

Neue Wissenschaft



M. F. SUBBOTIN

ENTSTEHUNG UND ALTER DER ERDE

*Kleine populärwissenschaftliche Bibliothek
Naturwissenschaft*

NEUE WISSENSCHAFT

Kleine populärwissenschaftliche Bibliothek · Grüne Reihe: Naturwissenschaft

Entstehung und Alter der Erde

Von Prof. M. F. Subbotin

Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR

VERLAG NEUES LEBEN BERLIN



1954

Inhalt

Einführung

- Seite 4 Vorstellungen von der Welt zu Beginn des bewußten Lebens
der Menschheit*
- 5 Die Entstehung der Wissenschaft*
- 8 Die Befreiung von Vorurteilen, die der Wissenschaft den
Weg versperrten*
- 14 Die Entstehung der wissenschaftlichen Kosmogonie*
- 18 Die weitere Entwicklung der kosmogonischen Hypothesen*
- 21 Was kann man gegenwärtig über die Entstehung der Erde
sagen?*
- 28 Das Alter der Erde*
- 32 Schluß*
- 35 Verzeichnis der im Text vorkommenden Namen*

Einführung

Eine der wichtigsten Fragen, die die Menschheit bei ihren Bemühungen um die Erforschung der Natur beschäftigt, ist ohne Zweifel die Frage nach der Entstehung der Erde und nach ihrem Schicksal. Schon in der frühesten Vorzeit versuchten die Menschen, diese Frage zu beantworten. Solche Versuche wiederholten sich im Laufe der Menschheitsgeschichte entsprechend der Entwicklung der Wissenschaft, die es ermöglichte, immer tiefere Einblicke in die Unendlichkeit des Raumes und der Zeit, der vergangenen und der kommenden, zu gewinnen.

Die Fragen nach der fernen Vergangenheit und nach der fernen Zukunft unserer Erde gehören zu den schwierigsten der Naturwissenschaft. Sind uns doch aus jener weit zurückliegenden Epoche, in der sich aus gas- und staubförmigen Stoffen die Erdkugel bildete, beinahe überhaupt keine Zeugnisse erhalten. Können wir unter diesen Umständen beweisen, daß die Erde gerade so und nicht anders entstanden ist? Können wir sagen, wann dies geschah? Sind wir überhaupt imstande, die Frage nach der Entstehung der Erde zu beantworten?

Die Geschichte der Wissenschaft zeigt, daß es keine unlösbaren Probleme gibt, wenn man nur richtig an sie herangeht. Aber verwickelte naturwissenschaftliche Probleme lassen sich nur allmählich lösen; niemals werden sie mit einem Schlage völlig gelöst. Die Art ihrer Lösung ist mit der Erbauung einer Stadt vergleichbar, an der viele Generationen bauten, wobei sie früher Geschaffenes umarbeiteten und verbesserten. Manches Alte muß dabei zerstört werden, um für Besseres Platz zu machen.

Um das moderne Weltbild, unser Wissen von der Vergangenheit und der Zukunft der Erde richtig verstehen zu können, gehen wir am besten historisch vor und untersuchen Schritt für Schritt, wie dieses Weltbild entstanden ist. Erst dann können wir die Resultate, die die Wissenschaft in einer verhältnismäßig kurzen Zeit erzielt hat, richtig einschätzen. Sind doch seit den Anfängen der Wissenschaft kaum 3000 Jahre vergangen, während man, wenn man auf die Frage der Entstehung der Erde zu antworten sucht, Erscheinungen, die Milliarden von Jahren zurückliegen, studieren muß.

Vorstellungen von der Welt zu Beginn des bewußten Lebens der Menschheit

Die Vorstellungen vom Bau und der Entstehung der Welt, die in alten Zeiten herrschten, kennen wir aus den uns überlieferten religiösen Lehren der Völker des Altertums. Jede Religion, die eine umfassende, abgeschlossene Weltanschauung vermitteln wollte, mußte eine mehr oder weniger feste Anschauung von der Struktur und dem Schicksal der Welt haben. Es ist klar, daß das die Anschauung gewesen ist, die in der Entstehungsepoche der betreffenden Religion die allgemein übliche war. Nachdem diese Anschauung zum religiösen Dogma, d. h. zum Glaubensartikel geworden war, konnte sie, ungeachtet des weiteren Fortschritts der Zivilisation, keinen Veränderungen mehr unterworfen werden. Deshalb haben sich uralte Anschauungen in unveränderter Form als erste Lichtschimmer des menschlichen Geistes bis in unsere Zeit erhalten. So gibt uns das Studium des babylonischen oder des von ihm wenig verschiedenen biblischen Wertschöpfungsmythos die Möglichkeit zu beurteilen, wie sich die Menschen vor einigen Jahrtausenden die sie umgebende Welt vorgestellt haben.

Nach ihrer Vorstellung bestand das Weltall aus einer kreisrunden, flachen Erde und einem sie überwölbenden, kuppelförmigen Himmel, an dem sich die Wolken und die Himmelslichter bewegten. Da die Menschen nicht wußten, daß das Himmelsgewölbe nur eine Sinnestäuschung ist, hielten sie es zu jener Zeit für etwas überaus Festes, ähnlich den Gewölben, die ihnen aus der Bautechnik bekannt waren. Dieses Gewölbe trug ihrer Meinung nach das „obere“ Wasser, das als Regen auf uns herabfällt. In der Bibel heißt es daher auch: „Gott schuf einen festen Himmel und teilte das Wasser unter ihm von dem Wasser über ihm.“ So hatten die Menschen damals noch keine Vorstellung von dem Kreislauf des Wassers in der Natur; sie wußten nicht, daß das Wasser verdampft, sich so in Form von Wolken verdichtet und, nachdem es als Regen oder Schnee zur Erde niedergefallen ist, erneut in die Flüsse und das Meer zurückkehrt.

Wir wollen noch einen interessanten Zug dieser kindlichen Vorstellungen festhalten. Die Menschen erkannten damals nicht, welch große Bedeutung die Atmosphäre für die Beleuchtung der Erde besitzt, indem sie das Sonnenlicht zerstreut und die Erscheinungen des Morgenrots und der Abenddämmerung hervorruft. Da sie beobachteten, daß der Tag schon lange vor Sonnenaufgang beginnt, und die Dunkelheit nicht etwa plötzlich nach Sonnenuntergang einsetzt, daß ferner selbst bei trübstem Wetter, wenn die Sonne überhaupt nicht zu sehen ist, Tag und Nacht einander regelmäßig ablösen, so betrachteten die Menschen dieser ferneren Zeiten den Sonnenaufgang nicht als Ursache des Tagesanbruches.

Für sie verschönte die Sonne mit ihrem Erscheinen den bereits angebrochenen Tag. Demgemäß wird in den altgriechischen Mythen das Morgenrot von einer besonderen Göttin (Eos) entflammt, noch bevor der Sonnengott (Phöbus) auf seinem Feuerwagen über den Himmel fährt. Ebenso erschuf im altjüdischen, von der christlichen Kirche übernommenen Welterschöpfungsmythos Gott am ersten Tag das Licht und trennte es vom Dunkel; erst am vierten Tag erschuf er die Sonne.

In dieser Entwicklungsperiode lösten die Menschen auf Grund ihrer unvollkommenen, kindlichen Vorstellung vom Aufbau der Welt auch die Frage nach ihrer Entstehung auf kindliche Weise. Den Wind, das Gewitter, das Branden des Meeres, das Wachstum der Pflanzen – kurzum alle Naturerscheinungen – schrieb man damals der unmittelbaren Einwirkung von Göttern oder Geistern zu, die Menschen und Tieren ähnlich, aber viel mächtiger als sie waren. Man nahm an, daß die Welt von einer Gottheit oder von mehreren Göttern erschaffen worden sei.

Es ist interessant, daß wir in den Anfangsstufen der Kultur der Vorstellung von der Erschaffung der Welt aus gewissen, bereits bestehenden Stoffen begegnen – aus Wasser, aus dem Urchaos und dergleichen. Erst wesentlich später kam der Gedanke von der Erschaffung der Welt „aus dem Nichts“ auf, mit anderen Worten: von der Erschaffung der Materie. Dieser Gedanke widerspricht dem gesunden Menschenverstand. Hierin äußerte sich indessen das Streben der bereits gefestigten Religionen, die Idee von der Allmacht Gottes konsequent zu verfolgen und ihm eine wunderbare Kraft, alles „aus dem Nichts“ zu schaffen, zuzuschreiben.

Die Entstehung der Wissenschaft

Die Befriedigung der täglichen Bedürfnisse, die den Menschen veranlaßte, die Natur aufmerksam zu beobachten und zu studieren, war stets die stärkste Triebkraft für die Entwicklung der Wissenschaft. Nicht leere Neugierde und nicht einfache Wißbegierde veranlaßten die Urvölker, die Bewegung der Sonne und des Mondes aufmerksam zu verfolgen, sondern die dringende Notwendigkeit, einen Kalender zu besitzen.

Als die Menschen gezwungen waren, von der Jagd und der Viehzucht, die zunächst die einzigen Existenzmittel waren, zum Ackerbau überzugehen, konnten sie nicht mehr ohne einen einigermaßen genauen Kalender auskommen, der es ihnen ermöglichte, die Feldarbeiten zur rechten Zeit zu verrichten. Deshalb war schon mehrere tausend Jahre vor unserer Zeitrechnung in den Ackerbaustaaten, die in den fruchtbaren Tälern Mesopotamiens, Ägyptens, Indiens und Chinas entstanden

waren, die systematische Beobachtung der Gestirne eine der wichtigsten Aufgaben der Priester. Nach vielen Jahrhunderten aufmerksamer Beobachtung der Sonne gelang es ihnen, auf Grund der jeweiligen Stellung der Sonne zu den Fixsternen, die Dauer eines Jahres zu bestimmen; das war die Grundlage des Kalenders. Um eine Verbindung zwischen dem neuen Sonnenkalender und jener Zeitrechnung nach Mondphasen herzustellen, an die sich die Menschen gewöhnt hatten, als sie von der Jagd und der Viehzucht lebten, waren die Beobachtung des Mondes, die Bestimmung der Gesetze seiner wechselnden Stellung zu den Sternen unerlässlich.

Die Notwendigkeit, genau den Eintritt der Jahreszeiten vorauszusagen, war der erste Anlaß für die Menschen, die Bewegung von Mond und Sonne sorgfältig zu verfolgen. Die dabei beobachteten regelmäßigen Wechsel oder, wie wir heute sagen, die Periodizität der Himmelserscheinungen, gaben den Menschen zum erstenmal eine Vorstellung von den Naturgesetzen. Sie begannen allmählich zu verstehen, daß die Vorgänge der sie umgebenden Welt sich nicht auf Grund göttlicher Willkür abspielen, sondern nach festen, unveränderlichen Naturgesetzen.

Die Entwicklung des Handels und der Schifffahrt gab einen neuen mächtigen Anstoß zum Studium der Natur, da man weite Reisen, besonders auf offenem Meer, nur dann unternehmen konnte, wenn man sorgfältig die Himmelskörper beobachtet hatte und es verstand, sich nach ihnen zu orientieren. Die phönizischen und griechischen Kaufleute, die die Küsten des heutigen Frankreichs und Englands erreichten und in die südlichen Gebiete Ägyptens und in den Indischen Ozean vordrangen, überzeugten sich sehr bald davon, daß die Erde nicht flach sein könnte. Bei den Fahrten nach dem Norden wurden die Sternbilder, die am südlichen Teil des Himmels stehen, unsichtbar, während bei Reisen nach dem Süden neue Sternbilder erschienen. Bei den Fahrten nach dem Süden stellte man fest, daß es Orte gibt, wo im Sommer mittags der Schatten eines senkrechten Gegenstandes überhaupt verschwindet oder sogar nach Süden fällt und nicht nach Norden wie bei uns. Das alles ließ sich mit der Vorstellung einer flachen Erde nicht vereinigen und bereitete den Gedanken an ihre Kugelgestalt vor.

Solange indes das Studium der Bewegung der Himmelskörper nur von Priestern durchgeführt wurde, die für die Genauigkeit des Kalenders Sorge trugen, und von seefahrenden Kaufleuten, die nur daran interessiert waren, ihren Weg nach dem Stand der Sterne und der Sonne zu finden, konnte eine Wissenschaft in unserem Sinne noch nicht entstehen. Sowohl die Priester als auch die Seefahrer stellten geschlossene Gruppen dar, die in keiner Weise an einer Verbreitung ihrer Entdeckungen interessiert waren. Im Gegenteil, die angesammelten Erfahrungen waren gewöhnlich ein Geheimnis, das in Klöstern oder in Handelskontoren bewahrt wurde und Uneingeweihten nicht zugänglich war. Und

vor allem waren sowohl diese als auch jene nur Praktiker mit engem Gesichtskreis, die sich nicht mit der Verallgemeinerung und Erläuterung der entdeckten Erscheinungen befaßten.

