbreitung astronomischer Kenntnisse befassen) gibt es in der ganzen Welt etwa 300, in der DDR in Babelsberg, Dresden, Jena, Potsdam, Sonneberg und Tautenburg bei Jena.
Die Mehrzahl der Observatorien liegt auf der nördlichen Erdhalbkugel, u. a. in Bonn, Freiburg im Breisgau, Göttingen und Hamburg-Bergedorf (BRD), in Pulkowo bei Leningrad und Selentschukskaja (UdSSR), in Greenwich und Jondrell Bank (Großbritannien), auf dem Mount Palomar (USA).

Vier bis fünf Millionen Besucher aus aller Welt waren bereits Gäste des weltbekannten Zeiss-Planetariums in Jena. Ähnliche Großplanetarien wurden vom VEB Carl Zeiss in viele Länder geliefert, so in die UdSSR (u. a. Moskau, Leningrad, Wolgograd), nach Indien (Calcutta), Indonesien (Jakarta), Kanada (Toronto) und Kolumbien (Bogotá).
Inmitten des Vorführraums, der von einer Kuppel überwölbt ist, steht der komplizierte Projektionsapparat. Er vereinigt in sich mehrere drehbare Bildwerfer, die durch ein Getriebe bewegt werden, so daß die Bilder an der Kuppel wandern. Auf diese Weise lassen sich die scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper nachahmen.

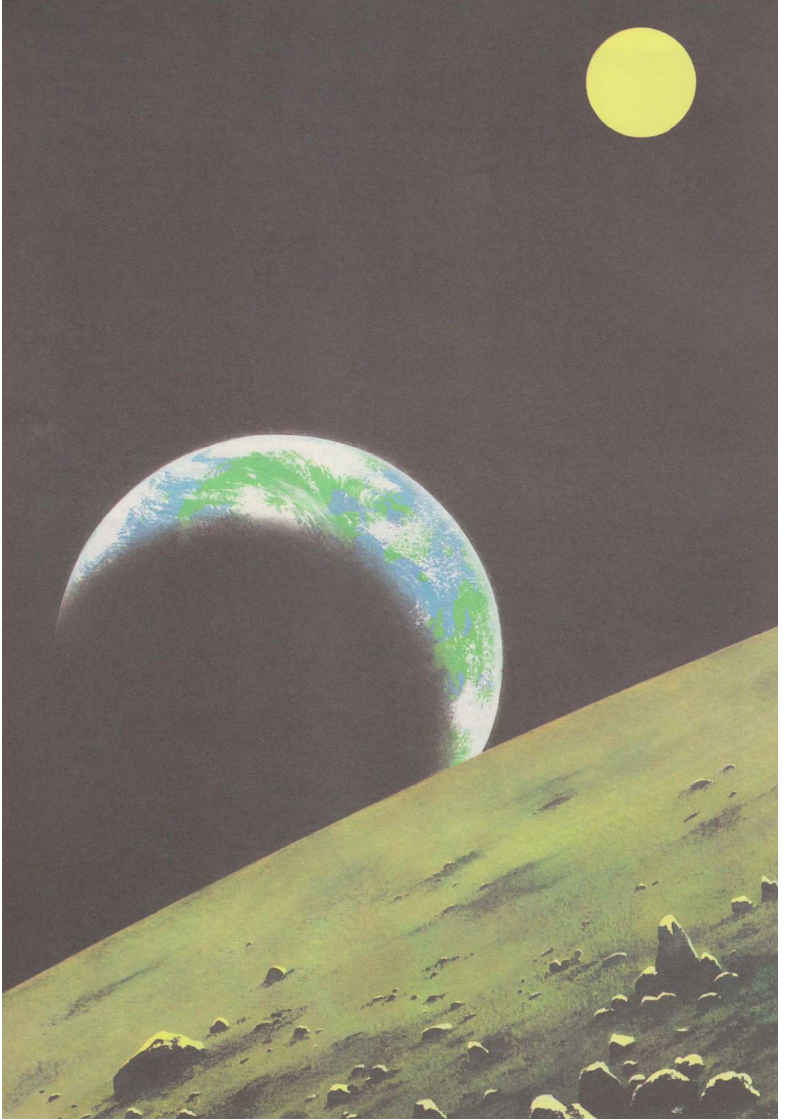


Friedrich Archenhold (1861 bis 1939) studierte in Berlin Astronomie. In seinem Lehrer, Professor Foerster, fand er einen Wissenschaftler, der den Blick nicht streng auf sein Fachgebiet einengte, sondern seine Schüler anregte, die Interessen der Menschen zu vertreten.

schaftlicher Sternwarten (in der ganzen Welt etwa dreihundert) an der Lösung spezieller astronomischer Probleme. Wegen ihrer Vielfalt sind die Aufgaben, auch über Ländergrenzen hinweg, untereinander verteilt. Dazu gehören die fotografische Himmelsüberwachung, die Beobachtung der Sonne und die Entdeckung von Kometen sowie die Erforschung fremder Sternsysteme. Die Einrichtung besteht bei weitem nicht nur aus Beobachtungsinstrumenten. Erforderlich ist viel mehr. Zum Beispiel: Spektralapparate (vgl. S. 35), Uhren und Rechenmaschinen, Fotolaboratorien, Arbeits- und Schlafräume und Werkstätten. Für den Laien gibt es in einem solchen Observatorium nicht viel Aufregendes zu sehen. Anders in den Planetarien. Dort stören weder Wolken noch Wind, weder Regen noch Kälte. Dort strahlen die Sterne immer, bei Tag und in der Nacht, und es kann so gezaubert werden, daß ein Jahr in wenigen Sekunden oder gar rückwärts abläuft. Dafür müssen sich die Besucher allerdings mit einem nachgemachten Himmel begnügen. Doch wenn in dem Kuppelsaal das Licht ausgeht und der komplizierte Bildwerfer den Orion und den Großen Bären, den Polarstern und die Venus an das Gewölbe projiziert, erscheint alles täuschend echt – bis dann die Sonne in Sekundenschnelle durch den ganzen Tierkreis rast. Das zu sehen lohnt sich!

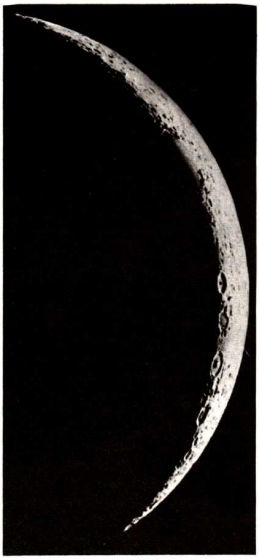
In einem Schulplanetarium





Unser Nachbar

Den Mond mochten die Erdenbürger eigentlich schon immer. Dafür sprechen Märchen und Gemälde, Lieder, Operetten, utopische Romane und Gedichte. Selbst die Sterndeuter erklärten den Erdbegleiter zu einem „Wohltäter". Das nimmt nicht wunder, ist er uns doch Laterne und Wegweiser in der Nacht und manchmal auch Himmelsbote bei Tage. Wie sehr vermissen wir ihn, wenn er sich einmal verbirgt. Schon in alter Zeit regte der freundliche Nachbar die Phantasie der Menschen an. Sie rätselten, wie groß und wie weit entfernt er sein könnte, ob auf ihm gar intelligente Wesen lebten und was wohl die dunklen Flecken darstellen würden. Aus der Zerklüftung seiner Oberfläche entstand für die Kinder das Mondgesicht mit Augen, Mund und Nase. Allerdings wurden unserem Trabanten auch geheimnisvolle Kräfte angedichtet, und die Abergläubischsten machten ihn zum Herrn über das Wetter und das Pflanzenwachstum, ja sogar über Glück und Unglück in ihrem Leben. Die Erfindungen nahmen kein Ende. Noch im Jahr 1835 überraschte eine amerikanische Zeitung ihre Leser mit der Nachricht, daß auf dem Mond Bewohner entdeckt worden wären. Sie lieferte sogar eine phantasievolle Zeichnung dazu. Auch Giordano Bruno hielt, wenngleich zweihundertfünfzig Jahre früher, ähnliches für möglich. Heute ist dieser Traum endgültig ausgeträumt, denn Menschen und Automaten überprüften des Nachbarn Eigenheiten an Ort und Stelle. Längst wissen wir Bescheid über Größe, Entfernung und „Gesicht". Anderes bleibt noch zu erforschen. Zum Beispiel zeigt sich im Mondgestein in den irdischen Laboratorien immer wieder Neues, und die Frage, ob der Mond nur einen ganz, ganz dünnen oder überhaupt keinen Luftschleier besitzt, konnte noch nicht eindeutig beantwortet werden. Bei allen Fortschritten — seine älteste Rolle spielt der Mond noch heute. Sein Name hängt damit zusammen. Er ist über Umwege von „messen" abgeleitet, denn der Erdtrabant diente schon im Altertum als Zeitmesser. Sehr deutlich erinnert unser Wort „Monat" daran. Es bedeutete einst die Zeitspanne zwischen zwei gleichen Mondphasen (zum Beispiel von Vollmond zu Vollmond). Da aber zwölf derartige Monate ein zu kurzes Jahr ergaben, wurden sie in vielen Ländern künstlich verlängert. Manche Völker führen aber noch immer einen Mondkalender, unter anderem die Vietnamesen. Darum wandert ihr Neujahrstag, und das dreitägige Tetfest, das aus diesem Anlaß gefeiert wird, findet jedes Jahr zu einer anderen Zeit statt. Auch auf unseren Kalendern stehen Angaben zur Mondbewegung.



Der „frische" Mond: eine schmale, nach rechts gebogene Sichel. Drei bis vier Tage vorher war er buchstäblich bis zum Verschwinden abgemagert. Es herrschte Neumond.

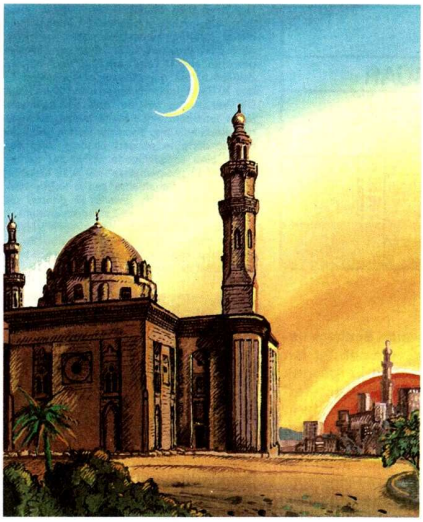
Der große Unsichtbare, der Neumond. Er dirigiert den Mondkalender, bestimmt dessen Monats- und Jahresanfänge. Doch – wie alle Mondgestalten – wiederholt er sich in einem ziemlich ungünstigen Abstand, nämlich (gerundet) alle 29,5 Tage. Das bereitete den Kalendermachern viel Kopfzerbrechen.



Erde, Mond und Menschen

Die vielgesuchte Sichel

Am 19. Februar 1977 stand in der Zeitung „Neues Deutschland" ein Bericht zum „Tet", dem vietnamesischen Neujahrsfest. Darin hieß es: „In Vietnam hat gestern das ‚Jahr der Schlange' begonnen, es löste das ‚Jahr des Drachens' ab. Traditionell wird dieser Jahreswechsel nach dem buddhistischen Mondkalender festlich begangen, und überall im Lande hat man sich seit Wochen darauf vorbereitet. Die Zutaten für das Festmahl im Kreise der Familie waren zu besorgen, kleine Geschenke nebst Blumen für Mutter, Vater und die nächsten Angehörigen, Spielzeug für die Kinder und nicht zu vergessen Feuerwerkskörper und Knallbonbons. Während des Tetfestes 1977 sind durch Regierungsbeschluß wieder drei Tage arbeitsfrei: ‚Silvester' und die beiden ersten Tage des neuen Jahres. Und auch diesmal hat das große Reisen bereits vor vierzehn Tagen eingesetzt. Es ist nämlich uralter Brauch, Mutter und Vater persönlich alles Gute zu wünschen und das erste Mahl des neuen Jahres gemeinsam mit der ganzen Familie im Elternhaus einzunehmen, selbst wenn die Eltern am Roten Fluß und die Kinder womöglich im Mekongdelta wohnen . . . Seit siebzehn Jahren gibt es, angeregt durch Präsident Ho chi Minh, zum Mondneujahr ein zweites Fest, das ‚Tet der Bäume'. Mädchen und Jungen pflanzen alljährlich Hunderttausende kleine Bäumchen für das künftige, blühende Vietnam."
Eine große Feier für den Mond. Doch er selbst ließ sich an diesen Festtagen überhaupt nicht blicken. Auf der ganzen Erde erschien er am 18. Februar 1977 auf den Kalendern kreisrund und rabenschwarz. Das bedeutet Unsichtbarkeit. Jedesmal nämlich, wenn unser Begleiter zwischen Erde und Sonne hindurchwandert, scheint er zu verschwinden. Dann ist Neumond. Taucht unser Himmelsnachbar wieder auf, wendet er uns vorerst nur eine ganz schmale, langgestreckte und nach rechts gebogene Sichel zu, gleichsam seine jugendfrische Gestalt. Gerade sie wurde schon vor vielen Jahrtausenden – und teilweise noch heute – mit Spannung erwartet. Im alten Rom rief dann der „Pontifex minor", ein niederer Priester, mehrmals am Tage den Beginn eines neuen Monats aus, und diese römischen Monatsanfänge hießen „Kalenden". Hier liegt der Ursprung unseres Kalenders. Es ist eine etwas unsichere Sache, die Zeitbestimmung nach dem ersten Sichtbarwerden der jungen Mondsichel. Darum liegen dem vietnamesischen Neujahrstag nicht Beobachtungen, sondern Berechnungen zugrunde. Ausschau nach dem „neugeborenen" Mond wird zum Beispiel noch in Ägypten gehalten.



Wandernde Feste

Den 1. Mai feiern wir natürlich niemals am 27. April oder am 2. Juni. Aber Ostern, Pfingsten, Fasching? Wissen wir da immer im voraus, auf welchen Tag sie fallen? Warum verschieben sich deren Termine ständig? Die Antwort mag überraschen: Der Mond bewegt sie hin und her. Nach einer Festlegung aus dem Jahr 325 liegt Ostern auf dem ersten Sonntag nach dem ersten Frühlingsvollmond. (Bitte mehrmals lesen!) Allein aus Berechnungen wird dieser Zeitpunkt bestimmt. Carl Friedrich Gauß (1777 bis 1855), einer der größten Mathematiker aller Zeiten und viele Jahre Direktor der Sternwarte in Göttingen, stellte dazu eine Formel auf, die sogenannte Gaußsche Osterregel. Sie ermittelt gleichzeitig die beiden anderen Daten. „Pfingsten", aus dem Griechischen übernommen, bedeutet nämlich „fünfzigster Tag". Pfingsten ist stets sieben Wochen nach Ostern. Genauso einfach verhält es sich mit den Faschingstagen. „Carne valet" – „Fleisch, lebe wohl!" sagten die Italiener zur Karnevalszeit, und das mittelalterliche Fasten begann mit dem Aschermittwoch – sechseinhalb Wochen vor dem Osterfest. Erst dann durfte wieder Fleisch gegessen werden. Die alte Zeitrechnung ist geblieben, die Bräuche nur zum Teil.

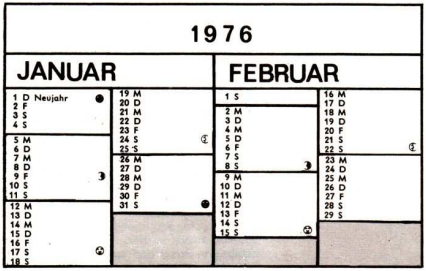
Andere Länder – andere Sitten und Gebräuche. In Ägypten wird alljährlich das viertägige mohammedanische Opferfest „Kourban Beiram" gefeiert. Es beginnt am 10. Tag des Pilgermonats „Dhu el-Higga". Doch dessen Anfang muß nach einer alten religiösen Tradition jedes Jahr neu ermittelt werden, und zwar durch Himmelsbeobachtungen. Ausschlaggebend für die Kalendereinteilung ist auch in diesem Fall das Auftauchen der jungen Mondsichel. Aber über diesen Zeitpunkt läßt sich manchmal streiten. So war für 1976 der Beginn des Pilgermonats auf den 23. November festgesetzt worden. Zwei Tage später mußte der Termin jedoch korrigiert werden, weil „glaubwürdige Augenzeugen" den zunehmenden Mond bereits am Abend des 21. November entdeckt haben wollten. Also wurde der Monatsbeginn kurzerhand auf den 22. November zurückdatiert und der Vormonat nachträglich um einen Tag gekürzt. Solche Unsicherheitsfaktoren würden natürlich auf vielen Gebieten, besonders in der Wirtschaft und im Verkehr, zu Schwierigkeiten führen. Darum laufen im heutigen Ägypten zwei Zeitrechnungen nebeneinander her: eine traditionelle nach dem Mond (und einer mohammedanischen Jahreszählung, wonach am 22.12.1976 das Jahr 1397 begann) und eine moderne nach dem Gregorianischen Kalender, nach dem auch wir uns richten. Er geht im wesentlichen sogar auf die alten Ägypter zurück (vgl. S. 21).

Rechnerisch beginnt ein neuer Mondkalendermonat mit dem Neumond, nach Himmelsbeobachtungen jedoch zwei bis drei Tage später, nämlich nach dem abendlichen Wiedererscheinen der Mondsichel.

Nach der komplizierten Regel findet das Osterfest frühestens am 22. März und spätestens am 25. April statt.
Im folgenden einige Beispiele für das Osterdatum:

19. April 1981	11. April 1982
3. April 1983	22. April 1984
7. April 1985	30. März 1986
19. April 1987	3. April 1988
26. März 1989	15. April 1990



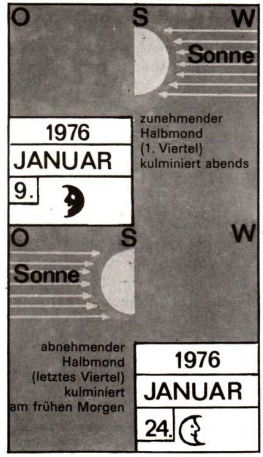


Wie nach dem Mondkalender begann unser Jahr 1976 – mit dem Neumond. Hätten wir uns weiter nach unserem Nachbarn gerichtet, dann wäre bereits am 20. Dezember Silvester gewesen, also 11 Tage vorfristig. Nach diesem Zeitlauf haben die Monate abwechselnd 29 und 30 Tage, und das ergibt nur 354 im Jahr. Die Verkürzung bewirkt, daß die Jahresanfänge innerhalb eines Menschenlebens zweimal durch Frühling, Sommer, Herbst und Winter wandern. In einigen Ländern wird das durch eine ausgeklügelte Schaltung verhindert. Auf 12 „Gemeinjahre" mit je 12 Monaten folgen dort 7 „Schaltjahre" mit je 13 Monaten. Dadurch wird nach jeweils 19 Jahren ein Gleichstand mit anderen Kalendern erreicht. Auch die Jahre werden von einigen Völkern anders gezählt. Am Beginn der Zeitrechnung steht dann meist ein Ereignis, das für das Land von großer Bedeutung war.

Sieben Tage hat die Woche

Unsere Siebentagewoche, so wird in vielen Büchern behauptet, stamme sicherlich nicht vom Himmel. Ihr Ursprung sei wohl kaum aus astronomischen Vorgängen zu erklären, eher aus religiösen Überlieferungen. Tatsächlich gab es den siebentägigen Rhythmus schon in ferner Vergangenheit, und viele alte Kalender waren danach aufgebaut, unter anderem der jüdische, der ägyptische, der indische und wahrscheinlich auch der babylonische. Nun hatten diese Völker zweifellos sehr enge Beziehungen zu unserem hellsten Nachtgestirn. Zum Beispiel reisten die Kaufleute in den heißen orientalischen Ländern gern in den kühleren Vollmondnächten, und der Halbmond wurde zu einem bekannten mohammedanischen Symbol (vgl. das türkische Hoheitszeichen). Könnte da nicht der Wechsel der Mondgestalten zu der Siebentageeinteilung geführt haben? Wie verhält es sich eigentlich mit den Phasen des Erdtrabanten? Zuerst muß die Sonne erwähnt werden. Sie bestrahlt den Mond, und er glänzt in ihrem Licht, als wäre es sein eigenes. Hinzu kommt, daß er die Erde umrundet. Ungefähr jeden Monat einmal. Dabei ergeben sich unterschiedliche Beleuchtungsrichtungen. Aus unserer Sicht bescheint die Sonne den Mond abwechselnd von „hinten", von rechts, von „vorn" und von links. Alle 29½ Tage hat er die gleiche Gestalt. Diese Zeitspanne nennen die Astronomen einen synodischen Monat, und der wird von alters her geviertelt. Das Ergebnis dieser Vierteilung sind die Phasen. Jeder Kalender gibt sie an: Neumond, zunehmender Halbmond (1. Viertel), Vollmond und abnehmender Halbmond (letztes Viertel). Grob gerechnet, liegen jeweils 7 Tage dazwischen. Vielleicht ist das die Wurzel unserer siebentägigen Woche. Wegen der komplizierten und von Anziehungskräften vielfach gestörten Mondbahn entstand allerdings kein strenges zeitliches Gleichmaß im Wechsel seiner Gestalten. Einen Anteil an unserer Woche hat der Erdtrabant: am Anfang steht sein Tag, der Mon(d)tag.





