

UNSERE WELT

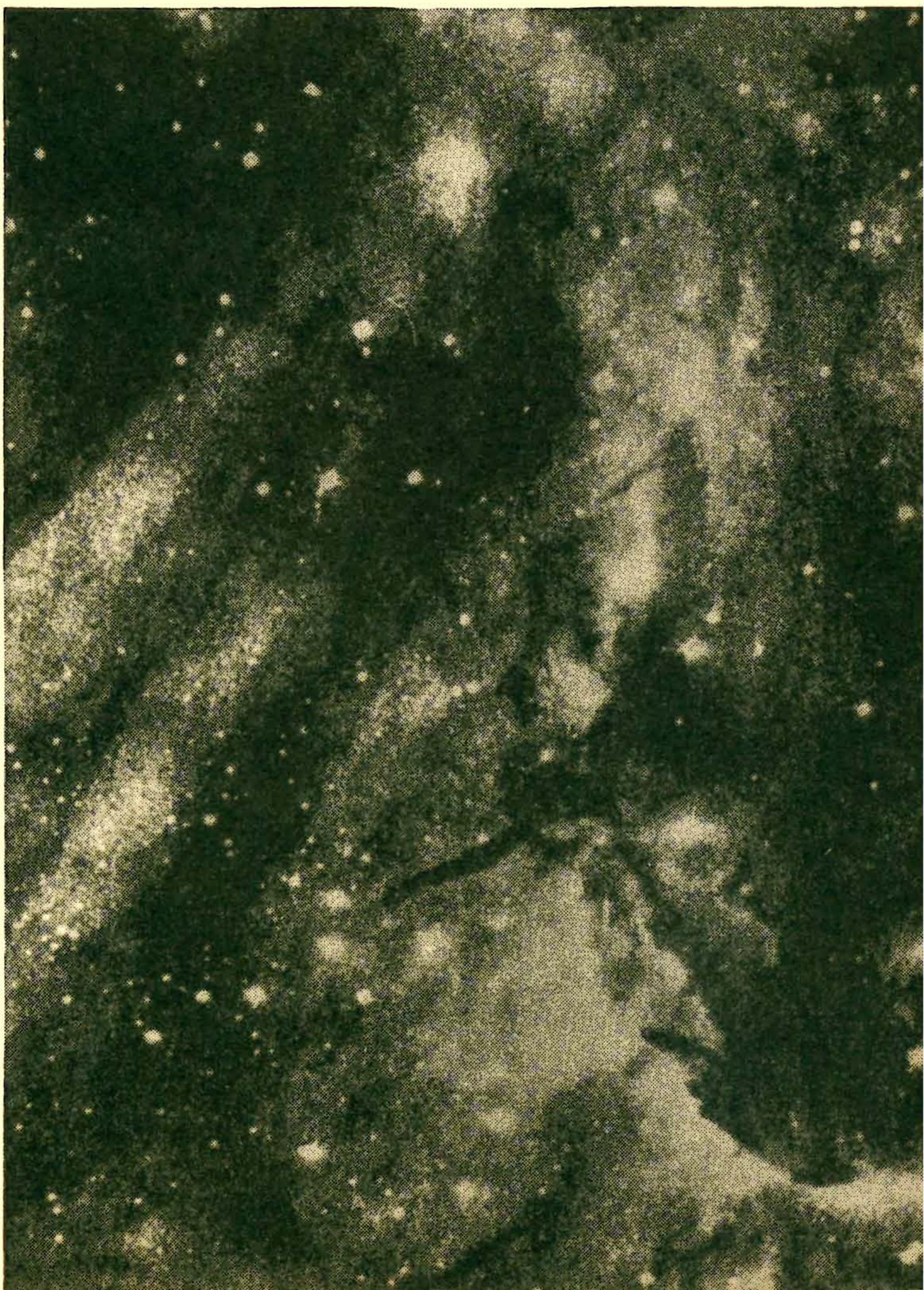
G R U P P E 2

ASTRONOMIE
UND ASTROPHYSIK

VON DER NATUR UND
IHREN GESETZEN

AUS DER PHYSIK DES WELTALLS

VON HERBERT PFAFFE



dkv

DER KINDERBUCHVERLAG

BERLIN

HERBERT PFAFFE

AUS DER PHYSIK DES WELTALLS



DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

INHALTSVERZEICHNIS

Wir betrachten den Sternenhimmel	3
Warum gibt es Entwicklung?	7
Wir beobachten den Sternenhimmel genauer	10
Wie die Sterne entstehen	20
Was sind Planeten?	24
Wie die Planeten entstanden sind	28
Meteoriten und Kometen	32

Illustrationen: Edgar Leidreiter (4) und Heinz Peglau (1).

Das Foto auf Seite 31 veröffentlichen wir mit Erlaubnis des Aufbau-Verlages. Die übrigen Abbildungen stellte Diedrich Wattenberg, Leiter der Archenhold-Sternwarte, Berlin-Treptow, freundlichst zur Verfügung. Das Umschlagbild ist ein Ausschnitt des Fotos auf Seite 21.

Alle Rechte vorbehalten. Copyright 1951 by Der Kinderbuchverlag Berlin.

Lizenz-Nr. 304-376/94/51. Satz und Druck: (III/9/1) Sachsenverlag, Druckerei- und Verlags-Gesellschaft mbH, Dresden N 23, Riesaer Straße 32 5702

Preis: 0,60 DM

Bestellnummer 13515. 1.—30. Tausend 1951. Für Leser von 14 Jahren an.

„Die gesamte Natur,
vom Kleinsten bis zum Größten,
von den Sandkörnern bis zu den Sonnen,
von den lebendigen Urzellen bis zum Menschen,
hat in ewigem Entstehen und Vergehen,
in unaufhörlichem Fluß,
in rastloser Bewegung und Veränderung ihr Dasein.“

Friedrich Engels

Wir betrachten den Sternenhimmel

Wenn wir am Abend die Sterne des Himmels betrachten, wählen wir dazu am besten einen Tag, an dem der Mond, der als kleinere Himmelskugel die größere Erde umwandert, nicht scheint. Das heißt, eigentlich scheint der Mond überhaupt nicht, jedenfalls nicht im eigenen Licht. Der Mond ist nämlich eine ebenso dunkle, nur kleinere Himmelskugel wie die Erde. Er bekommt ebenso wie diese sein Licht von der Sonne. Mit der Seite, die durch die Sonne taghell erleuchtet wird, scheint er, weil der Mond das Licht, das von der Sonne auf seine Kugel gestrahlt wird, auf die Erde zurückwirft. Aber einmal im Monat — ganz selten geschieht es auch zweimal — ist Neumond. Da scheint der Mond nicht. Das kommt daher, weil an diesen Tagen der Mond, der sich in fast einem Monat einmal rund um die Erde bewegt, zwischen der Sonne und der Erde steht. Dann wird, von der Erde aus gesehen, seine Rückseite von der Sonne beleuchtet, während die uns zugekehrte Hälfte seiner Kugel dunkel bleibt.

An einem solchen Abend müssen wir die Sterne betrachten, von deren Beschaffenheit und Verhalten hier die Rede sein soll. Natürlich darf der Himmel nicht bedeckt sein, sonst versperren uns die Wolken in der Erdluftpöhle den Blick auf die Sterne. Am besten ist zur Betrachtung der Sterne eine klare Neumondnacht im Winter geeignet. Dann ist die Luft besonders rein und klar. Der Abend und die Nächte sind länger und dunkler als im Sommer. Auf dem dunklen Himmelshintergrund sehen wir dann die Sterne besonders schön leuchten. Auch diejenigen, die gerade noch mit dem bloßen Auge wahrgenommen werden können, werden in einer solchen Nacht sichtbar.

Sich unter den vielen glitzernden Sternen zurechtzufinden, ist für den Sternunkundigen gar nicht einfach. Aber wenn wir die Betrachtungen des gestirnten Himmels an jedem klaren Abend fortsetzen, werden wir bald die einmal geschauten Sterne wiedererkennen, werden wir die rötlichstrahlenden

von den gelbleuchtenden und diese wiederum von den weißen, bläulich-weißen und roten Sternen unterscheiden können. Dabei werden wir dann auch die sehr interessante Feststellung machen, daß — abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen, dem Mond und einigen sogenannten Wandelsternen — die Sterne ihre gegenseitige Lage am Himmel ebensowenig verändern wie ihr Aussehen. Sie flimmern zwar manchmal stark, während sie zu einer anderen Stunde oder an einem anderen Tage im ruhigen Glanze strahlen. Auch scheinen sie manchmal in kurzen Zeitabständen einmal mehr blau und ein anderes Mal mehr rot zu funkeln. Doch haben diese Erscheinungen ihre Ursachen in der ständig sich verändernden Luft der Erdatmosphäre. Das ist die mehrere hundert Kilometer hohe Gashülle, die die Erdkugel umgibt und in deren unterster Schicht sich das entwickelt, was wir Wind, Wolken, Regen und Schnee, kurz gesagt: Wetter nennen.

Bei der Beobachtung der Sterne an mehreren aufeinanderfolgenden klaren Abenden stellen wir zunächst fest, daß die Sterne — abgesehen von den oben festgestellten atmosphärischen Einflüssen — sich weder in ihrer gegenseitigen Lage am Himmel noch in ihrer Helligkeit oder Farbe für das bloße Auge merklich verändern. Auch das mattschimmernde Band der Milchstraße, das, wie wir später noch sehen werden, aus vielen, vielen fernen Sternen besteht, verändert sein Aussehen nicht. In den klaren Winternächten zieht es sich steil vom Südpunkt des Horizontes bis in die Nähe des Scheitelpunktes hoch über unsere Köpfe hinauf und wendet sich von dort wieder nach Norden hinab.

Das alles läßt den Himmel mit seinen vielen Sternen recht unveränderlich und starr erscheinen. Aber das ist nur Schein. In Wirklichkeit verändern sich die Sterne ständig. Nur, daß ihre Existenz, ihre Lebensdauer, nach vielen Milliarden Jahren rechnet und daß es selbst für mehrere nacheinander auf der Erde lebende Generationen sehr schwer und mühevoll ist, diese Veränderungen festzustellen und aus dem räumlichen Nebeneinander, das wir mit bloßem Auge und den großen Fernrohren des Astronomen am Himmel erblicken, ein zeitliches Nacheinander zu erkennen. Hier ergeht es uns wie einer Eintagsfliege, die in einen Wald gerät. Nehmen wir einmal an, daß solch ein kleines Lebewesen denken könnte. Es würde eine Vielzahl von verschiedenen großen und kleinen Bäumen erkennen und vielleicht daraus den Schluß ziehen, daß es grundsätzlich verschieden große Bäume gibt. Doch würde ihm der Förster, der mit dem Wald seine langjährige Erfahrung hat, widersprechen und die Auffassung vertreten, daß in der verschiedenen Größe der Bäume ein Element der Entwicklung zu sehen sei und daß die großen Bäume alte und entwickelte, die kleinen Bäume hingegen noch junge und unentwickelte seien. Wir, die wir über die wirklichen Verhältnisse in einem Wald Bescheid wissen, müssen der Eintagsfliege in einem gewissen Sinne beipflichten, denn es gibt tatsächlich große und kleinere Arten unter den Bäumen. Aber wir können auch nicht bestreiten,

daß aus vielen kleinen Bäumen einmal große werden. Auf jeden Fall müssen wir zugeben, daß der Förster, der sich nicht darauf beschränkte, alles im Wald Vorhandene als ewig unveränderlich zu betrachten, weiter und deshalb richtiger gedacht hat.

Was sich über die Sterne und über den Wald sagen läßt, können wir überall in der Welt beobachten. Für alle Erscheinungen auf der Erde, in ihr und darüber hinaus im gesamten unendlichen Weltall gilt, daß sie sich in keinem einzigen Augenblick in Ruhe und Unveränderlichkeit befinden.

Auf der Erde fällt es den Forschern allerdings leichter, die Entwicklung festzustellen, als bei den Sternen und Sternenwelten. Besonders durch die neuere Wissenschaft, die in den letzten zweihundert Jahren entwickelt und heute auf eine vor zweihundert Jahren noch ungeahnte Höhe gebracht wurde, war es möglich nachzuweisen, daß sich alles auf der Erde beständig weiterentwickelt und sich auch schon immer entwickelt hat. Die Forscher, die sich mit ihren Mikroskopen, Meßinstrumenten und sonstigem wissenschaftlichen Rüstzeug nicht nur auf der Erdoberfläche bewegen, sondern in das Innere der Erde, in die Tiefe der Meere, in die Höhe der Atmosphäre vordringen, haben durch ihre Untersuchungen einwandfrei nachgewiesen, daß sich alles Leben auf der Erde, ja sogar der ganze große Erdball selbst aus primitiven Formen zu immer höheren, differenzierteren entwickelt hat. Das heißt zu solchen Formen, die aus viel mehr voneinander unterscheidbaren Einzelheiten zusammengesetzt sind. Sie entwickeln Eigenschaften, die den primitiveren Entwicklungsstufen fehlen. Ganz am Ende dieser Entwicklung entstand erst der Mensch, mit ihm das bewußte Leben. Daraus entwickelte sich das gesellschaftliche Bewußtsein, weil der Mensch nicht als Einzelwesen, für sich allein, sondern nur in der Gesellschaft, also in der Gemeinschaft mit anderen Menschen, lebt. Alles, was der Mensch heute weiß und kann, das hat er sich in Gemeinschaft mit anderen Menschen durch seine praktische Tätigkeit in der menschlichen Gesellschaft erworben.