Das Verdienst, die Wissenschaft begründet zu haben, gebührt den alten Griechen. Obwohl Babylonier, Ägypter und die Inder früher als die Griechen begannen, systematisch die Naturerscheinungen zu beobachten und sich darüber Gedanken zu machen, waren sie doch nicht zu einer richtigen Wissenschaft von der Natur, zur Naturwissenschaft, gelangt. Sie konnten sich nie von ihren religiös-mystischen Anschauungen befreien, sich nicht zu den Gedanken einer natürlichen Gesetzmäßigkeit der Naturerscheinungen erheben und mit der Erklärung ihres ursächlichen Zusammenhanges befassen. Dagegen begannen die Griechen, bei denen religiöse Vorstellungen keine derart herrschende Rolle spielten wie bei den östlichen Völkern, sehr bald nach dem erkennbaren Zusammenhang der Erscheinungen zu forschen und nicht nach dem „Willen der Götter“.

In den griechischen Staaten und Kolonien, die an den Küsten des Mittelmeeres verstreut lagen, ging bereits etwa sechs bis sieben Jahrhunderte vor Beginn unserer Zeitrechnung die führende Rolle bei der Weiterentwicklung der Kenntnisse von den Priestern auf die Philosophen über. Philosophen (aus dem Griechischen, bedeutet „Liebhaber der Weisheit“) nannte man damals die Menschen, die sich mit der Wissenschaft und mit ihrer Verbreitung befaßten. Jene Zeit, in der sich die wissenschaftliche Tätigkeit sowohl von der Religion als auch vom Handwerk endgültig löste, kann man als die Zeit der Geburt der Wissenschaften ansehen.

Die entstehende Wissenschaft schlug jedoch nicht gleich den richtigen Weg zum Studium der Natur ein. Anstatt in mühseliger Kleinarbeit die einzelnen Erscheinungen zu ergründen und allmählich zur Entdeckung allgemeiner Naturgesetze zu gelangen, suchten die ersten Gelehrten mit einem kühnen Schwung das gesamte Weltgebäude zu begreifen. Da sie sich nicht damit begnügten, langsam und vorsichtig, Schritt für Schritt auf dem richtigen Weg vorwärtszukommen, suchten sie die allgemeinen Grundsätze für die Deutung der Natur in ihrer Gesamtheit gedanklich zu erfassen. Thales von Milet lehrte: „Der Ursprung aller Dinge ist das Wasser. Aus Wasser entsteht alles, und alles kehrt wieder zum Wasser zurück.“

Anaximander betrachtete als den Ursprung aller Dinge einen qualitativ unbestimmten, quantitativ unendlichen, ewigen und unerschöpflichen Urstoff. Dieser unbestimmte Stoff scheidet das Warme und das Kalte aus, ihre Vereinigung ergibt die Feuchtigkeit, aus der sich durch Austrocknung die Erde, die Luft und das Feuer bilden, und aus diesem wiederum entstehen die Himmelskörper.

Anaximenes betrachtete die Luft als den Urstoff, wobei er annahm, daß sich die Luft durch Verdichtung in Wasser verwandelt und das Wasser zu Erde wird. Eine Verdünnung dieser Luft sollte das Feuer ergeben.

Parallel zu diesen naiven Versuchen, die umgebende Natur gedanklich zu erfassen (die auf die Zeitgenossen gewaltigen Eindruck machten), entwickelten sich allmählich auch die exakten Kenntnisse. Die größten Erfolge errangen die griechischen Gelehrten in der Geometrie, die auf Grund ihrer Exaktheit, Harmonie und vor allem ihrer Beweiskraft rasch zum Vorbild für alle übrigen Wissenschaften wurde. Die Entwicklung der Geometrie erlaubte es, auch in der Astronomie viele wichtige Ergebnisse zu erzielen.

Gerade auf diesem Weg, auf dem Weg der Entwicklung und Anwendung der Mathematik, wurde für die Erkenntnis der uns umgebenden Welt eine feste Grundlage geschaffen.

Die Befreiung von Vorurteilen, die der Wissenschaft den Weg versperren

Vom ersten Aufflackern des wissenschaftlichen Denkens vor rund zweieinhalbtausend Jahren bis zur großartigen Entwicklung der heutigen Wissenschaft war es noch sehr weit. Die Menschheit hatte noch einen weiten, mühevollen Weg zurückzulegen, bevor sich die Erkenntnis der uns umgebenden Welt so erweiterte, daß eine vernünftige Fragestellung bezüglich der Entstehung der Erde möglich wurde.

Zunächst war es erforderlich zu ermitteln, was unsere Erde darstellt und welchen Platz sie im Weltall einnimmt. Die Lösung dieser Probleme aber war nur möglich, wenn man sich von zahlreichen Vorurteilen, die im Bewußtsein der Menschen seit vielen, vielen Jahren vorhanden waren, frei machte. Die Vorstellung von einer flachen Erde, der tief verwurzelte Glaube an ihre Unbeweglichkeit und die möglicherweise noch tiefere Überzeugung, das gesamte Weltall sei für die Erde und die sie bevölkernden Menschen da, die Erde sei der Mittelpunkt des Weltgebäudes, waren die hauptsächlichlichen Vorurteile.

Der erste wichtige Schritt wurde hier von den griechischen Gelehrten getan, denen es schon mehrere Jahrhunderte vor Beginn unserer Zeitrechnung gelang, die wirkliche Form der Erde festzustellen.

Nachdem sie die Kugelgestalt der Erde bewiesen hatten, begannen die Menschen, die Welt auf eine völlig neue Weise zu betrachten. Die Vorstellung einer Erde als Kugel, die frei im Raum hängt und sich auf nichts stützt, warf eine Vielzahl neuer, überaus wichtiger Fragen auf. Die Frage nach dem Dasein von Antipoden (den Bewohnern der entgegen-

gesetzten Punkte der Erdkugel), für die „oben“ das ist, was für uns „unten“ ist und umgekehrt, machte zum erstenmal die Realitvität unserer Vorstellungen von der Außenwelt deutlich spürbar.

Der folgende nicht weniger wichtige und unvergleichlich schwierigere Schritt bestand in der Feststellung der Bewegung der Erde, derselben Erde, die von alters her gleichsam das Sinnbild der Unbeweglichkeit war.

Daß sich die Erde um ihre Achse dreht, dabei eine scheinbare tägliche Bewegung der Himmelskörper herbeiführt und sich gleichzeitig um die Sonne bewegt, wobei sie im Verlaufe eines Jahres einen vollen Kreislauf zurücklegt, lehrten die Pythagoräer (die Anhänger des Pythagoras) schon 400 bis 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung. Aber damals war diese Lehre nur eine geniale Vermutung, die nicht nur durch keine einigermaßen begründeten Überlegungen bewiesen war, sondern sich auch mit dem damaligen Stand der Wissenschaft schlecht vereinbaren ließ. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß selbst die hervorragendsten griechischen Gelehrten diese Anschauungen nicht teilten, obwohl sie ihnen gut bekannt waren.

Wenn wir uns dem bekannten Werk des Ptolemäus, dem „Almagest“ zuwenden – diesem gewaltigen Schriftdenkmal der astronomischen Literatur des Altertums, das die Ergebnisse aller Errungenschaften der griechischen Wissenschaft auf dem Gebiet der Astronomie zusammenfaßt –, so finden wir dort ausführlich die Beweisgründe für die Unbeweglichkeit der Erde dargelegt. Diese Beweisgründe, die gegen die Lehre der Pythagoräer gerichtet waren, erwiesen sich nicht nur für die Zeitgenossen von Ptolemäus, sondern auch für eine lange Folgezeit als sehr überzeugend.

Erst nachdem die jahrhundertelange Entwicklung des Bauwesens, des Handwerks und der Kriegskunst zu einer Ansammlung von bedeutenden Kenntnissen auf dem Gebiet der praktischen Mechanik geführt und dadurch die Entdeckung der allgemeinen Bewegungsgesetze vorbereitet hatte, erwies sich der Gedanke der Drehung der Erde um ihre Achse als annehmbarer als die Vorstellung von der Drehung des gesamten Weltalls um die verschwindend kleine Erde. Gerade vom Standpunkt der mechanischen Gesetze, die noch nicht formuliert, aber in ihren Grundzügen schon erraten waren, wurde die regelmäßige Drehung des ganzen Himmels unwahrscheinlich, bei der die Sonne, der Mond und die Sterne sich mit unvorstellbar großer Geschwindigkeit auf festen Bahnen um die Erde bewegen sollten.

Noch größere Anstrengungen kostete es, die Menschen von der jährlichen Bewegung der Erde zu überzeugen. Die Überzeugung von der Unbeweglichkeit der Erde, die eng mit dem Glauben, die Erde sei der Mittelpunkt des Weltalls, verbunden ist, war so tief in einer der unmittelbaren Wahrnehmung entsprungenen Naturauffassung verwurzelt,

daß es jahrhundertelanger Vorbereitungen und eines erbitterten Kampfes gegen die Kirche bedurfte, um sich von diesem Vorurteil frei zu machen. Wir wollen uns daran erinnern, wie das vor sich gegangen ist.

Erst als dringende Bedürfnisse die Menschen zwangen, die Gestirne eingehend zu beobachten, stellten sie sehr bald fest, daß es unter einer gewaltigen Anzahl unbeweglicher (d. h. ihre Lage zueinander nicht verändernder) Sterne, aus denen die uns allen bekannten Sternbilder bestehen, fünf helle Sterne gibt, die sich inmitten dieser unbeweglichen Sterne fortbewegen. Diese fünf Sterne – Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn – erhielten die Bezeichnung Planeten (das griechische Wort „Planet“ bedeutet „Wanderer“). Ihre Bewegung stellte ein Problem dar, dessen endgültige Lösung für unsere Weltanschauung außerordentlich wichtig war.

Während sich die Sonne und der Mond immer in derselben Richtung mit nahezu gleichbleibender Geschwindigkeit bewegen, ist die Bewegung der Planeten ungleich komplizierter. Die Planeten, die sich in bezug auf die Sterne gewöhnlich in der gleichen Richtung wie auch die Sonne und der Mond (also von Westen nach Osten) bewegen, bleiben von Zeit zu Zeit stehen und beginnen eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Diese Rückbewegung wird nach einem neuen Halt wieder von der normalen Vorwärtsbewegung abgelöst und so weiter.

Eine Theorie der Sonnen- und Mondbewegung aufzustellen, die es gestattete, ihren Stand am Himmel hinreichend genau vorauszusagen, gelang schon den griechischen Astronomen vor mehr als 2000 Jahren. Aber der Schlüssel zur Enträtselung der Planetenbewegung wurde erst vor 400 Jahren gefunden, als der große polnische Gelehrte Kopernikus zeigte, daß die Verworrenheit der Planetenbewegung, die Schleifen, die die Planeten am Himmel beschreiben, daher rühren, daß wir sie von der sich bewegenden Erde aus betrachten, daß die Erde selbst nichts anderes ist als einer der Planeten, die ähnlich wie Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn um die Sonne kreisen.

Diese Erkenntnis war eine große Tat, eine gewaltige Revolution in der Vorstellung von der Welt. Sie bedeutete den endgültigen Sturz der Anschauung, die den „Himmel“ und die „Erde“ einander gegenüberstellte. Nach dieser Anschauung, die der gesamten Philosophie des Altertums zugrunde lag, die von der christlichen Kirche übernommen und verteidigt wurde und die den Eckpfeiler der gesamten Weltanschauung bis zum 16. Jahrhundert bildete, bestand das Weltall aus zwei qualitativ völlig unterschiedlichen Teilen; aus der Welt unter dem Monde – das ist unsere Erde, wo alles dem Gesetz der Geburt, der Veränderung und dem Tode unterworfen ist, wo alle Bewegung zum Stillstand kommt, jedes Feuer erlischt, wo alles unvollkommen ist – und aus der himmlischen Welt, wo alles ewig, unveränderlich und vollkommen ist, wo die

niemals erlöschenden Gestirne mit ihrer unveränderlichen Bewegung die Himmelsharmonie herbeiführen.

Aber die neue Anschauung vom Weltall, die Erkenntnis, daß die „Welt unter dem Monde“ und der „Himmel“ den gleichen Naturgesetzen unterliegen, daß es zwischen ihnen keinerlei grundsätzliche Unterschiede gibt – diese Anschauung kam nicht mit einem Male auf, sondern sie formte sich erst im Laufe eines erbitterten Kampfes der Wissenschaft mit der Religion, fortschrittlicher, revolutionärer Gelehrter mit den Verteidigern des Aberglaubens und des Obskurantismus.