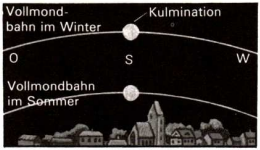


Aberglaube und Wahrheit

„Neuer Vollmond — neue Kälte!" Diese „Wetterregel" spukt noch heute in vielen Köpfen. Doch sie verdreht die Wahrheit. Umgekehrt stimmt es. Erst die Kälte, dann der Vollmond! Am kältesten ist es nämlich in den klaren Nächten, und nur sie legen den rundgesichtigen Nachtwanderer richtig bloß. Wie oft verbirgt er sich aber bei milderen Temperaturen hinter einer dichten Wolkendecke. Überhaupt entspringt den Mondgestalten weder gutes noch schlechtes Wetter.

Auch Kurpfuscher hielten es früher gern mit diesem Nachtwächter. Bei Vollmondschein und mit närrischen Sprüchen wollten sie Krankheiten kurieren. Alles Täuschung, Einbildung und Aberglaube! Und doch beeinflußt unser Nachbar das Leben auf der Erde. Sehr sogar. Samt Haus und Stuhl hebt und senkt er uns zweimal täglich um fast einen halben Meter. Wir spüren das zwar nicht, aber die Astronomen und Physiker können das mit Spezialgeräten messen, z. B. in einem stillgelegten Kalischacht in Tiefenort im Bezirk Gera. Auch unsere Lufthülle pulsiert. Doch viel mehr geschieht an den Meeresküsten. Dort wechseln ständig Hoch- und Niedrigwasser. Diese „Gezeiten" werden hauptsächlich durch die Anziehungskraft des Mondes verursacht. Die Erdanziehung wirkt allerdings noch gewaltiger. Sie zwingt den Mond zum Umlauf.

Ebbe und Flut (die Gezeiten). Ein Flutberg liegt unter dem Mond, ein zweiter auf der entgegengesetzten Seite. Beide wandern um die Erde, und zwar, wie die Zeichnung zeigt, hauptsächlich wegen der Erdrotation. Weil der Mond im Durchschnitt alle 24 Stunden und 50 Minuten kulminiert, verschieben sich die Flut- und Ebbezeiten. In den großen Häfen werden dazu Tabellen geführt. Sie berücksichtigen die Verzögerungen, die dadurch entstehen, daß die Wassermassen nicht schlagartig auf den scheinbaren Mondlauf reagieren können.



Wie die Sonne im Sommer, so zieht der Vollmond im Winter seine Bahn hoch über dem Horizont. Auch die Umkehrung gilt: Wie die Sonne im Winter, so der Vollmond im Sommer.

Die Finsternisse sind ebenfalls an die Phasen des Erdtrabanten gebunden. Sie können nur bei Voll- oder Neumond eintreten: wenn Sonne, Mond und Erde genau in einer Ebene stehen. Das kommt aber nicht sehr häufig vor. Die Zeitungen kündigen es jedesmal an.





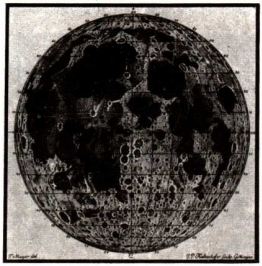
Im Lateinischen heißt der Erdtrabant „luna". Damit verwandt ist unser Wort Laune. Wörtlich genommen, kommt sie vom Mond. Das heißt vom Wechsel seiner Gestalten. Dieser ewige Wandel regte die menschliche Phantasie besonders an. Vor allem ließ er den Aberglauben blühen. Danach sollte die zunehmende Sichel das Gute und die abnehmende das Schlechte bewirken. Nur die Beweise blieben die Abergläubischen schuldig.

Erkundung von fern und nah

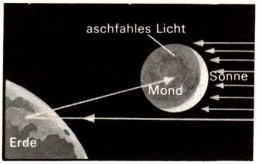
Es begann mit Galilei

Der erste, der den Mond richtig erkannte, war Galileo Galilei. Als er im Jahr 1609 sein kleines Fernrohr nach der schmalen Himmelssichel richtete, sah er mehr, als je ein Mensch vor ihm erblickt hatte. Nichts von einer glatten Oberfläche mit einigen dunklen Flecken! Erdähnlich erschien der Nachbar. Berge und Täler überzogen ihn, und es ließ sich deutlich erkennen, daß seine sonnenbeschienenen Gipfel lange Schatten warfen. Die wanderten, wie der Sonnenstand sich veränderte. Von daher, vom Tagesgestirn, stammte also das Mondlicht. Wieder eine Gemeinsamkeit mit der Erde. Doch die Mächtigen der Kirche hielten sehr darauf, daß „ihr" Planet von allen anderen Himmelskörpern ganz und gar verschieden sei. Gerade diesen Unterschied hatte Giordano Bruno energisch bestritten.

Neun Jahre später nun diese Entdeckung: Irdische Gebilde auch auf dem Mond! Wo blieb da die geheiligte Trennung zwischen Himmel und Erde? Immer besser zeichnete sich fortan die Mondlandschaft in den Fernrohren ab, und bald entstanden die ersten Mondkarten. Darauf wurden, nach einer Vorstellung aus dem Altertum, aus den großen, dunklen, ziemlich ebenen Flächen die Mare (Meere), aus den langgestreckten Gebirgszügen unter anderem die (Mond-)Alpen, Apenninen und Karpaten sowie aus den auffallendsten Ringgebirgen die sogenannten Gelehrtenfriedhöfe. Sie erhielten die Namen berühmter Erdenbürger. Wir finden unter ihnen Copernicus und Ptolemäus, Eratosthenes und Werner und viele andere, die uns in diesem Buch schon begegneten. Lassen wir uns aber durch solche Bezeichnungen wie „Regenmeer" nicht täuschen. Auf dem Mond fällt weder Regen, noch führen seine Meere Wasser.



Mondkarte aus dem Jahr 1775. Die ringförmigen Gebilde wurden und werden als Krater bezeichnet.



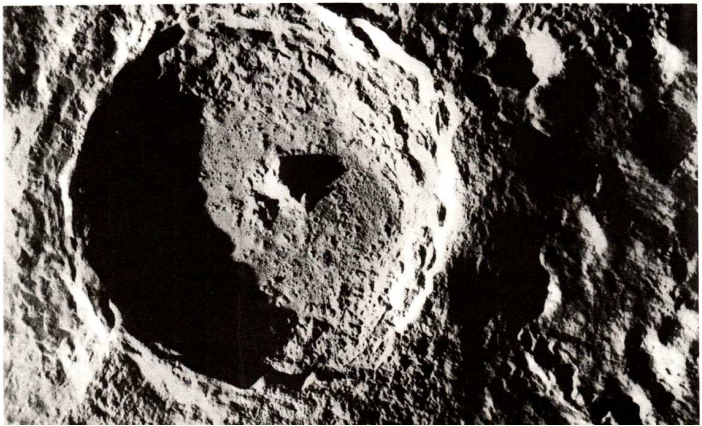
Auch das deutete Galilei richtig: Dem Mondschein auf der Erde entspricht der „Erdenschein" (das aschfahle Licht) auf dem Mond. Bei Neumond ist „Vollerde", bei Vollmond „Neuerde".

Jahre voller Höhepunkte

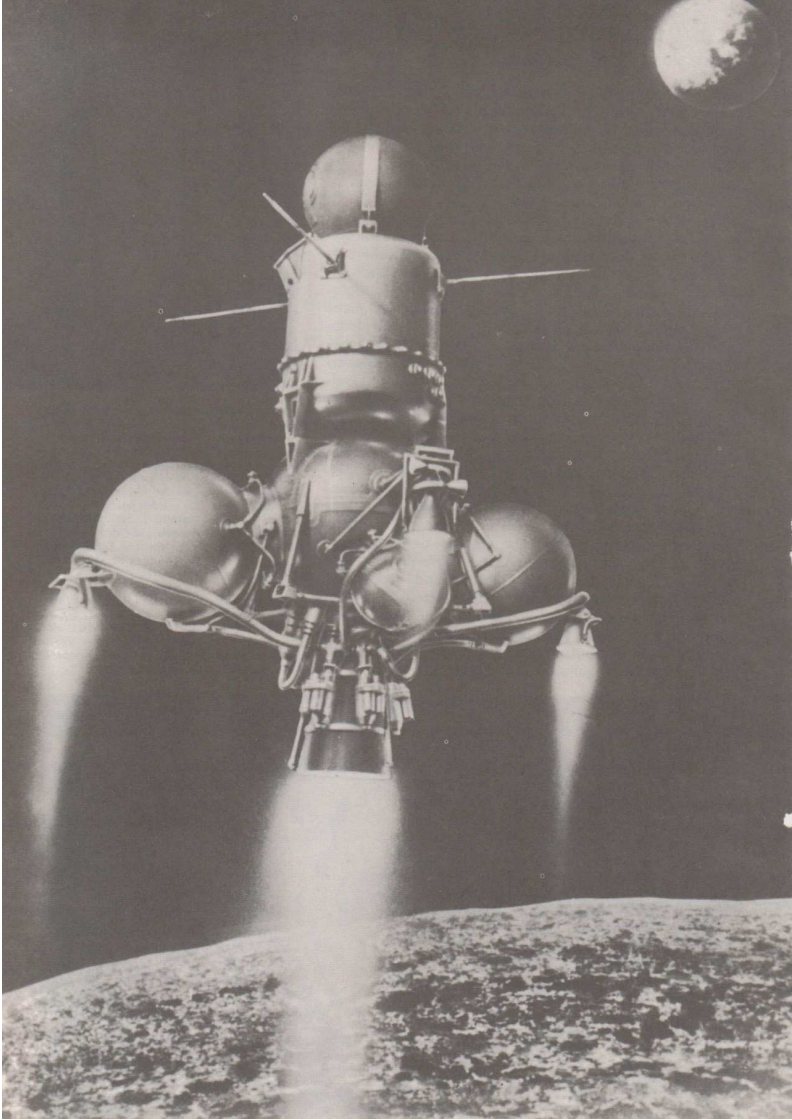
Dreihundertfünfzig Jahre nach Galileis ersten Beobachtungen stand auf der Visitenkarte des Mondes noch nicht übermäßig viel. Außer dem, was wir bisher kennengelernt haben, zum Beispiel noch dies:
Mittlere Entfernung von der Erde: 384 000 km,
Durchmesser: 3476 km, etwa ¼ des Erddurchmessers,
Schwerkraft: ⅙ der Erdschwere.
Da begann das Zeitalter der Raumschiff- und Raketenforschung und mit ihm die Erstürmung des Erdtrabanten durch die Wissenschaft. Jetzt häuften sich die aufsehenerregenden Ereignisse. So verschwand schon im Oktober 1959 ein riesiger weißer Fleck vom Mondglobus. „Rückseite unbekannt" – das galt auf einmal nicht mehr. „Lunik 3", ein sowjetischer Raumflugkörper, fotografierte erstmalig die Rückseite unseres Nachbargestirns, die bis dahin kein Mensch gesehen hatte. Sieben Jahre später führte „Luna 9" (unbemannt) die erste weiche Mondlandung aus. Nun waren die Voraussetzungen gegeben für einen besonderen Höhepunkt. Am 21. Juli 1969 stiegen die amerikanischen Astronauten Neil Armstrong und Edwin Aldrin unter den Augen von Millionen Fernsehzuschauern aus ihrer Landefähre auf den Boden unseres Himmelsnachbarn hinab. 27 kg Gestein brachten sie von dort zurück. 1969 (eine), 1970 (zwei) und 1972 (zwei) folgten noch fünf ähnliche Apollo-Expeditionen. Die Sowjetunion ließ Automaten auf dem Mond arbeiten. „Luna 16" sowie „Luna 17" mit dem Forschungsfahrzeug „Lunochod 1" (September und November 1970) waren die ersten Glieder einer langen Kette. Besonders tief bohrte „Luna 24" (August 1976) den Erdtrabanten an. In diesen erfolgreichen Jahren fügten sich Tausende von Nahaufnahmen zu einem vollständigen Bild von der Oberfläche unseres Nachbarn.

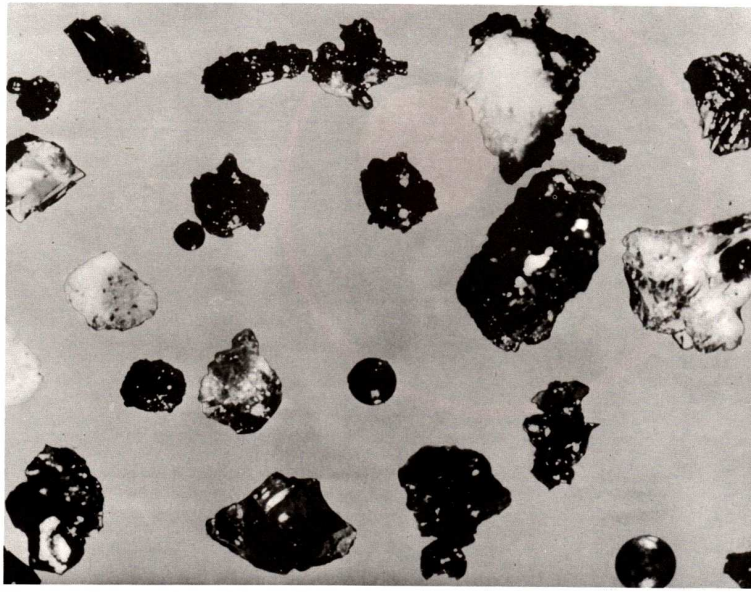


Die historische 1. Aufnahme von der Rückseite des Mondes durch „Lunik 3". Auch später aufgenommene Bilder bestätigen, daß zwischen den beiden Mondhälften erhebliche Unterschiede bestehen. Vor allem fehlen hinten die großen Mare. Bei den Namensgebungen im „Neuland" kamen wieder Pioniere des Fortschritts zu Ehren. So wurden jetzt auf sowjetischen Vorschlag Krater u. a. nach Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski und Giordano Bruno benannt. Auch der französische Schriftsteller Jules Verne (vgl. S. 72) erhielt eine bleibende Gedenkstätte.



Typische Mondlandschaft auf einem Foto: etwa in der Bildmitte ein Ringgebirge, das einen Zentralberg umschließt. Allein auf der erdzugewandten Mondseite gibt es fast 40 000 solcher Krater. Der auf dem Bild wurde nach dem Astronomen Tycho Brahe benannt.



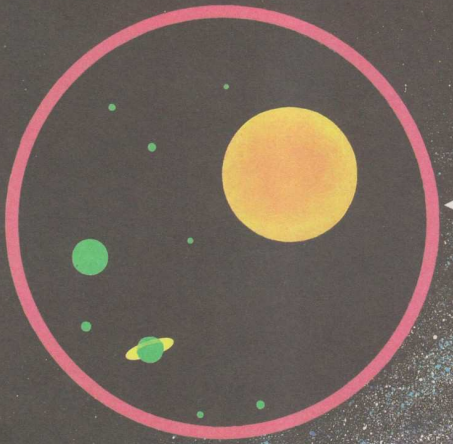


Mondstaub — Mikroskopaufnahme. Als auffallendster Bestandteil zeigen sich winzige Glaskügelchen.

20. September 1970: Landung von „Luna 16" auf dem Mond (links eine Bildmontage). Ein Jahr, nachdem die amerikanischen Astronauten Armstrong und Aldrin mit einer Spezialschaufel und einer Röhre dort die ersten Bodenproben entnommen hatten, wurde nun auf dem Erdtrabanten ein Elektrobohrgerät angesetzt. Sowjetische Geologen bedienten es aus rund 400 000 km Entfernung. Auf ihre „Befehle" hin erfolgten die Schaltungen, veränderten sich sogar die Bohrgeschwindigkeiten. Mit dem Rückkehrapparat gelangte die wertvolle Fracht sicher zur Erde. Während dieses Gestein dicht unter der Oberfläche gewonnen worden war, holte „Luna 24" untermondisches Material aus zwei Metern Tiefe herauf. Besonders umfangreiche Gesteinssammlungen aus den unterschiedlichsten Mondgebieten beschafften die amerikanischen Apollo-Expeditionen. Dieses Vielerlei ist nötig, denn nur durch eine große Zahl von Untersuchungen wird sich die Entstehungsgeschichte des Mondes enträtseln lassen.

Mondstaub unterm Mikroskop

Große Brocken verhüllen, was in ihrem Innern steckt. Darum wurde das Mondgestein in Form von Staub unter die Mikroskope gebracht. Die Sowjetunion und die USA stellten vielen Ländern, so auch der DDR, Bodenproben zur Verfügung. Hunderte von Wissenschaftlern untersuchten das Material. Bis Ende 1976 entdeckten sie darin nicht weniger als siebzig Elemente, die auch auf der Erde vorkommen. Zum Beispiel Titan, das Metall, mit dem das große Raketendenkmal in Moskau verkleidet ist. Eine scharfe Trennlinie zwischen Irdischem und Außerirdischem wurde nicht gefunden, so daß auch diese Untersuchungen auf die Einheitlichkeit im Weltall hindeuten. Für das Alter des Mondes ergaben sich 4,6 Milliarden Jahre. Also dürfte er etwa zur gleichen Zeit wie die Erde entstanden sein.

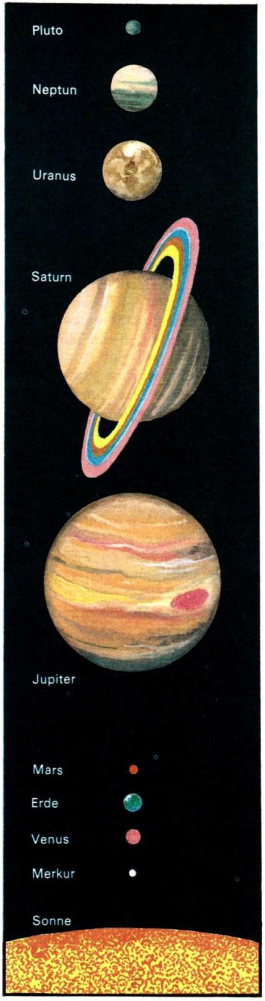


Das Reich der Sonne

Unsere Heimat im Weltall ist das Sonnensystem. Es besteht aus vielen Millionen Himmelskörpern. An deren Spitze steht die Sonne, der einzige Stern in diesem Bereich. Mit ihrer großen Masse zwingt sie ihre himmlischen Nachbarn in ihren Bann. Das sind 9 Planeten mit 43 (möglicherweise aber noch mehr) Monden, 50000 bis 100 000 Planetoiden, 10 Millionen bis 100 Milliarden Kometen und eine riesige Anzahl Meteoriten. Zusammen besitzen die nicht viel mehr als ein Tausendstel der Sonnenmasse. Über eigenes Licht verfügen sie alle nicht. Sie „sonnen" sich höchstens. Gäbe es keine ausgleichende Kraft, würde die Sonne alle die Kleinen an sich heranziehen. Doch die bewegen sich um ihr Zentralgestirn herum. Nur das verhindert ihren Sturz in den glühenden Gasball. Vervollständigt wird das Reich der Sonne durch Ansammlungen von Staub und Gas.

Das ganze Sonnensystem fügt sich in eine vieltausendmal größere Sterninsel ein, in das Milchstraßensystem. Auch darin verharrt es nicht auf der Stelle. Die Sonne umrundet, wie alle anderen Sterne, das Inselzentrum. Dabei führt sie ihre ganze Familie mit. 250 Millionen Jahre dauert ein solcher Umlauf. Wie kompliziert und vielfältig sind doch die Bewegungen, an denen wir teilnehmen: die Drehung um die Erdachse, der Flug um die Sonne und der Lauf mit ihr zusammen durch das Milchstraßensystem. Selbst das kennt keinen Stillstand, denn nirgends im Weltall gibt es einen Ruhezustand. Alles bewegt und verändert sich ständig.

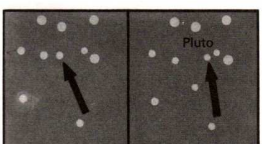
Die vielen kleinen und unsichtbaren Familienmitglieder kümmern uns wenig. In einem neueren Buch werden sie scherzhaft als Himmelsungeziefer bezeichnet. Großes Interesse galt aber von jeher den Geschwistern der Erde, den Planeten. Vier von ihnen fallen uns besonders auf: Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Noch heute, wie zu Kolumbus' Zeiten, helfen sie den Seefahrern bei der Orientierung. Um die Sonne und die Planeten ging es beim Kampf ums Weltbild, und wichtige Himmelsgesetze wurden aus dem Lauf der Erdgeschwister abgeleitet. Mit ihnen, den größten Begleitern der Sonne, verbinden sich die Namen so berühmter Astronomen wie Claudius Ptolemäus, Nicolaus Copernicus und Galileo Galilei. Weitere bekannte Planetenforscher – Tycho Brahe, Johannes Kepler und Isaac Newton – werden wir in den folgenden Kapiteln kennenlernen. Sie alle erwarben sich große Verdienste. Trotzdem wurden die meisten Planetenrätsel erst in unseren Tagen gelöst. Wir verdanken das der Raumfahrt.