Auch die Gesellschaftsordnung, die Inhalt und Form des Zusammenlebens der Menschen bestimmt, ist von diesem Entwicklungsgesetz, nach dem sich die Veränderung von primitiveren zu höheren Formen vollzieht, nicht ausgenommen. So erfahren wir im Geschichtsunterricht, wie die Menschen sich Werkzeuge fertigten, mit denen sie das Material bearbeiteten, das sie in ihrer Umgebung vorfanden, wie sie diese Werkzeuge im Verlaufe ihrer Entwicklung immer mehr vervollkommen und mit diesen verbesserten Werkzeugen auch immer mehr die Natur zu beherrschen lernten. Mit der Entwicklung der menschlichen Arbeit und der Werkzeuge, also der Produktion, gerieten sie immer von neuem in Widerspruch zu den bestehenden, veralteten gesellschaftlichen Verhältnissen. Und dieser Widerspruch ist der Motor, der die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft vorwärtstrieb. So wurden die Sklavenhalterstaaten der Antike von der feudalen Gesellschaftsordnung abgelöst, in der die Adligen und Großgrundbesitzer das Volk aus-

beuteten. Damals wurde das Getreide mit der uns heute primitiv anmutenden Handmühle gemahlen. Das blieb sehr lange so. Als aber dann die Dampfmühle und die Dampfmaschine erfunden waren, entwickelten sich sehr schnell große Industrien. Damit entstand der Kapitalismus, eine neue Gesellschaftsordnung, in der die Privatbesitzer der Fabriken, der Maschinen und der Rohstoffe Lohnarbeiter ausbeuten. Mit seiner großartigen technischen Entwicklung und seiner gleichzeitigen planlosen Wirtschaft, mit seinen Wirtschaftskrisen und den aus diesen Krisen geborenen Kriegen wurde er besonders seit der letzten Jahrhundertwende zur Quelle des größten menschlichen Elends. Dieser Widerspruch gräbt dem Kapitalismus sein Grab. In der Sowjetunion haben die Arbeiter und Bauern das Elend der kapitalistischen Ausbeutung beseitigt und die fortschrittliche Gesellschaft, den Sozialismus, aufgebaut. In der richtigen Erkenntnis, daß sich alles in der Welt entwickelt, alles nur in seiner Veränderung begriffen werden kann und daß es selbst die höchste Aufgabe des Menschseins ist, die Welt zu verändern, erstreben die Menschen der Sowjetunion heute die baldige Ablösung des Sozialismus durch eine noch bessere, noch vollkommenere Gesellschaftsordnung, den Kommunismus.



Professor A. I. Oparin.

Mit seiner Theorie über die Entstehung des Lebens auf der Erde gibt uns dieser sowjetische Forscher die Möglichkeit, auch die Bedingungen zu erkennen, unter denen sich Leben auf anderen Planeten bei Vorhandensein entsprechender Bedingungen gesetzmäßig entwickelt.

Warum gibt es Entwicklung?

Die Erfahrungen der Geschichte der Wissenschaft besagen, daß es zwei Möglichkeiten gibt, die Veränderung, Entwicklung aufzufassen. Entweder als bloße Vergrößerung, Verkleinerung, Wiederholung des Früheren. So haben sie viele Forscher lange Zeit aufgefaßt. Doch in diesem Falle blieb und bleibt die Ursache der Entwicklung unverständlich und wird von solchen Menschen, die sich nicht auf die wissenschaftliche Erfahrung stützen, außerhalb der Welt gesucht. Die Welt ist aber nicht nur unsere Erde, sondern die Gesamtheit aller Dinge überhaupt. Und der Dinge gibt es unendlich viele. Somit ist die Welt — man sagt auch Weltall, Universum, Unendlichkeit (das sind alles Begriffe gleichen Inhalts) — selber unendlich, und ein Außen gibt es also gar nicht. Wenn es dieses Außen nicht gibt, dann kann man dort auch nicht die Triebkraft für die Veränderung, die Entwicklung der Welt suchen. So mußten alle Versuche, die Entwicklung nur als bloße Vergrößerung, Verkleinerung, Wiederholung des Früheren zu erklären, von vornherein an der Unmöglichkeit scheitern, den Motor dieser Veränderung nachzuweisen.

Erst Karl Marx und Friedrich Engels, die Begründer der dialektisch-materialistischen Weltanschauung, und vor allen Dingen Lenin und Stalin, die größten Wissenschaftler unserer Zeit, Erbauer des sozialistischen Staates und Führer aller Werktätigen, die diese Weltanschauung weiterentwickelten, haben gezeigt, daß die Ursache für die Veränderung, Entwicklung aller Dinge in den Dingen selbst liegt. Sie fassen die Entwicklung als Einheit und Kampf der Gegensätze auf. Sie lehren, daß jedes Ding eine Einheit von Widersprüchen ist und daß der Widerspruch, der jedem Ding innewohnt, selbst der Motor ist, der die Entwicklung zu immer Höherem treibt. Wir haben den Widerspruch als den Motor der gesellschaftlichen Entwicklung schon im vorigen Abschnitt kennengelernt. Wie aber sieht es mit den inneren Widersprüchen der toten Materie aus? Nehmen wir ein ganz einfaches Beispiel und betrachten einen Teller. Zunächst erscheint es uns schwierig, ihn als eine Einheit von Widersprüchen aufzufassen. Und doch ist er es. Schon mit den elementarsten (einfachsten) naturwissenschaftlichen Grundbegriffen können wir uns das klarmachen. Was ist ein Teller? Ein Gebrauchsgegenstand aus irgendeinem leichteren oder schwereren Material. Vielleicht aus Porzellan, aus Kunststoff oder aus Glas. Werfen wir ihn vom Tisch, zerspringt er in viele Einzelteile, die die Wissenschaftler mit ihren hochentwickelten Instrumenten und Arbeitsmethoden in immer kleinere Bestandteile zerlegen können. Die kleinsten Teile, die zu Millionen und aber Millionen das Material des Tellers bilden, nennen wir Moleküle und Atome. Wie kommt es, daß das Material des Tellers, das sich aus kleinen losen Teilchen, den Molekülen und Atomen, zusammensetzt, trotzdem so fest ist?

Wir müssen wissen, daß diese kleinsten Teile der Materie und ihre Wirkungen untrennbar miteinander verbunden sind und daß die gesamte Materie zwei ganz wesentliche Eigenschaften hat, nämlich träge Masse zu besitzen und Wirkungen auszuüben. Die erste Eigenschaft nennen wir kurz Masse, die zweite Eigenschaft nennen wir Energie. Mit ihren Wirkungen durchdringen sich auch die kleinsten Teilchen des Stoffes gegenseitig, und das gibt der Gesamtheit der Einzelteilchen, die unseren Teller zusammensetzen, den festen Halt. Aber das ist noch nicht alles. Der Teller bleibt ja nicht immer in dem Zustand, in dem wir ihn heute sehen. Selbst wenn ihn niemand vom Tisch wirft und ihn also versehentlich oder mutwillig zerstört, wird er nach vielen tausend Jahren vergangen sein. Das heißt, er wird sich in Staub aufgelöst haben. Was ist die Ursache dazu? Hitze, Kälte, Nässe, die von außen den Teller angreifen? Das ist es nicht allein. Das ist nur der äußere Anstoß, der den Zerfall, also die Veränderung der heutigen Form des Tellers, beschleunigt oder verlangsamt. Der innere Anlaß für die Veränderung ist eine dem Zusammenhalt der Atome und Moleküle entgegenwirkende Kraft. Sie besteht darin, daß die Moleküle schwingen und durch ihre Schwingungen den Zusammenhalt der Moleküle lockern und das Material auseinanderfließen lassen, wenn diese Schwingungen stark genug werden. Beim Eisblock erleben wir das Zerfließen seines Materials in dem Augenblick, in dem die Außentemperatur den bei 0° Celsius liegenden Gefrierpunkt des Wassers (den Schmelzpunkt des Eises) übersteigt. In diesem Augenblick werden nämlich die durch die steigende Temperatur sich verstärkenden Schwingungen der Eismoleküle so stark, daß der Zusammenhalt zu einem festen Eisblock nicht mehr gewährleistet ist.

So erkennen wir, daß der Teller und natürlich auch der Eisblock tatsächlich eine Einheit von Widersprüchen sind: eine Einheit von Wirkung und Gegenwirkung. Die Wirkung besteht in dem Zusammenhalt der Moleküle, die Gegenwirkung in ihren Schwingungen, die das feste Gefüge zerstören. Diese Einheit von Wirkung und Gegenwirkung ist die Triebkraft, die die Veränderung auch der unbelebten Materie bedingt und die den Teller zerfallen läßt, auch ohne unser Dazutun.

Auch das gesamte Weltall, die Unendlichkeit selbst, ist eine Einheit von Widersprüchen. Einer ihrer vielen Widersprüche und zugleich ihr allgemeinster besteht darin, daß sie selbst unendlich ist, alle ihre Teile aber, in denen sie sich ausdrückt, sowohl räumlich (also in ihrer Ausdehnung) als auch in der Dauer ihrer Existenz (also in der Zeit) endlich sind. Weil die Unendlichkeit ein Widerspruch in sich ist, ist sie auch in allen ihren Teilen einer beständigen, ewigen Veränderung, einer Entwicklung unterworfen. Die Materie existiert überhaupt nur in der Bewegung. Die Bewegung ist ihre Daseinsweise. Das bedeutet, daß wir auf die Frage, wie die Materie existiert, antworten müssen: Nur in der Bewegung, denn Materie ohne Bewegung ist

ebenso unmöglich wie Bewegung ohne Materie. Um es noch einfacher auszudrücken: Es ist völlig sinnlos, von irgendeiner Bewegung zu sprechen, ohne dabei an etwas zu denken, das sich bewegt.

Um nun noch einmal ganz klar zu machen, was Materie ist, wollen wir wieder zu einem ganz einfachen Beispiel greifen.

Noch kein Mensch hat den Hund gesehen, sondern jeder kennt nur eine gewisse Zahl verschiedener Hunde, von denen kein einziger Hund dem anderen völlig gleicht. Der eine ist dunkel gefärbt, der andere heller, der eine hat steife Ohren, der andere hängende Ohren, der eine längere und der andere kürzere Haare. Aber wenn sie auch in Einzelheiten alle ein wenig voneinander abweichen, so sind sie doch alle Hunde, und keiner ist ein Vogel Strauß oder ein Krokodil, ein Pferd oder ein Kamel. Hund ist also ein Begriff, der das allen Hunden Gemeinsame zusammenfaßt.

Nicht anders ist es mit der Materie. Wir beobachten in der Natur nicht die Materie, sondern nur immer ganz bestimmte Formen derselben: den vier-eckigen Tisch in unserer Stube, den Laubfrosch, den Hund „Spitz“, unsere Sonne, den Glutstern unseres Sonnensystems, unseren Mond, den Trabanten der Erde, und so fort. Aber alle diese Dinge sind Materie. Sie haben alle die Eigenschaft, real (das bedeutet tatsächlich, wirklich) zu existieren, und ihre Daseinsweise ist die Bewegung. Keines von ihnen existiert etwa in starrer Ruhe oder Unveränderlichkeit. Somit ist also Materie das allen Dingen, die in der wirklichen Welt tatsächlich (nur in der Bewegung, Veränderung, Entwicklung) existieren, Gemeinsame.

Wir beobachten den Sternenhimmel genauer

Wenn wir an einem klaren Abend den Sternenhimmel betrachten, beobachten wir eine große Zahl hellerer und schwächerer Lichtpunkte. Sie flimmern in verschiedenen Farben, wobei die weiße und die gelbe vorherrschen. Aber auch zahlreiche Lichtpunkte sind dabei, die orangefarbene oder stark rötliche Strahlen aussenden. Seltener sind ins Blaue gehende Farben. Ein sehr heller Stern, dem die Astronomen den Namen Sirius gegeben haben, ist ein Vertreter dieser Sternenklasse mit weißbläulichem Licht. Wir können ihn im Winter mühelos mit dem bloßen Auge über dem Südhorizont feststellen, weil er als hellster Stern in dieser Himmelsgegend sogleich auffällt.

Bereits die alten Völker haben die vielen Sterne in Sternbilder eingeteilt, damit man sich unter ihnen besser zurechtfinden kann. Sie kannten schon die sieben hellen Sterne des Großen Wagens und die Schulter-, Fuß- und Gürtelsterne des Jägers Orion. Den Sirius nannten sie Hundsstern. Wenn er im Hochsommer am Morgen kurz vor Sonnenaufgang am Osthimmel den frühzeitig zur Ernte auf das Feld gehenden Bauern leuchtet, sprechen wir auch heute noch von den Hundstagen.

Alle diese Sterne sind, wie die Astronomen festgestellt haben, Sonnen. Das allen diesen Sternen Gemeinsame ist nämlich, daß sie riesenhafte und heiße Gaskugeln sind, die wegen der hohen Temperatur ihrer Oberfläche Licht und Wärme ausstrahlen wie unsere Sonne. Diese ist so groß, daß man in ihrem heißen Inneren rund 1 300 000 Erdkugeln unterbringen könnte. Sie ist so heiß, daß die Astronomen durch komplizierte Messungen der Licht- und Wärmestrahlung der Sonne eine Temperatur von rund 6000 Grad Hitze auf ihrer Oberfläche festgestellt haben. Dabei ist unsere Sonne nicht einmal der größte und heißeste unter den vielen Sternen des Himmels, von denen wir mit bloßem Auge von der Nordhalbkugel der Erde aus in einer klaren Nacht etwa 2500 sehen, während die Astronomen mit ihren Fernrohren und fotografierenden Himmelsinstrumenten rund 200 Milliarden festgestellt haben.

Die verschiedenen Leuchtstärken der Sterne, die wir bei der Betrachtung des nächtlichen Himmels wahrnehmen, sagen noch nichts über die wirkliche Leuchtkraft jedes einzelnen Sternes aus. Die wahre Strahlungskraft des Sternes, den wir gerade betrachten, wird uns durch seine Entfernung verfälscht. Ein großer Scheinwerfer, der uns mit seiner gewaltigen Strahlungskraft aus der Nähe sehr stark blenden würde, sieht aus großer Entfernung auch nur wie ein winziger Lichtpunkt aus. Über die wirkliche Strahlungskraft der Sterne können die Astronomen erst dann etwas aussagen, wenn sie die Entferungen der Sterne gemessen haben. Das machen die Astronomen nicht anders als der Landmesser, der den Auftrag hat, die Entfernung eines Fabrikschornsteines in der Landschaft von einer Landstraße aus zu vermessen.