Jedoch sowohl Kopernikus als auch Kepler, der sein Werk fortsetzte und die Bewegungsgesetze der Planeten endgültig ermittelte, bezogen das Problem der Entstehung der Erde noch nicht in die wissenschaftliche Forschung ein. Für beide war die Welt unveränderlich, sie war so, wie sie geschaffen worden war. Die Idee von einer Entwicklung des Weltalls war noch nicht vorhanden. Um eine wissenschaftliche Kosmogonie, d. h. eine Lehre von der Entwicklung der Welt, von der Entstehung der Planeten, Sterne, des Sternensystems aufzustellen, war eine tiefgehende Veränderung des gesamten Weltbildes erforderlich. Diese Umwälzung, die den Übergang vom mittelalterlichen Feudalismus mit seiner kirchlich-scholastischen Weltanschauung zur neuen Zeit kennzeichnete, kam deutlich in der Philosophie Descartes' zum Ausdruck.

Jener Philosophie, die in der Mitte des 17. Jahrhunderts eine neue Weltanschauung entwickelte, lag die feste Überzeugung zugrunde, daß die Vernunft selbständig, unabhängig von Kirche und Religion sowie allen anderen Autoritäten, die Wahrheit erkennen kann. Sie war durch und durch von dem Streben nach der ursächlichen Erklärung der Erscheinungen durchdrungen. In seinen „Elementen der Philosophie“, die im Jahre 1644 veröffentlicht wurden, versuchte Descartes eine großartige Lehre aufzustellen, die, beginnend mit dem elementaren gleichgearteten Zustand der Materie bis zur komplizierten Struktur des Sonnensystems und des ganzen Erdenlebens, die Weltentwicklung erklären sollte. Seiner Absicht nach sollte diese Theorie die Geschichte des gesamten Weltalls einschließlich der Geschichte der Erde, der Geschichte der Pflanzen und Tiere und der des Menschen umfassen. Als Urgrund der Entwicklung verkündete Descartes die wirbelartige Bewegung der Stoffteilchen.

Descartes, der ein ursprüngliches Chaos in Bewegung befindlicher Stoffe annahm, ging von der Überzeugung aus, daß die Natur selber die Kompliziertheit dieses Chaos entwirren und die Stoffteile in eine harmonische Ordnung zu bringen vermag. Infolge der Bewegung und der gegenseitigen Reibungen der Stoffteilchen bilden sich fortgesetzt Wirbel. Unter dieser Einwirkung verschwindet die Formlosigkeit des ursprünglichen Stoffes allmählich, wobei sich kleinste Stoffteilchen in den Wirbelzentren zusammenballen und dabei Sonne und Sterne bilden.

Die von Descartes geschaffene Wirbeltheorie versuchte (ähnlich wie die Lehren einiger altgriechischer Philosophen), mit einem allgemeinen, allumfassenden Prinzip sowohl die Bildung der Gestirne im Universum als auch jene Prozesse zu erklären, die sich in der Gegenwart in ihm vollziehen. Mit Hilfe der Wirbeltheorie versuchte Descartes, die Bewegung der Planeten um die Sonne, die Drehung der Planeten, die Bewegung der Trabanten um die Planeten und schließlich auch den ganzen Prozeß der Bildung des Sonnensystems zu erklären.

Die Wirbeltheorie, die ein so harmonisches und erschöpfendes Bild der Welt in ihrer historischen Entwicklung gab, beeindruckte die Zeitgenossen gewaltig. Stand diese Lehre doch in vollkommenem Gegensatz zur kirchlichen Weltanschauung, die viele Jahrhunderte lang uneingeschränkt herrschend gewesen war. Darin lag die positive Bedeutung der Wirbeltheorie und die Ursache jener Begeisterung, die viele Gelehrte nicht nur im 17., sondern auch zu Beginn des 18. Jahrhunderts ihr entgegenbrachten.

Eine unmittelbare Bedeutung für die Entwicklung der Wissenschaft hatte die Wirbeltheorie jedoch nicht, da sie gerade in ihren Voraussetzungen fehlerhaft war. Anstatt die Kräfte, die zwischen den Körpern wirken, aus Beobachtungen abzuleiten, setzte Descartes willkürlich die Existenz der Wirbel voraus. Anstatt eine wirklich wissenschaftliche Theorie zu geben, die es gestattet hätte, genaue Berechnungen anzustellen, die man mit den Beobachtungen hätte vergleichen können, beschränkte sich Descartes auf allgemeine Überlegungen, die zu keinen zahlenmäßigen Ergebnissen führten.

Die Lage veränderte sich von Grund auf, als Newton in Jahre 1686 seine berühmten „Mathematischen Prinzipien der Naturphilosophie“ veröffentlichte, worin alle Bewegungen der Himmelskörper auf ein allgemeines Prinzip zurückgeführt werden – das allgemeingültige Gravitationsgesetz. Diesem Gesetz entsprechend ziehen alle Körper im Weltall und auf der Erde einander mit einer Kraft an, die um so größer wird, je größer ihre Masse ist; diese Kraft verringert sich rasch mit der wachsenden Entfernung zwischen den Körpern. Mit seiner Lehre versetzte Newton der Wirbeltheorie einen tödlichen Schlag. Aber der Kampf zwischen den Anhängern des Gravitationsgesetzes und den Anhängern der Philosophie Descartes' (den sogenannten Cartesianern) ging noch einige Jahrzehnte weiter.

Newton und seine Nachfolger haben unwiderleglich bewiesen, daß das Gravitationsgesetz nicht nur die Bewegung der Himmelskörper vollkommen in allen Einzelheiten erklärt, sondern daß es auch solche Erscheinungen verständlich macht, die Jahrtausende hindurch unlösbare Rätsel waren, wie die Gezeiten und die Präzision der Tagundnachtgleiche. Die Präzision der Tagundnachtgleiche wurde bereits von Hip-

parch entdeckt, der feststellte, daß die Länge des tropischen Jahres, d. h. der Zeit zwischen zwei Frühlings-Tagundnachtgleichen um 20 Minuten 40 Sekunden kürzer ist als die Länge des siderischen Jahres, d. h. des Zeitabschnittes, nach dessen Ablauf die Sonne wieder ihre Ausgangsstellung erreicht. Kopernikus wies nach, daß diese Erscheinung durch eine langsame Verschiebung der Erdachse hervorgerufen wird, die in 26000 Jahren einen Konus beschreibt. Newton bewies, daß eine solche Bewegung der Erdachse eine unvermeidliche Folge des Gravitationsgesetzes ist.

Darüber hinaus führte das Gesetz der Gravitation zur Entdeckung anderer Erscheinungen – z. B. der Abplattung der Erde an den Polen.

Das Wesen der Schwerkraft jedoch – jener seltsamen Kraft, die Materieteilchen, so weit sie auch immer voneinander entfernt sind, dazu veranlaßt, zueinanderzustreben – blieb völlig unverständlich. Deshalb nahmen die Cartesianer an, daß das Gravitationsgesetz nicht das Rätsel der Bewegung der Himmelskörper löst, sondern es nur durch ein anderes ersetzt, während die Wirbeltheorie eine, wie es ihnen schien, vollkommene und endgültige Erklärung für die Struktur der Welt gab.

Vor der unüberwindlichen Macht der mathematischen Beweise mußten die Cartesianer aber sehr bald zurückweichen. Das Gravitationsgesetz deckte die Eigenarten der Planetenbewegung so einfach und natürlich auf, zeigte so überzeugend, daß die Kraft, die diese Bewegung lenkt, die gleiche Schwerkraft ist, die von Kindheit an jedem bekannt ist, dieses Gesetz sagte so erstaunlich genau zukünftige Erscheinungen voraus, daß es keine Möglichkeit gab zu bezweifeln, daß wir es hier mit einem Naturgesetz zu tun haben.

Es wurden zahlreiche Versuche unternommen, die Natur der Schwerkraft zu erklären. Aber alle Bemühungen der Gelehrten des 18. und 19. Jahrhunderts waren, wie wir heute wissen, von vornherein zum Scheitern verurteilt. Erst die 1915 von Einstein geschaffene Schwerkrafttheorie gestattete es, sich der Lösung dieser Aufgabe zu nähern.

Die früheren primitiven Vorstellungen von Raum und Zeit, die von den Erfahrungen des Alltags abgeleitet waren, wurden durch richtigere ersetzt. Dabei zeigte es sich, daß die Schwerkraft eine Folge jener charakteristischen Eigenschaften des Raumes und der Zeit ist, die uns noch vor kurzer Zeit völlig unbekannt waren. So vergingen von dem Augenblick, da das Gravitationsgesetz zur Grundlage der Physik und der Astronomie wurde, bis zum ersten Erfolg bei der Klärung des Wesens der Schwerkraft volle 230 Jahre, die von unaufhörlichen Versuchen, das Geheimnis dieser Kraft zu enträtseln, erfüllt waren. Das ist ein sehr schönes Beispiel dafür, daß die Naturwissenschaft uns nicht immer auf Anhieb eine Antwort auf die uns interessierenden Fragen gibt. Aber früher oder später gibt sie diese Antwort.

Das Gravitationsgesetz entkräftete die Wirbeltheorie, diesen letzten Versuch, in die Geheimnisse der Entwicklung der Welt mit einem mächtigen Schwung der Phantasie einzudringen, anstatt durch gründliche und hartnäckige Arbeit der Natur ihre Geheimnisse nach und nach abzurufen. Das Gravitationsgesetz wurde zur dauerhaften Grundlage der wissenschaftlichen Kosmogonie, in der das Bild von der Entwicklung des Weltalls mit Hilfe strenger mathematischer Berechnungen aus sicher festgestellten Naturgesetzen abgeleitet wird.

Den ersten Versuch dieser Art unternahm der Philosoph Kant in seinem im Jahre 1755 erschienenen Werk „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ oder „der Versuch, die Struktur und die mechanische Entstehung des gesamten Weltgebäudes auf der Grundlage der Newtonschen Gesetze zu betrachten“.

Kant ging von der Annahme aus, daß die gesamte die Sonne und die Planeten bildende Materie zunächst gleichmäßig im Bereich des Sonnensystems verteilt sei und sich in ungeordneter, chaotischer Bewegung befände. Er bemühte sich zu zeigen, daß die gegenseitige Anziehung der Materieteilchen schließlich zur Bildung einer großen zentralen Masse – der heutigen Sonne und zur Kreisbewegung des zurückgebliebenen Stoffes um die Sonne führte; aus diesem Stoff sollten später, wie Kant glaubte, durch die Wirkung der Anziehungskraft die Planeten entstanden sein.

Kant hat insofern recht, als die im Raum gleichmäßig verteilte Materie unbeständig ist und durch den Einfluß der Schwerkraft sich in einzelne Teile auflösen muß. Aber er beging einen groben Fehler, indem er annahm, aus der ungeordneten Bewegung der Teilchen könne eine allgemeine Drehbewegung entstehen, denn dies widerspricht einem der Grundgesetze der Mechanik – dem Gesetz der Erhaltung des Drehimpulses. Der Drehimpuls einer Masse ergibt sich aus der Summe der Drehimpulse aller ihrer Teile. Der Drehimpuls eines einzelnen Teilchens wird durch drei Größen bestimmt: durch die Masse des Teilchens, seine Geschwindigkeit und den Radius der Drehbewegung. Nach dem Gesetz von der Erhaltung des Drehimpulses, das für die Kosmogonie von wesentlicher Bedeutung ist, kann sich der allgemeine Drehimpuls, der für eine beliebige Stoffmasse charakteristisch ist, nur bei entsprechender äußerer Einwirkung verändern. Innere Kräfte (im gegebenen Fall die gegenseitige Anziehungskraft einzelner Teilchen) können den allgemeinen Drehimpuls nicht verändern. Da bei der chaotischen Bewegung der Teilchen der allgemeine Drehimpuls gleich Null ist, bleibt er immer gleich Null, und es kann nichts unserem Sonnensystem Ähnliches mit einem großen Drehimpuls daraus entstehen.

Der Drehimpuls des Sonnensystems ist überaus groß, weil sich die Sonne dreht und alle Planeten die Sonne in gleicher Drehrichtung wie sie umkreisen.

Das Werk Kants, der seine Tätigkeit damals gerade erst aufgenommen hatte, zog keine besondere Aufmerksamkeit auf sich, und die von ihm entwickelte Hypothese über die Entstehung des Sonnensystems blieb lange unbeachtet. Ohne sie zu kennen, stellte der durch seine astronomischen und mathematischen Entdeckungen bereits berühmte Franzose Laplace im Jahre 1796 eine ähnliche, aber bedeutend vollkommenere Hypothese auf.

Laplace maß offenbar seiner Hypothese keine große Bedeutung bei. Er beschränkte sich darauf, sie in der 7. Anmerkung zum letzten Kapitel des volkstümlichen Buches „Darlegung des Weltsystems“ zu erwähnen, und kam auf sie in seinen zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten nie wieder zurück. Als er sie aufstellte, bemerkte er, daß er es „mit jenem Mangel an Überzeugung tut, der alles das mit sich bringt, was nicht das Resultat von Beobachtungen oder Berechnungen ist“.