Wandelnde Sterne

Von Merkur bis Pluto

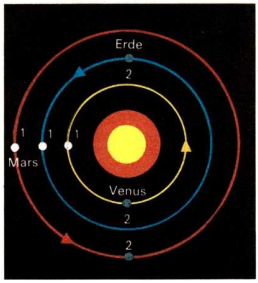
Am 18. Februar 1930 bemerkte der amerikanische Astronom Tombaugh auf einer Himmelsfotografie ein Lichtpünktchen, das in keinem Sternkatalog verzeichnet war. Das fesselte sofort seine Aufmerksamkeit. Hatte er gar etwas Neues entdeckt? Vielleicht einen noch unbekannten Planeten? Tagelang wurde die „verdächtige" Gegend immer wieder fotografiert, wobei ein großes Fernrohr als Kamera diente. Beim Vergleich der Aufnahmen stellte sich heraus, daß das Pünktchen wanderte. Also konnte es kein Stern sein, denn diese Himmelskörper verschieben sich nicht gegeneinander. Zum Beispiel vertauscht der linke Schulterstern des Orions seinen Platz nie mit dem rechten. Die erste Vermutung bestätigte sich: Der neunte und sonnenfernste Planet war gefunden worden. Ob es endgültig der letzte ist, wissen wir nicht. Bis jetzt verlief die Suche nach weiteren Erdgeschwistern ergebnislos. Gäbe es welche, dann würden sie wegen ihrer großen Entfernung von der Sonne deren Licht nur noch ganz, ganz schwach zurückstrahlen.
Im Altertum kannten die Menschen nur die fünf innersten, die hellsten Planeten. Sie gaben unseren Vorfahren, besonders aber den Völkern am östlichen Mittelmeer, sehr zu denken. Einmal wegen ihrer Pracht, zum anderen wegen ihrer Wanderungen. (Das griechische Wort „planetes" bedeutet „Wanderer".) Himmelskörper wie tausend andere konnten das nach den Vorstellungen der alten Babylonier, Ägypter oder Griechen wohl nicht sein. Warum gebärdeten sie sich sonst so würde- und geheimnisvoll? In die Bewunderung von Glanz und Schönheit mischte sich die Furcht. Daraus nährte sich die Astrologie, der Himmelsaberglaube. Diese Irrlehre unterschob den Planeten Wohl- und Übeltaten.
Der vermeintlichen Bedeutung entsprach die Namensgebung, denn die Geschwister unsrer Erde wurden allesamt in den Stand von Gottheiten erhoben. In der römischen Götterregierung vertraten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn in dieser Reihenfolge die Bereiche Handel, Liebe, Kriegswesen, Direktion und landwirtschaftliche Kulturen (Saaten). Mit Uranus, 1781 entdeckt, Neptun, 1846, und Pluto kamen dann noch die Götter des Himmels, des Meeres und der Unterwelt hinzu. Neben der Sonne und dem Mond verliehen die Erstgenannten den Wochentagen ihre Namen. So stammen der Dienstag vom Mars (bei den Germanen „Ziu" geheißen), der Mittwoch vom Merkur, der Donnerstag vom Jupiter (germanisch „Donar"), der Freitag von der Venus (der nordischen „Freia") und der Sonnabend (im Englischen „saturday") vom Saturn. Irgendwelche Ein-



Die Entdeckung des Pluto. Während die Zeichnung den fernsten Planeten hier ein wenig hervorhebt, war er auf den Fotografien gerade noch zu erkennen.



Ein Beispiel für die Wanderung der Planeten. Die Ursache dieses Weiterrückens ist ihr Umlauf um die Sonne. Dagegen verändern die Sterne im Laufe unseres Lebens die Abstände voneinander und die Winkel, die sie untereinander bilden, nur unmerklich.



1 – kleinstmögliche Abstände (große Helligkeit!); 2 – größtmögliche Abstände (geringere Helligkeit!).

flüsse üben die Planeten natürlich nicht aus. Weder kommt das Gute von der Venus noch das Schlechte vom Mars.

Mit der Erfindung des Fernrohrs rückten die Wandelsterne, besonders die erdnächsten, noch weiter in den Vordergrund. Vieles, was sie früher verbergen konnten, kam jetzt ans Licht. So gesellte sich zum Erdmond eine Schar von Stiefbrüdern. Die ersten vier entdeckte Galileo Galilei (vgl. S. 33) beim Jupiter. Erst in jüngster Zeit wurden bei ihm der 13., 14., 15. und der 16. Trabant gefunden. Mit Sicherheit waren bis Mai 1984 in unserem Sonnensystem dreiundvierzig Monde bekannt. Auch die Oberflächen und die Wolkenhüllen einzelner Planeten nahmen für uns nach und nach Gestalt an, denn die riesigen Teleskope und die Raumflugkörper lieferten und liefern immer mehr und bessere Informationen. Dabei überwogen allerdings die Enttäuschungen. Erdähnliche Pracht zeigte sich nämlich nicht. Hingegen sehen die Aufnahmen von Merkur und Mars wie Mondbilder aus. Endgültig zerbrach die Hoffnung auf weiteres hochentwickeltes Leben in unserem Sonnensystem. Mehr als einfache Organismen dürfen wir auf anderen Planeten nicht erwarten.

Wie schön ist doch unsere Erde.

DIE PLANETEN UNSERES SONNENSYSTEMS

	Durchmesser im Vergleich zur Erde	Mittlerer Abstand von der Sonne (Erde = 1)	Sonnenumlaufzeit in Jahren	Zahl der Monde
Merkur	0,38	0,39	0,24	0
Venus	0,95	0,72	0,62	0
Erde	1,00	1,00	1,00	1
Mars	0,53	1,52	1,88	2
Jupiter	11,26	5,20	11,86	16
Saturn	9,46	9,54	29,46	17*
Uranus	4,06	19,18	84,02	5
Neptun	3,86	30,06	164,79	2
Pluto	0,24	39,75	247,70	0 (?)

Nur Merkur und Mars zeigen uns ihre Oberfläche. Die anderen, außer vielleicht Pluto, über den nichts Näheres bekannt ist, sind von einer dichten Wolkenhülle umgeben.

* vermutlich noch 6 weitere

Temperatur	
Merkur	schmelztiegelheiß
Venus	schmelztiegelheiß
Erde	lebensgünstig
Mars	ziemlich kalt
Jupiter[1]	i. d. Atmosphäre kalt
Saturn[2]	eiskalt
Uranus	eiskalt
Neptun	eiskalt
Pluto	eiskalt

[1] Möglicherweise heizt sich der Jupiter von innen auf, so daß die fehlende Sonnenwärme dadurch ersetzt wird und die Temperaturen überraschend hoch sein könnten. Es ist nicht völlig ausgeschlossen, daß er sich zu einem Stern entwickelt, zum Doppelsternpartner der Sonne.

[2] Die Ringe des Saturn bestehen aus unzähligen Gesteinsbrocken. 1977 wurde auch beim Uranus ein Ringsystem entdeckt und 1979 eins beim Jupiter.



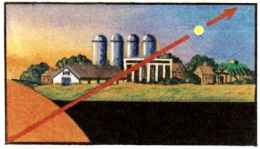
Der Merkur, aufgenommen aus 230 000 km Entfernung. Ist seine Oberfläche nicht der des Mondes zum Verwechseln ähnlich? Weil unser innerster Planet stets in Sonnenrichtung steht, kann er, wenn überhaupt, immer nur für wenige Minuten vor Sonnenauf- oder nach Sonnenuntergang beobachtet werden. Copernicus bekannte, daß er ihn nie gesehen hat.

Eine verschleierte Schönheit

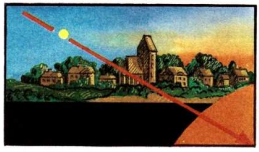
Als Napoleon I., der Kaiser der Franzosen und Eroberer halb Europas (1769 bis 1821), eines Mittags mit seinem Gefolge durch die Straßen zog, galt ihm nicht die gewohnte Aufmerksamkeit. Seine Untertanen schauten mehr zum Himmel als auf Seine Majestät. Es faszinierte und ängstigte sie zugleich, was sie dort sahen: mitten am Tage erstrahlte ein Stern. Viele dachten an ein Vorzeichen, an einen Wink des Schicksals. Sollte der berühmte Heerführer noch höher steigen, oder sollte er fallen? Einige Jahre darauf verlor Napoleon, nachdem sein Feldzug gegen Rußland zurückgeschlagen worden war, die Völkerschlacht bei Leipzig (1813). Doch diese Niederlage bereiteten ihm nicht die Sterne, sondern die vereinigten Armeen der Russen, Preußen und Österreicher.

Was die Blicke von dem Herrscher ablenkte, war keine Wundererscheinung, sondern ein altbekannter und vielbeachteter, uns benachbarter Planet. Der hellste von allen – die Venus. Bruno H. Bürgel nannte sie „das herrlichste Gestirn des ganzen Himmels". An jenem Tage hatte sie sich ziemlich nahe an die Erde heranbegeben. „Nur" 41 Millionen km beträgt ihr kleinstmöglicher Abstand von uns. Ihre Entfernung kann aber bis auf 257 Millionen km anwachsen (vgl. Bild S. 109). Entsprechend verändert sich der Glanz unserer Planetenschwester, und in ihrer günstigsten Stellung lugt sie hin und wieder sogar vom Taghimmel.

Bei den alten Völkern – von den Babyloniern im Morgenland bis hin zu den Indianern in Mittelamerika – stand dieser prächtige Wandelstern in hohem Ansehen. Um ihn rankten sich viele Sagen und Märchen. Was Wunder, daß er schließlich eine besonders verehrte Gottheit verkörpern sollte, die Göttin der Schönheit und



Die Venus (rechts von der Sonne) als Morgenstern



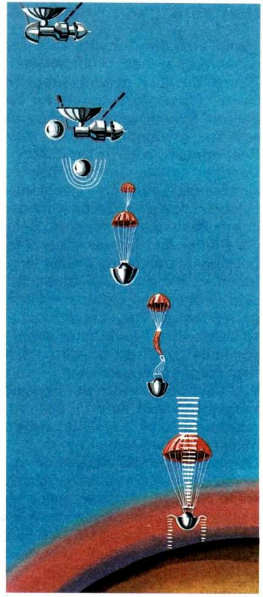
Seiten- und Rollenwechsel. Die Venus ist Abendstern geworden.

Die Venus als Abend-(A) und als Morgenstern (M)

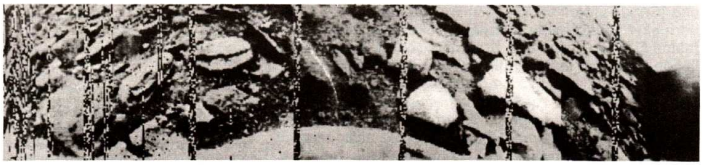
Jahr		A (von/bis)	M (von/bis)
1978	1986	Mai/Juni	Dezember
1979	1987	Dezember	Januar
1980	1988	Januar/Mai	Juli/Dezember
1981	1989	November/Dez.	Januar
1982	1990	Januar	Juli/August
1983	1991	März/Mai	Oktober/Dez.
1984	1992	Oktober/Dez.	Januar
1985	1993	Januar/März	Juni/Oktober

der Liebe. Die Griechen nannten sie Aphrodite, die Germanen Freia, die Römer Venus, und so heißt die Planetengöttin heute allgemein. Sicherlich verdankt sie ihre Popularität ein bißchen auch dem Umstand, daß sie nie zu nachtschlafender Zeit über den Himmel wandert. Vielmehr erfreut sie uns nur morgens oder abends. In wieviel Liedern und Gedichten werden der Morgen- und der Abendstern gepriesen! Doch es handelt sich hierbei überhaupt nicht um zwei voneinander verschiedene Himmelskörper, denn in beiden Gewändern steckt ganz allein die Venus. Das wußten die Babylonier bereits vor dreieinhalbtausend Jahren. Schon damals führten sie Aufzeichnungen über die Doppelrolle unserer strahlenden Nachbarin. Der Wechsel wird durch ihren und unseren Umlauf um die Sonne bewirkt. Dadurch pendelt sie für uns ständig um dieses Zentrum hin und her. Es ist leicht zu verstehen, was dabei jeder „Vorbeimarsch" bedeutet: das Verschwinden im Sonnenlicht, die Unsichtbarkeit von der Erde aus. Sie dauert ein paar Wochen. Daß auch die Venus Sichelgestalten zeigt, erkannte als erster Galilei. Er legte diese Tatsache mit für Copernicus und dessen Weltbild in die Waagschale. Wie sollte sie zu erklären sein, wenn nicht durch die Planetenbewegung um die Sonne?

Was uns die Himmelsgöttin zu sehen gestattet, das ist allerdings nichts weiter als ihre sonnenbestrahlte Wolkenhülle. Ihr wahres Antlitz konnte sie jahrtausendelang vor allen Blicken verbergen. Erst seit kurzem (seit 1967) wissen wir etwas mehr über sie. Die Raumfahrt und die Radioastronomie lüfteten den dicken Schleier ein wenig. Sie übermittelten uns die ersten genaueren Angaben. In Stichworten: Temperatur in Bodennähe rund 500 Grad Celsius, daher kein flüssiges Wasser, Blei und Zinn würden schmelzen — Rotation sehr langsam, in 243 Tagen eine Umdrehung — Oberfläche ebener als die der Erde, Höhenunterschiede nur 2 bis 3 km — Krater vorhanden, aber flacher als auf dem Mond, dem Merkur und dem Mars — viel Steine — Leben ausgeschlossen, höchstens „Schwebewesen" in der oberen Atmosphäre — Wolken bis in 65 km Höhe, durchsichtiger als die irdischen. Wir sehen: Ein erdähnlicher Planet ist die Venus wirklich nicht. Ihre strahlende Schönheit täuscht. Immerhin sollen markante Gebiete auf ihr künftig auch nach berühmten Frauen (neben männlichen Künstlern) benannt werden.



Landung einer Planetensonde. Die ersten Meßergebnisse vom Niedergang durch die dichte Venusatmosphäre übertrug der sowjetische Raumflugkörper „Venus 4" (Oktober 1967) zur Erde.



Ende Oktober 1975 erreichten die Landekapseln von „Venus 9" und „Venus 10" (Sowjetunion) die Oberfläche unseres inneren Nachbarplaneten. Sie funkten diese Bilder zur Erde. Öd und steinig sieht das Landegebiet aus. Im Vordergrund (Bildmitte unten) sind Teile der Apparatur zu sehen. Die senkrechten Streifen gehören nicht zum Venusboden, sondern zur Informationsübertragung.

Der gebändigte Kriegsgott

„Klein, aber oho!" müßte auf einer Visitenkarte des Planeten Mars stehen. Unter seinen Geschwistern ist er ein Zwerg. Beschäftigt und erregt hat er die Menschheit wie ein Riese. Ja, er sorgte für das meiste Aufsehen im ganzen Sonnensystem. Schon seine rötliche Färbung ließ ihn geheimnisumwittert erscheinen. Weil sie an Rost erinnert, hieß er bei einigen Völkern „Eisenstern". Dagegen nannten ihn die alten Inder „glühende Kohle". Unfreundlich und voreingenommen behandelten die Babylonier unseren äußeren Nachbarn. Sie machten ihn zu ihrem Pest- und Totengott. Schließlich verliehen ihm die Römer den Namen ihres Kriegsgottes, des blutbefleckten Mars. Nicht besser erging es seinen beiden Monden, die erst 1877 entdeckt wurden. Ihre Namen sind Phobos und Deimos – Furcht und Schrecken. So geriet der rote Planet in den Ruf und die Rolle eines Bösewichts. Die Sterndeuter sahen in ihm einen Unheilverkünder, und sein Sündenregister reichte – jedenfalls den Prophezeiungen nach – von der Sintflut bis zum Weltuntergang. Wahr ist hingegen, daß er die Beobachtungsergebnisse lieferte, aus denen wichtige astronomische Gesetze abgeleitet werden konnten. Auch das machte ihn berühmt.

Geradezu legendär wurden die „Marsmenschen". In der Vorstellung phantasiebegabter Schriftsteller waren sie wilde Krieger, Wunder vollbringende Techniker oder beides zusammen. Nachdem der italienische Astronom Giovanni Schiaparelli 1877 im Fernrohr auf dem rostfarbenen Planeten „canali" (auf deutsch Gräben) gesehen hatte, schien die Existenz der „Martianer" festzustehen. Leiteten sie in diesen „Kanälen" nicht Wasser in ihre Wüstengebiete? 1924, als der Mars auf seiner Bahn in die größtmögliche Erdnähe kam, versuchten amerikanische Ingenieure, mit diesen sagenumwobenen Wesen in Verbindung zu treten. Allein die Antwort auf die irdischen Funksignale blieb aus. Die letzte Sensationsmeldung wurde 1956 verbreitet. Darin hieß es, der Marsmond Phobos müsse ein künstlicher Hohlkörper sein. Das ginge aus seinen Bewegungen hervor. Sicherlich sei er vor langer Zeit von hochintelligenten Bewohnern aufgelassen worden. Eine Masse von vielen Millionen Tonnen sollten die emporgebracht haben!

Ein paar Jahre später, 1965, kam die große Ernüchterung. Die ersten Nahaufnahmen von der Marsoberfläche (Sonde „Mariner 4", USA) wiesen keine Erd-, sondern eine verblüffende Mondähnlichkeit aus. Der allgemeine Eindruck: eine öde Kraterlandschaft. Inzwischen liegen Tausende von Marsfotos vor. Künstliche Wasserstraßen ließen sie nicht erkennen, dafür sehr hohe Berge, Sanddünen, rostbraunen, wahrscheinlich eisenhaltigen Staub und lange, flußbettartig gewundene Rillen. Daß in ihnen einmal Wasser floß, ist nicht auszuschließen. Auch Phobos und Deimos wurden fotogra-



Tycho Brahe (1546 bis 1601) gilt als der größte astronomische Beobachter seiner Zeit. Da das Fernrohr erst nach seinem Tod erfunden wurde, war er auf das unbewaffnete Auge angewiesen. Er baute in Dänemark zwei Sternwarten auf und rüstete sie mit großen Winkelmeßgeräten aus, vor allem mit Quadranten (vgl. Seite 34/35). Damit erzielte er erstaunlich genaue Meßergebnisse. Später setzte er seine Beobachtungen in Prag fort. Dorthin holte er Johannes Kepler als seinen Mitarbeiter.



Johannes Kepler (1571 bis 1630) hätte seiner Studienrichtung nach eigentlich Pfarrer werden müssen. Aber er befaßte sich als Student mehr mit der Mathematik und der Astronomie als mit der Theologie. Vor allem begeisterte er sich für die Lehre des Copernicus. Als Vierundzwanzigjähriger schrieb er ein Buch darüber. Zu der Zeit, als Giordano Bruno in Rom als Ketzer verbrannt wurde (1600), ging Kepler zu Tycho Brahe nach Prag. Dort wurde er im Jahr darauf dessen Nachfolger im Amt des kaiserlichen Mathematikers. Seine größte wissenschaftliche Leistung war die Entdeckung der Planetengesetze. Sie erhebt ihn in die Reihe der bedeutendsten Astronomen aller Zeiten.



Der Mars, unser äußerer Planetennachbar, aufgenommen von einer sowjetischen Weltraumsonde. Würde er, wie ein Stern, selbst leuchten, dann erschiene er aus allen Blickrichtungen (von der Erde, von Raumschiffen aus) stets als Scheibe. Da er aber nur das Sonnenlicht zurückstrahlt und die Sonnenstrahlen ihn nicht „umfassen" können, wechselt er seine Gestalt so ähnlich wie unser Mond (vgl. S. 100), nur in viel größeren Zeitabständen.
Eigentlich ist der alte Kriegsgott ziemlich schwach. Mit seiner geringen Schwerkraft kann er um sich herum nur eine ganz dünne Gashülle halten. Das hat aber für uns einen großen Vorteil: Seine Oberfläche wird nicht verschleiert, und sie läßt sich selbst aus größerer Entfernung gut fotografieren.



Bis 1609 waren alle Vorausberechnungen der Planetenörter ungenau. In ihren Bewegungen gab es noch ein Geheimnis. Dann besiegte Johannes Kepler den Mars mit Zirkel, Lineal und Rechentafel. Das Bild links zeigt eine Statue des Kriegsgottes Mars auf dem Museum für Deutsche Geschichte in Berlin.

fiert. Sie entpuppten sich als riesige, unregelmäßig geformte und kraterübersäte Felsbrocken. Nach hochentwickeltem Leben braucht nun nicht mehr gesucht zu werden. Existieren könnten bestenfalls die einfachsten und niedrigsten Lebensformen. Amerikanische „Viking"-Sonden untersuchen das. In den nächsten Jahren werden wir mehr erfahren; denn die Forschung geht zielstrebig weiter.

Begonnen hat sie mit Tycho Brahe, einem großen dänischen Astronomen. Dieser „Fürst der Astronomie" wollte die Bahnen der Planeten genauer bestimmen. Dazu beobachtete er zwanzig Jahre lang insbesondere den Mars. Auswerten konnte er die Ergebnisse nicht mehr. Doch er hinterließ Stöße von Aufzeichnungen. Die übernahm sein Nachfolger im Amt des „kaiserlichen Mathematikers" in Prag, der deutsche Astronom Johannes Kepler. Der rechnete mit unvergleichlicher Beharrlichkeit mit all den Daten. 1609 war er am Ziel, hatte er die Gesetze der Planetenbahnen gefunden. Danach ziehen die Erde und ihre Geschwister keine zirkelgerechten Kreise um die Sonne (wie noch Copernicus angenommen hatte), sondern kreisähnliche Ellipsen. Auf dieser Grundlage stimmten fortan alle Vorausberechnungen der Planetenörter hundertprozentig. Kepler schrieb an den Kaiser, „der listenreiche Krieger" (Mars) sei endgültig besiegt.