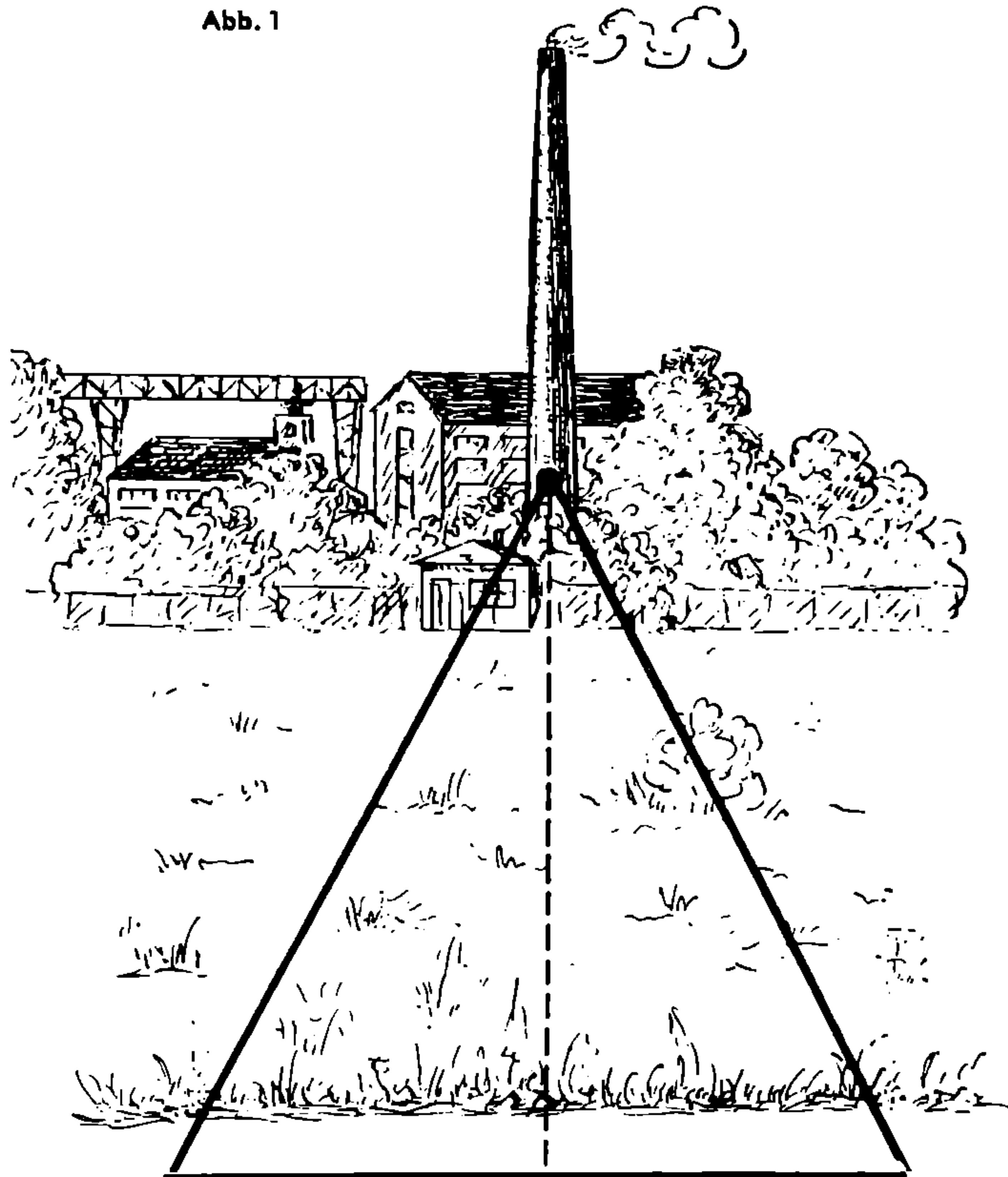
Unser Landmesser steckt in diesem Falle auf der Landstraße eine gerade Strecke ab, die er vorher ausmisst, und stellt an beiden Enden dieser Strecke einen Theodoliten auf. Dieses Instrument ruht wie ein Fotoapparat auf einem Dreibein (dem Stativ). Auf der Holzplatte des Stativs befindet sich, ebenfalls auf drei Füßen, die man mit Hilfe von Schrauben höher und niedriger stellen kann, ein Metallring mit Kreiseinteilung, der parallel zum Horizont oder genauer ausgedrückt, parallel zur Horizontebene ausgerichtet wird. Über dem Kreis befindet sich drehbar ein kleines Fernrohr. Dies ist also ein Theodolit.

Aber beobachten wir nun einmal weiter. Da sehen wir dann, wie der Theodolit erst an dem einen, durch eine Markierungsstange bezeichneten Ende der abgemessenen Strecke aufgestellt wird und wie sich dies dann am anderen Ende, das ebenfalls durch eine Markierungsstange bezeichnet ist, wiederholt.

Wir können weiter beobachten, wie der Landmesser jedesmal, wenn er den Theodoliten nacheinander an den beiden Endpunkten der abgesteckten Strecke aufgestellt hat, das Fernrohr über der Drehscheibe auf den Schornstein richtet und wie er jedesmal, wenn er das getan hat, den Stand des Fernrohrs an einer Markierung auf der Drehscheibe, die nach den Himmelsrichtungen ausgerichtet ist, abliest.

Er macht dabei weiter nichts, als daß er von den Markierungsstangen aus jedesmal den Winkel feststellt, den der Schornstein mit dem Endpunkt der auf der Landstraße abgesteckten Strecke einschließt. Wenn er dies an den beiden Endpunkten der bezeichneten Strecke getan hat, greift er in die

Abb. 1



Tasche, holt einen Rechenschieber heraus und hat, bald nachdem er die ersten Einstellungen vorgenommen hat, das Ergebnis, nämlich die Entfernung des Schornsteins, heraus. Wie ist er zu dem Ergebnis gekommen?

Er hat also zunächst einmal eine Strecke abgesteckt, deren Länge ihm bekannt ist, denn die Meßplatte besaß ja eine Maßeinteilung. Dann hat er an den Endpunkten der Strecke die Winkel gemessen. Wir können uns nun leicht vorstellen, daß die auf der Straße abgemessene Strecke mit den beiden Sehstrahlen zum Schornstein ein Dreieck bildet, von dem uns nach dem Vorhergegangenen eine Seite — nämlich die Strecke auf der Landstraße — und die beiden Winkel zum Schornstein bekannt sind. Nun gibt es in der Mathematik in der Dreiecksrechnung (mit einem Fremdwort heißt sie Trigonometrie) eine Methode, nach der man, wenn von einem solchen Dreieck die vorhin erwähnten Stücke bekannt sind, mit Leichtigkeit das ganze Dreieck berechnen kann. Wenn wir das können, können wir auch die Entfernung des Schornsteins feststellen, ohne daß wir uns diesem auch nur um einen einzigen Schritt zu nähern brauchen; denn die Höhe des Dreiecks ist die Entfernung von der Spitze des Dreiecks bis zu der auf der Landstraße abgesteckten Strecke (Abb. 1).

Ganz genau so, wie hier beschrieben, bestimmt auch der Astronom die Entfernungen der Himmelskörper. Allerdings ist es nicht möglich, daß er sich eine Strecke von nur wenigen Metern auf der Landstraße absteckt; denn wir können uns denken, daß mit zunehmender Entfernung der Gestirne auch die Basis, also die bekannte Strecke, die wir als Grundlage zu unserer Messung benutzen, viel größer sein muß. Denn nur so wird es uns möglich sein, an den Endpunkten der Basis noch Winkel zu erhalten, die die Berechnung eines Dreiecks gestatten.

Also mit der Landstraße ist es diesmal nichts. Aber zum Glück ist ja die Erde recht groß. So ist es schließlich kein unüberwindliches Hindernis, sich auf der Erde zwei so weit voneinander entfernte Orte als Endpunkte einer neuen Meßbasis auszusuchen, daß die diesmal sehr großen Entfernungen der Markierungsstangen eine genaue Messung gewährleisten. Man mißt den Standort des Mondes am Himmel zum Beispiel einmal auf der Sternwarte in Moskau und bestimmt den Standort zum gleichen Zeitpunkt auf der Sternwarte in Kapstadt. Dann ist die Entfernung Moskau—Kapstadt, die man auf andere Weise auf der Erde ermittelt hat, gleichbedeutend mit der in unserem vorigen Beispiel genannten Strecke auf der Landstraße. Dabei kommt es auf die durch die Erde hindurchgehende kürzeste Verbindung zwischen beiden Städten an, nicht auf die durch die Krümmung der Erde hervorgerufene größere Entfernung auf der Erdoberfläche. Richtet man nun an den so entstandenen Endpunkten der Linie Moskau—Kapstadt je ein Fernrohr auf den Mond, dann wird man die beiden zur Dreiecksrechnung benötigten Winkel finden. Das heißt: Der Mond wird uns, von Moskau aus betrachtet, an einer

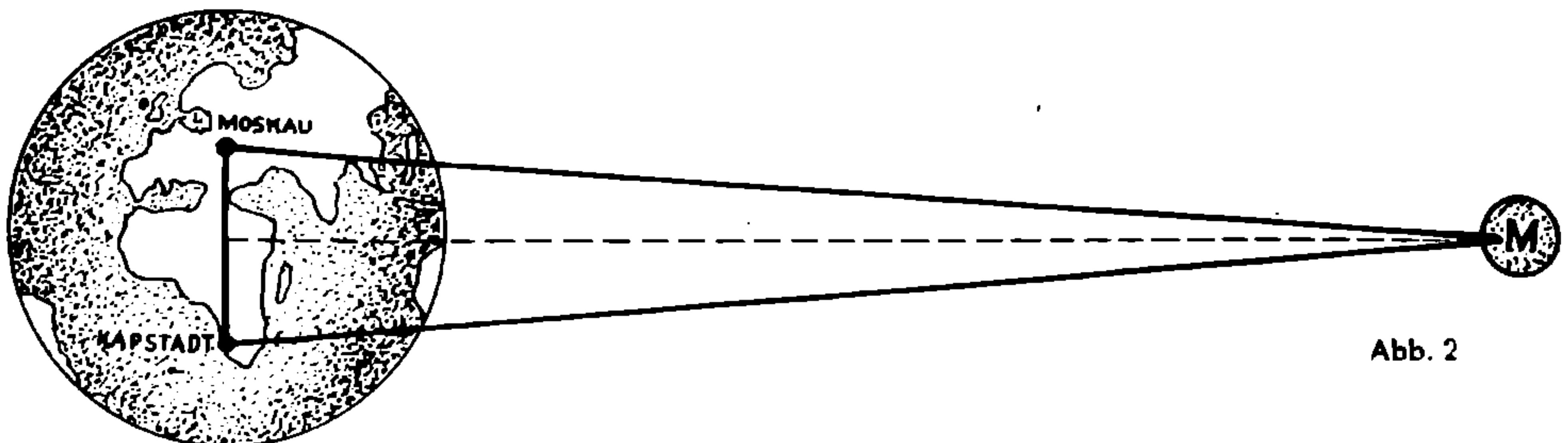


Abb. 2

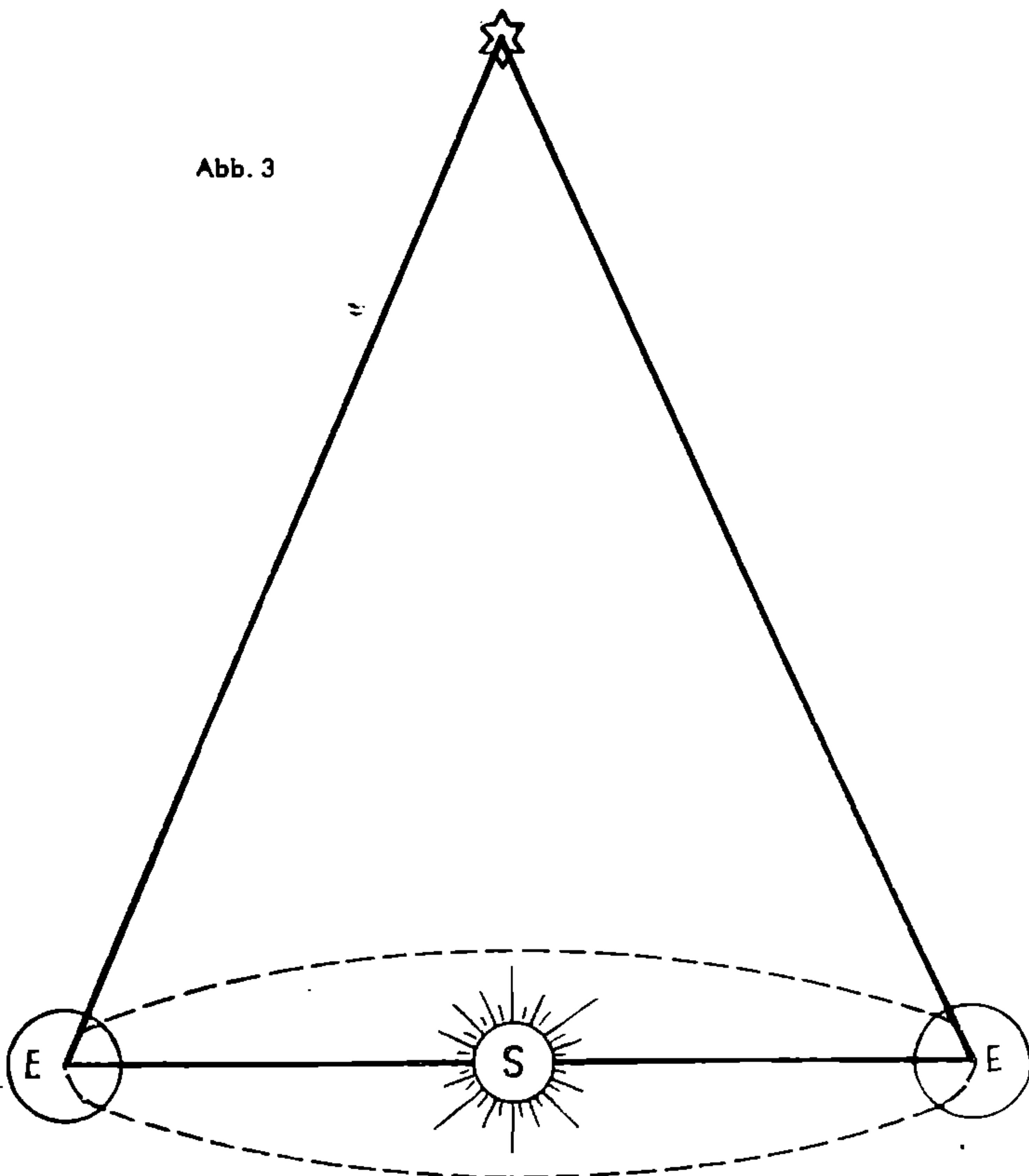
anderen Stelle des Himmelshintergrundes erscheinen, als dies von Kapstadt aus der Fall sein wird (Abb. 2).