Trotz der Einstellung Laplaces zu seiner Hypothese zog sie bald die Aufmerksamkeit der Fachleute und darüber hinaus weiterer Kreise auf sich. Im Verlauf des gesamten 19. Jahrhunderts war man geneigt, in ihr die Lösung des Problems der Entstehung des Sonnensystems zu sehen, die nur der Berichtigung in einigen unbedeutenden Einzelheiten bedurfte. Das lag nicht nur an Laplaces Autorität, sondern auch an der glänzenden Formulierung seiner Hypothese. Seine Gedankengänge waren so klar und logisch, daß sie, auch ohne auf mathematische Berechnungen gestützt zu sein, überzeugend wirkten.

Laplace wollte nicht das Geheimnis der Entstehung des Sonnensystems entdecken – sondern die Ursachen der für das Sonnensystem charakteristischen Gesetzmäßigkeiten. Besonders erstaunlich waren folgende, durch die Wissenschaft der damaligen Zeit ermittelte Tatsachen:

1. Nahezu die gesamte Masse des Sonnensystems ist in der Sonne konzentriert; auf alle Planeten entfällt nur der 700. Teil der Gesamtmasse.
2. Die Ebenen der Bahnen aller Planeten sowie auch ihrer Trabanten fallen nahezu miteinander und mit der Ebene des Sonnenäquators zusammen.
3. Alle Planeten kreisen in einer Richtung um die Sonne, und zwar in derselben, in der die Sonne um ihre Achse rotiert.
4. Die Planeten drehen sich in der gleichen Richtung um ihre Achsen. In gleicher Weise drehen sich auch die Trabanten um die Planeten.
5. Die Bahnen der Planeten und der Trabanten sind beinahe kreisförmig.

6. Bei einem der Planeten – beim Saturn – ist außer den Trabanten ein flacher, sehr dünner, aber breiter Ring vorhanden, der in der Äquator-ebene des Planeten liegt.

Diese Gesetzmäßigkeiten in der Struktur unseres Planetensystems können keine Zufallerscheinungen sein. Wodurch werden diese Gesetzmäßigkeiten hervorgerufen? Um dieses Problem lösen zu können, setzte Laplace voraus, unser System sei aus einem umfangreichen gasförmigen Nebel entstanden, der sich über die Grenzen der Bahn des entferntesten

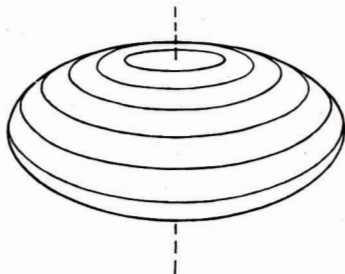


Abbildung 1

Planeten hinaus erstreckte und langsam um seine Achse rotierte. Durch Abkühlung und Verdichtung des Nebels mußte sich seine Umdrehungsgeschwindigkeit ständig vergrößern.

In der Tat muß der allgemeine Drehimpuls, wie bereits erwähnt, beständig bleiben, und deshalb müssen sich entsprechend der Verringerung der Entfernungen der Teilchen von der Umdrehungsachse ihre Geschwindigkeiten vergrößern. Dies führt auch zur Vergrößerung der Winkelgeschwindigkeit des Nebels. Aber bei der Vergrößerung der Drehgeschwindigkeit verdichtet sich der Nebel mehr und mehr (Abb. 1) und nimmt schließlich linsenförmige Gestalt an (Abb. 2). Bei weiterer Vergrößerung der Drehgeschwindigkeit wird die Fliehkraft am Äquator größer als die Anziehungskraft, und vom Nebel löst sich ein gasförmiger Ring ab (Abb. 3). Dieser Prozeß geht weiter, und schließlich bildet sich eine Reihe von Ringen, die in der Äquatorebene des Nebels liegen. Dann platzen diese Ringe, und die einzelnen Materieklumpen ballen sich zu einem Klumpen, der sich um seine Achse dreht und seine Bewegung um die Sonne auf dem Wege fortsetzt, auf dem sich früher der Ring befand. So bildeten sich nach der Vorstellung von Laplace die Planeten; ein ähnlicher Prozeß führte zur Entstehung ihrer Trabanten.

Laplace selbst versuchte nicht, seine Hypothese durch mathematische Berechnungen zu erhärten. Er wies nicht nach, daß am Äquator befindliche Stoffteilchen tatsächlich bei ihrer Loslösung einen Ring bilden können und sich nicht einfach im Raum verstreuen. Der Mechanismus der Umbildung der Ringe in Planeten und viele andere naheliegende Probleme beschäftigten ihn nicht. Die Versuche, die Lücken zu schließen, haben allmählich gezeigt, daß die Laplacesche Hypothese die Entstehung der Planeten nicht nur in bezug auf unbedeutende Einzel-

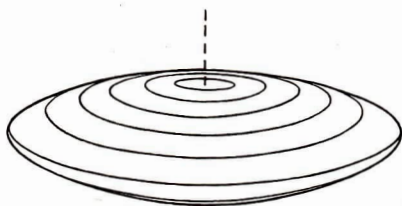


Abbildung 2

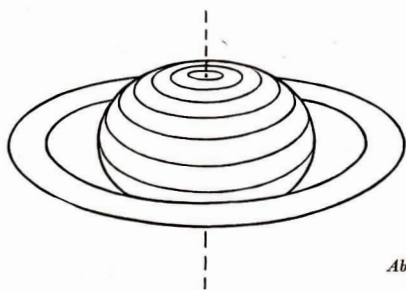


Abbildung 3

heiten, sondern grundsätzlich nicht erklärt. Dennoch sind die Ideen Laplaces fruchtbar geworden. Seine Hypothese kann als Beginn einer wissenschaftlichen Kosmogonie betrachtet werden, da er den richtigen Weg gewiesen hat. Er besteht darin, daß man nur von fest erwiesenen wissenschaftlichen Tatsachen ausgeht und nur solche Annahmen macht, deren Richtigkeit durch strenge Berechnungen festgestellt werden kann.

Nur wer diesen von Laplace gewiesenen Weg beschreitet, kann immer tiefer in die Geheimnisse der Entwicklung der Welt eindringen und die Erkenntnisse von der fernen Vergangenheit und der fernen Zukunft erweitern.

Die weitere Entwicklung der kosmogonischen Hypothesen

Lange Zeit wurde die Laplacesche Hypothese nicht nur nicht bezweifelt, sondern sie wurde sogar (besonders in populären Büchern) als wissenschaftlich erwiesen hingestellt. Aber die Fortschritte der beobachtenden Astronomie und die Vervollkommnung der Fernrohre ermöglichten es, solche Besonderheiten in der Bewegung der Planeten und ihrer Trabanten zu entdecken, die schlecht zu dem von Laplace entworfenen Bild von der Entwicklung des Sonnensystems paßten.

Bereits im Jahre 1815, also noch zu Lebzeiten von Laplace, wurde die anfangs unglaubliche Tatsache festgestellt, daß die vier Trabanten des Uranus sich um ihn nicht in der gleichen Richtung wie alle Planeten des Sonnensystems bewegen, sondern in entgegengesetzter. Ja, es stellte sich auch heraus, daß sich diese Trabanten auf einer Bahn bewegen, die nahezu senkrecht zur Bahn des Uranus steht. Die Trabanten des Uranus folgen überhaupt nicht jenen Gesetzmäßigkeiten, von denen Laplace ausging, als er seine Hypothese aufstellte.

Als im Jahre 1847 der erste Trabant des Neptun entdeckt wurde (der zweite wurde im Jahre 1949 entdeckt), zeigte es sich, daß auch er sich in umgekehrter Richtung bewegt. Später ermöglichten photographische Beobachtungsmethoden die Entdeckung, daß auch Jupiter und Saturn über sehr kleine Trabanten verfügen, die sich in entgegengesetzter Richtung bewegen.

Als Laplace seine kosmogonische Hypothese aufstellte, mußte er darlegen, weshalb sich alle Planeten und Trabanten in einer Richtung bewegen; jetzt muß ein weitaus komplizierteres Bewegungsbild erklärt werden. Wir müssen die Ursachen für die verschiedenen Bewegungsrichtungen ermitteln.

Die im Jahre 1877 entdeckten Marstrabanten bereiteten andersartige Schwierigkeiten. Aus der Laplaceschen Hypothese folgt, daß die Umlaufzeit eines jeden Trabanten um den Planeten der des Ringes gleich sein muß, aus dem der Trabant hervorgegangen ist. Aber wenn sich der Ring von dem Planeten losgelöst hat, verdichtet sich der Planet weiter, und folglich verringert sich auch seine Umdrehungszeit mehr und mehr (weil sich seine Winkelgeschwindigkeit vergrößert). Infolgedessen muß die Umlaufzeit des Trabanten immer größer sein als die Umdrehungs-

zeit des Planeten. Jedoch beim Phobus – dem planetennäheren der beiden Marstrabanten, der in 7 Stunden 39 Minuten einmal um den Planeten kreist, ist dies nicht der Fall, denn der Mars dreht sich im Laufe von 24 Stunden 37 Minuten und 23 Sekunden einmal um seine Achse.

Der Ring des Saturn, in dem Laplace die beste Bestätigung seiner Hypothese erblickte, ist eine ähnliche Erscheinung. Als es die Spektralanalyse gestattete, die Bewegungsgeschwindigkeiten der Teilchen festzustellen, die den Ring bilden (dies gelang dem berühmten russischen Astronomen A. A. Belopolski mit Hilfe des 30zölligen Refraktors des Observatoriums in Pulkowo), zeigte es sich, daß die Umlaufzeit des inneren Randes des Ringes insgesamt 8 Stunden beträgt, während der Saturn sich in 10 Stunden 14 Minuten und 24 Sekunden einmal um seine Achse dreht.

Alle diese Tatsachen konnten mit der Laplaceschen Hypothese nur mit Hilfe verschiedener zusätzlicher, mehr oder weniger willkürlich konstruierter Annahmen in Einklang gebracht werden. Um zum Beispiel eine Erklärung zu finden, warum Phobos an Schnelligkeit der Bewegung den Mars übertrifft, konnte man einräumen, daß der Mars einst wesentlich schneller rotierte, daß aber die Drehungsgeschwindigkeit sich später durch die Einwirkung von Gezeiten (die auf dem noch nicht erkalteten Mars durch den Einfluß der Sonne vor sich gingen) verlangsamte. Hier entstehen jedoch neue Schwierigkeiten. Mathematische Berechnungen zeigen, daß die Zeit, die notwendig ist, um die Rotationsgeschwindigkeit des Mars lediglich durch Einwirkung von Gezeiten auf das erforderliche Maß zu reduzieren, viel zu lang ist.

Noch schwieriger ist es, die Verringerung der Saturnbewegung durch Gezeiten zu erklären, weil auf dem Saturn, der ungefähr 6mal so weit von der Sonne entfernt ist, die Gezeiten nur den 250. Teil der Wirklichkeiten von denen auf dem Mars besitzen.

Ernsthafte theoretische Einwände wurden gegen die Laplacesche Hypothese erhoben, als man sie mit Hilfe genauer Berechnungen zu überprüfen versuchte. Schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts zeigten die Forschungen, daß der Loslösungsprozeß von Nebelringen, auch als rein mechanischer Prozeß betrachtet, viel komplizierter ist, als er ursprünglich erschien. Noch größere Schwierigkeiten entstehen, wenn dieser Prozeß als physikalischer betrachtet wird, d. h. wenn nicht nur die Bewegung des Stoffes berücksichtigt wird, der den Nebel bildet, sondern auch sein physikalischer Zustand.

Nehmen wir einmal an, der Ring löste sich auf diese oder jene Weise los. Kann sich der Ring zusammenballen und einen Planeten bilden? Es wurde bewiesen, daß eine solche Umwandlung des Ringes in einen Planeten nur unter außergewöhnlichen Bedingungen möglich sei, mit deren Eintreten man rechnen kann. Schon früher haben Untersuchungen

gezeigt, daß aus den Ringen des Saturns, die als „offensichtlicher“ Beweis für die Laplacesche Hypothese dienten, keine Trabanten entstehen konnten. Im Gegenteil, die Nebelringe erscheinen eher als Überreste eines Trabanten, der zu nahe an den Planeten herangekommen und durch dessen Anziehungskraft in Teile zerplatzt ist.