Wo und wann finden wir nun diese himmlische Berühmtheit? Wie die Sonne, der Mond und alle Planeten wandert der Mars über den Südhimmel. Besonders hell und die ganze Nacht über zu sehen ist er im April 1982, im Mai 1984, im Juli 1986, im September 1988 und im November 1990.



Der Marsmond Phobos. Sein Durchmesser beträgt vermutlich 10 bis 15 km.



Jede Ellipse hat zwei Brennpunkte (hier B_1 und B_2). — *Einen* solchen Punkt besetzt die Sonne, während die Planeten in Ellipsen um sie herumlaufen. Dieses bedeutsame Gesetz entdeckte Kepler an Hand vieler Marsbeobachtungen.

Nichts lädt auf dem Mars (falls er einmal von Raumfahrern erreicht werden sollte) zum Verweilen ein. Die Sonde „Viking 1" (USA) enthüllte den ungastlichen Charakter des Planeten an Ort und Stelle. Erstaunlich ist, daß seine Bergriesen weit höher aufragen als unser Mount Everest.



Isaac Newton (1643 bis 1727). Der englische Mathematiker, Physiker und Astronom bereicherte die Naturwissenschaften durch viele geniale Gedanken und Forschungsergebnisse. Auf astronomischem Gebiet war seine bedeutendste Leistung die Entdeckung des Massenanziehungs- oder Gravitationsgesetzes. Er kleidete es in eine mathematische Formel. Sie ermöglicht es, die Anziehungskraft, die zwischen zwei Himmelskörpern wirkt, genau zu berechnen. Das gilt genauso für die Erde und ein Raumschiff, das sie umkreist. Damit es nicht herabstürzt, muß ihm die nötige Geschwindigkeit verliehen werden.

Kleiner Apfel – große Anregung

In der Sternwarte von Tyravere in der Estnischen SSR ziert ein herabgefallener Apfel eine künstlerisch gestaltete Wandfläche. Er symbolisiert eine große Entdekkung. Sie erklärt die Himmelsbewegungen und wurde später zur Grundlage der Raumfahrt. Ausgegangen sei sie, so heißt es, von einem Garten in England. Dort habe gedankenversunken der berühmte Naturwissenschaftler Isaac Newton gesessen und eine höchst alltägliche Erscheinung beobachtet: den Fall der reifen Früchte vom Baum. Daß sie zur Erde purzeln und nicht zum Himmel aufsteigen – halten wir das nicht für „selbstverständlich", „logisch" oder „ganz klar"? Anders Newton. Er dachte darüber nach und drang in ein Geheimnis ein: Er entdeckte, daß ausnahmslos alle Körper eine Anziehungskraft besitzen (die mit dem Magnetismus nichts zu tun hat) und daß die Ursache dafür ihre Masse ist. Das gilt für den Himmel wie für die Erde. Die Sonne und die Planeten, die Sandkörnchen in der Wüste und die Büroklammern auf dem Schreibtisch – sie alle ziehen sich gegenseitig an. Nur kommen die Schwachen gegen die Starken nicht zur Geltung. Wer bei diesem Tauziehen den Sieg über die massearmen Kleinen davonträgt, darüber entscheidet auch die Entfernung. Stünde die Sonne uns sehr nahe, dann nähme sie das irdische „Fallobst" in Empfang. (Allerdings würde unter diesen Umständen weit Schlimmeres geschehen.)
Seit Newton wissen wir nun, warum der Mond nicht herunterfällt. Die Anziehungskraft der Erde zwingt ihn auf seine Bahn. Jedes Raumschiff folgt demselben Gesetz, auch die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne.



Sah so der ungebetene Tunguska-Gast aus? Zum Glück suchte er ein unbewohntes Gebiet heim. Menschen kamen nicht zu Schaden. Die Augenzeugen wohnten weit genug entfernt.



Dieser Meteoritenkrater wurde 1891 in der Wüste von Arizona (USA) entdeckt. Mit einem Durchmesser von 1300 Metern und einer Tiefe von knapp 200 Metern gehört er zwar noch nicht zu den stattlichsten Riesen seiner Art, aber in dem trockenen Wüstenklima blieb er besonders gut erhalten. Der „Himmelsstein" selbst liegt 420 m tief und hat wahrscheinlich eine Masse von Zehntausenden von Tonnen. Als er stückweise geborgen werden sollte, zerbrach der Diamantbohrer. Daraufhin wurden die Arbeiten eingestellt. Es ist anzunehmen, daß sie irgendwann wiederaufgenommen werden.

Die Außergewöhnlichen

Zuwachs vom Himmel

Am frühen Morgen des 30. Juni 1908 sahen Tausende von Menschen im Gebiet der Steinigen Tunguska in Ostsibirien eine unerklärliche kosmische Erscheinung. Über den wolkenlosen Himmel raste ein gleißendes Flammengebilde mit einem strahlendblauen Schweif. Dann war weithin eine gewaltige Explosion zu hören, und über der Taiga stieg eine mächtige Rauchsäule auf. Im Umkreis von 300 km zersprangen die Fensterscheiben, Pferde gingen in die Knie, und noch in 1000 km Entfernung bebte der Boden so stark, daß in den Häusern die Lampen schwankten. Eine Druckwelle lief um die ganze Erde. In Potsdam wurde sie nach dreißig Stunden sogar ein zweites Mal gemessen. Die Wälder um den Explosionsherd brannten. Unabhängig vom Feuerschein hellte sich in den folgenden Nächten nach Westen zu die Atmosphäre auf. In Mitteleuropa konnte sogar zu mitternächtlicher Stunde im Freien gelesen werden.

Bis heute ist nicht geklärt, was seinerzeit im fernen Sibirien geschah. Der Zar von Rußland ließ keine Untersuchungen anstellen. Erst nach der Oktoberrevolution brach die erste Expedition in das Tunguskagebiet auf.



Spur einer Feuerkugel, einer überhellen Sternschnuppe. (Die Leuchterscheinung heißt Meteor, der Körper, der sie hervorruft, Meteorit.) Dazu ein Zeitungsbericht aus dem Jahr 1976: „Einen ungewöhnlichen Meteoritenregen bei Tsilin meldete die chinesische Presse. Am Himmel war eine riesige Feuerkugel erschienen, die explodierte. Ein Bruchstück drang 6 Meter in die Erde ein und bildete einen über 2 Meter großen Trichter. Der Meteoritenregen erfaßte ein Gebiet von 500 Quadratkilometern. Das größte der mehr als hundert gefundenen Bruchstücke hat ein Gewicht von 1770 Kilogramm."

Wahrscheinlich stammte das erste Eisen, das von Menschen verarbeitet wurde, aus dem Kosmos. In einigen alten Sprachen heißt dieses wichtigste aller Metalle nämlich „Himmelsstein". Trotzdem wurde von einigen Gelehrten bis ins 18. Jahrhundert hinein das „Herabfallen von Steinen vom Himmel" für ganz unmöglich gehalten.

Sie fand eine verwüstete Waldfläche von der Größe der Insel Rügen, verbrannte, verkohlte, verstümmelte und ausgerissene Bäume – aber keinen Krater, keinen Splitter eines zerschellten Körpers. Noch immer und immer wieder wird dort gesucht und geforscht. 1975 stießen die Experten auf einige verdächtige Glaskügelchen, die im Torfmoor steckten. Das blieb die einzige Spur. Es wurden aber viele Tonnen Boden abgetragen und in Laboratorien gebracht.

Da die Beweise fehlen, reiht sich eine Hypothese (Vermutung) an die andere. Im ganzen kamen an die hundert zusammen. Zur Erklärung der Katastrophe von 1908 marschieren darin unter anderem die kleinen Mitglieder der Sonnenfamilie auf: Kometen, Planetoiden und Meteoriten. Eingebürgert hat sich – trotz aller Ungewißheit – der Ausdruck „Tunguska-Meteorit".

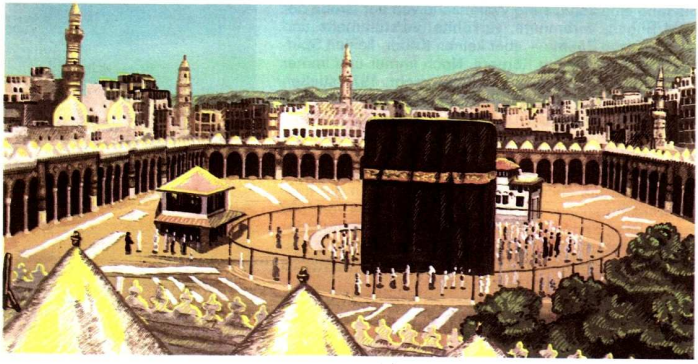
Demnach müßte damals ein riesiger Steinklumpen den Weg der Erde gekreuzt haben. Weil er schon vor dem Aufprall explodierte, vielleicht in 10 bis 12 km Höhe, hinterließ er keine Trümmerstücke. Doch wo blieben seine Überreste? Verglühten und verdampften sie spurlos? Warum leuchtete der Nachthimmel? Es bleiben Fragen über Fragen.

Tatsache ist, daß unser Planet ständig Zuwachs aus dem Weltraum erhält, denn seine Anziehungskraft reißt viele kleinere Körper, die ihm zu nahe kommen, aus ihrer Bahn um die Sonne. Täglich prasseln auf die Erde, so schätzen die Wissenschaftler, meteoritische Brocken und Bröckchen mit einer Gesamtmasse zwischen tausend und zehntausend Tonnen hernieder. Sie bestehen in der Hauptsache aus Gestein oder aus Eisen, aus altbekannten Stoffen also. Auch das belegt die enge Verwandtschaft zwischen Himmel und Erde, das heißt den einheitlichen Aufbau des Weltalls. Viele Eindringlinge haben nur die Größe eines Stecknadelkopfes. Vor ihnen werden wir durch unsere Atmosphäre geschützt, denn deren Bremswirkung läßt diese Meteoriten aufglühen und verdampfen. Wir sehen sie dann als Sternschnuppen. Zu bestimmten Zeiten (um den 3. Januar, den 12. August und den 14. Dezember) leuchten besonders viele auf. Nur größere Meteoritenkörper erreichen die Erdoberfläche. Die meisten werden nie gefunden, denn sie fielen ins Meer, in Wälder, Wüsten, Sümpfe oder Seen. Darum richtet der Beschuß aus dem Weltraum im allgemeinen wenig Schaden an. Zum Beispiel ging am 4. Oktober 1973 unter Poltern und Gedonner im Bezirk Erfurt eine überhelle Sternschnuppe, eine sogenannte Feuerkugel, nieder. Doch alle Suchaktionen nach meteoritischen Trümmern hatten keinen Erfolg.

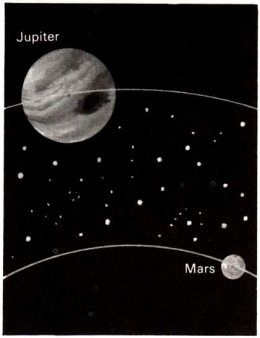
Wenngleich zentimeter- oder gar meterdicke Körper nur selten einschlagen, so konnten doch im Laufe der Zeit rund um den Erdball zahlreiche derartige Weltraumzeugnisse aufgespürt werden. In vielen Sternwarten, so auch in Berlin-Treptow, sind sie zu besichtigen. Weltbekannt ist der „schwarze Stein" in Mekka, ein



Auf der Erde gibt es einen grimmigen Feind des Eisens: den Rost. Er frißt einen großen Teil der Weltproduktion (im 19. Jahrhundert fast die Hälfte) wieder auf. Aber in der Nähe von Delhi (Indien) trotzt eine 10 Meter hohe Eisensäule dem gefräßigen roten Teufel seit mehr als fünfzehn Jahrhunderten. Die Fachleute stehen vor einem Rätsel. Verwandten die alten indischen Meister etwa ein wirksames Mittel gegen das Rosten? Niemand kennt es. Vermutet wird auch, daß sie einen Eisenmeteoriten verarbeiteten. Das kosmische Eisen rostet nämlich nicht.



Blick auf das Zentrum von Mekka (Saudi-Arabien). Das dunkle, würfelförmige Gebäude in der Mitte, die Kaaba, enthält den geheiligten „schwarzen Stein", einen Meteoriten, der in der Wüste gefunden wurde.



Hauptsächlich zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter laufen Tausende von kleinen, ihrer Bewegung nach planetenähnlichen Himmelskörpern um die Sonne. Sie werden Planetoiden genannt. Ihre Zahl kann nur geschätzt werden, denn außer denen, die bisher mit Fernrohren aufgespürt wurden (etwa viertausend), existieren bestimmt noch viele weitere. Sicherlich haben die meisten davon Durchmesser von weniger als 1 km. Also könnten die größten irdischen Krater auch von Planetoideneinschlägen herrühren. Vielleicht sind die Riesenmeteoriten sowieso nichts anderes als Teile von zertrümmerten Planetoiden.

Meteorit von 30 cm Durchmesser. Zusammen mit der Kaaba, einem würfelförmigen Gebäude, das ihn umschließt, bildet er das religiöse Hauptheiligtum der Mohammedaner. Dorthin gehen ihre Pilgerfahrten.

Nur in durchschnittlichen Zeitabständen von einer Million Jahren donnern Riesenmeteoriten auf die Erde nieder. (Das wären in der ganzen Erdgeschichte immerhin vier- bis fünftausend, seitdem der Mensch auftauchte jedoch nur einer oder zwei.) Ihre Spuren wurden, anders als auf dem Mond oder dem Merkur, durch Wind und Wetter und Pflanzenwuchs teilweise vollständig verwischt. Erst in den letzten Jahren erkannten Forscher, daß einige große Kessel auf der Erde durch Meteoriteneinschläge entstanden sein müssen. In einer solchen Einsenkung liegt zum Beispiel die Stadt Nördlingen in der BRD (Bayern). Tief unter ihr schlummert ein steinerner Riese aus dem Weltall. Wahrscheinlich stürzte er vor 15 Millionen Jahren herab. Da konnte er noch keine Menschen gefährden. Wissenschaftler errechneten, daß dieser Koloß einen Durchmesser von fast einem Kilometer gehabt haben muß. Vielleicht war es sogar ein Planetoid oder ein Komet.

Bevor die amerikanische Apollo-14-Expedition zu unserem kraterübersäten Mond flog, studierten die Astronauten erst einmal die geologischen Verhältnisse in der tiefen, fast kreisrunden Senke um Nördlingen, dem sogenannten Ries.

Auf der ganzen Erde waren bis Ende 1976 etwa zehn von solchen übergroßen Kratern bekannt. Ihre Durchmesser liegen zwischen 24 und 100 km. Es gibt mit Sicherheit wesentlich mehr davon. Aber die Witterungseinflüsse machten viele im Laufe von Jahrmillionen unkenntlich. Wo die Atmosphäre fehlt (Mond, Merkur), dort bleiben dagegen die Formen erhalten.

Zeichen der Drohung?

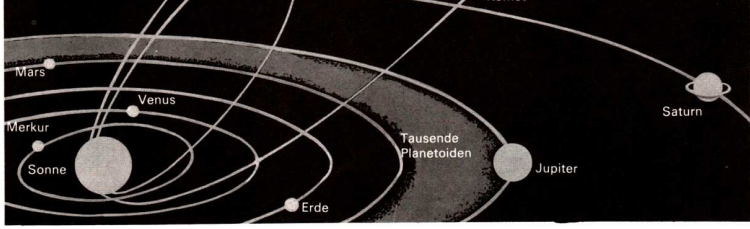
„Wenn in der Luft erscheint ein Comet:
Viel Fieber, Krankheit, Pest und Todt,
Schwere Zeit, Mangel und Hungersnoth,
Groß Hitz, dürre Zeit, Unfruchtbarkeit,
Krieg, Raub, Mord, Aufruhr, Neid und Streit,
Frost, Kälte, Sturmwetter, Wassersnoth,
Viel hoher Leute Abgang und Todt,
Groß Wind, Erdbeben an manchem End
Viel Änderung der Regiment.
Solch Unglück insgesamt entsteht,
Wenn ein Comet am Himmel geht.
Wenn wir aber Buße thun von Hertzen,
So wendet Gott manch Unglück und Schmertzen."

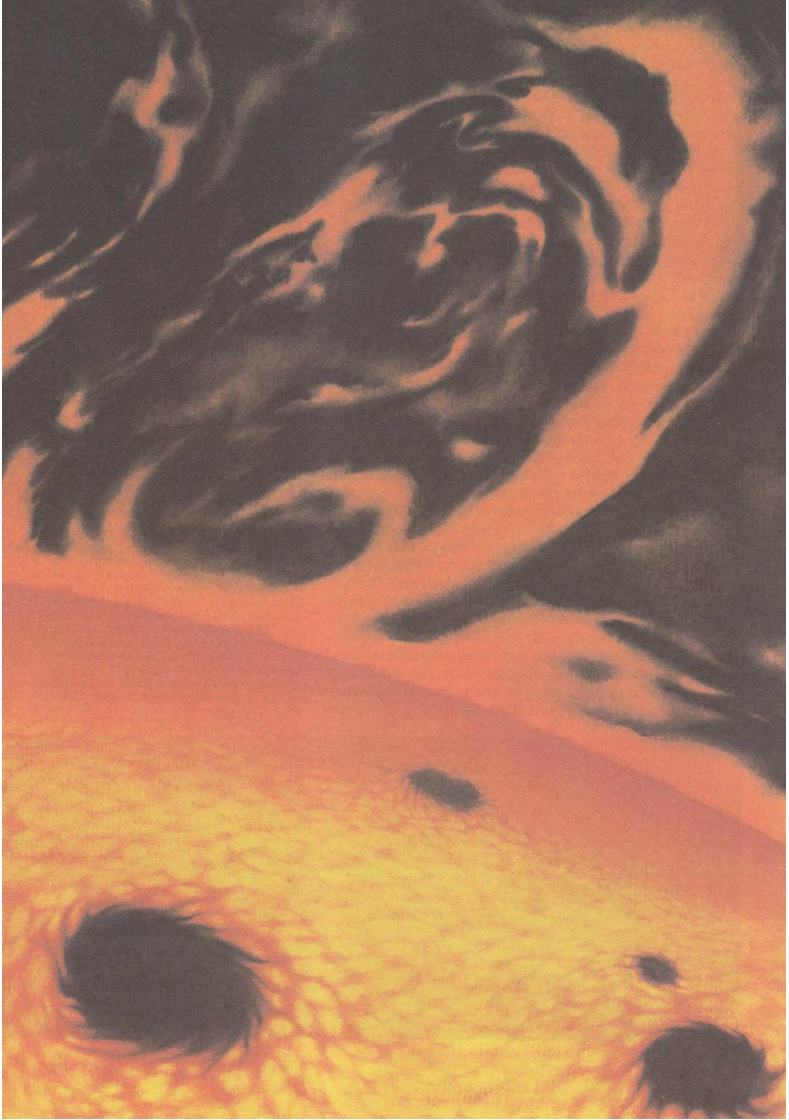
Schon die Rechtschreibung verrät, daß diese holprigen Verse sehr alt sein müssen. Sie stammen aus dem 17. Jahrhundert. Damals wurden die Kometen für Prügelstocksymbole gehalten, die Gott an den Himmel pflanzte, um die übermütige Menschheit einzuschüchtern und ihr Strafen anzudrohen. Durch Gebete und andere Beschwichtigungen sollte das nahende Unheil abgewendet werden. Sicherlich nährte sich die Kometenfurcht aus zwei Quellen. Das dürften der Schweif und das seltene Erscheinen gewesen sein. Dank dem wissenschaftlichen Fortschritt schreckt uns Derartiges nicht mehr. Es steht heute in jedem Lexikon, daß die Sonne die himmlischen Schleppen hervorruft. Kommt ein Komet auf seiner Bahn in ihre Nähe, dann heizt sie ihn auf und treibt aus seinem Inneren winzige Gasteilchen hinaus. Die verteilen sich über ein weites Gebiet und fangen an zu leuchten. Viele Schweifsterne ziehen nur in großen Zeitabständen (100, 200, 1000 Jahre) vorüber. Das sind jene, die auf sehr langgestreckten Ellipsenbahnen um die Sonne fliegen. Einer der schönsten Kometen („Halley") taucht alle sechsundsiebzig Jahre auf. Wir erwarten ihn das nächstemal 1986.



Der große Komet Donati im Jahr 1858 über Paris.

In der Familie Sonne gehören die Kometen — meist nach ihren Entdeckern benannt — zu den vielen kleinen „Sippenmitgliedern". Sie sind locker aufgebaut, unregelmäßig geformt, beschreiben stark elliptische Bahnen und wenden ihre Schweife vom Zentralstern ab (Bild unten). Viele verlieren ständig an Materie und lösen sich allmählich auf. Ganze Wolken von abgebröckelten Teilchen bewegen sich selbständig um die Sonne. In Erdnähe verursachen sie, zu Meteoriten geworden, einen Sternschnuppenregen.