Der Mond ist 384 000 Kilometer von der Erde entfernt. Bei ihm reicht, wie wir soeben gesehen haben, die verhältnismäßig große Entfernung der beiden Erdorte zu einer genaueren Entfernungsbestimmung aus. Was machen wir aber, wenn ein Stern so weit von uns weg ist, daß selbst die größte mögliche Entfernung, die man auf der Erde zwischen zwei Beobachtungsorten legen kann, zu einer solchen Messung nicht mehr ausreicht?

Dann kommt uns ein sehr glücklicher Umstand zu Hilfe: die Tatsache nämlich, daß die Sonne von der Erde — oder, was auf dasselbe herauskommt, die Erde von der Sonne — im Mittel 150 000 000 Kilometer entfernt ist. Auch diese bedeutend größere Entfernung kann man noch auf eine ähnliche Weise wie beim Mond feststellen. Wenn nun die Erde, wie wir wissen, in Jahresfrist einmal um die Sonne wandert und die Entfernung von der Sonne diese ermittelte Kilometerzahl beträgt, dann kommt doch die Erde genau ein halbes Jahr später auf der anderen (von der Sonne aus betrachtet, entgegengesetzten) Seite zu stehen. Das heißt aber nichts anderes, als daß der Entfernungunterschied gegenüber dem vor einem halben Jahr innegehabten Ort im Weltenraum rund 300 000 000 Kilometer beträgt. Wenn wir nun demzufolge den Ort eines fernen Fixsternes (ferne Sterne, die in Wirklichkeit Sonnen sind) einmal heute und einmal ein halbes Jahr später, wenn die Erde am anderen Ende ihrer Bahn angekommen ist, messen, dann reicht die dazwischenliegende Strecke von 300 000 000 Kilometern aus, um eine Ortsveränderung des betreffenden Fixsternes, die natürlich nur eine Verschiebung gegenüber dem Himmelshintergrund ist, wahrzunehmen (Abb. 3).

Das also ist die Methode, die zur Entfernungsbestimmung bei den hellsten Fixsternen geführt hat, die sich gleichzeitig mit nicht allzu vielen Ausnahmen auch als diejenigen unter den Fixsternen herausgestellt haben, die der Erde am nächsten sind. Die erste gemessene Entfernung verdanken wir dem deutschen Astronomen Bessel (1784—1846), der sie vor mehr als einem Jahrhundert an einem allerdings weniger hellen Stern im Sternbild Schwan ausführte.

Abb. 3



Im Jahre 1935 gab der Astronom F. Schlesinger ein von ihm zusammengestelltes Sternenverzeichnis heraus, das rund 7500 Sterne enthält. Hierbei konnten die auf die beschriebene Art gemessenen Entfernung allerdings nur teilweise zugrunde gelegt werden. Wenn trotzdem die Entfernung für alle 7500 Sterne genannt sind, so kommt das daher, daß die meisten Entfernungangaben nicht auf gemessenen Entfernung beruhen, sondern durch Anwendung indirekter Methoden zustande gekommen sind.

Wenn man die Entfernung der Sterne

festgestellt hat, kann man erst aus dem Vergleich ihrer scheinbaren Helligkeit mit der gemessenen Entfernung ihre wirkliche Leuchtkraft ermitteln. Dabei hat sich herausgestellt, daß es Sterne gibt, die viel heller strahlen als unsere Sonne.

Unsere Sonne sendet hauptsächlich gelbes Licht aus. Sie hat an ihrer Oberfläche eine Temperatur von 6000 Grad. Die rötlichleuchtenden Sterne sind kühler, sie sind an ihrer strahlenden Außenschicht nur 2000 bis 3000 Grad heiß. Hingegen entwickeln die weißstrahlenden Sterne in der Oberflächenschicht ihrer Gaskugel eine Temperatur von mindestens 10 000 bis 15 000 Grad Hitze. Daß sich die Oberflächentemperatur der Sterne in den Farben ausdrückt, die sie ausstrahlen, ist uns allen bekannt. Wir brauchen ja nur an einen Schmied zu denken, der Eisen im Feuer erwärmt. Wenn der Schmied das Eisen erst kurze Zeit im Feuer hält, beginnt es zunächst in verhaltener roter Glut zu leuchten. Ist es länger im Feuer, wird es wärmer und leuchtet gelb, und wenn der Prozeß der Erwärmung lange genug dauert, leuchtet es schließlich blendend weiß. Nimmt der Schmied das Eisen dann aus dem Feuer, können wir den umgekehrten Vorgang beobachten. Das in Weißglut

geratene Eisen verwandelt sich im Verlaufe des Abkühlungsvorganges, dem es nun unterworfen ist, zunächst in Gelbglut, dann in Rotglut und zuletzt schließlich wieder in ein Stück Eisen, das genauso kalt und dunkel erscheint wie zuvor. Beträgt die Oberflächentemperatur der Sterne schon die oben erwähnten 2000 bis 15 000 Grad Wärme und mehr, so ist es kein Wunder, daß es im Inneren dieser rot-, gelb- oder weißstrahlenden Gaskugeln noch heißer ist. In dem heißen Inneren unserer gelbstrahlenden Sonne vermuten die Astronomen auf Grund ihrer Berechnungen eine Temperatur von 20 000 000 Grad. Was nun für den in einem früheren Abschnitt erwähnten Teller gilt, nämlich, daß er sich aus kleinsten Teilen der Materie zusammensetzt, die wir Atome nennen, gilt auch für unsere Sonne und für alle anderen Sterne. Diese sind ja, wie wir gesehen haben, auch heiße, leuchtende Gasbälle, also Sonnen. Aber unter der Einwirkung dieser 20 000 000 Grad im Sonneninneren geht mit den Atomen etwas Merkwürdiges vor sich. Aus Wasserstoffatomen bilden sich Atome eines anderen Stoffes, nämlich Heliumatome. Bei diesem Vorgang werden — ähnlich wie beim Atomkernzerfall, der von den Physikern in den Laboratorien der Erde künstlich herbeigeführt wird — riesige Mengen Energie frei. Diese Mengen Energie sind es, aus denen die Sonne immer wieder aufs neue die gewaltigen Mengen Strahlung schöpft, die sie ohne Unterbrechung in das Weltall hinaussendet.

Wenn wir eben von Atomkernen sprachen, so deswegen, weil die Atomphysiker festgestellt haben, daß ein vollständiges Atom aus einem elektrisch geladenen Kern besteht, um den sich beim Wasserstoff ein Elektron und in allen anderen Fällen mehrere Elektronen bewegen. Die Elektronen sind Atomteilchen mit den Kernladungen entgegengesetzten, negativen elektrischen Ladungen. Wegen der gegensätzlichen elektrischen Ladung von Kernen und Elektronen besteht auch die gegenseitige Anziehung dieser Atomteilchen. Der Atomkern selber besteht wiederum aus kleineren Bestandteilen, anderen Elementarteilchen, die durch gewaltige Energien, die sogenannten Bindungsenergien, zusammengehalten werden. Beim künstlich herbeigeführten Zerfall eines Atomkernes werden die Bindungsenergien überflüssig und deshalb freigesetzt. Es hängt von uns Menschen ab, ob wir ihre außerordentliche Wirkungskraft zur Zerstörung ganzer Städte und zur Vernichtung von Millionen Menschen oder zum friedlichen Aufbau unserer Wirtschaft verwenden.

Die den Staat beherrschenden Monopolkapitalisten Amerikas, die an der Herstellung von Atombomben Milliarden verdienen, wollen die Atomenergie zur Vernichtung der Menschen benutzen. Dagegen verwendet man die Atomenergie in der Sowjetunion zum Segen der Menschen, indem man mit ihr Gebirgsteile sprengt, um Flüsse umzuleiten und unfruchtbare Gegenden zu bewässern. Dadurch erhöht sich der Ernteertrag des Landes, und die Menschen können besser leben.

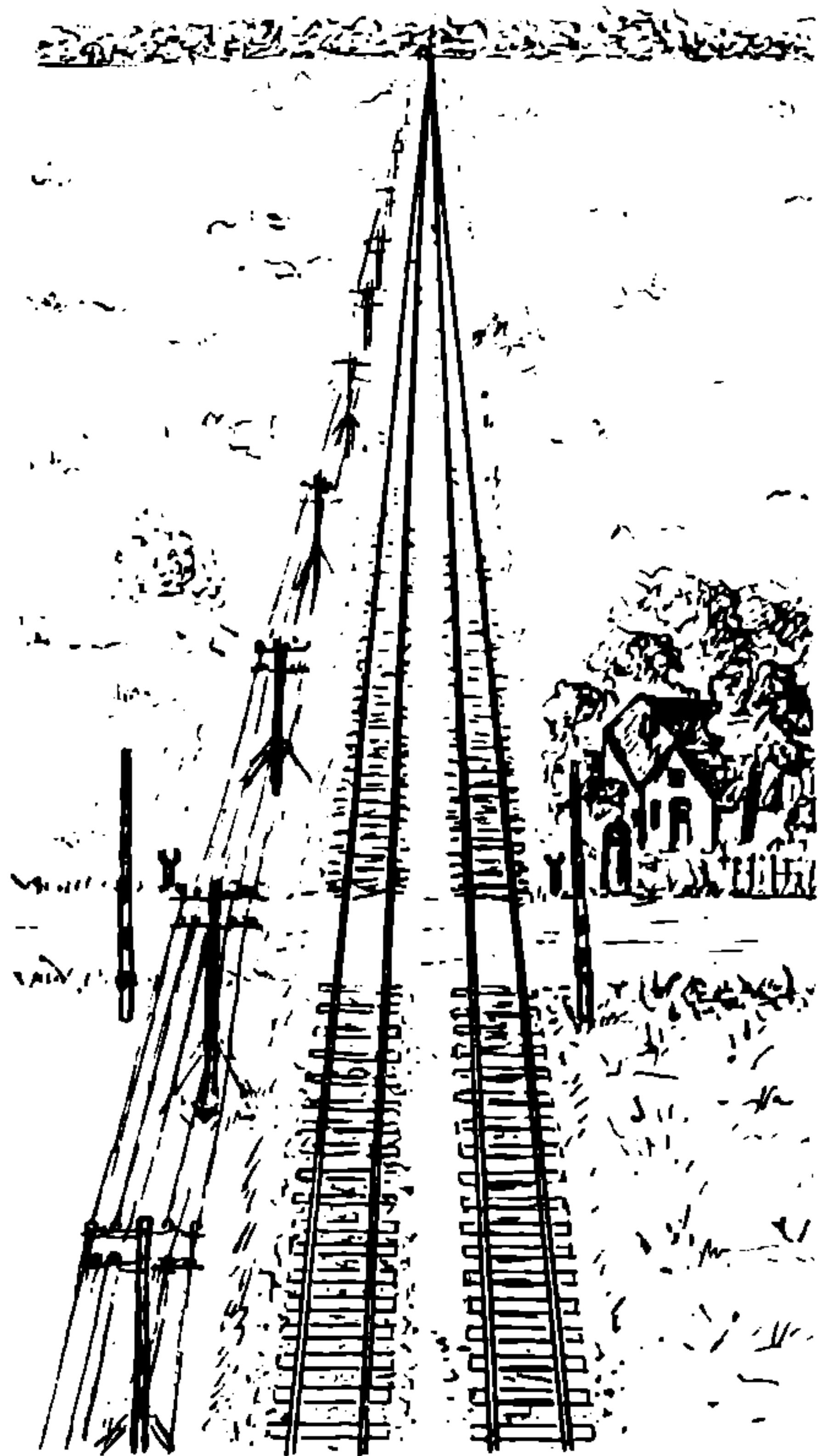


Abb. 4

Bor in dem Sonnenkörper fast völlig fehlen. Er ist der Ansicht, daß zwischen den einzelnen Prozessen der Stoffumwandlung in den Sonnen Pausen eintreten, in denen die Gashüllen der Sterne abkühlen und zusammenschrumpfen. Durch diese Schrumpfung wird dann im Inneren der Sterne neuerlich die hohe Temperatur erzeugt, die zu einer neuen Stoffumwandlung und der damit verbundenen Energieerzeugung führt.

Auf diese Weise kann man sich heute erklären, daß die Sonnen Milliarden Jahre strahlen, ohne merklich an Leuchtkraft und Wärmestrahlung einzubüßen.

Abb. 5. Ein Ausschnitt der Milchstraße. Die Sterne sind so weit von uns entfernt, daß wir sie einzeln kaum noch voneinander unterscheiden können. Und dennoch ist jeder Lichtpunkt eine große, heiße, leuchtende Sonne. Unsere nicht selber strahlende Erde würde aus einer so großen Entfernung überhaupt nicht mehr sichtbar sein.