Trotz der zahlreichen Berichtigungen und Ergänzungen, die der Laplaceschen Hypothese hinzugefügt werden mußten, weil neuentdeckte Tatsachen nicht mit ihr übereinstimmten, wagten die Gelehrten im 19. Jahrhundert nicht, diese Hypothese durch eine andere zu ersetzen. Die Notwendigkeit hierfür ergab sich erst an der Schwelle des 20. Jahrhunderts, als eine außerordentlich wichtige Besonderheit in der Struktur des Sonnensystems erkannt wurde, die sich in keiner Weise mit der Laplaceschen Hypothese in Einklang bringen ließ. Diese Besonderheit besteht darin, daß nahezu der gesamte Drehimpuls, über den das Sonnensystem verfügt, auf der Bahnenbewegung der vier massivsten Planeten – Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun – zusammenhängt. Man kann leicht berechnen, daß auf diese Planeten mehr als 98 Prozent des gesamten Drehimpulses entfallen. Auf diese Weise entfallen auf die Sonne, deren Masse die aller Planeten zusammen um das 700fache übersteigt, weniger als 2 Prozent des Gesamtdrehimpulses. Eine solche Verteilung des Drehimpulses (die sich infolge der sehr großen Ausmaße der Planetenbahnen und der sehr langsamen Drehung der Sonne ergibt) stimmt in keiner Weise mit der Laplaceschen Hypothese überein.

Daraus ergab sich naturgemäß die Anschauung, daß dieser gewaltige Drehimpuls, über den die Planeten im Vergleich zur Sonne verfügen, von außen her in das Sonnensystem hineingetragen wurde. Diese Ansicht lag den neuen kosmogonischen Hypothesen zugrunde, die im 20. Jahrhundert die Laplacesche Hypothese ablösten. Sie alle gehen von der Annahme aus, daß sich die Planeten aus jener Materie gebildet haben, die aus der Sonne entweder bei der Berührung oder dem Zusammenstoß mit einem anderen Weltkörper herausgeschleudert wurde.

Von diesen Hypothesen, die unter der Bezeichnung Katastrophen-Hypothesen bekannt sind, fand die von Jeans die größte Verbreitung.

Jeans erörtert den Fall der dichten Annäherung der Sonne an einen anderen Stern. Infolge der Anziehungskraft dieses Sterns reißt von der Sonnenoberfläche eine gewaltige strahlenförmige Menge Materie los, die später um die Sonne kreisen wird. Ein Teil dieses Stoffes zerstreut sich und bildet einen die Sonne umkreisenden gasförmigen Nebel von linsenartiger Gestalt, aber die dichteren, massiveren Teile ballen sich zusammen und verwandeln sich später in Planeten.

Bei ihrer Bewegung um die Sonne sammeln die Zusammenballungen durch ihre Anziehungskraft die zerstreute Materie. Gleichzeitig werden unter dem Einfluß des durch diese zerstreute Materie bewirkten Wider-

standes ihre ursprünglich langgestreckten Flugbahnen immer kreisförmiger, d. h. sie werden so, wie wir sie bei den Planeten beobachten.

Diese Hypothese erklärt besser als die Laplacesche viele Grundzüge der Struktur unseres Planetensystems. Aber auch sie begegnete bald unüberwindlichen Schwierigkeiten.

Als es glückte, genaue Berechnungen durchzuführen (diese Aufgabe wurde von N. N. Parijski im Jahre 1943 gelöst), wurde klar, daß der Drehimpuls sich bildender Planeten bedeutend geringer sein muß als der im Sonnensystem tatsächlich vorhandene. Es konnten auch keine Bedingungen konstruiert werden, unter denen eine Begegnung der Sonne mit einem anderen Weltkörper derart ausgedehnte Planetenbahnen zur Folge hätte, wie wir sie in der Wirklichkeit beobachten. Besonders große Schwierigkeiten bereitete die Betrachtung der physikalischen Seite des Prozesses der Planetenbildung. Ein von der Sonnenoberfläche losgerissener Stoffklumpen besitzt eine so hohe Temperatur und kühlt so langsam ab, daß er sich im Raum verlieren muß, bevor aus ihm ein Planet entstehen kann.

So gelang es weder die Laplacesche Nebular-Hypothese*, die die Sonne und das Planetensystem als Ergebnis der gesetzmäßigen Entwicklung rotierenden Nebels betrachtet, noch die katastrophen-Hypothese, die die Planeten als Produkt eines Sonnenstoßes oder einer starken Annäherung zweier bereits existierenden betrachtet, mit den beobachteten Tatsachen in Einklang zu bringen.

Was kann man gegenwärtig über die Entstehung der Erde sagen?

Unser historischer Überblick über die Versuche, das Geheimnis der Erdentstehung zu enthüllen, zeigt, wie schwierig das Problem ist. Wir haben gesehen, daß es nur deshalb teilweise gelöst werden konnte, weil im Laufe von Jahrtausenden eine gewaltige Vorarbeit geleistet wurde. Erst in jüngster Zeit gestattet es der Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse, die ersten ersten Schritte zu unternehmen, um wenigstens den allgemeinen Charakter des Prozesses der Planetenbildung, also auch der Entstehung unserer Erde, zu ermitteln.

Wenn die Stärke unserer Fernrohre um ein Vielhundertfaches ansteigen wird (daß dieser Fall eines Tages eintritt, ist nicht zu bezweifeln), dann wird unsere Aufgabe wesentlich leichter sein. Dann werden wir Planeten anderer Sonnensysteme sehen können. Es wird zweifellos viel

* lat. nebula = Nebel

zur Aufhellung des Entstehungs- und Entwicklungsprozesses der Planetensysteme beitragen, wenn man diese Systeme erforschen, miteinander und mit unserem Sonnensystem vergleichen kann.

Aber zur Zeit gibt uns die Technik noch nicht die Möglichkeit, andere Planetensysteme zu beobachten. Beim gegenwärtigen Stand der Technik werden wir höchstens beweisen können, daß solche Planetensysteme wirklich existieren, daß unsere Sonne keine Ausnahme darstellt. Einiges ist in dieser Richtung bereits erreicht worden. In den letzten Jahren gelang es festzustellen, daß einige der uns am nächsten stehenden Sterne geringe periodische Ortsveränderungen erfahren. Diese Veränderungen lassen sich nur durch die Anziehungskraft kleiner, unsichtbarer Trabanten erklären, die um diese Sterne kreisen. Nur muß man beachten, daß in allen gründlich untersuchten Fällen diese unsichtbaren Trabanten bedeutend größer sind als die Planeten unseres Sonnensystems. Ihre Masse beträgt nicht weniger als zwei bis drei Prozent der zentralen Sternenmasse, während die Masse des Jupiters – des größten unserer Planeten – nicht mehr als ein zehntel Prozent der Sonnenmasse beträgt. So gelang es vorläufig, die Existenz von Systemen zu ermitteln, die zwar nicht ganz unsere System entsprechen, sich aber möglicherweise nicht grundsätzl. unterscheiden.

Unter diese, also ohne gegenwärtig andere Planetensysteme erforscht, müssen wir uns auf die Ergebnisse der sorgfältigen Erforschung der Eigenschaften unseres Sonnensystems stützen und den Weg zur Aufstellung kosmogonischer Hypothesen beschreiten.

Während der anderthalb Jahrhunderte, die seit der Veröffentlichung der Laplaceschen Nebular-Hypothese vergangen sind, wurden viele kosmogonische Hypothesen aufgestellt. So überzeugend einige dieser Hypothesen zunächst auch wirkten, keine von ihnen hielt der wissenschaftlichen Kritik stand. Neue Entdeckungen der beobachtenden Astronomie einerseits und detaillierte theoretische Analysen andererseits haben immer wieder gezeigt, daß das vor uns stehende Problem sehr kompliziert ist und daß wir, obwohl wir uns seiner Lösung nähern, das Ziel noch nicht erreicht haben.

Natürlich ist weder die Aufstellung von kosmogonischen Hypothesen noch die kritische Auseinandersetzung mit ihnen umsonst gewesen. Selbst die wissenschaftlich widerlegten Hypothesen haben alle fast immer eine Seite des Problems richtig beleuchtet, und deshalb behalten einzelne Teile ihre Gültigkeit. Sie dienen der Wissenschaft bei ihrer weiteren Entwicklung. Man kann aus voller Überzeugung sagen, daß sich die Wissenschaft in der Frage nach der Entstehung der Erde auf dem richtigen Wege befindet, daß ein Teil dieses Weges, vielleicht der schwierigere, bereits zurückgelegt ist und daß wir ständig vorwärtsschreiten.

Gegenwärtig versucht die Wissenschaft auf zwei verschiedenen Wegen zum Ziel zu kommen. Es ist möglich, daß sich diese Wege in Zukunft vereinen werden, aber vorläufig hat jeder von ihnen seine Anhänger.

Der eine Weg geht von der Laplaceschen Nebular-Hypothese, oder richtiger, von dem in ihr enthaltenen Gedanken aus, die Planeten seien das Ergebnis innerer, zur normalen Entwicklung der Sterne gehöriger Prozesse. Der andere Weg dagegen bringt die Entstehung der Planeten mit der Einwirkung äußerer Umstände auf die Entwicklung der Sterne in Verbindung.

Der erste Weg geht von der Überzeugung aus, daß man den Entstehungsprozeß eines Planeten nicht isoliert betrachten darf, sondern daß man ihn als Teil der unermesslich gewaltigeren Prozesse der Bildung von Sternen und jener gigantischen Sternensysteme auffassen muß, die als Milchstraßensysteme bezeichnet werden, deren Erforschung jetzt erst beginnt. Erst wenn wir den Entwicklungsprozeß dieser Sternensysteme, die Entstehung und Entwicklung einzelner Sterne, die diese Systeme bilden, verstanden haben, können wir erkennen, wie rund um die Fixsterne Planetensysteme entstehen, wieweit, wie sich unser Sonnensystem mit seinen Besonderheiten und Ähnlichkeiten schließlich unter anderen Planeten unsere Erde mit all ihren Eigenschaften bilden konnte.

Man darf nicht glauben, daß eine solche Lösung der Aufgaben diese unbedingt erschwert. Häufig ist es, wenn man sich mit der Erforschung dieser Vorgänge zu beschäftigen beginnt, daß man sich leicht zu dem Gedanken verleiten läßt, daß diese Vorgänge so einfach zu verstehen seien, wie die Entstehung der Erde. Man darf nicht glauben, daß eine solche Lösung der Aufgaben diese unbedingt erschwert. Häufig ist es, wenn man sich mit der Erforschung dieser Vorgänge zu beschäftigen beginnt, daß man sich leicht zu dem Gedanken verleiten läßt, daß diese Vorgänge so einfach zu verstehen seien, wie die Entstehung der Erde.

Jedenfalls steht uns für die Erforschung des Entwicklungsprozesses der Sterne reichhaltiges Tatsachenmaterial zur Verfügung, da wir die Möglichkeit haben, eine gewaltige Zahl von Sternen verschiedener Entwicklungsstufen zu beobachten. Dies erlaubt gewissermaßen, den ganzen Weg der Entwicklung der Sterne gleichzeitig zu überblicken. Um beispielsweise die Entwicklung einer Eiche zu verfolgen, brauchen wir nicht eine Eichel einzupflanzen und einige Jahrhunderte zu warten, bis sich aus ihr ein Eichbaum entwickelt hat, der gealtert und schließlich verfault ist. Wir können einfach in den Wald gehen, wo wir Eichen aller Altersstufen finden – von eben emporgeschossenen Keimen bis zu Bäumen, die ihren Lebenszyklus abgeschlossen haben. Einen solchen Weg geht auch die Wissenschaft, um die Entwicklung der Sterne zu erforschen.

Wir wissen, daß alle Sterne aus ein und denselben chemischen Elementen bestehen, aus denen sich auch unsere Erde zusammensetzt. Aber der physikalische Zustand der Stoffe ist auf den einzelnen Sternen sehr unterschiedlich. Es gibt sehr heiße Sterne, bei denen die Temperatur der Außenschichten 30000 Grad übersteigt. Es gibt auch verhältnismäßig

kalte Sterne, die eine Wärme ausstrahlen wie ein auf ungefähr 3000 Grad erhitzter Körper. Unsere Sonne hat eine mittlere Temperatur: Sie beträgt in ihren Außenschichten ungefähr 6000 Grad. Aber zum Mittelpunkt der Sonne hin steigt die Temperatur rasch an. Theoretische Berechnungen ergeben, daß sie im Mittelpunkt 20 Millionen Grad erreichen muß. Ein ähnlicher Temperaturanstieg zum Mittelpunkt hin findet bei allen Sternen statt.

Noch wesentlicher unterscheiden sich die Sterne in ihrer Dichte. Es gibt Sterne, deren mittlere Dichte die des Wassers um das Zweihunderttausendfache übersteigt. Aber es gibt auch Sterne, deren mittlere Dichte nur den fünfhunderttausendsten Teil der des Wassers (ungefähr den hundertsten Teil der Luftdichte) ausmacht. Die Sonne liegt auch in dieser Hinsicht zwischen diesen Extremen: Ihre mittlere Dichte übersteigt die des Wassers um das Anderthalbfache.