Unser Stern

Ein Beobachter im Zentrum des Milchstraßensystems fände an der Sonne nichts Besonderes. Für ihn wäre sie *ein* leuchtender Punkt inmitten von vielen. Bei weitem nicht der hellste. Ganz anders aus unserer Sicht. Sie hebt diesen einen Himmelskörper so heraus, daß er alle anderen an Glanz und Größe und Herrlichkeit weit zu übertreffen scheint. Wo erstrahlte seinesgleichen ein zweites Mal? In Wahrheit hat unser Tagesgestirn unzählig viele Geschwister, in jeder großen Weltrauminsel hundert bis zweihundert Milliarden. Sie alle sind glühende Gasbälle. Der Gasball, der der Erde am nächsten steht, bringt ihr das Licht und die Wärme. Es ist „unser" Stern, die Sonne. Sie bedeutet uns unendlich viel: Laterne, Ofen, Wettermacher, Ernährer und Balancehalter in einem.

Ohne sie gäbe es kein Leben auf diesem Planeten. Es herrschten Kälte und Finsternis. Kein Grashalm grünte, und kein Tropfen Regen fiele. Aus keiner Quelle flösse Energie. Kein Holz. Keine Kohle. Kein Wasser. Keine Elektrizität. Wenn die Sonne erlöschen würde, wäre die Wiege der Menschheit verloren. Dann bliebe nur noch jener Ausweg, den Ziolkowski wies: der Umzug in eine neue kosmische Heimat. Aber noch für lange Zeit, wahrscheinlich für einige Milliarden Jahre, kann der gelbe Gasball seinen blauen Planeten mit allem Nötigen versorgen. Doch ewig wird er nicht strahlen, denn nach den Gesetzen der Natur altern und sterben (verlöschen) selbst Sterne. Andere entstehen. Nur dürfen wir deren Lebensdauer nicht mit unseren irdischen Zeitmaßstäben messen.

In den nächsten Jahren soll die Sonne der Erde noch größere Dienste leisten als bisher. Dabei geht es um die bessere und schnellere Nutzung ihrer Energie. Schon im Altertum wurde versucht, sie auf dem kürzesten Wege wirken zu lassen. So brachte Archimedes, ein griechischer Gelehrter, das Wasser auch ohne Brennstoff zum Kochen. Er verwandte lediglich einen Spiegel. Auf ähnliche Weise sei sogar eine ganze Flotte in Brand geraten, findet man in alten Quellen vermerkt. Feindliche Krieger hätten das Feuer vom nahen Ufer aus allein dadurch entfacht, daß sie mit ihren gekrümmten, blanken Schilden das Sonnenlicht in Bündeln auf die hölzernen Schiffe lenkten. Nun gilt es, solche Möglichkeiten im großen zu verwerten. Geplant sind zum Beispiel Kraftwerke mit sonnenbeheizten Verdampferkesseln. In einigen Ländern wurden bereits Wohnhäuser errichtet, deren Dächer die Sonnenenergie auffangen und nutzbar machen. Noch kühnere Projekte werden erwogen.



Wenn die Kugel des Berliner Fernsehturms die Sonne wär' . . .

Dann müssen erst einmal, bevor wir Vergleiche anstellen können, der Gaszustand des Himmelskörpers und seine Schwere außer Kraft gesetzt werden. Es sollen nur noch sein Durchmesser und sein Volumen gelten. Im gleichen Maßstab schrumpft nun die Erde wegen des Verhältnisses 109:1 auf einen 30-cm-Globus zusammen. Der würde etwa in die Werner-Seelenbinder-Halle gehören. Das heißt, er hätte ungefähr 3,5 km Abstand von unserer Ersatzsonne zu erhalten.

Fast 1 300 000 solcher Globen gingen in die hohle und leere Turmkugel, wenn sich alle Zwischenräume mit ausfüllen ließen. Demgegenüber besitzt die Sonne aber nur das 333000fache der Erd*masse*. Daraus geht hervor, daß unser Planet viel dichter aufgebaut ist als die Sonne.

Ein Tellurium (rechts, unteres Teilbild) veranschaulicht Sonne und Erde. Ihr Modellabstand betrage 1 m. Sollte der nächste Stern im gleichen Maßstab mit dargestellt werden, dann müßte sein Haltearm etwa 270 km lang sein. Das entspricht der Entfernung Berlin — Nordspitze der Insel Rügen (Kap Arkona).

Enthüllungen über Helios

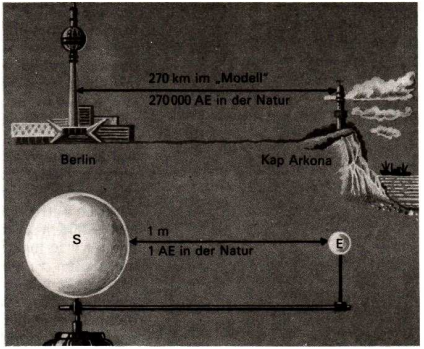
Ein riesengroßer gelber Zwerg

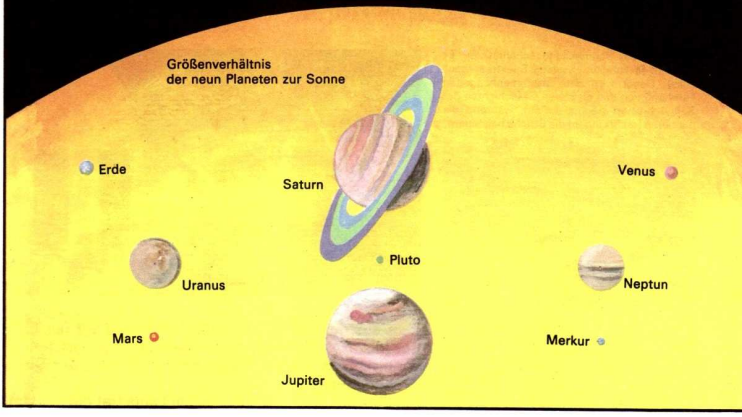
Helios war der Sonnengott der alten Griechen. Wie ein Trabrennfahrer lenkte er seinen zweirädrigen Wagen, den vier feurige Rosse zogen, von Ost nach West über den Himmel (vgl. Bild Seite 22). Nachts kehrte er über das Meer in einem becherförmigen Kahn zum Ausgangspunkt zurück, so daß die Reise jeden Morgen von neuem beginnen konnte. Er sah und hörte alles, was auf der Erde geschah. Diese Vorstellung griff Friedrich Schiller in einer Ballade über einen Kriminalfall des Altertums auf: Niemand wußte, wer den beliebten Dichter und Sänger Ibykus ermordet hatte. So blieb bloß noch ein Zeuge:

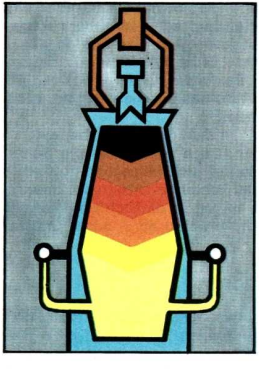
„Nur Helios vermag's zu sagen,
Der alles Irdische bescheint."

Noch heute ist es gebräuchlich, zu sagen: „Die Sonne bringt es an den Tag", wenn ein undurchsichtiger Sachverhalt geklärt werden soll. Zwar geriet der antike Hellseher ziemlich in Vergessenheit, aber der Name Helios ging fest auf unseren Stern über. In diesem Zusammenhang erinnern wir uns, daß Copernicus das *helio*zentrische Weltbild an die Stelle des geozentrischen setzte.

Über sich selbst schwieg sich Helios allerdings lange Zeit aus. Vor allem hielt er seinen Sterncharakter geheim. Wer ihn zu genau musterte (wie Galilei), dem trübte er das Augenlicht. Auch seinen Abstand von den Menschen wollte er nicht verraten. Sie glaubten an eine viele zu enge Nachbarschaft. Sogar der große Kepler ließ sich irreführen. Er kam nur auf einen Bruchteil der







Schnitt durch einen Hochofen (schematisch). Die Temperaturen steigen von oben nach unten. Vergleiche die Farben! Im Weißglutstadium herrschen etwa 1500 Kelvin. (Zur Umrechnung in Grad Celsius muß davon die Zahl 273 subtrahiert werden, denn die Kelvinskale hat ihren Nullpunkt, leicht gerundet, bei minus 273 Grad Celsius.)

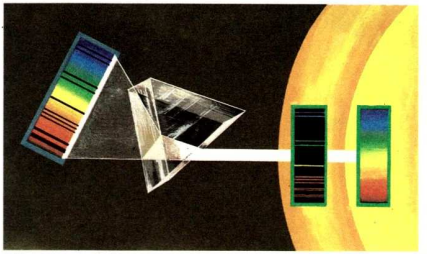
Einhundertsiebzig Jahre lang müßte ein D-Zug mit einer Geschwindigkeit von 100 Kilometern je Stunde ununterbrochen fahren, um eine Strecke zurückzulegen, die dem Weg von der Erde zur Sonne gleichkommt. Die mittlere Entfernung zwischen diesen beiden Himmelskörpern wurde zu einem wichtigen Längenmaß im Sonnensystem. Sie bildet die „astronomische Einheit" (Abkürzung AE).

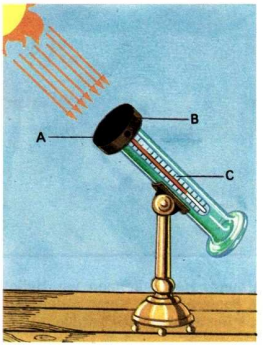
wahren Sonnenentfernung. Heute kennen wir Helios' Personalien. In seinen Papieren steht unter anderem:
Mittlere Entfernung von der Erde 149,6 Millionen km,
Durchmesser 1,39 Millionen km,
Temperatur an der Oberfläche etwa 5500 Grad Celsius
Schwerkraft an der Oberfläche
das 28fache der Erdschwere.

Betrachtet werden darf die Sonne nur durch geschwärzte Gläser. Angesichts ihres Durchmessers, der einhundertneun Erddurchmesser beträgt, sind wir geneigt, sie für einen Riesenstern zu halten. Weit gefehlt! Die Astronomen zählen sie zu den kleineren Sternen, zu den Zwergen. Das bringt der Erde aber nur Vorteile, denn die kleineren Gasbälle glühen länger als die ganz großen. Die wirklichen Riesen verleugnen ihre Stattlichkeit. Zum Beispiel der Polarstern. Tauschte er seinen Platz mit unserer Sonne, dann müßte die mit dem Fernrohr gesucht werden, während wir vor Licht und Wärme umkämen. Zur Erklärung dafür, daß uns Kleines groß und Großes klein erscheint, soll eine einzige Zahl genügen: Der zweitnächste Stern, der Proxima Centauri, ist fast dreihunderttausendmal so weit von der Erde entfernt wie die Sonne.

Selbstverständlich kann die Temperatur der Sonne nur auf Umwegen ermittelt werden. Für eine grobe Einordnung genügen Vergleiche mit irdischen Erfahrungen. Wie verhält sich denn glühendes Eisen? Jeder Schmied weiß: Es beginnt sein Farbenspiel bei Rot. Mit steigender Temperatur wird daraus Gelb, und schließlich gerät es in Weißglut (ab 1300 Grad Celsius). Die himmlischen Gasbälle sind zwar viel heißer, aber diese Glühfarben zeigen auch sie. Demnach gehört unsere Sonne weder zu den heißesten noch zu den „kühlsten" Sternen. Für uns hat sie gerade die richtige Temperatur. Genaueres

Zerlegung des Sonnenlichts (schematisch). Es entsteht ein liniendurchsetztes Spektrum (ganz links). Dabei wird das zusammenhängende Farbband von den dichteren Gasschichten der Sonne erzeugt (rechts außen), während die dünneren (rechts innen) die Striche beisteuern.



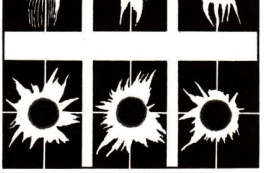


Pyrheliometer, ein Gerät, mit dem die Strahlungsenergie der Sonne gemessen werden kann. (In zusammengesetzten Wörtern bedeutet „pyro" oder „pyr" Wärme. Vergleiche den Ausdruck „Pyrotechnik" für die Feuerwerkskunst.) Die schwarze Fläche (A) absorbiert (verschluckt) die Strahlung. Dadurch erwärmt sich das Wasser in dem Zylinder (B). Mit Hilfe eines Thermometers (C) und einer Uhr wird dann ermittelt, wieviel Sonnenenergie pro Minute und Quadratzentimeter eingefallen ist. Daraus läßt sich am Ende auf die gesamte Strahlungsleistung der Sonne schließen.

geht aus dem hervor, was ihre Strahlung auf der Erde bewirkt. Das läßt sich exakt messen. Von dort führen dann mathematische Wege zur Feststellung der Oberflächentemperatur.

Bei der Untersuchung des Sonnenlichts trat die himmelweite Verbreitung vieler Grundbausteine erneut zutage. Vierundsechzig Elemente, die sowohl auf der Erde wie auf der Sonne anzutreffen sind, konnten bisher nachgewiesen werden. Eines davon, ein Gas, wurde sogar zuerst bei Helios entdeckt. Es ist das Helium – der Sonnenstoff, ein wichtiger Bestandteil unseres Sterns. Vor ihm rangiert dort nur – als das am meisten vertretene Element – der Wasserstoff.

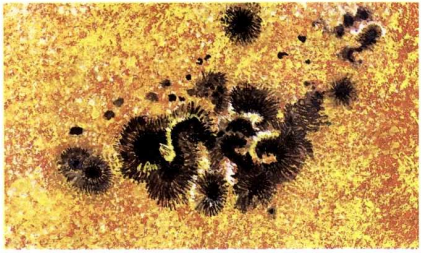
Auf einem Gasball wird natürlich nie ein bemanntes Raumschiff niedergehen. Doch auch wenn die Sonne kühl und fest wäre, könnten sich Menschen dort nicht bewegen. Sie hätten das Achtundzwanzigfache ihres irdischen Gewichts. Wie sollten sie da noch ein Bein vom Boden bringen. Es zieht gewaltig an – unser Gravitationszentrum.



Bei ihren Verfinsterungen zeigt sich, daß die Sonne gar nicht so scharf begrenzt ist, wie es uns scheint. Um sie herum wird dann stets noch ein großer, silbriger Kranz sichtbar, die sogenannte Korona. Ihre Form wechselt je nach der Sonnenaktivität.

Es wirbelt und brodelt

Trotz Verbots und Überwachung setzte Galileo Galilei noch im Alter – notgedrungen heimlich – seine Forschungen fort. Es wird berichtet, daß ihn dabei starke Sehstörungen behinderten. Vielleicht waren seine früheren Sonnenbeobachtungen schuld daran. Wahrscheinlich hatte er seine Augen nicht oder nur ungenügend vor dem grellen Licht geschützt. Natürlich lockte es den ersten „Optiker" unter den Astronomen, das Fernrohr auch auf den gelben Glutball zu richten. Und wieder sah er mehr als alle Beobachter vor ihm. Es war im Jahr 1610. Bis dahin galt die Sonne als makellos rein. Galilei aber entdeckte in ihrem Antlitz dunkle Flecken. Er glaubte zunächst an eine Täuschung und hielt diese Gebilde für ferne Wölkchen. Aber bald korrigierte er seine Meinung und erklärte, daß die merkwürdigen Narben doch der Sonnenoberfläche zugehören müßten. Es erwies sich nämlich, daß sie ihre Lage von Tag zu



Große Sonnenfleckengruppe mit vielleicht 100 000 km Durchmesser

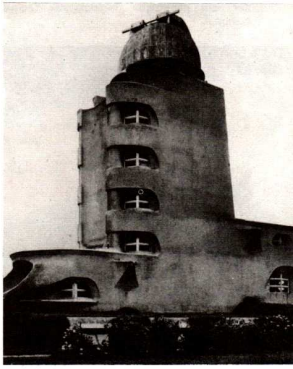
Tag veränderten. Das konnte kein Zufall sein, und das Weiterwandern ließ nur den einen Schluß zu: Die Sonne rotiert ebenfalls. Wider Erwarten zeigte sich also eine Gemeinsamkeit mit der Erde. (Später kam, wie wir wissen, noch mehr hinzu.) So geriet das alte Weltbild, das Himmel und Erde um jeden Preis voneinander geschieden wissen wollte, erneut ins Wanken. Galilei hatte es schon mit seinen Enthüllungen über den Erdmond erschüttert. Allerdings steht bis heute nicht eindeutig fest, wie die Sonnenflecken zustande kommen. Als erwiesen gilt jedoch, daß Magnetfelder, die aus der Tiefe des Sonnenkörpers aufsteigen, dabei eine Rolle spielen. Sicher scheint auch, daß in den dunklen Wirbeln eine niedrigere Temperatur herrscht als in ihrer hellen Umgebung. Die Beobachtungen zeigten, daß die Fleckenhäufigkeit rhythmisch wechselt. Im Durchschnitt erreicht sie alle elf Jahre einen Höhepunkt.

Überhaupt verhält sich unser Stern sehr unruhig. Die einen Flecken entstehen, die anderen vergehen. Es wirbelt und brodelt in einem fort. Hin und wieder schießen gewaltige Gasmassen Tausende von Kilometern empor und stürzen dann in den Feuerball zurück (vgl. Bild Seite 120). Zu sehen sind diese sogenannten Protuberanzen jedoch nur bei Sonnenfinsternissen oder mit Spezialfernrohren. Alle derartigen Erscheinungen sind Ausdruck einer vielfältigen Sonnenaktivität. Die bestätigt sehr anschaulich, daß sich alles Stoffliche in ewiger Bewegung (Veränderung) befindet.

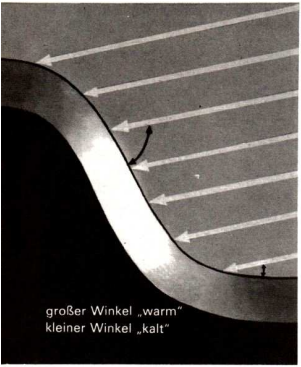
Es bleibt die Frage, wie die Sonne ihre Energie erzeugt. Wie schnell werden die Brennstoffe in unseren Öfen zu Asche! Unser himmlisches Fernheizwerk arbeitet aber seit Jahrmilliarden mit unverminderter Leistung. Beinahe ein Wunder. Die Wissenschaft begründet es damit, daß sich im Sonneninneren Wasserstoff in Helium umwandelt und daß dabei gewaltige Energien freigesetzt werden. Nach den jüngsten Forschungen könnte der Kraftquell aber auch woanders liegen. Es muß abgewartet werden, ob sich die Vermutungen bestätigen. Die Welt ist erkennbar, aber die Erkenntnisse sind zu keiner Zeit vollständig und unwiderruflich.



Mit Vorsicht ausgeführte (daher indirekte) Sonnenbeobachtung im Mittelalter. Dieselbe Methode wird noch heute, zum Beispiel in unseren Schulen, angewandt: Das Bild der Sonne erscheint hinter dem Okular auf einem Projektionsschirm und kann dort ohne Gefahr für die Augen betrachtet werden.



Sonnenobservatorium Potsdam.
Die Sonne steht ständig unter Kontrolle. Ihrer Beobachtung in der DDR dient vor allem der Einsteinturm in Potsdam. Sein großes, unbewegliches Fernrohr steht senkrecht zur Erdoberfläche. Mit Spiegeln wird das Sonnenlicht oben in das Rohr hinein- und unten (für die Untersuchungen) wieder herausgelenkt.



Je steiler die Sonnenstrahlen einfallen, um so mehr erwärmen sie die Erde (hier den Hang). Darum die Kälte in den Polargebieten und die Hitze am Äquator!

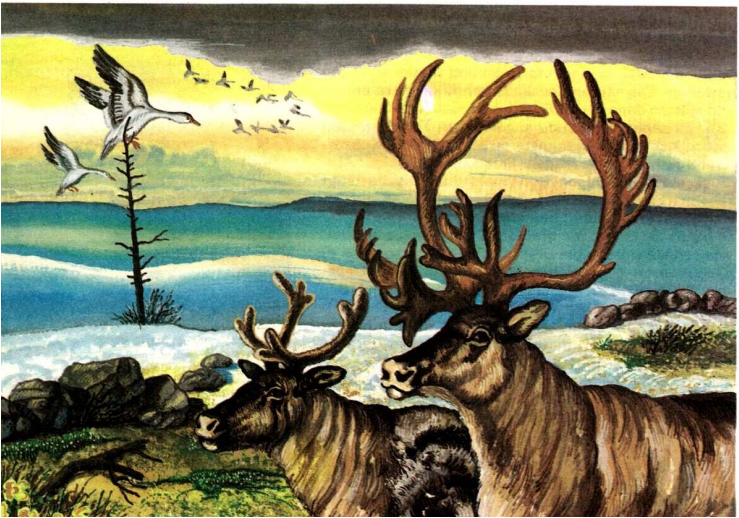
Sommer in der Tundra, der baumlosen Zone am nördlichen Polarkreis (vor allem in Kanada, Norwegen, Schweden, Finnland und der Sowjetunion). Hier leben auch, wenngleich in einer sehr gebirgigen Gegend, die Tschuktschen.