Das Beispiel unserer Sonne und der übrigen Sterne zeigt, daß Energieerzeugung in dem gewaltigen Umfange der Atomenergie nicht nur durch den Zerfall der Atomkerne möglich ist, sondern auch durch den Aufbau von Grundstoffen, den Elementen. Das geschieht in der Sonne, in der sich das einfachste Element, der Wasserstoff, in den etwas schwereren Stoff Helium verwandelt. Dieser physikalische Prozeß wird durch den Kohlenstoffgehalt der Sonnenkugel ausgelöst. Der sowjetische Forscher Fessenkow hat nun eine Theorie aufgestellt, wonach die Sonne nicht immer auf diese Weise Energie erzeugt hat. Früher sind vermutlich durch den sogenannten schweren Wasserstoff in der Sonne Prozesse ausgelöst worden, die (über die Bildung und Wiederauflösung der Elemente Beryllium und Lithium) Helium aufgebaut haben. Der sowjetische Astronom schließt das daraus, weil heute die leichten Elemente Lithium, Beryllium und



Im unendlichen Weltall bilden die von den Astronomen festgestellten 200 Milliarden Sonnen eine große Sterneninsel. Selbst das schnellste Bewegungsmittel, der Lichtstrahl, der in einer einzigen Sekunde siebeneinhalbmal um die Erde eilt und somit die Strecke von 300 000 Kilometern zurücklegt, kann diese Sterneninsel erst in 80 000 Jahren durchdringen. Sie hat die Gestalt einer flachen Linse. Wir befinden uns mit unserer Sonne und unserer Erde in ihr, näher dem Rande als der Mitte, und schauen diese Sterneninsel daher immer nur von innen. Betrachten wir sie in der Ebene ihrer größten Ausdehnung, so scheinen uns die entferntesten Sterne, zu denen unser Blick noch dringt, außerordentlich nahe beieinanderzustehen, so, wie Eisenbahnschienen zum Horizont hin auch aufeinander zuzulaufen scheinen (Abb. 4).

In der Ebene des größten Durchmessers unserer Sterneninsel können wir die Sterne daher gar nicht mehr voneinander unterscheiden; sie erscheinen uns alle zusammen wie ein großer leuchtender Wolkengürtel. Wir nennen diesen großen leuchtenden Lichtwolkenring am Himmel die Milchstraße (Abb. 5). Senkrecht zur Ebene der größten Ausdehnung unserer Sterneninsel ist sie gar nicht dick. Deswegen erblicken wir in dieser Richtung auch viel weniger Sterne und können aus unserer Sterneninsel in das unendliche Weltall hinausschauen. Wenn die Astronomen das tun, erblicken sie durch ihre mächtigen, lichtstarken Fernrohre in den Tiefen des Weltalls neue, ferne Sterneninseln, die jede für sich wieder aus wenigstens 100 Milliarden Sonnen bestehen.

Die Astronomen rechnen damit, daß es insgesamt 100 Milliarden solcher Sterneninseln gibt, und sowjetische Astronomen haben nachgewiesen, daß diese 100 Milliarden Sterneninseln wiederum nur eine größere Sternenwelt im unendlichen Weltall, eine sogenannte Metagalaxis, darstellen. Aus wieviel Sonnen besteht solch eine Metagalaxis? Das können wir uns nach dem bisher Gesagten leicht ausrechnen.

Sie besteht aus 100 Milliarden Sterneninseln, und jede Sterneninsel zählt wenigstens 100 Milliarden Sonnen. Also müssen wir die 100 Milliarden Sterne in jeder Sterneninsel mit den 100 Milliarden Sterneninseln multiplizieren. Wenn wir das ausrechnen, erhalten wir eine Zahl, die aus einer Eins und 22 Nullen besteht. Eine solche Zahl heißt 10 000 Trillionen. Wir können uns unter einer so großen Zahl nichts mehr vorstellen. Und dabei stellt diese gewaltige Sternenzahl nur einen Teil des unendlichen Weltalls dar (Abb. 6)!

Abb. 6. Das ist ein großer, ferner Spiralnebel, eine Sterneninsel im Sternbild Jagdhunde, die ähnlich wie unsere Sterneninsel eine Ansammlung von mehr als 100 Milliarden Sonnen ist. Sicher befinden sich auch in ihr leuchtende Gas- und Dunkelwolken, die das Material für die Neubildung von Sternen abgeben. Auch werden zahlreiche Sonnen in dieser fernen Sternenwelt von dunklen Begleitern umgeben sein.



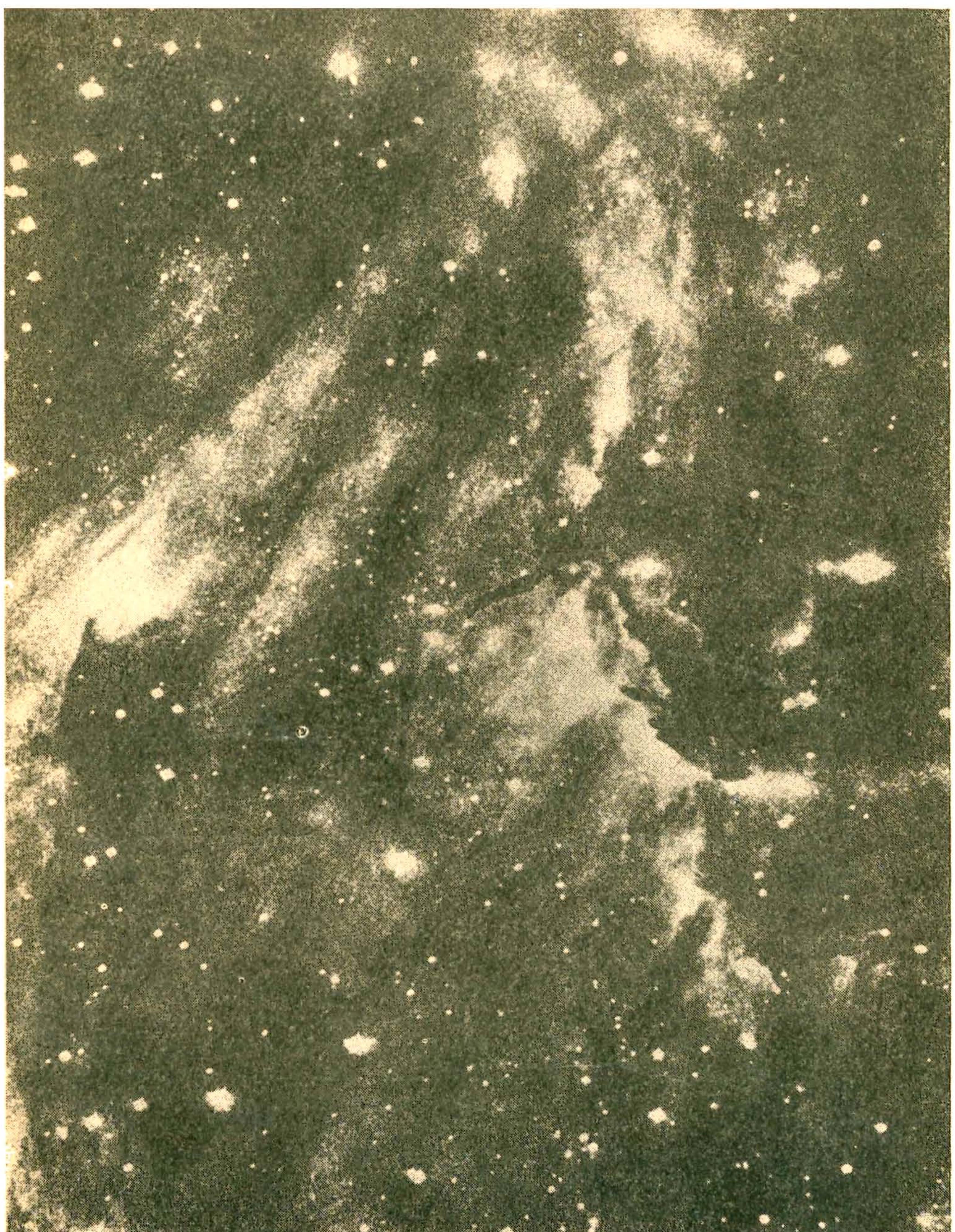
Wie die Sterne entstehen

Wir sprachen schon davon, daß das Weltall räumlich und zeitlich unendlich ist, alle seine Teile, in denen es sich ausdrückt, aber räumlich und zeitlich begrenzt sind. Das heißt, daß jeder Stern, jede dieser Trillionen Sonnen, von denen wir vorhin sprachen, irgendwann einmal entstanden sein muß. Unsere Sonne existiert, wenn man ihr Alter nach der Menge Helium beurteilt, die sich in ihrem Inneren bei der Energieerzeugung der Sonne gebildet hat, schon rund 10 Milliarden Jahre. Aber der sowjetische Astronom Ambarzumjan hat sogenannte Sternengesellschaften entdeckt, deren Sonnen alle riesenhaft groß sind. Sie strahlen ihre Energie mit einer so großen Kraft in das Weltall hinaus, daß er daraus schließt, daß diese Sterne noch nicht länger als 10 Millionen Jahre strahlen können. Sie müssen im Gegensatz zu unserer Sonne also noch recht jung sein und können sogar erst später als unsere Erde, die rund 2 Milliarden Jahre alt geschätzt wird, entstanden sein. Dieses Beispiel zeigt uns, daß die Sterne nicht alle gleich alt sein können, sondern zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten des Weltalls neu entstehen. Können sich die Astronomen nun heute schon erklären, wie und wodurch die Sterne im Weltall entstehen?

Sehr einfach ist die Frage natürlich nicht zu beantworten, denn in den 340 Jahren, in denen die Astronomen mit ihren Fernrohren den Himmel durchforschen, ist es ihnen noch nicht gelungen, die Entstehung eines Sternes zu beobachten. Das ist auch nicht verwunderlich; denn der Prozeß der Sternenentstehung dauert vermutlich viele Millionen Jahre, und dieser langen Zeit gegenüber sind 340 Jahre nicht mehr als einige Augenblicke im Leben eines Menschen. Dennoch haben die Astronomen heute auf Grund ihrer systematischen Durchforschung des Weltalls Theorien aufgestellt, die uns die Entstehung der Sterne im Weltall erklären können.

Dazu müssen wir wissen, daß es im Weltall nicht nur leuchtende Sonnen und deren Planeten (von denen wir nachher noch zu sprechen haben) gibt, sondern daß zwischen den leuchtenden Sonnen eines jeden Sternsystems noch ungeformte Materie in verschiedener Gestalt existiert. Mit ihren lichtstarken Fernrohren unterscheiden die Astronomen bei dieser nicht zu Sternen geformten Materie große leuchtende Gasnebel und Dunkelnebel, die stellenweise ausgedehnte Gebiete des Sternenhimmels bedecken und das Licht der hinter ihnen befindlichen Sterne verschlucken. Während sich die leuchtenden Gasnebel aus Gasatomen zusammensetzen, die von den in ihrer Nähe

Abb. 7. Hier hat das Fernrohr der Astronomen einen Ausschnitt des Weltenraumes fotografiert, in dem sich neben leuchtender Gasmaterie große Dunkelwolken befinden. Zum Teil leuchten die Gasnebel in einem für unsere Augen unsichtbaren Licht und müssen mit Spezialfotoplatten aufgenommen werden.



vorhandenen heißen Sternen angeregt werden, selbst zu leuchten, bestehen die Dunkelnebel — sie werden auch Dunkelwolken genannt — aus kleinen festen Körpern. Die kleinsten dieser festen Körper nennen die Astronomen Rauchteilchen (Abb. 7).

Stellen wir uns einmal vor, daß sich solch ein Rauchteilchen irgendwo für sich allein im Weltall befände. Dann würde dieses Rauchteilchen, da die Sterne im Weltall im allgemeinen gleichmäßig verteilt sind, von allen Seiten gleich stark von Strahlung getroffen werden. Obwohl die Sternenstrahlung auf solche kleinen und leichten Körper, wie es die Rauchteilchen sind, einen merklichen Druck ausübt, würde sich das Rauchteilchen im Raum nicht bewegen; denn der Druck der Strahlung würde es von allen Seiten aus gleich stark treffen. Aber ein solches Rauchteilchen, das für sich allein im Weltall existiert, gibt es nicht. Die Forschungen der Astronomen haben bewiesen, daß diese festen Teilchen immer nur in ganzen Gruppen auftreten, die nicht selten die Ausdehnung der soeben geschilderten Dunkelwolken annehmen. Dabei kommt es häufig vor, daß sich die Rauchteilchen gegenseitig beschatten und nur an ihren äußeren Seiten vom Strahlungsdruck getroffen werden. Solche Teilchen werden von der Sternenstrahlung zusammengeschoben und beginnen zu wachsen. Wenn mehrere solcher Teilchen auf diese Weise zusammengeschoben werden, entsteht eine Ansammlung, ein Komplex von einzelnen Teilchen — also ein größeres neues Teilchen. Dieses entwickelt Anziehungskraft, Gravitation. Ein solcher Körper wächst weiter, da er infolge der Gravitation ständig neue Teilchen an sich zieht. Schließlich entsteht durch das Anwachsen einzelner Teilchen mittels des Strahlungsdrucks und durch den fortdauernden Zusammenschluß vieler solcher größeren Komplexe mittels der Gravitation ein großer Massekörper. Hat dieser genügend Masse in sich vereinigt, dann entwickelt er unter dem starken Druck der Masse, die auf seinem Inneren lastet, innen eine hohe Temperatur. Wenn diese so entstandene Temperatur im Innern des Sternes stark genug ist und an seiner Oberfläche 1500 Grad und mehr erreicht, dann beginnt der Massekörper sowohl im Innern als auch an seiner Oberfläche zu glühen. Das Ergebnis dieses Vorgangs ist das Erscheinen eines neuen leuchtenden Himmelskörpers im Weltall, eines neuen Sterns.