Die außerordentliche Vielfalt der physikalischen Bedingungen, denen der Stoff der verschiedenen Sterne ausgesetzt ist, erklärt sich aus den Altersunterschieden dieser Sterne. Aber welchen Stern soll man für jünger und welchen für älter halten?

Erst in den letzten Jahren entstand die Möglichkeit, sich der Lösung dieses Problems zu nähern, als wir jene Prozesse zu begreifen begannen, die auf den Sternen vor sich gehen und ihre Strahlung aufrechterhalten. Dies wurde wiederum erst möglich, nachdem die Physik die Geheimnisse der im Atominnern vor sich gehenden Erscheinungen aufgedeckt hatte.

Der gesamte Entwicklungsprozeß der Sterne erwies sich als aufs engste mit den sogenannten Kernreaktionen verbunden, d. h. mit der Umwandlung von Atomen bestimmter chemischer Elemente in Atome anderer. Es stellte sich heraus, daß die Hauptquelle dieser unvorstellbar gewaltigen Energiemenge, die von den Sternen (darunter auch von unserer Sonne) ausgestrahlt wird, auf die Bildung der Heliumatome aus Wasserstoffatomen zurückgeht.

Die Theorie der in der Sternenmaterie vor sich gehenden Kernreaktionen gibt uns einen allgemeinen Überblick über die Entwicklung der Sterne. Ein sowjetischer Astronom, das Akademiemitglied W. G. Fessenkow, bewies kürzlich, daß sich auch die Entstehung von Planetensystemen der Fixsterne in dieses Gesamtbild ganz natürlich einfügt. Der Kosmogonie eröffnen sich dadurch völlig neue Möglichkeiten, die Entstehung der Erde und der anderen Planeten zu erklären, wenn sie als Produkte der Sonnenentwicklung und nicht als Ergebnis von Katastrophen, von Zusammenstößen mit einem anderen Stern aufgefaßt werden.

Entsprechend der von W. G. Fessenkow entwickelten Theorie sind im Leben eines Sterns verhältnismäßig lange Perioden, in deren Verlauf die Ausstrahlung des Sterns durch die Kernreaktion eines bestimmten

Typs unterhalten wird, zu unterscheiden von verhältnismäßig raschen Zwischenübergängen zur Kernreaktion eines anderen Typs. Während solcher Zwischenstadien verringert der Stern infolge des raschen Erkaltens seine Größe erheblich; seine Umdrehungsgeschwindigkeit nimmt infolgedessen entsprechend zu. Aber bei starker Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit wird der Zustand des Sterns labil, das ist ein solcher Zustand, der nicht lange bestehen kann. Aber was geschieht nun mit dem Stern?

Zunächst verdichtet er sich entsprechend der erhöhten Umdrehungsgeschwindigkeit immer mehr und nimmt eine Form an, die Abbildung 1

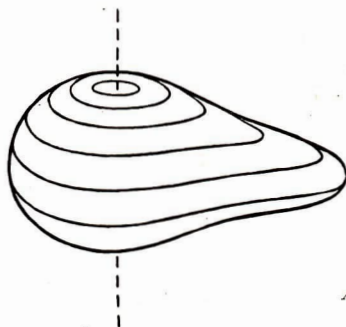


Abbildung 4

zeigt. Die mathematische Weiterentwicklung der Laplaceschen Hypothese hat gezeigt, daß bei einer weiteren Steigerung der Umdrehungsgeschwindigkeit längs des Äquators des Sterns eine scharfe Kante entsteht (Abb. 2), aus der Teile der Sternenmaterie ausgeschleudert werden. Für die Teilchen dieser Kante ist die Fliehkraft gleich der Anziehungskraft. Auf diese Weise werden die Teilchen „gewichtlos“, und sie verlieren dann die Verbindung mit dem Stern.

Der ausgeschleuderte Stoff bildet nach der Hypothese von Laplace dann auch jenen Ring (Abb. 3), der sich später in einen Planeten verwandelt. Aber in Wirklichkeit zerstreuen sich die abgestoßenen Teilchen, wie bereits gesagt, allmählich in Raum und können deshalb keinen Ring bilden.

Wir wissen jetzt, daß die Entwicklung nur dann in dieser Weise vor sich geht, wenn der Stern im Mittelpunkt eine sehr starke Verdichtung aufweist. Wenn jedoch die zentrale Verdichtung nicht sehr bedeutend

ist, dann nimmt der Stern bei entsprechender Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit an Stelle der Form, wie sie Abbildung 3 zeigt, eine birnenförmige Gestalt an (siehe Abb. 4).

Die Forschungen des russischen Gelehrten und Mathematikers A. M. Ljapunow haben bewiesen, daß die Birnenform der rotierenden Sternenmasse unbeständig ist. Der Stern kann in dieser Gestalt nur kurze Zeit verharren, denn bald löst sich ein Teil der Masse ab (Abb. 5).

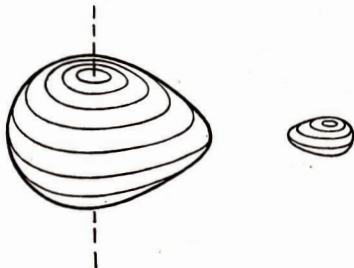


Abbildung 5

Nach diesem Vorgang verlangsamt sich die Rotation des Sterns, als ob er jeden die Unbeständigkeit seiner Gestalt bedingenden Mehrwert des Drehimpulses abgestreift hätte. Nun befindet sich der Stern im stabilen Zustand – und zwar so lange, bis die weitere Verdichtung (die durch fortschreitende Abkühlung hervorgerufen wird) erneut seine Umdrehungsgeschwindigkeit bis zum kritischen Punkt steigert.

Auf diese Weise werden in der Zeit zwischen den Stabilitätsperioden vom Stern Massen abgelöst, aus denen sich später Planeten bilden. Da die Abtrennung der Massen in einer Zeit besonders rascher Rotation erfolgt, geht auf die Planeten ein bedeutender Teil des Gesamtdrehimpulses über. Dies stimmt mit der oben erwähnten Besonderheit unseres Planetensystems überein. Aber diese Übereinstimmung ist vorläufig nur qualitativ und nicht quantitativ; denn es gilt noch zu beweisen, daß sich die Bahnen der entstehenden Planeten, die zunächst sehr klein sind, bis zu jenem Ausmaß vergrößern können, das wir aus der Naturbeobachtung kennen. Die Wirkung der Gezeiten – wir kennen sie von der Theorie der Mondbewegung her – kann die Bahnen vergrößern. Aber eine solche Erweiterung der Bahnen geht, wie kürzlich der sowjetische Astronom N. N. Parijski gezeigt hat, sehr langsam vor sich und reicht nicht aus, um die heutigen Ausmaße der Planetenbahnen zu erklären. Es gibt noch

viele andere Schwierigkeiten zu überwinden. Man darf jedoch nicht vergessen, daß das intensive Bemühen um die Begründung dieser Hypothese erst beginnt.

In den letzten Jahren wurde vom Akademiemitglied O. J. Schmidt eine neue, inzwischen allgemein bekannte kosmogonische Hypothese aufgestellt. Er betrachtet die Bildung der Planeten nicht als Ergebnis innerer Prozesse, die die normale Entwicklung der Sterne begleiten, sondern er führt sie auf Umwelteinflüsse zurück.

O. J. Schmidt legt seiner Hypothese zwei kürzlich entdeckte Tatsachen zugrunde: die Rotation der gesamten Milchstraße und das Vorhandensein gewaltiger Anhäufungen dunkler staubförmiger Materie im Raum zwischen den Sternen.

Die Erforschung des Milchstraßensystems, jener riesigen Sternensammlung, zu der auch unsere Sonne gehört, brachte in den letzten Jahren zahlreiche neue, unerwartete Resultate. Es zeigte sich, daß einige hundert Milliarden Sterne, die das Milchstraßensystem bilden, in ähnlicher Weise um ihr Zentrum kreisen wie die Planeten um die Sonne. Unsere Sonne nimmt an dieser Rotation teil, indem sie im Laufe von ungefähr zweihundert Millionen Jahren einmal um das Zentrum der Milchstraße kreist. Dieser Mittelpunkt der Milchstraße, der sich in der Richtung des Sternbildes des Schützen befindet, ist für uns durch riesige Anhäufungen dunkler Materie verdeckt.

Wir nehmen jetzt an, daß die Sonne bei der Durchquerung der zentralen Milchstraßengebiete eine Wolke dunkler Materie kreuzte und durch ihre Anziehungskraft einen Teil dieser Materie erfaßte. Die erfaßten Teilchen werden sich ungefähr in einer Ebene um die Sonne drehen. Größere Teilchen werden nach und nach kleinere an sich ziehen, bis dieser Prozeß mit der Bildung eines Planeten endet. Die von O. J. Schmidt durchgeführten Berechnungen zeigen, daß seine Hypothese viele Eigenschaften unseres Planetensystems gut erklärt. Jedoch der Prozeß der Bildung großer Körper aus feinem Staub oder aus Meteoriten, der dieser Hypothese zugrunde liegt, wurde vom physikalischen Standpunkt noch nicht begründet. Zur Zeit wird diese Hypothese umgestaltet, ausgearbeitet und geprüft.

Die neuen astrophysischen Entdeckungen des sowjetischen Gelehrten W. A. Ambarzumjan gestatten es, in völlig neuer Weise an viele Fragen der Kosmogonie heranzugehen. Insbesondere gelang es ihm, das Vorhandensein von Sternen im Milchstraßensystem festzustellen, die erst vor „kürzerer Zeit“ entstanden sind – gemeint ist damit, vor insgesamt rund 10 Millionen Jahren. Wir nähern uns auf diese Weise der Enträtselung des Prozesses der Fixsternbildung. Wenn dieses Rätsel gelöst sein wird, dann wird zweifellos auch der Prozeß der Planetenbildung klarer werden.

Die Wissenschaft studiert also gegenwärtig weiterhin sehr sorgfältig die Möglichkeiten der Planetenbildung, weil gewisse Besonderheiten unseres Planetensystems durch die eine Hypothese erklärt werden können, andere Besonderheiten durch eine andere. All dies zeigt, wie außerordentlich kompliziert die vor uns stehenden Aufgaben sind und wieviel Arbeit noch geleistet werden muß, um die Frage der Entstehung der Erde endgültig zu lösen. Die Beantwortung dieser Frage hängt in erster Linie von der Erweiterung unseres Wissens über das uns umgebende Weltall ab. Wir haben gesehen, wie neue Entdeckungen auf dem Gebiet der Atomphysik und der Astronomie uns die Möglichkeit gaben, dieses Problem von ganz neuen Gesichtspunkten aus zu betrachten. Aber das bedeutet nicht, daß wir die Frage nach der Entstehung der Erde in Erwartung weiterer Entdeckungen zurückstellen sollen, anstatt zu versuchen, sie mit Hilfe der uns gegenwärtig zur Verfügung stehenden Mittel zu lösen.

Das Alter der Erde

Wenn wir von der Entstehung der Erde sprechen, müssen wir natürlich auch das Problem ihres Alters behandeln. Die Feststellung des Alters der Erde gehört ebenfalls zu den kompliziertesten wissenschaftlichen Aufgaben. Erst in den letzten Jahren eröffnete sich die Möglichkeit, jene riesigen Zeitabschnitte, mit denen man es bei der Lösung dieser Aufgabe zu tun hat, einigermaßen genau abzuschätzen. Das wurde erst möglich, nachdem die Physiker durch die Erforschung radioaktiver Erscheinungen in die Geheimnisse der atomaren Struktur jener chemischen Elemente eingedrungen sind, die unsere Erde bilden. Es hat sich gezeigt, daß die Atome einiger Elemente den Uhren vergleichbar sind, die zwar sehr langsam, aber gleichmäßig gehen. Diese „Uhren“ ermöglichen uns erstmalig eine Vorstellung vom Alter zumindest der obersten Erdschichten.

Unserer unmittelbaren Forschung ist nur ein unbedeutender Teil des Erdinnern zugänglich. Bis vor kurzer Zeit gestatteten Schächte und Bohrlöcher, nur zwei bis drei Kilometer tief in die Erde einzudringen. Heute gelingt es, in unseren Erdölgebieten Bohrlöcher bis zu einer Tiefe von $4\frac{1}{2}$ Kilometern zu erreichen. Aber auch diese Tiefe stellt erst weniger als einen Tausendstel des Erdradius dar.