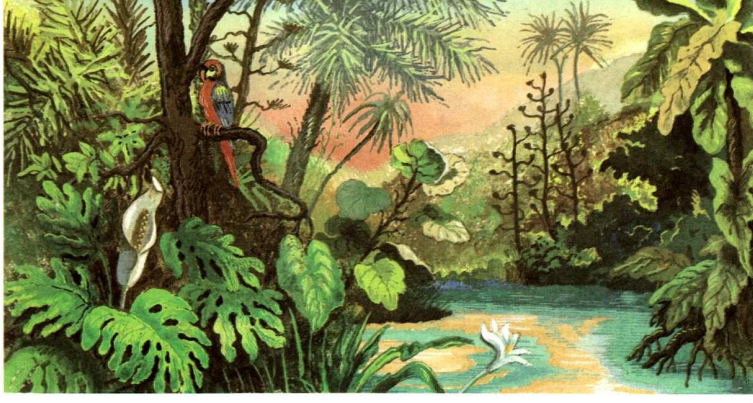
Mensch und Sonne — eng verbunden

Hurra, sie kommt!

Wenn die Sonne frühmorgens über den Horizont emporsteigt, findet sich bei uns sicherlich niemand, der zu ihrer Begrüßung ein Freudengeheul anstimmt. Was aber, wenn sie wochenlang nicht aufgegangen wäre? Wenn die Nacht Monate gedauert hätte? Würden wir ihr Wiedererscheinen dann auch noch so gelassen hinnehmen? Wahrscheinlich nicht. Vielleicht feierten wir ein Freudenfest. So halten es die Menschen, die jenseits des Polarkreises (66,5 Grad nördlicher Breite) leben, zum Beispiel im Norden der Sowjetunion, Norwegens, Schwedens oder Finnlands. Im Winter herrscht bei ihnen nicht nur strenger Frost, sondern auch ein „ewiges" Dunkel, die sogenannte Polarnacht: Wochen und Monate ohne Sonnenaufgang. Wie ungeduldig mögen sie nach der langen Finsternis den ersten morgendlichen Lichtstrahl erwarten, und welchen Jubel mag er auslösen!

Bei den Tschuktschen im fernöstlichen Sibirien leben noch die Bräuche ihrer Vorfahren. Wenn der Frühling naht, sitzen sie an ihren Feuern und schmieden Pläne für die Zukunft, vor allem für die Jagd und die Rentierhaltung. Damit rüsten sie sich für den Empfang der Sonne. Ein freudiges Ereignis — ihr Wiederaufstieg! Zu





Die Tropen, das Gebiet mit dem höchsten Sonnenstand, den meisten Niederschlägen und dem üppigsten Pflanzenwuchs, bilden einen Streifen rund um den Äquator. Schnee kennen die Menschen dort nur von Bildern oder aus Erzählungen.

Ehren der Rückkehrerin gibt es — noch bei tiefem Schnee und Temperaturen um minus 30 Grad — ein heiteres Fest mit Ringkämpfen, Wettläufen, Lassowerfen und Hirschgespannrennen, mit bunten Nationaltrachten und leckeren Speisen.

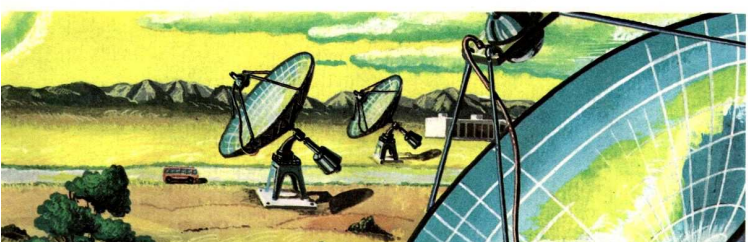
Im Sommer „revanchiert" sich die Sonne. Dann geht sie in den nördlichsten Gebieten der Erde lange Zeit nicht unter. Ringsherum bleibt sie über dem Horizont. Das ist der Polartag. Auf Spitzbergen, der großen Inselgruppe im Europäischen Nordmeer, hält er vier Monate an (von Mitte April bis Mitte August), am Nordpol ungefähr ein halbes Jahr. Trotzdem erwärmt sich die Luft nur wenig. So beträgt die durchschnittliche Jahrestemperatur auf der Tschuktschenhalbinsel etwa minus 7 bis minus 11 Grad. Auf Spitzbergen, das noch weiter nördlich liegt, verbleibt niemand zeitlebens, denn der Mensch braucht die Sonnenwärme, braucht Grünes und Vitamine. Wer dort arbeitet, zum Beispiel in sowjetischen Steinkohlengruben, wird nach einer bestimmten Zeit abgelöst.

Auf der südlichen Erdhälfte bestehen die gleichen Erscheinungen. Nur die Zeiten verschieben sich um ein halbes Jahr. Im Nordwinter erleben die Forscher in der Antarktis, dem Gebiet um den Südpol, ihren Polartag und im Nordsommer ihre Polarnacht. „Schuld" an diesem Hin und Her ist die Schiefe der Ekliptik (vgl. Seite 88). Ohne sie gäbe es den Wechsel der Jahreszeiten nicht. Die Mitarbeiter in den wissenschaftlichen Stationen — die einzigen „Siedler" jenseits des südlichen Polarkreises — wechseln sich regelmäßig ab. Nach etwa zwei Jahren geht es in die Heimat zurück, in günstigere Breiten. Die Sehnsucht nach der Sonne spüren wir in den ersten schönen Frühlingstagen. Zieht es uns dann nicht hinaus in die Natur? Dieses Verlangen nach Licht, Luft und Wärme hat Goethe im „Osterspaziergang" für seine Zeit treffend beschrieben:

Leningrad liegt „nur" auf 60 Grad nördlicher Breite und erlebt daher keinen Polartag mehr. Aber die Sonne zieht dort in den Sommernächten (Juni/Juli) ihre Bahn so flach unter dem Horizont, daß es nur leicht dämmrig, aber nicht dunkel wird. Das ist die Zeit der „Weißen Nächte".



„. . . .
Aus dem hohlen, finstern Tor
Dringt ein buntes Gewimmel hervor.
Jeder sonnt sich heute so gern.
Sie feiern die Auferstehung des Herrn;
Denn sie sind selber auferstanden:
Aus niedriger Häuser dumpfen Gemächern,
Aus Handwerks- und Gewerbesbanden,
Aus dem Druck von Giebeln und Dächern,
Aus der Straßen quetschender Enge,
Aus der Kirchen ehrwürdiger Nacht
Sind sie alle ans Licht gebracht."



Im Sonnenkraftwerk gibt es keine Kohlenbunker. Die großen Heliospiegel konzentrieren die Sonnenstrahlen auf den Verdampferkessel. Von dort wird der heiße Dampf, der einen gewaltigen Druck ausübt, den Turbinen zugeführt.



Gold sollte Friedrich Böttger für seinen machtbesessenen König herstellen. Aber dieses Wunder konnte er nicht vollbringen. Statt dessen erfand er das europäische Porzellan (1709). Dabei half ihm die hier abgebildete Doppelbrennlinse des Mathematikers und Physikers Walter von Tschirnhaus (1651 bis 1708). Sie bündelte das Sonnenlicht derart, daß Temperaturen bis zu 3000 Grad Celsius erreicht wurden.

Die große Reserve

Es ist nicht möglich, die Sonne zu ersetzen, denn tausendfach wirkt ihre Energie. Sie läßt den Regen fallen, den Wind wehen und die Pflanzen grünen. Sie treibt Räder und mahlt Getreide. Sie erwärmt und beleuchtet unsere Zimmer. Überall ist sie gegenwärtig: im Fernsehapparat wie im Radio, im Kachelofen wie in der Warmwasserheizung, in den Fabriken und auf den Feldern. Oft arbeitet sie wie ein Heinzelmännchen – unaufdringlich und unbemerkt, im verborgenen.

Die Strahlen der Sonne verwandeln Wasser in Wasserdampf (und umgekehrt), und sie erwärmen die Erde so unterschiedlich, daß die Luftmassen in Bewegung gerieten. Das gibt Wind und Wetter. Anders als der Bauer, braucht sich der Müller von heute nicht mehr danach zu richten. An die Stelle des flügeltreibenden Windes oder des rauschenden Mühlbachs setzte er die Elektrizität. Wo soll da noch die Sonne im Spiel sein? Ihr Arbeitsfeld liegt im Kraftwerk. Meistens beginnt der Weg der Energieerzeugung dort bei der Kohle. Die entstand aus dem Holz von Bäumen, und die speicherten die Sonnenenergie. Nach langer Zeit der Untätigkeit wird sie – zum Beispiel in den Kesseln von Boxberg, Hagenwerder und Lübbenau – wieder freigesetzt. Über wasserdampfgetriebene Turbinen und über Generatoren verwandelt sie sich in den größten Helfer der Menschheit: in elektrische Energie. Wir sehen: Auch in unserer Wohnung schaltet und waltet, wenngleich fast unkenntlich verkleidet, die Energie der Sonne. Aber zwischen dem Baum aus der Braunkohlenzeit und unserem Heißwasserspeicher liegt ein langer Weg mit vielen Stationen. Den Umwandlungsprozeß abzukürzen, ja die vielen Millionen Jahre auf Stunden und Minuten zusammenzudrängen, die Sonnenenergie *direkt* auszunutzen, das ist ein alter

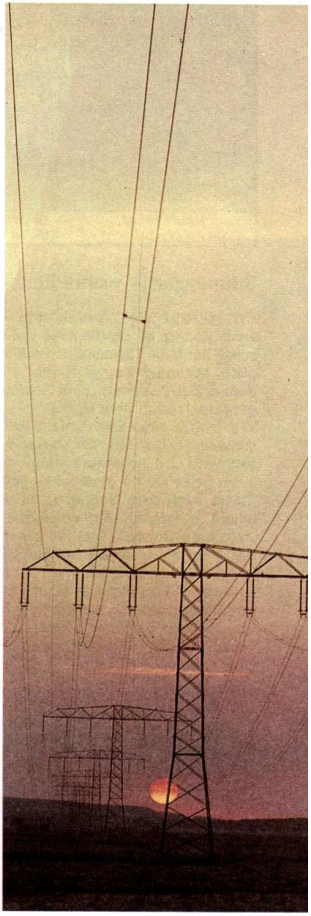
Traum der Menschheit. Der Schriftsteller Wilhelm Bölsche (1861 bis 1939) fand dafür sehr poetische Worte: „Ein leises, dämmerndes Ahnen hat uns heute schon erfaßt, welcher unfaßbar kolossale Strom von unverbrauchter Energie von diesem fernen Glanzpunkt unseres Systems auf uns herniederstürzt. Noch fehlen uns aber die geistigen Hände, sie zu fassen und zu verwenden!"

Im kleinen tun wir das schon lange. Wer hätte nicht schon einmal mit einem Brennglas hantiert oder das Sonnenlicht mit einem Spiegel ins Dunkel gelenkt? Aber ein Töpfchen Wasser, das unter einem Strahlenbündel siedet (vgl. Seite 121), bringt noch keinen Menschheitsfortschritt. Im großen geht es unter anderem darum, daß die Sonne wassergefüllte Kessel beheizt und daß zur Energieerzeugung über die Verdampfung keine Brennstoffe mehr gebraucht werden. Kleinere Sonnenkraftwerke arbeiten bereits, zum Beispiel in der Armenischen SSR. Eintausenddreihundert Spiegel mit je fünfzehn Quadratmeter Fläche richten dort die Sonnenstrahlen auf den Verdampferkessel. Auf kreisförmigen Schienenbahnen folgt das ganze Spiegelsystem, durch Elektromotoren angetrieben, der Sonne auf ihrer Ost-West-Wanderung.

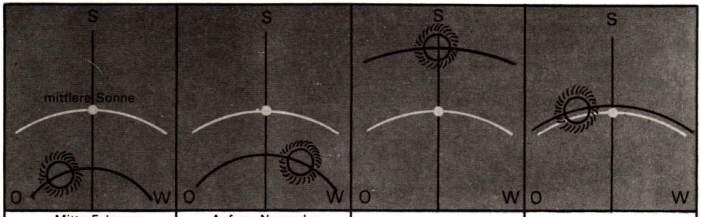
Insgesamt wird aber nur ein winziger Bruchteil aller Elektroenergie auf diese Weise gewonnen. Noch immer bleibt die große Reserve überwiegend ungenutzt. Wie lange noch?



In Freyburg (Unstrut) ist das Wasser im Freibad besonders warm. Zwar scheint die Sonne dort auch nicht tropisch heiß, aber ihre Strahlung wird neben dem Schwimmbecken durch eine schräggestellte Wand aus vielen flachen Aluminiumkästen so „aufgefangen", daß sich ihre Heizwirkung verstärkt.



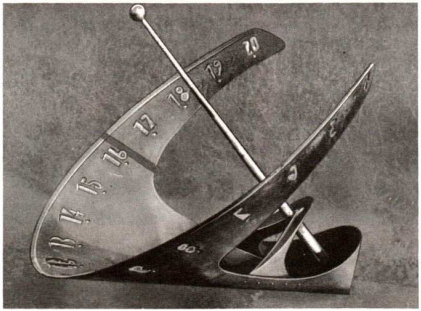
Hinter allem steht die Sonne: Ohne sie gäbe es auf der Erde keine Energie, kein Licht, kein Leben.
Noch viele Millionen Jahre wird sie mit voller Kraft strahlen.

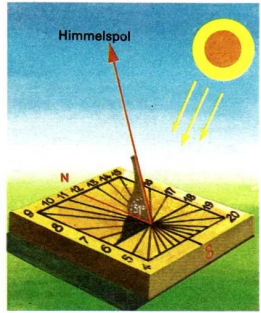


Sonnenzeit — wahre Zeit

Ein „Schlaumeier" betrachtete eine Sonnenuhr. Wer weiß, dachte er, ob die auch richtig geht? Also holte er seine goldene Taschenuhr hervor, öffnete sie und verglich. Mit einer wegwerfenden Handbewegung verkündete er das Resultat: „Eine Sonnenuhr soll das sein? Die geht doch nach dem Mond."
Wer sich in einer Sache nicht auskennt, der sollte lieber schweigen. Die Zeit, die im Radio und im Telefon angesagt wird und die unsere mechanischen Uhren anzeigen — sie heißt die bürgerliche —, richtet sich nämlich nicht genau nach dem Sonnenstand. Sie wird vielmehr von einem erdachten Himmelskörper abgeleitet, von der „mittleren Sonne". Das ist ein mathematischer Punkt, der sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit immer und ewig auf dem Himmelsäquator fortbewegt. Seine Stellung kann demnach nicht beobachtet, sondern nur errechnet werden. Überquert er den Meridian von Görlitz (15 Grad östlicher Länge), dann ist es bei uns und überall in der mitteleuropäischen Zeitzone genau 12 Uhr. Trotz unterschiedlicher Sonnenrichtung stimmt die Kulmination der wahren und der mittleren Sonne. Unser Tagesgestirn eignet sich nicht zum Dirigenten des großen Uhrenorchesters, da es den Rhythmus (die Tempi) nicht genau einhalten kann. Den Taktstock schwingt daher seine unsichtbare Schwester, die „mittlere Sonne".

Sonnenuhren wurden früher an vielen Rathäusern, Burgen und Palästen angebracht (im Bild rechts oben am Petridom in Bautzen und rechts unten am Rathaus in Stolberg im Harz.) Vor der Erfindung der mechanischen Uhren dienten sie tatsächlich zur Zeitbestimmung. Seither gereichen sie mehr zur Zierde.





Die Schattenstäbe der Sonnenuhren weisen zum Polarstern, genauer: zum Nordpol des Himmels. Dagegen liegen die Zifferblätter unterschiedlich: parallel zur Ebene des Himmelsäquators (Bild links), parallel zur Erdoberfläche (Bild oben) oder senkrecht zu ihr (Bilder rechts). Nur im ersten Fall haben die Stundenmarkierungen gleiche Abstände voneinander.

Sonnenuhr der Schulsternwarte Rodewisch

Stellung der Uhrzeiger von London bis Budapest überein! Die Wirtschaft braucht diese Einheitlichkeit.
Dagegen folgen die Sonnenuhren mit ihrem Schattenwurf streng dem Lauf unseres Tagesgestirns, und der ist (wegen des komplizierten Erdumlaufs) obendrein noch etwas unregelmäßig. Nur viermal im Jahr (am 16. April, 14. Juni, 2. September und am 26. Dezember) erscheint die Sonne pünktlich im Meridian. An allen anderen Tagen verfrüht oder verspätet sie sich.
Wie groß die Zeitunterschiede zwischen den mechanischen und den Sonnenuhren sein können, zeigen die folgenden Beispiele:



Ort	Anzeige einer Sonnenuhr (wahre Ortssonnenzeit) um 12 Uhr MEZ am		
	12. Februar	16. April	3. November
Görlitz	12.14	12.00	11.44
Erfurt	11.58	11.44	11.28
Paris	11.23	11.09	10.53
Warschau	12.38	12.24	12.08

Warum ist das Polarlicht so bunt? Unter dem Einfluß von Sonnenteilchen leuchtet die Atmosphäre in großer Höhe (100 bis 600 km). Da sich die Luft aus unterschiedlichen Bestandteilen zusammensetzt, wechseln die Farben. Die Sauerstoffatome erglühen in Grüngelb, die Stickstoffatome in Rot.

Es mutet unglaublich an, aber die Astronomen haben es so errechnet: Die Sonne verliert von ihrer Masse jeden Tag fast 500 Milliarden Tonnen (elektromagnetische Strahlung und Sonnenwind). Wir dürfen uns aber mit Recht fragen, was unser Stern demgegenüber hinzugewinnt. Wenn schon die kleine Erde täglich mehrere Eisenbahnwaggons voll „Himmelsungeziefer" einfängt, wieviel mehr muß dann erst die mächtige Sonne verschlingen! Werden ihre Masseverluste dadurch nicht ausgeglichen oder gar übertroffen?



Der Magnetschirm der Erde, vereinfacht dargestellt. Vom Sonnenwind wird er stets nach der sonnenabgewandten Seite weggedrückt, so daß sich der lange Schweif immer an die Nachthälfte anschließt.



Wenn die Sonne sehr fleckig aussieht und darum besonders aktiv ist, verspüren das unter anderem die Funker. (Im Bild ein Blick in die Funkstation der Oberschule Großschirma). Es kann vorkommen, daß sie dann vorübergehend keinen Empfang haben. Darüber hinaus waren mitunter sogar die Telefonverbindungen gestört.

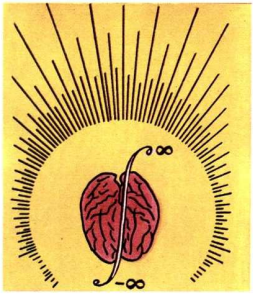
Wenn der Nachthimmel leuchtet

Der 21. Januar 1957 schien ein ganz gewöhnlicher Tag zu sein. In der DDR herrschte winterliche Kälte, und in ihren südlichen Bezirken lag Schnee. Wie üblich, verlöschten zwischen 21 und 22 Uhr die Lichter in den Wohnungen. Kurz darauf, nur noch von wenigen Zuschauern bewundert, begann ein herrliches Naturschauspiel, vielleicht das schönste, das seit Menschengedenken in Mitteleuropa zu beobachten war.

Zuerst sah es aus, als ob im Norden ein Feuerschein den Himmel erhellte. Bald mischten sich aber gelbe Streifen in die Flammenfärbung, und die wanderten wie die Strahlenbündel von Scheinwerfern über den Himmel. Auch das Rot fing an zu schwimmen. Es ballte sich zusammen und strebte wieder auseinander, wurde abwechselnd dichter, farbkräftiger und dünner. Zusehends drang es weiter nach Süden vor und gab den Norden frei für einen milchigen Dunst und einen blaugrünen, flachen Bogen dicht über dem Horizont. Wenig später wieder ein anderes Bild. Kein Blau, kein Grün, kein Milchdunst mehr. Nur noch ein riesiger Purpurvorhang mit gelbroten und hellgelben Falten. Darin eingehüllt der Polarstern, der Große und der Kleine Wagen. Fast hätte der südlichste Zipfel noch den Orion (am Himmelsäquator) erreicht.

Diese prächtige Erscheinung heißt schlicht und einfach „Polarlicht" (nach den Erdhälften in Nord- und Südlicht unterteilt). Während sie in der Nähe der Pole viele Male im Jahr auftritt, stellt sie in unseren Breiten etwas ganz Außergewöhnliches, Seltenes dar. Abergläubische Menschen freuten sich nicht über das Spiel der Farben. „Nordlicht – das gibt Krieg", sagten sie. Wir wissen, wie unsinnig diese Vorstellung ist. Sie verleitet dazu, den Krieg als ein Naturgesetz hinzunehmen.

Das Polarlicht wird von der Sonne verursacht. Die strahlt nicht nur Licht ab, sondern sie schleudert auch ständig unsichtbar kleine, elektrisch geladene Teilchen – den sogenannten Sonnenwind – in den Weltraum hinaus. Dieses Bombardement ginge uns ans Leben, wären wir ihm schutzlos preisgegeben. Aber wir stekken sozusagen in einem Käfig. Ein ausgedehntes Magnetfeld schirmt uns ab. Es fängt die Teilchen auf, lenkt sie zu den Polen hin und läßt sie um unseren Planeten herumsausen. (Dabei sammeln sich die winzigen, aber gefährlichen Gefangenen im sogenannten Strahlungsgürtel. Der muß von den Weltraumfahrern gemieden werden.) Wenn die abgelenkten Sonnenteilchen in die Erdatmosphäre eindringen, laden sie das Gasgemisch, das wir Luft nennen, in großer Höhe elektrisch auf (sie ionisieren es) und bringen es über den Polen zum Leuchten. Nur die stärksten Teilchenströme, bei großer Sonnenunruhe ausgesandt, färben den Nachthimmel auch bei uns.