Der sowjetische Astronom und Stalinpreisträger Ambarzumjan (Abb. 8) ist auf Grund seiner neuesten Beobachtungen, die er auf dem astronomischen Observatorium von Bjurokansk in der Armenischen Sozialistischen Sowjetrepublik durchgeführt hat, der Überzeugung, daß sich in den von ihm beobachteten Sternensystemen zunächst Protosterne bilden, die sich im Verlauf ihres weiteren Entwicklungsprozesses sodann in gewöhnliche Sterne auflösen. (Unter Protosternen versteht man die durch Zusammenwachsen von Dunkelmaterieteilchen oben geschilderten Sterne.) Für den Prozeß der Sternenentstehung sind also zwei einander entgegenwirkende, einander wider-

sprechende Kräfte notwendig. Diese einander widersprechenden Kräfte sind Strahlungsdruck und Gravitation. Der Strahlungsdruck, der von Natur aus abstoßend wirkt und zum Beispiel kleine leichte Stoffteilchen von der Sonne fortbefördert, schiebt unter den besonderen Bedingungen in einer Staubnebelwolke im Weltall die Rauchteilchen zusammen; diese beginnen dadurch zu wachsen. Das übrige besorgt dann die dem Strahlungsdruck entgegenwirkende Gravitation. Man nennt sie auch Anziehungskraft, weil sie, im Gegensatz zum abstoßenden Strahlungsdruck, anziehende Wirkung ausübt. Sie bewirkt die Vereinigung der Rauchteilchen, die bereits infolge des Strahlungsdrucks gewachsen sind, und zeitigt schließlich den leuchtenden Stern, den wir am Himmel beobachten.



Abb. 8. Der sowjetische Astronom Prof. W. Ambarzumjan. Einer der bedeutendsten Astrophysiker der Gegenwart.

Was sind Planeten?

Wenn wir am Abend den Himmel betrachten, sehen wir nicht nur die funkelnden Fixsterne, die sich bei näherer Untersuchung durch die Astronomen als ferne Sonnen herausgestellt haben, sondern auch einige Sterne, die einen ruhigen Glanz aussenden. Diese Sterne sind allerdings in der Minderzahl. Sie fallen nicht nur durch den ruhigen Glanz auf, den sie zum Unterschied zu den Fixsternen ausstrahlen. Sie machen sich auch noch durch eine Bewegung bemerkbar, die sie an bestimmten Sternbildern vorbeiführt. Die Fixsterne heißen übrigens deswegen Fixsterne (das bedeutet „feststehende“ Sterne), weil sie als ferne Sonnen, die im Gegensatz zu den Planeten viel weiter von der Erde entfernt sind, am Himmel scheinbar feststehen. In Wirklichkeit bewegen sich diese fernen Sonnen auch, nur daß uns ihre Bewegung wegen ihrer großen Entfernung von der Erde viel schwerer erkennbar wird und innerhalb eines Menschenlebens überhaupt nur mit Instrumenten nachzuweisen ist, die Spitzenleistungen der modernen Technik darstellen. Allerdings können wir auch die Bewegungen der Planeten in einer Nacht nicht feststellen, obwohl sie uns wegen deren größerer Nähe weitaus merklicher sind. Dazu müssen wir diese Himmelskörper, die die Astronomen mit dem deutschen Wort „Wandelsterne“ bezeichnen, mindestens mehrere Wochen lang beobachten.

Wir wollen nun zunächst untersuchen, weshalb die Planeten so auffallend ruhig strahlen und sich am Himmel unter den übrigen Sternen weiterbewegen. Von den Fixsternen haben wir schon festgestellt, daß sie alle sehr weit von der Erde entfernt sind. Nur weil es heiß strahlende Sonnen sind, können wir sie aus dieser großen Entfernung überhaupt wahrnehmen. Die Nachbarsonne unserer Sonne ist schon rund 40 Billionen Kilometer von der Erde entfernt. Man kann diese Nachbarsonne, die die Bezeichnung alpha Centauri trägt, nur von der südlichen Halbkugel der Erde aus sehen. Einer der nächsten Sterne, die wir von der nördlichen Halbkugel des Erdballes aus beobachten können, ist der schon erwähnte weißfunkelnde Sirius. Er leuchtet im Winter ziemlich tief über dem südlichen Horizont und ist von der Erde etwa 80 Billionen Kilometer entfernt. Das ist eine Entfernung, die selbst der schnelle Lichtstrahl, der in jeder Sekunde 300 000 Kilometer zurücklegt, erst in rund acht Jahren überbrückt. Infolge so großer Entfernungen erscheinen uns alle Fixsterne punktförmig. Selbst das lichtstärkste Fernrohr ändert daran nichts. Es läßt wohl das Licht der Fixsterne heller erscheinen und auch noch die schwach leuchtenden Sterne sichtbar werden, die sich der Beobachtung mit dem bloßen Auge entziehen; aber die Lichtquelle, der Stern, bleibt auch dem Fernrohr punktförmig. Wenn nun das Licht dieser uns punktförmig erscheinenden Sterne durch die Erdatmosphäre zur Oberfläche der Erde gelangt, wird es durch die beständig ineinanderfließenden, verschieden dichten Luftsichten so beeinflußt, daß es zu flimmern beginnt.

Anders ist das bei den Planeten. Die sind zwar alle viel kleiner als die Fixsterne, aber sie befinden sich der Erde auch beträchtlich näher. Aus dieser viel größeren Nähe zur Erde erscheinen die Planeten schon dem bloßen Auge nicht punktförmig, sondern als winzige Scheiben. Von diesen Planetenscheiben gehen parallele (gleichgerichtete) Lichtstrahlen aus, die beim Durchgang durch die Atmosphäre der Erde weit weniger stark beeinflußt werden als die Strahlen punktförmiger Lichtquellen. Genauer gesagt kommt das daher, daß von den Planeten mit scheinbar großen Durchmessern immer sehr viele Strahlen zugleich in unser Auge gelangen, die sich in allen möglichen Zuständen des Flimmerns befinden, so daß deren Summe eine immer fast gleichbleibende Helligkeit ergibt. Daher flimmen die Planeten im Gegensatz zu den Fixsternen nur ganz unbedeutlich. Die Bewegung der Planeten unter den übrigen Sternen erklärt sich dadurch, daß die Planeten sich um die

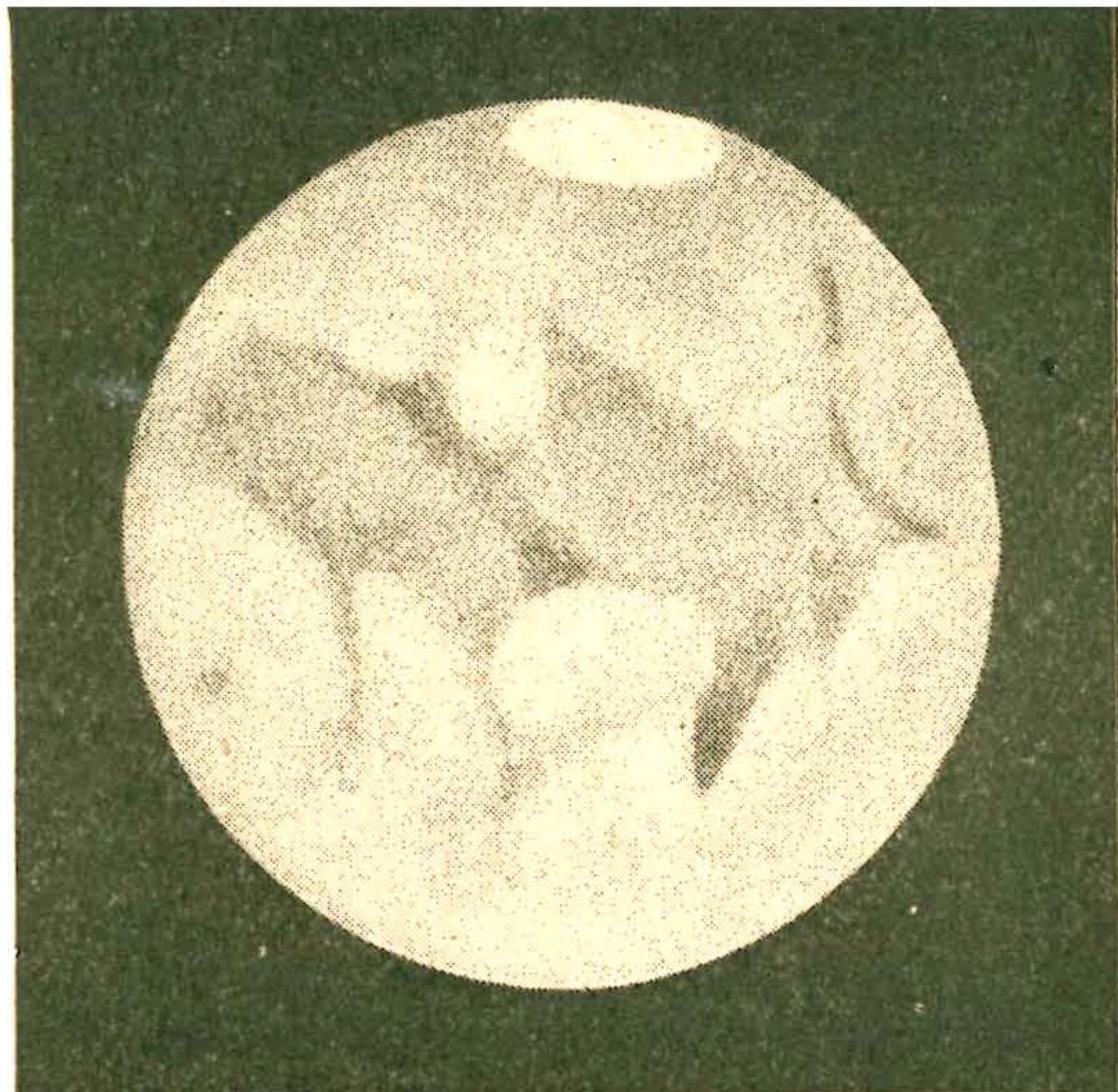


Abb. 9. Der Planet Mars. Zwei Zeichnungen des verstorbenen Direktors der Wiener Sternwarte Professor K. Graff. Oben sehen wir die Polkappe, die aus Wasser im gefrorenen Zustande besteht und im Marssommer abschmilzt. Die dunklen Gebiete sind zum Teil Vegetationsgebiete, in denen primitive Pflanzen, unseren Flechten, Moosen und Algen ähnlich, vorkommen. Dieses Wissen verdanken wir dem Leningrader Professor Tichow, der einen neuen Zweig der Astronomie, die Astrobotanik, begründet hat.

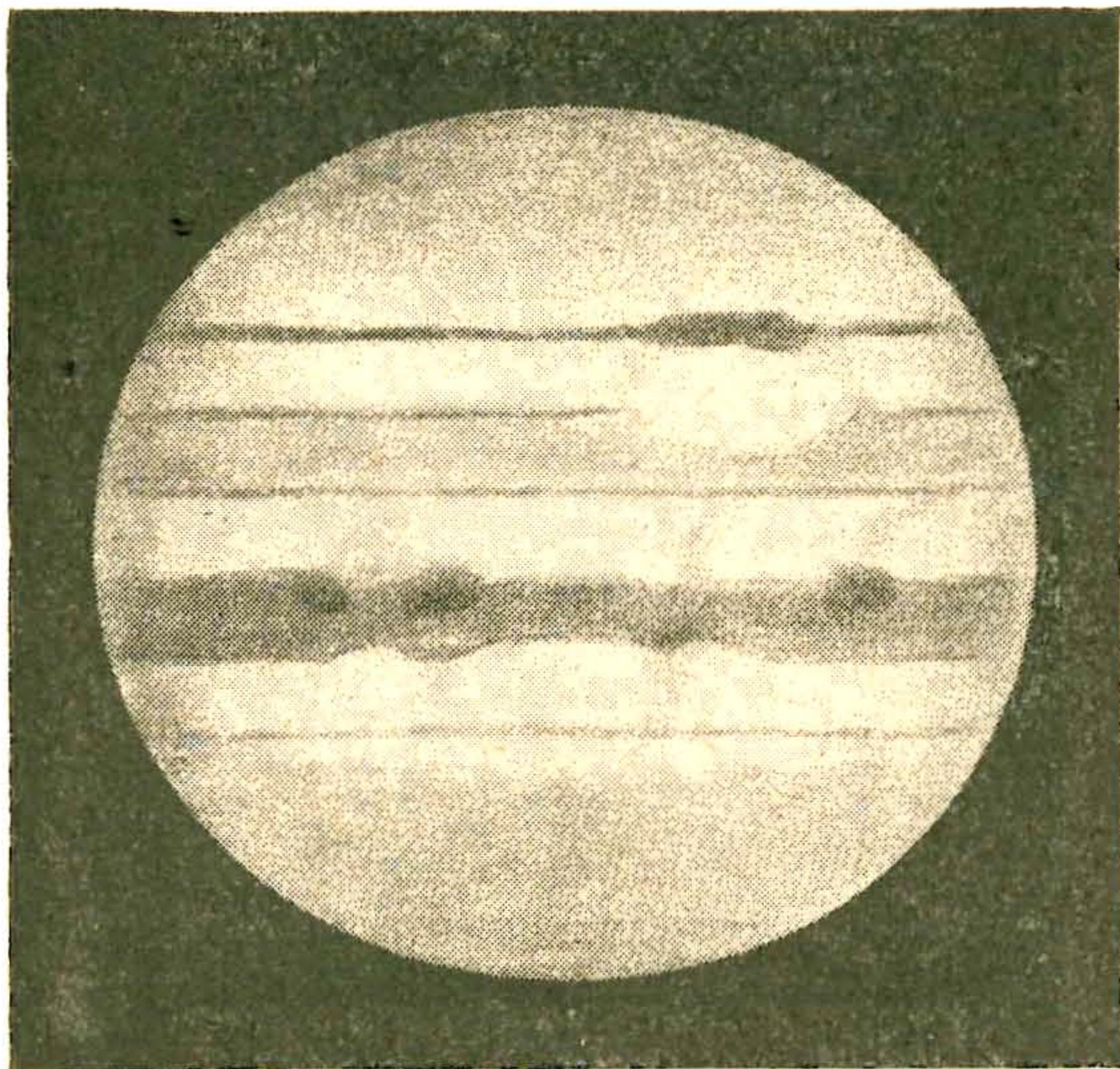


Abb. 10. Der Riesenplanet Jupiter nach einer Handzeichnung von Klaus Pflug von der astronomischen Arbeitsgemeinschaft an der Archenhold-Sternwarte in Berlin-Treptow. Wir sehen auf eine dichte Atmosphäre aus Methan und Ammoniak. Zu wesentlich höheren Entwicklungformen dürfte bei der großen Entfernung dieses Planeten von der Sonne (er ist fünfmal so weit als die Erde von ihr entfernt, und in seiner Atmosphäre herrscht eine Temperatur von 170 Grad Kälte) die Materie kaum fähig sein.