Die Geologie aber ermöglicht es uns, auch tiefe Erdschichten zu beurteilen: Gebirgsbildende Prozesse, die gewaltige Erdmassen verschieben, spalten und übereinanderlagern, befördern Schichten aus der Tiefe an die Oberfläche, deren Struktur vom Auswaschen durch Regen

und Flüsse weitgehend aufgedeckt wird. Dadurch wird für uns die Erforschung von Erdschichten bis zu einer Tiefe von 20 Kilometern möglich, was rund 0,3 Prozent des Erdradius entspricht. Von tieferen Schichten des Erdinnern, den restlichen 99,7 Prozent ihres Radius, können wir uns nur durch indirekte Schlüsse ein Bild machen. Dazu verhelfen uns die vergleichende Beobachtung der Schwerkraft an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche, das Studium der Erdbeben und die Erforschung einiger anderer Erscheinungen. Alle diese Forschungsergebnisse führten zu der Schlußfolgerung, daß das Erdinnere aus drei Hauptteilen besteht:

1. einer äußeren Schicht von annähernd 1200 Kilometer Dicke, die aus Gesteinsmassen besteht,
2. einer Zwischenschicht von rund 1700 Kilometer Dicke,
3. einem sehr kompakten Kern mit einem Radius von rund 3400 Kilometern, der offenbar aus Eisen und Nickel besteht.

Die äußere Hülle besteht überwiegend aus Sedimentgesteinen (Sand, Lehm, Sandstein, Erzen, Kalkstein u. dgl.), die einen großen Teil der Erdoberfläche in einer Schicht bedecken, deren Mächtigkeit stellenweise bis zu 100 Kilometer erreicht. Diese Schicht nennt man die Erdrinde. Unter der Schicht der Sedimentgesteine befindet sich eine Schicht aus Graniten und Basalten, die sich durch Erkalten flüssiger Stoffe gebildet hat.

Bis um Jahre 1948 wurde dieses Bild von der inneren Struktur der Erde allgemein als gültig hingenommen, obwohl es einige ungelöste Rätsel enthielt. Aber das Ergebnis der neuesten Entdeckungen auf dem Gebiet der Atomphysik macht offenbar eine wesentliche Veränderung dieses, wie es schien, richtigen Bildes erforderlich. Die Erforschung der Vorgänge in den Atomen hat gezeigt, daß jeder Stoff bei genügend großer Komprimierung in die sogenannte „metallische Phase“ übergeht und dabei alle charakteristischen Eigenschaften von Metallen annimmt. Diese Entdeckung machte die Annahme möglich, daß der dichte Erdkern sich von den äußeren Schichten nicht so sehr seiner chemischen Zusammensetzung nach unterscheidet, wie man früher glaubte, sondern dadurch, daß sich der Stoff des Kerns infolge des sehr großen Drucks in der metallischen Phase befindet. Diese Theorie kann viele Erscheinungen erklären, die bisher rätselhaft geblieben waren.

Noch vor sehr kurzer Zeit nahm man an, das Erdinnere besitze eine so hohe Temperatur, daß sich dort nur gasförmige Stoffe befinden können. Diese Annahme ging von der Tatsache aus, daß die Temperatur in den unserer Forschung zugänglichen Erdschichten sich bei zunehmender Tiefe erhöht. (Alle 100 Meter annähernd um 3 Grad.) Wenn man voraussetzt, daß diese Temperatur sich bis zum Erdmittelpunkt stetig weiter erhöht, müßte im Zentrum eine Temperatur von rund 200 000 Grad

herrschen. Die Erdbebenforschung zeigt jedoch, daß die inneren Erdschichten auf Erschütterungen wie ein fester Körper reagieren, dessen Elastizität die des Stahls um das Zweieinhalbfache übertrifft.

Gegenwärtig wird angenommen, daß die von uns beobachteten Temperaturerhöhungen bei zunehmender Tiefe nur auf eine dünne Außenschicht der Erdkruste beschränkt sind und nicht durch die Hitze im Erdinnern hervorgerufen werden, sondern durch in den oberen Schichten wirksame radioaktive Elemente (Radium, Uran, Thorium u. a.), die ständig Wärme abgeben. Die Temperatur des Erdkerns wird heute auf 2000 bis 4000 Grad geschätzt. Ungeachtet dieser hohen Temperatur kann die Kernmaterie doch über Eigenschaften eines festen Körpers verfügen, da sie einem sehr hohen Druck ausgesetzt ist, der bis zu 3 Millionen Atmosphären beträgt.

Eine unmittelbare Bestimmung des Alters, die nicht mit dieser oder jener kosmogonischen Hypothese verknüpft ist, können wir nur in bezug auf die obersten Erdschichten vornehmen, da nur diese einer laboratoriumsmäßigen Erforschung zugänglich sind.

Der erste derartige Versuch wurde schon im 18. Jahrhundert unternommen. Unterirdische Quellen, die die Flüsse mit Wasser speisen, lösen das in der Erde befindliche Salz. Dieses Salz, das die Flüsse mit sich in den Ozean führen, verbleibt dort, während das Wasser, das es dorthin geschwemmt hat, verdampft und in Form von Regen in die Quellen und Flüsse zurückkehrt. Infolge dieses Kreislaufs des Wassers muß sich der Salzgehalt des Ozeans im Laufe der Zeit erhöhen.

Es wurde vorgeschlagen, das Alter des Ozeans nach der darin enthaltenen Salzmenge zu bestimmen. Entsprechende Berechnungen, die von vielen Gelehrten durchgeführt wurden, ergaben für den Ozean ein Alter von 90 bis 350 Millionen Jahren. Diese Methode, die sich auf überaus unsichere Berechnungen der jährlich von den Flüssen in den Ozean getragenen Salzmenge stützt, kann keine genauen Resultate ergeben.

Zuverlässiger waren die Resultate, die durch die geologische Methode erzielt wurden, die auf der Bestimmung der Mächtigkeit der Sedimente beruht. Der Regen schwemmt den Boden unaufhörlich in die Flüsse hinein, die ihn ins Meer tragen und dort ablagern. Selbst ein kleiner Fluß trägt jährlich Millionen Tonnen Sand und Lehm ins Meer. Die Gesamtdicke der Sedimentgesteine, die sich auf der Erdoberfläche, seit die Erdkruste besteht, gebildet haben, wird auf 100 Kilometer geschätzt. Es ist sehr schwer zu ermitteln, in welcher Zeit sich durchschnittlich Ablagerungen bilden. Nach einigen Berechnungen sind für die Bildung einer ein Meter dicken Sedimentschicht rund 3000 Jahre erforderlich, nach anderen rund 10000 Jahre. Nach diesen Angaben beträgt das Alter der Erde, vom Beginn des Ablagerungsprozesses an gerechnet, zwischen 300 und 1000 Millionen Jahre. Aber der Hauptmangel dieser Methode,

von der gleichfalls keine genauen Resultate erwartet werden dürfen, besteht darin, daß wir keinen Grund zu der Annahme haben, die Ablagerungsgeschwindigkeit sei gleichbleibend. In ferner Vergangenheit, als die Bildung von Sedimentgesteinen begann, waren die Bedingungen auf der Erde gänzlich andere, und deshalb wird auch die Geschwindigkeit dieses Prozesses eine völlig andere gewesen sein.

Erst durch die Entdeckung radioaktiver Erscheinungen sind wirklich zuverlässige Bestimmungen des Erdalters möglich geworden. Das Wesen dieser Erscheinungen besteht darin, daß die Atome einiger chemischer Elemente (die die Bezeichnung radioaktiv erhalten haben) sich in unbeständigem Zustand befinden, zerfallen und dabei in Atome anderer Elemente übergehen. Dieser Prozeß schreitet so lange fort, bis beständige Atome entstehen und Elemente bilden, die nicht mehr die Eigenschaft der Radioaktivität besitzen. So geht zum Beispiel das Uran, bei dem die Erscheinung des Atomzerfalls zum erstenmal (im Jahre 1896) entdeckt wurde, zunächst in Radium (vom Ehepaar Curie im Jahre 1898 entdeckt) und in Helium über. Helium ist ein sehr leichtes Gas, das zunächst auf der Sonne und später auch auf der Erde entdeckt wurde. Es unterliegt keinen weiteren Veränderungen. Das Radium ist jedoch wiederum ein radioaktives Element, und der Prozeß des Zerfalls seiner Atome dauert so lange an, bis schließlich Bleiatome entstehen. Der Zerfall der Radiumatome geht bedeutend schneller vor sich als der der Uranatome. Nach Ablauf von 1500 Jahren ist von einem Gramm Radium nur die Hälfte erhalten; die andere hat sich in nahezu ein halbes Gramm Blei und in eine geringe Menge Helium verwandelt. Die Endprodukte der Verwandlung des Urans sind also Blei und Helium. Aus Uran entstandenes Blei gleicht in seinen chemischen Eigenschaften gewöhnlichem Blei, es besitzt jedoch ein etwas anderes Atomgewicht (206,0 statt 207,1). Daraus ergibt sich die Möglichkeit, es vom Blei anderer Herkunft zu unterscheiden.

Der Umwandlungsprozeß in Blei und Helium geht äußerst langsam vor sich. Von 1 Kilogramm Uran zum Beispiel verwandelt sich im Verlaufe von 66 Millionen Jahren 1 Prozent, das sind 10 Gramm, in 8,65 Gramm Blei und 1,35 Gramm Helium. Im Laufe weiterer 66 Millionen Jahre verwandelt sich 1 Prozent des restlichen Urans, das sind 9,9 Gramm, in 8,564 Gramm Blei und 1,336 Gramm Helium. In den nächsten 66 Millionen Jahren verwandelt sich wiederum 1 Prozent des übrigen Urans, das sind 9,801 Gramm, in 8,478 Gramm Blei und 1,323 Gramm Helium usw.

Außerordentlich wichtig ist, daß die Geschwindigkeit des Zerfallprozesses von Atomen radioaktiver Stoffe nicht von äußeren Bedingungen abhängt. Versuche haben gezeigt, daß sowohl bei Temperaturen, die dem absoluten Nullpunkt nahe liegen (-273° Celsius), als auch bei

Temperaturen von mehreren 1000 Grad der Atomzerfall gleich schnell vor sich geht. Genau so wenig beeinflußt eine Erhöhung des Druckes auf 10000 Atmosphären seine Geschwindigkeit.

Wir können also das Alter einer Gesteinsschicht, d. h. die Anzahl der Jahre, die seit der Erstarrung verflossen sind, dadurch ermitteln, daß wir die Menge des in ihm enthaltenen Uranbleies bestimmen. Diese Methode eignet sich natürlich nur für die Bestimmung des Alters fester Stoffe, da das Uranblei in flüssigem oder gasförmigem Zustand seinen Entstehungsort verlassen kann.

Dieser Methode der Altersbestimmung verdanken wir für die jüngeren Gesteinsschichten der Erdkruste Ergebnisse, die ausgezeichnet mit den Altersschätzungen übereinstimmen, die von Geologen vorgenommen wurden, die von ganz anderen Erwägungen ausgingen. Mit Hilfe dieser Methode ermittelten sie für die ältesten Gesteinsschichten ein Alter von 1500 bis 3500 Millionen Jahren. Wir können folglich behaupten, daß sich die feste Erdkruste vor rund drei Milliarden Jahren gebildet hat.

So wurden in den Erscheinungen der Radioaktivität, die so weit in der Natur verbreitet sind, daß es keinen Flecken auf der Erde gibt, wo wir nicht Spuren zerfallener Atome entdecken können, vorzügliche Uhren für die Messung riesiger Zeiträume gefunden.

Erst seit kurzer Zeit wird die Radioaktivität näher erforscht. Aber wir wissen bereits, welche wichtige Rolle sie in der Natur spielt. Die Umwandlung chemischer Elemente in andere, die von riesigen Energieausscheidungen begleitet wird, ist einer der grundlegendsten Weltprozesse. Dieser Prozeß liefert jene gewaltige Licht- und Wärmemenge, die von der Sonne und den Sternen im Verlaufe vieler Millionen Jahre ausgestrahlt wird. Wir fangen erst an, die Rolle der radioaktiven Stoffe im Leben unserer Erde zu erforschen, aber es unterliegt schon jetzt keinem Zweifel, daß sie sehr groß ist.

Schluß

Wir haben geschildert, wie die Menschen in den verschiedenen Epochen an die Lösung des Problems der Erdentstehung herangingen. Nun müssen wir abschließend noch einiges bemerken, damit die erzielten Ergebnisse richtig eingeschätzt werden und damit klar wird, was wir in Zukunft von der Wissenschaft erwarten können.