A. L. Tschishewski, ein sowjetischer Forscher (1897 bis 1964), widmete sich mit Leidenschaft der Heliobiologie. Er entwarf ein Symbol, das deren Sinn sehr anschaulich darstellt: inmitten eines Strahlenkranzes ein menschliches Gehirn, dazu ein Zeichen aus der höheren Mathematik, das die strenge Wissenschaftlichkeit ausdrücken soll.

Bei sehr unruhiger, fleckiger Sonne würde der Mensch langsamer „schalten" (reagieren), behaupten die Heliobiologen. Er brauchte dann eine viermal so lange Bedenkzeit wie in „ruhigen Zeiten". Statistiken über Verkehrsunfälle scheinen das zu belegen. Endgültiges kann aber erst nach einer Vielzahl von Untersuchungen und Vergleichen festgestellt werden.

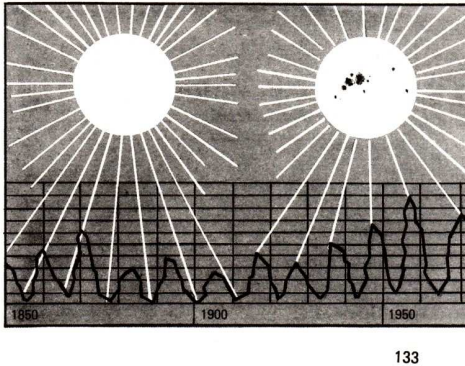
Auch die Bäume sollen den Sonnenrhythmus zeigen: Etwa alle elf Jahre wiederholten sich besonders dicke oder dünne Jahresringe. Zwei amerikanische Wissenschaftler hätten das an tausendfünfhundert Baumstümpfen bestätigt gefunden. Wer sich selbst davon überzeugen möchte, wird vielleicht enttäuscht werden.



Der Fleckenzyklus der Sonne von 1850 bis 1967. Es ist deutlich zu erkennen, daß sich die Zeiten der ruhigen wie der unruhigen Sonne im Durchschnitt alle 11 Jahre wiederholen. Die größte Fleckenzahl (1956/57) war mit einem prächtigen Nordlicht verbunden.

Die Heliobiologie – was ist das?

Über eine Plage, die wir in Mitteleuropa nur noch vom Hörensagen kennen, steht in einer alten arabischen Schrift: „Und es setzte sich eine gewaltige Heerschar in Bewegung. Sie kann die ganze Erde bedecken und alles, was es auf ihr gibt, verschlingen. Wenn sie dahinstürmt, verdunkelt sich die Sonne, und die Gestirne verlieren ihren Schein."
Gemeint sind Heuschrecken. Wenn sie in riesigen Wolken einfallen, kommt das einer Naturkatastrophe gleich. Zum Beispiel fraßen sie im Mai 1929 in der südlichen Sowjetunion eine Fläche von eineinhalb Millionen Hektar kahl. Der letzte große Überfall auf deutsches Gebiet liegt fast hundert Jahre zurück (1889, Gegend von Berlin). Eine Reihe von Forschern bringt diese Insekteninvasionen in Zusammenhang mit der Sonne. Deren Aktivität, zu erkennen an der Anzahl ihrer Flecken, unterliegt einem elfjährigen Rhythmus (siehe grafische Darstellung). Und der soll sich nach der Meinung der Heliobiologen auf viele irdische Erscheinungen auswirken. Unter anderem seien vom Verhalten der Sonne abhängig: die Häufigkeit von Gewittern, von Stürmen und Windhosen, von Niederschlägen und sogar von Erdbeben sowie die Wasser- und Lufttemperaturen an der Oberfläche der Erde.
Insbesondere würden aber biologische Prozesse beeinflußt, wie das Gedeihen des Weins, das Wachstum der Bäume, die Vermehrung und die Wanderung von Insekten und Fischen, ja selbst der Blutkreislauf und die Nerventätigkeit des Menschen.
Die Heliobiologie versucht also, zwischen dem Zustand der Sonne (Ruhe oder Aktivität) und dem Leben auf der Erde eine direkte Beziehung herzustellen. Als eine junge Wissenschaft ist sie noch stark umstritten. Vieles muß sie noch stichhaltiger beweisen.





In grenzenloser Ferne

Mehr als 99 Prozent aller Himmelskörper, die wir in klaren Nächten sehen, sind Sterne, sind Geschwister unserer Sonne. Von Fernrohren aufgenommen, zeigt sich auf dem Papier ein dichtes Gewimmel von Leuchtpunkten. Unmöglich, sie alle zu zählen. Fast scheint es, als hätten sie keinen Platz am Himmel, als müßten sie sich gegenseitig berühren. Aber gerade das Gegenteil stimmt. Nichts von Platzmangel und Gedränge. Bei den Astronomen gilt der Weltraum sogar als verhältnismäßig leer. So braucht ein Sonnenstrahl – und er durchrast in einer einzigen Sekunde immerhin eine Strecke von 300 000 km – reichlich vier Jahre bis zum nächsten Stern. Selbst in der Milchstraße, wo die Sterne so zusammengedrängt erscheinen, daß sie unser Auge nicht mehr zu trennen vermag, dürften die Abstände nicht viel anders sein. So täuscht uns die unermeßliche Ferne!

Sie „unterschlägt" auch die Ausmaße der glühenden Gasbälle. Erinnern wir uns nur daran, daß die Sonne, ein Koloß von über hundert Erddurchmessern, zu den „gelben Zwergen" zählt. Ein „Überriese" ist dagegen der östliche Schulterstern des Orions (Beteigeuze). Er leuchtet zehntausendmal so hell wie unser Tagesgestirn. Stünde er an dessen Stelle, dann verliefe die Umlaufbahn der Erde noch in seinem Inneren (was natürlich unmöglich wäre). Daneben existieren aber auch „Ministerne" in der Größenordnung von Planeten und Monden. Andere pulsieren. Das heißt, sie vergrößern und verkleinern sich rhythmisch. Einen ständigen Helligkeitswechsel zeigen die sogenannten Veränderlichen. Die himmlische Vielfalt drückt sich ferner in Doppelsternen, Radioquellen und geheimnisvollen „Schwarzen Löchern" aus.

Trotzdem werden diesen gewichtigen Himmelskörpern hier nur wenige Seiten eingeräumt. Wegen der großen Entfernungen wissen wir nicht allzuviel über sie. So gut wie gar nichts vermögen wir mit Bestimmtheit über die Mitglieder fremder Sternsysteme auszusagen.

Nur ein einziger Gasball läßt uns Einzelheiten auf seiner Oberfläche erkennen: die Sonne. Wer über deren Bedeutung nachdenkt, der kommt um eine weiterführende Frage nicht herum: Besitzen nicht auch andere Sterne Planeten? Wir können darauf nur ausweichend antworten: möglicherweise. Außerhalb der Sonnenfamilie konnten bisher noch keine Planeten beobachtet werden (vgl. Seite 56). In einigen Fällen bestehen jedoch Anzeichen für deren Existenz.

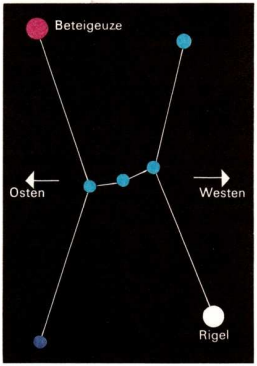


Darstellung des Hundssterns aus dem 9. Jahrhundert.
Nur zum Schein gebührt ihm, dem Sirius, die Krone für den hellsten Stern (Mond und Planeten ausgenommen) am Nachthimmel.

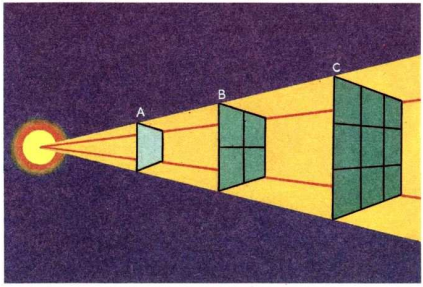
Die Welt der Sterne

Sind die hellsten am hellsten?

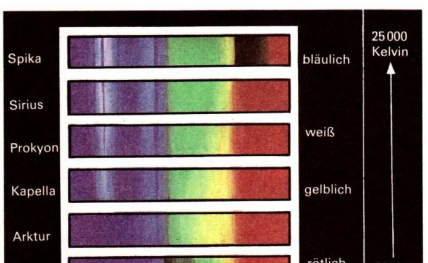
Eine alte Fabel erzählt von einem Hund, der sich arg täuschen ließ: Mit einem großen Stück Fleisch im Maul durchquerte er einen reißenden Bach. Da sah er im Wasser einen scheinbar viel größeren Batzen, schnappte danach – und hatte nichts mehr.
Wir fallen zwar nicht auf verzerrte Spiegelbilder herein, aber auch uns kann es Schwierigkeiten bereiten, Wirkliches und Scheinbares auseinanderzuhalten. Am Himmel ist das ohne die Hilfe der Wissenschaft manchmal gar nicht möglich. So irrten wir uns mit Sicherheit, wenn wir nach eigenem Gutdünken die Himmelskörper in eine Helligkeitsreihenfolge einordnen sollten. Wir begännen mit der Sonne, setzten den Mond an die zweite, die Venus an die dritte und den Jupiter an die vierte Stelle. Doch das wäre falsch. Wir sehen es zwar so, aber es ist nicht so. In Wahrheit kommt zum Beispiel von den Planeten ein so schwaches Licht, daß alle die, die womöglich außerhalb unseres Sonnensystems existieren, selbst für unsere stärksten Fernrohre unerreichbar sind. Nur ihre Nähe läßt einige der Erdgeschwister so hell erscheinen. Gleiches gilt für die Sonne. Ihrer wahren Leuchtkraft nach bekäme sie unter ihren Verwandten keinen Platz im Vorderfeld.
Eine wirklichkeitsgetreue Rangfolge kann nur dann aufgestellt werden, wenn auch die Entfernung bekannt ist. Für eine Reihe von Sternen trifft das zu. Die Astronomen versetzten sie rechnerisch in den gleichen Abstand von uns (rund 33 Lichtjahre) und ermittelten so deren absolute (wahre) Helligkeit. Dabei schnitt beispielsweise der unscheinbare Polarstern besser ab als der prächtige, hellfunkelnde Sirius.



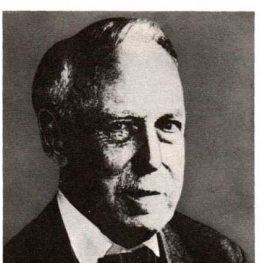
Soweit unsere Kenntnisse reichen, müßte der westliche Fußstern des Orions – Rigel – auf den Königsthron erhoben werden. Nach neueren Angaben strahlt er hunderttausendmal so hell wie die Sonne.



Gegenüber der Fläche A beträgt die Helligkeit bei B, in der doppelten Entfernung von der Lichtquelle, nur noch ein Viertel. Bei C verringert sie sich auf ein Neuntel.
Wäre die Erde hundertmal weiter von der Sonne entfernt, erhielten wir nur den zehntausendsten Teil der jetzigen Strahlung.



So sehen die Astronomen mit Hilfe ihrer Instrumente die Spektren (die „Farbbänder") von Sternen. Wir, die Laien, gewinnen daraus keinen Gesamteindruck über die vorherrschende Farbe. Die erkennen wir für unsere Zwecke mit bloßem Auge am Himmel besser – allerdings nur bei den hellsten Sternen, z.B. fallen uns darunter einige rötliche auf.



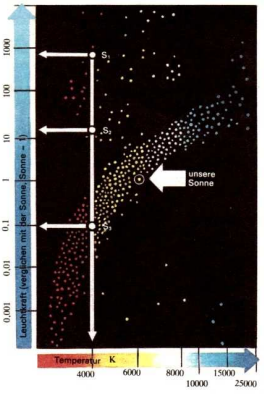
Ejnar Hertzsprung, ein Däne (1873 bis 1967), entdeckte durch Leuchtkraft- und Temperaturvergleiche Riesen und Zwerge unter den Sternen. Eng mit ihm zusammen arbeitete der Amerikaner Henry Russell (1877 bis 1957).

Rot, weiß, blau

Schon der alte Vulcanus, der Gott des Feuers und der Schmiedekunst (nehmen wir an, es hätte ihn gegeben), wäre wohl imstande gewesen, die Sterne nach ihren Temperaturen zu ordnen. Er müßte sich in den Farben des glühenden Eisens gut ausgekannt haben. In seiner göttlichen Funktion könnte ihm auch der Schluß von der Erde auf den Himmel eingekommen sein. Nur genaue Zahlenangaben hätte er sicherlich nicht machen können, denn dazu fehlte ihm der Schatz des physikalisch-chemischen Wissens. Der wurde in den neuzeitlichen Laboratorien in unzähligen Versuchen erst nach und nach erarbeitet. Die Ergebnisse dieser Fernerforschung des Himmels finden wir in jedem Lexikon.

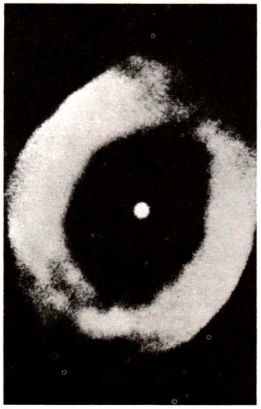
Danach herrscht an der Oberfläche der „kühleren", der rötlichen Sonnen eine Temperatur von etwa 2800 Kelvin (rund 2500 Grad Celsius). Über Gelb nach Weiß wird es heißer bis hin zu den Sternen, die leicht bläulich schimmern (25 000 Kelvin bzw. 24 700 Grad Celsius).

Aber kein Himmelskörper verharrt ewig in ein und demselben Zustand, denn „Bewegung ist die Daseinsweise der Materie". Die einen heizen sich auf, die anderen kühlen sich ab. Dabei ändern sich auch die Durchmesser. So wird die Sonne nicht für alle Zeiten gelb bleiben und so heiß und so groß, wie sie jetzt ist. Die Astronomen erwarten, daß sie sich in den nächsten Jahrmilliarden allmählich aufbläht und daß ihre Farbe dabei ins Rötliche übergeht. Schließlich wird sie wieder zusammenschrumpfen. Für viele Millionen Jahre erwächst der Erde daraus noch keine Gefahr. Am Ende muß sie aber den Temperaturänderungen auf ihrem Stern erliegen.

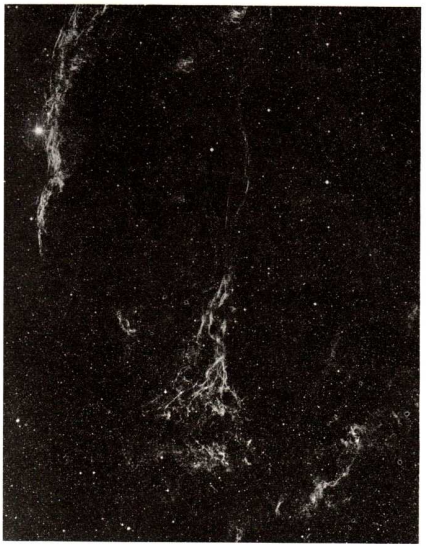


Die Astronomen Hertzsprung und Russell trugen eine Reihe bekannter Sterne nach ihrer Temperatur und ihrer wahren Helligkeit in eine grafische Darstellung ein. (Sie hat mit der Milchstraße nichts zu tun.) Überraschenderweise stellten sich dabei unter gleichheißen Sternen (hier S_1, S_2 und S_3) erhebliche Unterschiede in der Leuchtkraft heraus. Das kann nur an der Größe liegen. Also muß es in der Sternenwelt Riesen (wie S_1 und S_2) und Zwerge (wie S_3) geben. Würden die Eintragungen nach Jahrmillionen wiederholt, stünden viele Pünktchen an einer anderen Stelle.

Heller, nur im Fernrohr sichtbarer Nebel im Sternbild Schwan



Ringförmige, mit bloßem Auge nicht zu sehende Gaswolke im Sternbild Leier. Ihr Durchmesser vergrößert sich in jeder Sekunde um 30 km. Auf dem Bild beträgt er etwa das Dreißigfache der Entfernung Erde—Sonne. In der Mitte ein bläulicher, sehr heißer Stern.





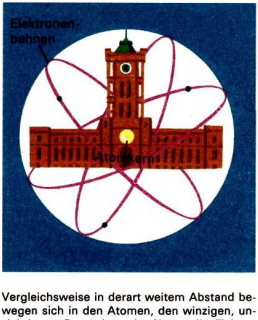
Wictor Ambarzumjan (geboren 1908), einer der bekanntesten sowjetischen Astrophysiker der Gegenwart, sieht die Entstehung der Sterne ganz anders, als es meistens dargestellt wird. Nach seiner Meinung haben sie sich nicht durch die Zusammenziehung von dünn verstreuter, sondern durch die Ausdehnung sehr dichter Materie gebildet.

Entstanden aus Gas und Staub?

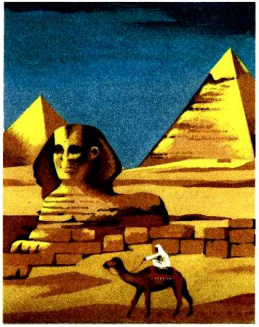
Mit den angenehmsten Vorstellungen verbinden sich die Begriffe „Gas" und „Staub" gewöhnlich nicht. Sie gemahnen uns an Vergiftungsgefahr und Umweltverschmutzung. Anders in der Astronomie. Dort bezeichnen sie das, was zwischen den Sternen ist, und diese Stoffe sind weder giftig noch lästig. Im Gegenteil. Wir haben Grund, die interstellare Materie (inter = zwischen; stella = Stern), vor allem Wasserstoff und Helium, für wichtig, gut und nützlich zu erachten, ja diese weitverstreuten „Wolken" als die Bausteine künftiger Himmelskörper zu betrachten.

Viele Wissenschaftler nehmen an, daß die Sterne durch das Zusammenziehen von Gas- und Staubmassen entstanden sind. Die hohen Temperaturen führen sie auf den Verdichtungsdruck zurück.

Was auch immer dazu noch erforscht werden wird, fest steht, daß weder die dünn verstreuten noch die zusammengeballten Stoffe je in einen Ruhezustand eintreten. Wie in der Natur, die uns umgibt, so herrscht auch am Himmel ein ewiges Werden und Vergehen. Nur dürfen wir die „Geburt" oder den „Tod" von Sternen nicht von einem Tag zum anderen erwarten.



Vergleichsweise in derart weitem Abstand bewegen sich in den Atomen, den winzigen, unsichtbaren Bausteinen der Natur, die Elektronen um den Kern. Dazwischen ist nichts. Würden jedoch alle Lücken beseitigt und die Atomkerne ganz dicht aneinandergefügt, geschähe Unglaubliches: Das Berliner Rathaus könnte samt seiner nächsten Umgebung in einem Fingerhut untergebracht werden.
Es gibt Sterne, in denen die Materie tatsächlich so dicht „gepackt" ist!



Die Cheopspyramide mit der Sphinx bei Giseh in Ägypten (140 m hoch, fast 1 km Umfang am Fuß).
Etwa 6 Millionen Tonnen Steine wurden dort von Sklaven aufeinandergetürmt. Für die gleiche, gewaltige Masse genügt einem Neutronenstern (vgl. Haupttext) die Größe einer Streichholzkuppe.

Die Astronomen unterscheiden die Sterne nach deren Zustandsgrößen. Dazu gehören unter anderem: der Radius, die Masse, die Leuchtkraft, die Temperatur, die Dichte, die Beschaffenheit des Spektrums und die chemische Zusammensetzung.

Unglaubliche Zustände

Was gäbe das für ein Aufsehen, für Kopfzerbrechen, Zweifel und erregte Diskussionen, wenn eines Tages in der Zeitung stünde: „Stecknadelkopf entdeckt – schwerer als das Völkerschlachtdenkmal in Leipzig. Unmöglich, ihn mit einem Kran oder einem Traktor von der Stelle zu bewegen!" – „So ein Quatsch!" oder „Ein alberner Scherz", hieße es dann sicherlich, und die Redaktion könnte sich vor Anrufen nicht retten.
In Wahrheit ist Ähnliches schon geschrieben worden. Doch wer weiß, ob den Lesern darüber der Atem stockte. Zum Beispiel lautete eine derartige Meldung: „Neutronenstern gewogen. Die Masse eines Neutronensterns . . . wurde von Wissenschaftlern der Amsterdamer Universität bestimmt. Dieser Stern ist 5000 Lichtjahre von der Erde entfernt, sein Durchmesser beträgt weniger als 20 km, seine Masse übersteigt anderthalbmal die der Sonne." (Neues Deutschland vom 3./4. Januar 1976.)
Wie dicht muß dieser Stern zusammengepreßt sein! Mehr als 300 Billionen von seiner Größe fänden Platz in der Sonne, aber *ein* solcher Liliputaner wöge mehr als sie, unsere stattliche Herrscherin. Also wären eher die ägyptischen Pyramiden anzuheben als ein winziges Klümpchen von jenem wundersamen Himmelskörper. Ein Kubikzentimeter seines Stoffes – mindestens 700 Millionen Tonnen Masse! Wer kann sich so etwas vorstellen?
Aber Wunder geschehen selbst am Himmel nicht. Wenn wir auch noch längst nicht alles wissen und uns auch nie vollständig auskennen werden, so gibt es doch für alles eine Erklärung. Für die Neutronensterne wurde sie bereits gefunden. In ihren „Bausteinen", den Atomen, rückten die kleinsten Teilchen ganz eng zusammen. Wissenschaftlich ausgedrückt: Elektronen und Protonen vereinigten sich zu Neutronen. Dadurch entstand ein mörderisches Gedränge – eine sogenannte Überdichte.
Im Vergleich dazu ist unser eigener Körper, sind Wasser und Steine, ja selbst Metalle wie Gold und Platin sehr, sehr locker aufgebaut. Sehen konnten die holländischen Wissenschaftler den „kleinen", überdichten Gasball natürlich nicht. Sie vermochten nur die Wirkung seiner Anziehungskraft auf einen viel größeren, sichtbaren Nachbarn zu beobachten, auf den Doppelstern-Partner. Daraus errechneten sie die angegebenen Zustandsgrößen (Masse und Radius).
Auf ähnliche Weise wurde sogar auf noch dichtere Himmelskörper geschlossen – auf Schwarze Löcher. Das sind vermutlich sterbende, ehemals ziemlich große Sterne, die sich im hohen Alter bis auf wenige Kilometer Durchmesser zusammengezogen haben. Ihre Anziehungskraft fesselt selbst die Lichtstrahlen, so daß solche Sterne im Dunkel bleiben.