12 beziehungsweise 30 irdische Jahre zu einem Sonnenumlauf benötigen (Abb. 10).

Jenseits des Saturn haben die Astronomen noch die Planeten Uranus, Neptun und Pluto entdeckt. Diese sind aber so weit von der Sonne und von der Erde entfernt, daß man sie nur mit Hilfe astronomischer Fernrohre beobachten kann.

Zwischen Mars und Jupiter bewegen sich mehrere tausend kleine Planeten. Die Astronomen nennen sie Planetoiden. Sie sind alle viel kleiner als die Erde und die übrigen acht großen Planeten. Ihre Bahnen sind zum Teil langgestreckt, nicht kreisförmig, sondern elliptisch. Mit ihren elliptischen Bahnen kreuzen sie oft die Bahnen der großen Planeten. Auf diese Weise können sie unter Umständen der Erde recht nahe kommen. So erhalten wir auch Kenntnis von den winzigsten dieser kleinen Planeten, die oft nur einen Durchmesser von wenigen hundert Metern haben.

Die Bahnberechnung für die großen und kleinen Planeten unseres Sonnensystems ist für die Astronomen eine recht umständliche und schwierige Angelegenheit. Warum ist das wohl so? Es existieren, wie wir soeben erfahren

Sonne bewegen, genau wie die Erde, die auch zu den Planeten zählt. Die sonnennahen Planeten brauchen dazu kürzere, die sonnenferneren längere Zeit. Der sonnennächste Planet ist Merkur. Die Erde umläuft die Sonne in einem Jahr. Die sonnennähere Venus, die wir als Abend- oder Morgenstern kennen, benötigt zu einem Umlauf um die Sonne nur 225 Tage. Der weiter als die Erde von der Sonne entfernte Planet Mars umwandert die Sonne in einem irdischen Jahr (das sind 365 Tage) und 322 Tage (Abb. 9). Ihm folgen die Wandelsterne Jupiter und Saturn, die

haben, neun große und mehrere tausend kleine Planeten. Jeder dieser Himmelskörper wird in seinem Verhalten durch das Verhalten aller anderen Himmelskörper bestimmt und wirkt umgekehrt mit seinem Verhalten auf das Verhalten aller anderen Himmelskörper zurück. Es genügt also nicht, bei der Bahnbestimmung, die für einen Planeten durchgeführt werden soll, die Masse der Sonne und des betreffenden Planeten sowie die gegenseitige Entfernung von Sonne und Planet zu berücksichtigen. Alle anderen großen und kleinen Planeten wirken nämlich mit ihren Massen auf den Planeten ein und verändern seine Bahn. Die dazu erforderlichen Berechnungen gehören zu den schwierigsten und kompliziertesten Aufgaben, die die Astronomen zu lösen haben. Sie sind aber mit großer Genauigkeit durchgeführt worden und haben ergeben, daß sich die neun großen Planeten alle in fast derselben Ebene und in sehr kreisähnlichen Bahnen um die Sonne bewegen. Die Bahnen der Planetoiden sind dagegen zum Teil stark elliptisch und weisen gegenüber der Ebene, in der die großen Planeten um die Sonne wandern, beträchtliche Bahnneigungen auf. Der sowjetischen Astronomin Shain gelang es erst kürzlich, einen Planetoiden zu entdecken, dessen Bahn um 90 Grad gegen die Hauptebene der Planetenbewegung geneigt ist.

Wie die Planeten entstanden sind

Diese so interessante und für die astronomische Forschung äußerst wichtige Frage ist gar nicht so leicht zu beantworten. Gilt es doch auch hier, aus dem heutigen Zustand des Planetensystems auf die lange Zeit rückzuschließen, die seit der Entstehung des Planetensystems schon vergangen ist, um schließlich zu einer Vorstellung derjenigen Bedingungen zu gelangen, unter denen sich ein solches System unserer Sonne gesetzmäßig entwickeln mußte. Wir wollen an dieser Stelle nicht auf alte, überholte und schon widerlegte Theorien der Planetenentstehung eingehen, sondern uns auf drei neuere Auffassungen beschränken, die in der Gegenwart zur Diskussion stehen. Die älteste dieser drei neueren Ansichten stammt von dem vor wenigen Jahren verstorbenen englischen Astronomen Jeans. Er war der Auffassung, daß sich vor rund zwei Milliarden Jahren unserer Sonne eine benachbarte Sonne so stark genähert hat, daß sie mit ihrer Anziehungskraft aus dem Körper unserer Sonne eine aus Glutmasse bestehende Materiewoche herausriß. Dieser von der Sonne abgelösten Wolke schreibt Jeans die Gestalt einer Zigarre zu. Er nimmt an, daß sie sich damals zur Sonne in einer solchen Lage befand, daß das eine spitze Ende dieser Materiezigarre sich nahe und das andere weit entfernt von der Sonne befanden, während sich der dickste Teil dieser zigarrenförmigen Glutmasse in mittlerer Entfernung von der Sonne befunden haben soll. Der englische Astronom kann mit dieser Annahme auf ganz einfache Weise erklären, warum die kleinsten der neun großen Planeten des Sonnensystems, Merkur und Pluto, in sehr großer Nähe oder in sehr weiter Entfernung von der Sonnenkugel anzutreffen sind, während sich die größten und massereichsten Planetenkugeln in mittlerem Abstand von der Sonne befinden, also dort, wo Jupiter und Saturn um das Zentralgestirn des Planetensystems kreisen.

Dennoch ist diese Theorie höchst unwahrscheinlich. Die moderne Astronomie hat nämlich herausgefunden, daß die Sterne im Weltall alle riesige Abstände voneinander aufweisen. Man kann sich diese gewaltig großen Entfernung gar nicht vorstellen, wenn man sie in ihren wirklichen Kilometerzahlen ausdrückt.

Deswegen wollen wir uns in Gedanken lieber ein Modell herstellen und sagen: Wenn die großen, heißen Gaskugeln der Sonnen im Weltall nur so groß wie Stecknadelköpfe wären und wir die wirklichen Entfernung, die die Sterne voneinander trennen, ebenso stark verkleinerten, dann müßten wir uns die Stecknadelköpfe in gegenseitigen Abständen von je 60 Kilometern vorstellen, wenn wir zu einer modellgerechten Darstellung der wirklichen gegenseitigen Entfernung der Sterne im Weltall kommen wollen. Nun ist es aber sehr unwahrscheinlich, daß sich zwei Stecknadelköpfe, die 60 Kilometer voneinander entfernt sind, jemals so nahe kommen, daß sie sich derartig

stark gegenseitig beeinflussen können, wie das Jeans bei dem von ihm angenommenen Geburtsakt unseres Planetensystems voraussetzt. Daß dieser Einwand kommen muß, wußte Jeans sehr genau. Daher folgerte er aus seiner Theorie auch weiter, daß die Planeten unserer Sonne das Ergebnis einer außerordentlich großen Zufälligkeit, eben dieser so unwahrscheinlichen Begegnung zweier Sonnen, sind. Daraus ergab sich dann, daß unser Planetensystem beinahe eine Einmaligkeit im Weltall darstellen muß. Aber gerade das konnte Jeans durch die moderne astronomische Forschung widerlegt werden.

Seit rund 150 Jahren betreibt die Astronomie die Doppelsternforschung. Doppelsterne sind Sternsysteme, in denen sich mindestens zwei Sonnen umeinander bewegen. In den 150 Jahren seit Beginn der Doppelsternforschung hat man viele Bahnen, die solche Sonnen umeinander beschreiben, sehr genau untersucht. Man braucht dabei nicht erst einen vollen Umlauf der einen Doppelsternkomponente (Komponente ist ein Teil des aus mindestens zwei Sternen bestehenden Doppelsternsystems) um die andere zu beobachten. Man kann schon aus mehreren nacheinander getätigten Beobachtungen der Bewegung eines solchen Sterns um den anderen auf den Verlauf der ganzen Bahn schließen. So hat man eine ganze Reihe von Doppelsternbahnen errechnet. Es zeigte sich, daß sie Ellipsen sind, in deren einem Brennpunkt die massereichere Komponente steht. Der Punkt der Bahn, in dem die eine Komponente der anderen am nächsten kommt, wird Periastron, der diesem Bahnpunkt gegenüberliegende Apostron genannt. Die beide Punkte verbindende gedachte Linie heißt Apsidenlinie.

Nachdem man nun 150 Jahre lang die Doppelsterne beobachtet hatte, stellte man fest, daß mehrere Doppelsterne von der berechneten Bahnbewegung abweichen. Periastron und Apostron verändern zum Beispiel ihre Lage in einer Weise (man nennt das Drehung der Apsidenlinie), die durch die Existenz der bekannten Doppelkomponenten allein nicht zu erklären ist. Aus der Größe der in diesen Doppelsternbahnen auftretenden Störungen folgt, daß sich in der Nähe dieser Doppelsterne dunkle Trabanten von der Größenordnung unserer Planeten befinden müssen, die mit ihren Massen und der sich daraus ergebenden Massenanziehung die Doppelsternpartner in ihrer Bewegung umeinander stören. Damit aber ist die Existenz von Planeten auch bei anderen Sternen in der Nähe unserer Sonne nahezu erwiesen. Es kann daher nicht stimmen, daß unser Planetensystem eine Einmaligkeit im Weltall darstellt, wie es der englische Astronom Jeans behauptete. Gerade diese Entdeckung von Planeten in der Nähe anderer Sterne des Weltalls hat die Theorie des Astronomen Jeans in der Gegenwart außerordentlich stark erschüttert. Von bedeutend größerer Wahrscheinlichkeit sind zwei Theorien sowjetischer Astronomen, die jetzt anschließend geschildert werden sollen.

Die eine der beiden Theorien ist von dem bekannten sowjetischen Astronomen, Mathematiker und Polarforscher O. J. Schmidt entwickelt worden (Abb. 12). Schmidt, der selbst eine große Bedeutung in der sowjetischen Meteoritenforschung erlangt hat, konnte sich bei der Entwicklung seiner Gedanken auf die Ergebnisse der sowjetischen Meteoritenforschung stützen, die in der Welt führend ist. Als Meteorit bezeichnet man kleine feste Körper und Staubteilchen im Weltall, die bei einer großen Annäherung an die Erde nicht selten von dieser eingefangen werden. Handelt es sich um winzige Staubteilchen, so verdampfen sie wegen der großen Erwärmung, die sie beim Eindringen in die Erdatmosphäre erfahren, wobei sie eine Leuchtspur hinterlassen, die wir gewöhnlich als Sternschnuppe bezeichnen.

Haben wir es mit größeren festen Körpern zu tun, so kommt es zu keiner restlosen Auflösung in der Erdatmosphäre. Diese Körper fallen auf die Erde herunter und dringen hier je nach ihrem Gewicht und der Geschwindigkeit, die sie entwickeln, sowie der örtlichen Bodenbeschaffenheit mehr oder weniger tief in das Erdreich ein. Die großen Leistungen der sowjetischen Astronomen auf diesem Gebiet der Wissenschaft, aber auch die Tatsache der riesig großen geographischen Ausdehnung des Sowjetlandes, die es mit sich bringt, daß viele Meteorite auf sowjetisches Gebiet fallen, haben der sowjetischen Meteoritenforschung ihre führende Rolle gesichert. Die sowjetischen Astronomen brachten in Erfahrung, daß ein großer Prozentsatz der im Planetensystem vorhandenen Meteorite unserem Sonnensystem fest angehört. Sich auf diese Erkenntnis stützend, nimmt O. J. Schmidt an, daß unsere Sonne vor einigen Milliarden Jahren während ihrer Wanderung durch die weiten Räume unseres Sternsystems einen großen Meteoritenschwarm eingefangen hat. Aus diesem Meteoritenschwarm sollen sich später die Planeten gebildet haben. Wie muß man sich das vorstellen? In unserem Sternsystem, von dem wir an anderer Stelle schon sprachen, wandert die Sonne mit einer Geschwindigkeit von 300 Kilometern in der Sekunde. Zu einer vollen Umwandlung des ganzen Sternsystems benötigt sie rund 200 Millionen Jahre. In der Ebene der Mitte ist die Sterneninsel von Meteoritenwolken und sonstigen Staubpartikeln durchsetzt. Die Bahn der Sonne ist aber gegen diese Ebene aus Staubwolken geneigt, so daß die Sonne nur rund alle 100 Millionen Jahre auf dieses Hauptlager von Dunkelmaterie in unserem Sternsystem trifft. Als sie vor einigen Milliarden Jahren wieder einmal eine Stelle der Dunkelwolkenschicht durchquerte, sollen durch die besonderen Verhältnisse zwischen der Bewegung der Sonne und der Dunkelwolke die Bedingungen entstanden sein, unter denen die Sonne einen großen Teil der Dunkelwolkenmasse an sich reißen konnte. Und nun war es wieder der Widerspruch zwischen der Anziehungskraft der Sonne und ihrem Strahlungsdruck, der aus dem Meteoritenschwarm die Planeten der Sonne entstehen ließ. Die der Sonne nächsten Staubteilchen, die der Anziehungskraft am meisten aus-

gesetzt waren, stürzten auf den Sonnenkörper, weiter entfernte wurden durch den Strahlungsdruck abgeblasen. So bildeten sich in der Nähe der Sonne und weit von ihr entfernt aus dem dort vorhandenen wenigen Material an dunkler Materie nur die kleineren Planeten, während sich in der Mitte des heutigen Planetensystems, dort wo am meisten Masse verblieben war, die größten Planeten bilden konnten.