Vor allem müssen wir bedenken, daß die Wissenschaft erst am Anfang steht; die Menschheit ist noch sehr jung. Diese Behauptung wird durch folgende Berechnung gestützt:

Wir setzen das Alter der Erde, seit der Bildung ihrer festen Kruste gerechnet, mit drei Milliarden Jahren an. Verschiedene geologische Forschungen überzeugen uns davon, daß das Leben auf der Erde vor rund 800 bis 1000 Millionen Jahren entstanden ist. Wenn wir nach den ältesten Schichten der Erdrinde, wo wir zum ersten Male Überresten pflanzlicher und tierischer Organismen begegnen, die jüngsten betrachten, so können wir feststellen, wie sich die Lebensformen entwickelten, wie zuerst kleine Muscheln, dann riesengroße Krebse, Fische, Kriechtiere, Vögel und Säugetiere auftraten. Schließlich begegnet man in Erdschichten, deren Alter auf ungefähr 500 000 Jahre geschätzt wird, zum erstenmal den Spuren des Menschen. Es waren also insgesamt 500 000 Jahre erforderlich oder, anders ausgedrückt, der Wechsel von ungefähr 15 000 Generationen, um den affenähnlichen Urmenschen in den modernen Menschen zu verwandeln.

Gemessen an den Zeitspannen, mit denen wir im täglichen Leben zu rechnen gewöhnt sind, erscheint ein solcher Zeitraum als sehr groß, denn die „historische Zeit“ umfaßt nur einige tausend Jahre. Aber gemessen am vergangenen und am zukünftigen Leben der Erde, ist der Zeitraum der Existenz der Menschen oder gar die Epoche, in deren Verlauf sich die Menschen mit Wissenschaft befassen, nur wie ein kurzer Augenblick. Wir wollen einmal versuchen, das zu veranschaulichen:

Die drei Milliarden Jahre, die wir als Erdalter angesetzt haben, nennen wir das „Große Jahr“. Wir teilen dieses „Große Jahr“, ähnlich unserem Kalenderjahr, in Tage, Stunden, Minuten und Sekunden ein. Nach dieser Einteilung beträgt die Daseinsdauer des Lebens auf der Erde, wie man leicht berechnen kann, 100 bis 120 „Tage“ und der Zeitraum der Existenz des Menschen insgesamt rund 88 „Minuten“.

Die ersten Anfänge der Wissenschaft liegen ungefähr 3000 Jahre zurück. Das bedeutet, daß die Wissenschaft nach der genannten Einteilung erst 31 „Sekunden“ existiert.

Am 7. Januar 1610 wurde erstmalig der Himmel durch ein Fernrohr betrachtet; erst von diesem Tage an konnte eine wirkliche erfolgreiche Erforschung der uns umgebenden Welt beginnen. Aber seit dieser Zeit vergangen insgesamt nur 3 „Sekunden“! So jung ist unsere Wissenschaft, wenn man ihre Dauer mit der der Erde vergleicht!

Wenn wir nun andererseits die Zukunft betrachten, so haben wir allen Grund anzunehmen, daß die Lebensbedingungen, die heute auf der Erde herrschen, sich im Verlauf einiger Milliarden Jahre nicht wesentlich verändern werden. In diesem Zeitraum wird sich weder die von der Sonne ausgestrahlte Licht- und Wärmemenge noch der Abstand von der Erde zur Sonne merklich ändern.

So hat die Menschheit sich erst seit einigen „Sekunden“ mit Wissenschaft befaßt und für deren weitere Entwicklung ganze „Jahre“ vor

sich. Was sind alle unsere Erkenntnisse, alle Errungenschaften der modernen Wissenschaft im Vergleich zu dem, was die Menschen in einem so gewaltigen Zeitraum erkennen werden! Umfaßt doch ein „Jahr“ 31 $\frac{1}{2}$ Millionen „Sekunden“, und es stehen der Menschheit, wie man annehmen muß, noch sehr viele solcher „Jahre“ bevor.

Außerdem entwickelt sich die Wissenschaft ebenso wie die von ihr untrennbare Technik von Jahr zu Jahr schneller. Übertreffen doch zum Beispiel alle wissenschaftlichen und technischen Erfolge des 19. Jahrhunderts wesentlich alle Errungenschaften früherer Jahrhunderte. Da das kapitalistische System untergeht und das sozialistische sich festigt, erhalten mehr und mehr Menschen die Möglichkeit, wissenschaftlich zu arbeiten. Der Fortschritt der Wissenschaft wird immer ungestümer werden.

In der kommenden kommunistischen Gesellschaft wird die Wissenschaft eine noch nie dagewesene Blüte erreichen.

Wir dürfen nicht vergessen, daß die Wissenschaft noch sehr jung ist, die Menschheit sozusagen ihre ersten Gehversuche auf dem Gebiet der Naturerkenntnis unternimmt. Vor ihr eröffnet sich eine unübersehbare, leuchtende Zukunft. Wir brauchen uns also nicht zu wundern, daß die Wissenschaft eine so komplizierte Aufgabe, wie sie das Problem der Erdentstehung aufgibt, noch nicht in allen Einzelheiten gelöst hat. Im Gegenteil, wir können stolz darauf sein, daß die Wissenschaft bereits so weit fortgeschritten ist, daß sie sich mit erfolgversprechenden Mitteln um die Lösung dieser großen und komplizierten Aufgabe bemühen kann.

Verzeichnis der im Text vorkommenden Namen

Ambarzumjan, Victor Amasapowitsch (geboren 1908), bekannter sowjetischer Astrophysiker, Präsident der Akademie der Wissenschaften der Armenischen SSR, korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

Anaximander (um 610 bis 547 vor unserer Zeitrechnung), einer der Denker des alten Griechenlands. Er nahm an, daß die Grundlage alles Existierenden das sogenannte Apeiron sei, ein unbegrenzter, unbestimmbarer, ewiger, unzerstörbarer und unerschöpflicher Stoff.

Anaximenes (um 588 bis 524 vor unserer Zeitrechnung), Philosoph des alten Griechenlands. Im Gegensatz zu seinem Lehrer Anaximander nahm er an, daß die Grundlage alles Existierenden die Luft sei, die sich durch Verdünnung in Feuer und durch Verdichtung in Wolken, Wasser, Erde und Stein verwandelt.

Aristoteles (384 bis 322 vor unserer Zeitrechnung), griechischer Gelehrter – „der größte Denker des Altertums“ (K. Marx). Er arbeitete auf allen damaligen Wissensgebieten, von denen er viele erst selbst ausarbeitete und aufbaute, nachdem er den Stoff aus zerstreuten, lückenhaften Berichten systematisch geordnet hatte.

Belopolski, Aristarch Apollonowitsch (1854 bis 1934), hervorragender russischer Astronom, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

Curie (Sklodowska), Marie (1867 bis 1934), hervorragende Physikerin, gebürtige Polin, Frau des französischen Physikers Pierre Curie (1859 bis 1906), mit dem sie gemeinsam das Radium entdeckte (1898).

Descartes, René (1596 bis 1650), französischer Philosoph, Mathematiker und Physiker. Lateinisch nannte er sich Cartesius, und daher werden seine Anhänger Cartesianer genannt. Er ist einer der Begründer der analytischen Geometrie. Mit der von ihm geschaffenen Wirbeltheorie suchte er die Entstehung der Himmelskörper zu erklären.

Fessenkow, Wassili Grigorjewitsch (geb. 1889), bekannter sowjetischer Astronom, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

J Jeans, James Hopwood (1877 bis 1946), englischer Physiker und Astronom. Bekannt durch seine Arbeiten auf dem Gebiet der Kosmogonie und der Theorie von der inneren Struktur der Sterne.

Kant, Immanuel (1724 bis 1804), deutscher idealistischer Philosoph. In den frühen Perioden seiner Tätigkeit befaßte er sich mit Fragen der Naturwissenschaft. Er faßte den für diese Zeit kühnen Gedanken, es sei möglich, die Bildung und die Entwicklung des Sonnensystems durch Gesetze der Mechanik zu erklären.

Kepler, Johann (1571 bis 1630), deutscher Astronom. Die von ihm entdeckten Gesetze über die Planetenbewegung waren die Grundlage der modernen theoretischen Astronomie.

Kopernikus, Nikolaus (1473 bis 1543), großer polnischer Astronom, Begründer der Theorie der Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre eigene Achse, wodurch er den Wechsel der Jahreszeiten, die sichtbare Bewegung der Planeten und die tägliche scheinbare Drehung des Himmelsgewölbes erklärte. Diese Theorie, die unter der Bezeichnung „heliocentrisches Weltsystem“ (Helios = Sonne) bekannt ist, betrachtete die Sonne als den Mittelpunkt, um den herum sich die Planeten drehen. Sie rief eine Umwälzung in der Wissenschaft und in der Weltanschauung der Menschen hervor und widerlegte die Lehre des Ptolemäus, die unbewegliche Erde sei der Mittelpunkt des Weltalls (die von der Kirche unterstützt wurde).

Laplace, Pierre Simon (1749 bis 1827), französischer Mathematiker, Astronom und Physiker, der großen Einfluß auf die Entwicklung der Himmelsmechanik, der mathematischen Physik und der Wahrscheinlichkeitstheorie ausübte. Eine wesentliche Rolle bei der Meinungsbildung in bezug auf Entstehung und Struktur des Sonnensystems spielte seine Hypothese, daß es sich aus dem Urnebel gebildet habe.

Ljapunow, Alexander Michailowitsch (1857 bis 1918), hervorragender russischer Mathematiker, Akademiemitglied. Arbeitete an den wichtigsten Fragen der Naturwissenschaft: die Beständigkeit der Bewegung und die Theorie der Gleichgewichtsfiguren von Flüssigkeiten.

Newton, Isaac (1642 bis 1727), englischer Physiker und Mathematiker. Er entdeckte das Gravitationsgesetz, d. h. das Gesetz der gegenseitigen Anziehung aller Körper, darunter auch der Gestirne. Diese Entdeckung gab die Möglichkeit, die Bewegung der Himmelskörper und die Erscheinungen der Gezeiten (Ebbe und Flut) zu erklären.

Parijski, Nikolai Nikolajewitsch (geboren 1900), sowjetischer Astronom und Physiker, Mitarbeiter des geophysikalischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

Ptolemäus, Claudius (um 100 bis 178), griechischer Astronom. Autor des Werkes „Almagest“ oder „Der große Bau“, in dem eine Zusammenfassung der astronomischen Kenntnisse jener Zeit und die Begründung des geozentrischen Weltsystems enthalten ist, wonach die Erde (auf griechisch = *gäa*) unbeweglich ist und den Mittelpunkt der Welt darstellt.

Pythagoras (um 571 bis 497 vor unserer Zeitrechnung), altgriechischer idealistischer Philosoph und Mathematiker. Er nahm an, daß der Urgrund der Welt die Zahl ist. Seine Anhänger wurden Pythagoräer genannt.

Schmidt, Otto Juljewitsch (geb. 1891), sowjetischer Mathematiker und Geophysiker, bekannter Polarforscher, ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Held der Sowjetunion.

Thales von Milet (Ende des 7. bis Anfang des 6. Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung), ein Denker des griechischen Altertums, aus der Stadt Milet gebürtig. Begründer der altgriechischen materialistischen Philosophie. Er nahm das Wasser als Urgrund der Welt an. Aus dem Wasser sollte alles entstanden sein, und alles sollte schließlich in Wasser übergehen.

2., unveränderte Auflage · 11.—25. Tausend

Alle Rechte vorbehalten · Lizenz Nr. 303 (305/166/54)

Redakteur: Hans Reichenbach-Hoffmann

Künstlerische Gestaltung: Gerhard Schulz · Hersteller: Günter Kleiber

Satz und Druck: Druckhaus Einheit Leipzig III/18/211

In unserem Verlag erscheint die „Kleine populärwissenschaftliche Bibliothek“ in den Reihen „Naturwissenschaft“ und „Technik“.

Durch das Studium dieser allgemeinverständlichen Schriften haben alle Jugendlichen die Möglichkeit, ihr Wissen zu vertiefen.

Es erschienen bisher:

NATURWISSENSCHAFT

- | | |
|---------------------|---|
| Fedynski | Himmelssteine – Meteorite und Meteore |
| Kunitzki | Tag und Nacht und die Jahreszeiten |
| Michailow | Sonnen- und Mondfinsternisse |
| Shewljakow | Gab es einen Anfang der Welt und wird es ein Ende geben ? |
| Suworow | Was uns der Lichtstrahl erzählt |
| Sytinskaja | Gibt es Leben auf anderen Planeten ? |
| Woronzow/Weljaminow | Aufbau des Weltalls |

TECHNIK

- | | |
|----------------|------------------------|
| Gaponow | Elektronen |
| Gladkow | Fernsehen |
| Karpow/Fandjew | Stauwerke |
| Mesenzew | Das elektrische Auge |
| Peterson | Die Radioröhre |
| Shdanow | Röntgenstrahlen |
| Suchorukich | Mikroskop und Teleskop |

Zum Preise von 0,80 DM an durch jede Buchhandlung und den Postzeitungsvertrieb zu beziehen. Die Reihen werden fortgesetzt.



VERLAG NEUES LEBEN BERLIN

Der Verlag der jungen Generation

Preis 0,80 DM