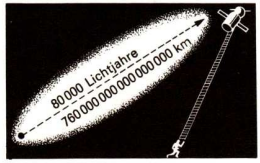


Ein Teil unserer Sterninsel mit Sternbildsymbolen

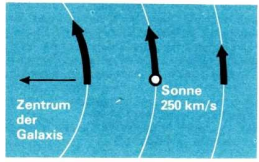
Inseln im Weltraum

Alles fließt

„Panta rhei", lehrte ein Denker im alten Griechenland. „Alles fließt." (Die Welt verändert sich unablässig.) Aber den Himmel klammerten seine Zeitgenossen weitestgehend von der Bewegung und Entwicklung aus. Sie hielten die flackernden Lämpchen für angeheftet und nannten sie darum Fest- oder Fixsterne. Daß das Gegenteil stimmt, daß sich all die Gasbälle mit großer Geschwindigkeit durch den Weltraum bewegen, das konnten sie unmöglich erkennen. Wir sehen es auch nicht. Es scheint sogar, als ob die Sternbilder ihr Aussehen ewig beibehielten. Aber die Astronomen stellten bei genauen Messungen fest, daß sich die Himmelsfiguren ganz allmählich verschieben und verzerren. Die Veränderungen werden aber selbst nach einigen hundert Jahren noch nicht deutlich. So wenig lassen uns die riesigen Entfernungen die wahren Bewegungen erkennen.
Kein Stern vermag aus seiner Weltrauminsel auszubrechen. So sind alle Himmelskörper, die wir mit bloßem Auge beobachten können, unentrinnbar an unser Milchstraßensystem „gekettet". Sie bewegen sich eilig um dessen Zentrum, und wir folgen dabei der Sonne.
Aber nicht nur ihren Ort verändern die Gestirne, sondern auch sich selbst. Es wäre falsch, sie so zu unterscheiden wie die Bäume im Wald. Dort wachsen Tannen und Fichten, und aus einer Lärche wird nie eine Eiche. Die Sterne jedoch durchlaufen verschiedene Stadien, wenn auch nicht alle die gleichen. Riesen verwandeln sich in Zwerge und umgekehrt. Keiner wird als Schwarzes Loch geboren.

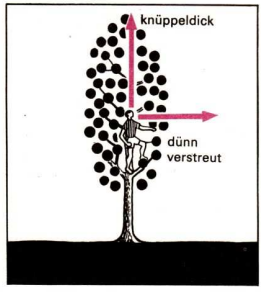


Wäre ein Lichtstrahl vor achtzigtausend Jahren in Längsrichtung in unser Sternsystem hineingerast, so schösse er erst jetzt wieder heraus. In dieser Zeit entwickelte sich der Mensch vom primitiven Höhlenwesen bis hinauf zum wissenschaftlich hochgebildeten Erdenbewohner, der in den Weltraum vordringt.



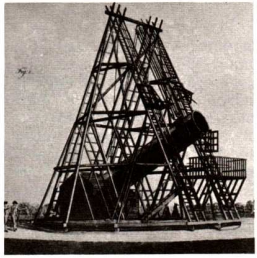
Alle Inselmitglieder umrunden ihr Zentrum. Je kleiner ihr Abstand vom Mittelpunkt, desto schneller ist ihr Umlauf. Wegen der unterschiedlichen Geschwindigkeiten ändern die Sternbilder allmählich ihre Figur.

Unsere große kosmische Heimat ist das Milchstraßensystem, eine riesige Insel im Weltall. Sie wird auch Galaxis genannt. Ein Teil von diesem System ist die Milchstraße. Die Sternverdichtung in der Milchstraße existiert in Wirklichkeit gar nicht. Das Bild vom Apfelbaum verdeutlicht, wie dieses scheinbare Gedränge zustande kommt. Zum Beispiel blicken wir in Richtung des „Orions" und des „Stiers" sowie der „Zwillinge" und des „Kleinen Hunds" besonders tief in unsere Weltrauminsel hinein.



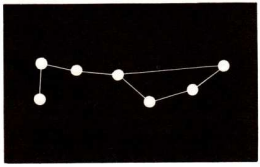


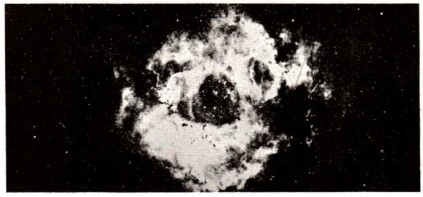
Friedrich Wilhelm Herschel (1738 bis 1822) wurde in Hannover geboren. Er war eigentlich Musiker. Als Zwanzigjähriger ging er nach England. Dort entwickelte er sich zu einem der größten Astronomen des 18./19. Jahrhunderts. 1781 entdeckte er den Planeten Uranus.



Herschels größtes Fernrohr, ein Teleskop von 14 m Länge

Erst im Spiegel zeigt sich der Große Wagen aus dem alten China von seiner gewohnten Seite. Doch auch so ist zu erkennen, daß sich die Kutsche jenes angebeteten Herrschers bis heute kaum verändert hat. In hunderttausend Jahren wird sie jedoch völlig aus der Form geraten sein (unten). So langsam wirken sich die schnellen Sternbewegungen aus.





Zweieinhalbtausend verwaschene Flecke entdeckte Herschel am Himmel. Sie werden als Nebel bezeichnet. (Mehr darüber im Kapitel „Mächtige Nebel".)

Kosmosforschung — Schwerarbeit

Selbst so berühmte Astronomen wie Copernicus und Kepler wußten über unsere kosmische Heimat nicht Bescheid. Sie hatten noch keine Vorstellung von deren Größe und Gestalt. Erst Friedrich Wilhelm Herschel (1738 bis 1822) kam diesem Geheimnis auf die Spur. Mit riesigen, selbstgebauten Teleskopen, den größten seiner Zeit, durchmusterte er den Himmel. Sorgfältig zählte er die Sterne. Aber dadurch allein erhielt er noch kein Bild von der Gestalt unserer Weltrauminsel. Das verschaffte er sich durch Überlegungen. Warum erschienen denn die vielen tausend Himmelskörper so ungleich verteilt, hier so dünn und dort so dicht? Es gab darauf nur eine Antwort: Unser Sternsystem muß die Form einer Scheibe haben, und da ist es ein Unterschied, ob wir in Längs- oder in Querrichtung hindurchsehen. Allerdings unterschätzte Herschel die Ausdehnung unserer Weltrauminsel. Später wurde noch entdeckt, daß sie von vielen Kugelsternhaufen umgeben ist, die auch mit zu ihr gehören. Die meisten Gebiete unserer Himmelsheimat liegen jedoch hinter dunklen Staub- und Gasmassen versteckt. Darum wird die weitere Erforschung sehr schwierig bleiben.



Aus dem tiefsten Himmelshintergrund schimmern viele fremde Sternsysteme als nebelhafte Gebilde zu uns herüber. Aber in unseren Breiten ist nur eine derartige Insel mit bloßem Auge zu erkennen, der Andromedanebel (vgl. Seite 17). Dagegen wurden mit großen Fernrohren bereits Tausende dieser außergalaktischen – außerhalb unserer Galaxis gelegenen – Objekte entdeckt. Drei davon sind hier abgebildet. Die hellen Punkte müssen wir uns viel weiter im Vordergrund denken. Sie stammen von Sternen aus unserem Milchstraßensystem.



Mächtige Nebel

Die Gelehrten des Altertums hatten die Vorstellung geprägt, die Himmelskörper seien ein für allemal fertig. Das Werden und Vergehen gälte nur auf der Erde. Wie hätten sie auch Veränderungen im Kosmos bemerken sollen? Mit ihren Mitteln war das gar nicht möglich.
Erst Wilhelm Herschel, der sich auf Fernrohrbeobachtungen stützen konnte, erklärte, daß die Sterne verschiedene Entwicklungsstufen durchlaufen. (Ähnliches wies später Darwin für die Entstehung des Lebens auf der Erde nach.) Die vielen verwaschenen Flecke am Himmel, die verschiedenartigen Nebel – was stellten sie dar? Herschel sah darin den Baustoff, aus dem sich stufenweise die Sterne bilden. Aber noch heute ist ihre Entstehung umstritten (vgl. Seite 138).
Erst im Jahre 1926 konnte durch Edwin Hubble (1889–1953) nachgewiesen werden, daß viele Nebel keine Gas- und Staubmassen sind, sondern mehr, viel mehr – nämlich ferne, fremde Sternsysteme, Weltrauminseln wie unsere Galaxis, unser Milchstraßensystem, Familien von hundert Milliarden Sternen und womöglich auch einer riesigen Anzahl von Planeten, Kometen und anderen Himmelskörpern. Damit wuchs für uns der Kosmos ins Unermeßliche. Die Wissenschaftler rechnen mit vielen Millionen von solchen Inseln. Sie alle bewegen sich mit großer Geschwindigkeit voneinander weg.
Wir können nur annehmen, daß auch in der Ferne Leben herrscht. Beweise dafür haben wir nicht, denn nur in unserer Nähe, in der Umgebung der Sonne, vermögen wir kühle, nichtleuchtende Himmelskörper zu erkennen. Noch tausend Fragen wird die Astronomie zu beantworten haben, aber nie ans Ende ihrer Forschung gelangen.

Die Welt ist erkennbar
(Zeittafel)

Um 500 v. u. Z.
Pythagoras lehrt, die Erde habe die Gestalt einer Kugel.
Um 200 v. u. Z.
Eratosthenes bestimmt den Erdumfang.
Um 150
Ptolemäus begründet das geozentrische Weltsystem, wonach die Sonne und die Planeten um die Erde kreisen sollen.
1420
In Samarkand wird durch den Tartarenfürsten Ulug Beg eine der ältesten und berühmtesten Sternwarten der Geschichte errichtet.
15./16. Jahrhundert
Die Auffassung von der Kugelgestalt der Erde setzt sich durch. Die ersten Weltumsegler wenden die Theorie in der Praxis an.
1543
Copernicus zertrümmert das alte Weltbild. Er erklärt, daß sich die Erde und die anderen Planeten um die Sonne bewegen. Aber noch lange bekämpft die römische Kirche das Neue.
1582
Papst Gregor XIII. läßt unseren heutigen Kalender (den Gregorianischen) einführen.
1600
Wegen seines Eintretens für Copernicus und weiterer fortschrittlicher Ideen wird Giordano Bruno in Rom als Ketzer verbrannt.
1609
Galilei baut seine ersten Fernrohre und entdeckt damit u. a. Berge und Täler auf dem Mond und die vier hellsten Begleiter des Jupiters. Er erkennt, daß die Milchstraße aus vielen einzelnen Sternen besteht.
1609/1619
Kepler ergründet und veröffentlicht die Gesetze der Planetenbewegungen.
1687
Newton weist nach, daß sich alle Himmelskörper gegenseitig anziehen. Er findet das Gravitationsgesetz.
1839
Erste Himmelsfotografie (Mond)
1861
Der deutsche Physiker Kirchhoff zeigt, daß am Spektrum der Sterne (ihrem „zerlegten" Licht) zu erkennen ist, woraus sie bestehen.
1924
Dem Amerikaner Hubble gelingt der erste Nachweis eines fremden Sternsystems.
1932
Empfang von Radiostrahlung aus dem Kosmos.
1957
In der Sowjetunion wird Sputnik 1, der erste künstliche Erdsatellit, gestartet.
1961
Juri Gagarin fliegt als erster Mensch in einem Raumschiff.
1969
Neil Armstrong und Edwin Aldrin betreten den Mond. Damit sind zum ersten Mal Menschen auf einem fremden Himmelskörper.
1978
Weltraumflug von Waleri Bykowski und Sigmund Jähn, dem ersten deutschen Kosmonauten.
Gegenwärtig erforschen unbemannte Raumflugkörper die Planeten.

Inhaltsverzeichnis

Das Bilderbuch der Nacht 5

Es funkeln die Sterne 6
Der Vorhang öffnet sich – Ein Blick durchs Fernrohr – Der übermütige Jäger

Ungewöhnliche Maßstäbe 12
Vertraute Begriffe – neue Vorstellungen – Der Riese im Kaukasus – Die Erde im Weltall

Eine uralte Wissenschaft 19

Wissenschaft und Leben 20
Die Sterne und der Nil – Die Sonne im Visier – Ein fauler Absenker – Westwärts nach Osten – Alles zu seiner Zeit

Der Fortschritt siegt 30
Nicolaus Copernicus – Und sie bewegt sich doch – Winkel, Licht und Positionen – Fenster ohne Glas und Rahmen

Der Mensch sprengt seine Fesseln 39

Aufgestoßen ist das Tor 40
Träume werden Wirklichkeit – Wege aus der Wiege – Die Schwerkraft besiegt – Zwei-eins-null!

Die dritte Entdeckung der Erde 48
Juri Gagarin – Vom Himmel herab

Kosmische Besuche 53
Menschen und Automaten – Gibt es die Venusier?

Der blaue Planet 59

Die Erde lebt 60
Vom Niederen zum Höheren – Ein Mensch – wie stolz das klingt! – Nichts bleibt, wie es ist

Vom Erdkörper 66
Mit dem Bandmaß ringsherum? – Professor Helmert und die Sputniks – Das unsichtbare Netz – Geheimnisvolle Tiefe – Verborgene Schätze

Die äußere Hülle 76
Unser Schutzschild – Vom Wetter zum Klima

Himmel und Erde 80
Ewig kreisen die Sterne – Rotiert die Erde wirklich? – Tag und Nacht – Rund um die Welt – Die Reise um die Sonne – Orientieren wir uns! – Ein paar Zahlen – Zweierlei Himmel

Unser Nachbar 97

Erde, Mond und Menschen 98
Die vielgesuchte Sichel – Wandernde Feste – Sieben Tage hat die Woche – Aberglaube und Wahrheit

Erkundung von fern und nah 102
Es begann mit Galilei – Jahre voller Höhepunkte – Mondstaub unterm Mikroskop

Das Reich der Sonne 107

Wandelnde Sterne 108
Von Merkur bis Pluto – Eine verschleierte Schönheit – Der gebändigte Kriegsgott – Kleiner Apfel–große Anregung

Die Außergewöhnlichen 116
Zuwachs vom Himmel – Zeichen der Drohung?

Unser Stern 121

Enthüllungen über Helios 122
Ein riesengroßer gelber Zwerg – Es wirbelt und brodelt

Mensch und Sonne – eng verbunden 126
Hurra, sie kommt! – Die große Reserve – Sonnenzeit–wahre Zeit – Wenn der Nachthimmel leuchtet – Die Heliobiologie–was ist das?

In grenzenloser Ferne 135

Die Welt der Sterne 136
Sind die hellsten am hellsten? – Rot, weiß, blau – Entstanden aus Gas und Staub? – Unglaubliche Zustände

Inseln im Weltraum 140
Alles fließt – Kosmosforschung–Schwerarbeit – Mächtige Nebel

Die Welt ist erkennbar (Zeittafel) 143

Fotoverzeichnis

Ahnert (4) · Akademie der Wissenschaften der DDR (1) · Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow (4) · Archiv (6) · Archiv Herrmann (1) · Bekier (1) Deutsche Fotothek Dresden (28) · Deutsche Staatsbibliothek Berlin (1) Garbe (1) · Kaden (3) · Karger-Decker (6) · Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg (6) · Krumbholz (2) · May (2) · Nowosti (5) · Schwarz (2) Snanije, Moskau (2) · Speth (1) · Staatlicher Mathematisch-Physikalischer Salon (1) · Sternwarte Sonneberg/Goetz (1) · Urania-Verlag (2) · VEB Edition Leipzig (3) · Zentralbild (15) · Zentrales Haus der Deutsch-Sowjetischen Freundschaft (1)

Zwei Illustrationen von Rainer Sacher und Roland Spörl wurden dem Titel „Rund um die Erde" von Reimar Gilsenbach entnommen (Der Kinderbuchverlag Berlin).

Die Abbildungen auf dem vorderen und hinteren Vorsatz wurden entnommen aus: Cellarius, Andreas „Harmonica macro cosmica" (Universitätsbibliothek Rostock); die Abbildung S. 60 unten von Maria Sibylla Merian wurde entnommen aus: „Florum fasciculi tres" (Sächsische Landesbibliothek Dresden).

Gestaltung: Elke Warnstädt

Illustrationen von
Klaus Segner: Einband und Zwischentitel
Lutz Lüders: S. 6–55
Karl-Heinz Naujocks: S. 62–95, S. 139–142
Günter Wongel: S. 98–137



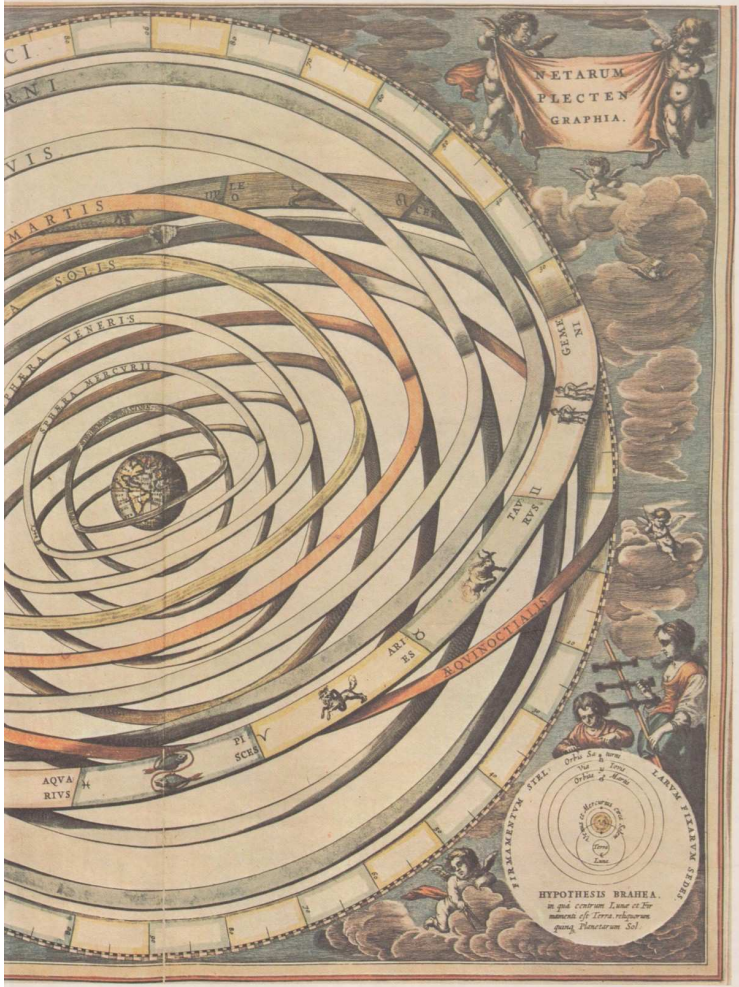
2. Auflage 1985
© DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN – DDR 1980
Lizenz-Nr. 304–270/387/85–(40)
Gesamtherstellung: Karl-Marx-Werk Pößneck V 15/30
LSV 7840
Für Leser von 12 Jahren an
Bestell-Nr. 630545 9
01780



Claudius Ptolemäus



Das ptolemäische Weltbild


N-ETARUM
PLECTEN
GRAPHIA.
MARTIS
SOLIS
VENERIS
MERCURII
GEMINI
TAVRVS
ARIES
PISCES
AQVARIVS
EQVINOCTIALIS
FIRMAMENTVM STEL.
LARVM FIXARVM SPHÆRA
HYPOTHESIS BRAHEA.
in qua centrum Lunæ et Syr
mundi est Terra, reliquorum
centrum Planetarum Sol

ab 12 J.



Jahrtausende schon fasziniert der Sternhimmel die Menschen. Das funkelnde „Bilderbuch der Nacht" zwingt sie zum Nachdenken; Fragen erwachen bei seinem Anblick, immer wieder neue. Bedeutendes aber haben die Lebenden den Alten voraus: Der forschende Mensch hat im Lauf der Zeit zahlreiche Rätsel des Alls gelöst, die natürlichen Ursachen vieler „Wunder" entdeckt. Der Himmel ist den Menschen näher gerückt; sie wissen: Die Welt ist erkennbar!

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