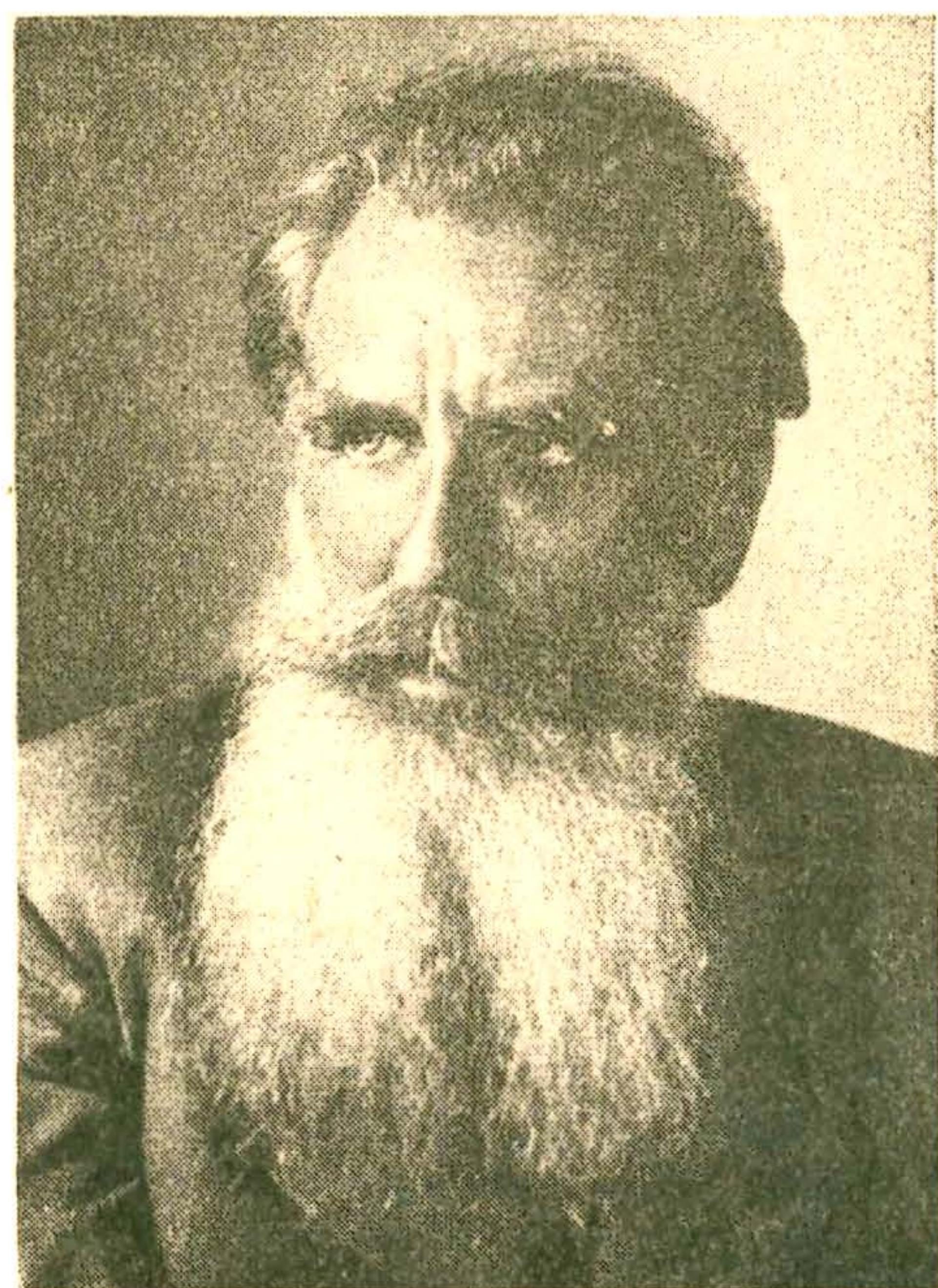


Abb. 12. Der sowjetische Astronom und Geologe O. J. Schmidt, der uns durch seine kosmogonische Theorie wichtige Aufschlüsse über die Entstehung der Planeten gegeben hat.

Meteoriten und Kometen

Wie es zur Bildung von großen Planeten aus den winzigen Meteoritenkörpern kommen konnte, erklärt Schmidt durch folgenden Prozeß: Innerhalb des Meteoritenschwarmes wirkten ständig Anziehungskräfte, wobei die größeren Staubteilchen natürlich eine stärkere Anziehung entwickelten als die kleineren. Auf diese Weise sammelten sich die feinsten Staubteilchen um größere Dunkelmaterieteile. Dadurch wuchsen diese und konnten auf Grund der damit erworbenen größeren Anziehungskraft in Zukunft noch besser an Masse beziehungsweise Gewicht unterlegene Staubteilchen mit ihrer Masse vereinigen (Abb. 13). So bildeten sich als Keime für die zukünftigen Planeten in der von der Sonne eingefangenen Dunkelmateriewolke Verdichtungs-kerne, die schnell weiterwuchsen. Auf diese Weise entstand nach und nach der Erdkörper. Der Kern bildete sich vorzugsweise aus dem schweren Mate-rial der Eisenmeteorite, deren Hauptbestandteile Nickel und Eisen sind, wäh-rend sich die äußeren Schichten der Erdkugel aus den bedeutend leichteren Steinmeteoriten bildeten. Dieser Theorie entspricht durchaus der von den Geologen angenommene und erforschte Aufbau unserer Erde. Die Geologen vertreten nämlich auch die Ansicht, daß die Erde im Inneren aus bedeutend schwererem Material besteht, als sie es in großer Menge an der Oberfläche der Erde vorfinden, und sprechen von einem Nickeleisenkern der Erde. Da die lateinische Bezeichnung für Eisen „ferrum“ lautet, kann man auch oft von dem Nifekern (Abkürzung aus Nickel und ferrum) der Erde lesen. Die Schmidtsche Theorie nimmt für die Erde ein Gesamtafter von rund sieben Mil-liarden Jahren an. Der überwiegende Teil des Erdkörpers soll sich in der ersten Jahrhundert gebildet haben, die recht dünne Erdrinde soll dagegen erst in den letzten zwei bis drei Milliarden Jahren entstanden sein. Schmidt nimmt weiter an, daß die meisten Teile des ursprünglichen Meteoriten-schwarmes, den die Sonne einfing, heute bereits auf die Sonne und die ver-schiedenen Planeten abgestürzt sind. Was wir heute in unserem Planeten-system noch an Meteoriten vorfinden, sind teils die aus der damaligen Zeit übriggebliebenen Reste der Dunkelwolke, teils Auflösungsprodukte von Kometen (das sind von großen Gaswolken umgebene einzelne feste Klein-körper, die in gewissen Zeitabständen immer wieder in die Nähe der Sonne gelangen). Diese zählen auch zum festen Bestand des Sonnensystems. Sie werden aber wegen ihres sehr wenig stabilen Aufbaues nach einer ge-wissen Zeit von den auf sie einwirkenden Anziehungskräften der Sonne und der großen Planeten aufgelöst. Immerhin ist von diesem Meteoritenmaterial in unserem Planetensystem noch soviel vorhanden, daß die Erde aus diesem Bestand eine durchschnittliche Stoffzufuhr von etwa 10 Tonnen Gewicht je Tag erfährt. Somit müßte die Erde also an jedem Tag 10 Tonnen schwerer werden. Das ist zwar der Fall, jedoch die meisten dieser auf die Erde stürzenden Meteorite sind so klein, daß sie sich bei der starken Erhitzung,

die sie beim Eindringen in die Erdlufthülle erfahren, vollkommen in Dampf umwandeln. Sie dringen also bloß in die Atmosphäre ein und fallen nicht auf den Erdboden herunter. Ihre Bewegung, mit der sie in die Atmosphäre der Erde eindringen, wird dabei restlos abgebremst und verwandelt sich, da in der Welt nichts verlorengehen kann, in Strahlung, so daß die Teilchen uns als Sternschnuppen am Himmel erkennbar werden. Das sind kleine, hell strahlende Punkte, die einen leuchtenden Schweif hinter sich herziehen. — Auch das ist wieder ein schönes Beispiel für die Erhaltung der Materie und ihrer Bewegung, die wir schon als die Daseinsweise der Materie kennengelernt haben. Sie ist ebenso unvernichtbar und verwandelbar wie die stoffliche Materie, mit der sie untrennbar verbunden ist. Während sich die stoffliche Materie in unserem Beispiel in Dampf und somit in einen anderen Zustand umwandelte, verwandelt sich die bis zur Geschwindigkeit Null gebremste Bewegung der Stoffteilchen in Licht.

Anderer Auffassung als Schmidt ist der sowjetische Astronom Fessenkow. Dieser hat nachgewiesen, daß unsere Sonne durch den Prozeß der inneren Strahlungserzeugung und durch eine Strahlung, die sie aussendet und die aus kleinsten Teilchen besteht, einen ständigen Verlust an Masse und somit an Gewicht zu verzeichnen hat. Sie muß demnach früher mehr Masse besessen haben als heute. Ferner hat der sowjetische Astronom Ambarzumjan am Himmel viele Sterne nachgewiesen, die nicht älter als zehn Millionen Jahre sind, die also erst während des Bestehens unserer sicher einige Milliarden

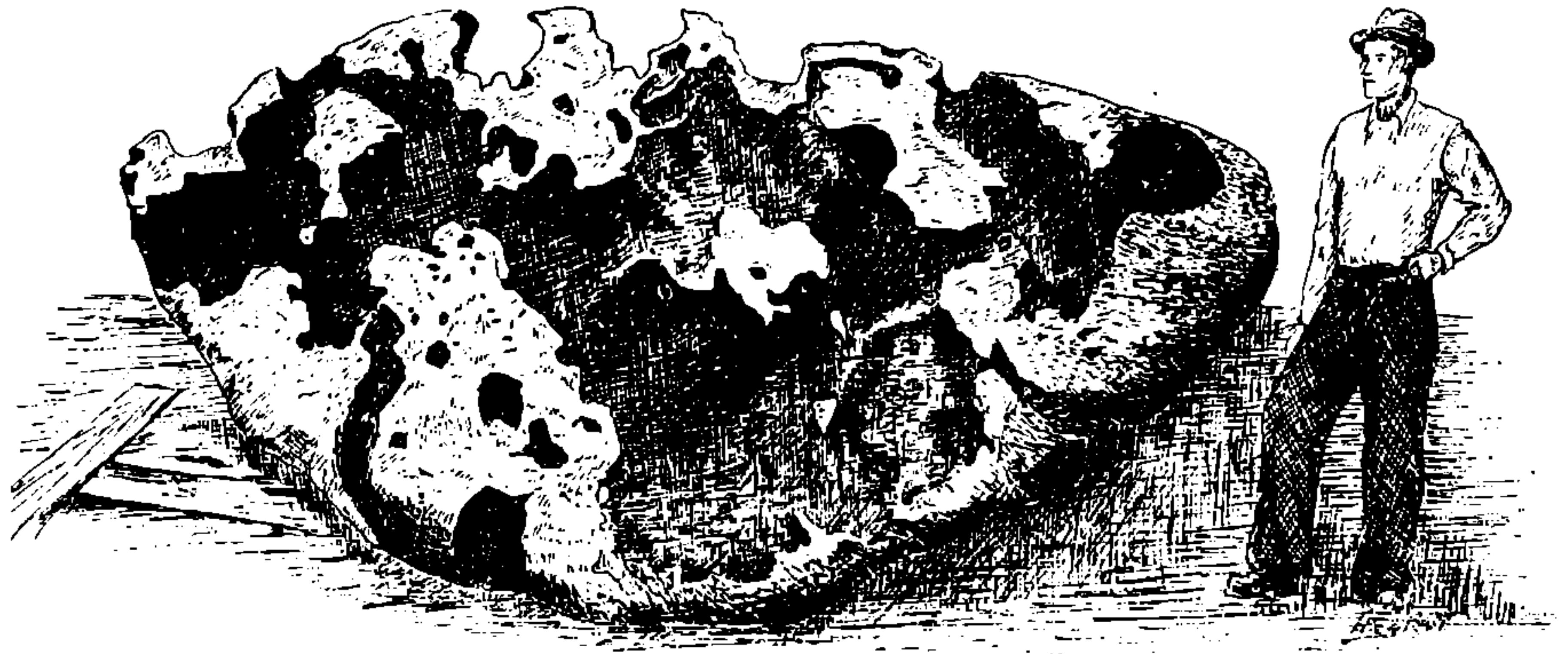


Abb. 13. Ein großer Meteorit. Solche Kleinkörper aus dem Weltall fallen manchmal auf die Erde. Ihre genaue Untersuchung, wie sie besonders von den sowjetischen Astronomen betrieben wurde, gibt uns wichtige Aufschlüsse über den einheitlichen stofflichen Aufbau der Welt.

Jahre alten Erde entstanden sein können. Alle diese Sterne tätigen eine bedeutend stärkere Energieabgabe als unsere Sonne. Sie besitzen viel mehr, Masse und Gewicht und drehen sich mit einer bedeutend größeren Geschwindigkeit. Aus dem Vergleich unserer Sonne mit diesen noch jungen Sternen rechnete der sowjetische Astronom Fessenkow eine ebenso große Drehgeschwindigkeit unserer Sonne für den Anfang ihrer Existenz aus. Er vertritt die Ansicht, daß die Sonnenkugel durch diese große Drehgeschwindigkeit eine Ausbuchtung bekam, die länger als der Sonnenhalbmesser gewesen sein kann. Aus diesem Vorsprung des Sonnenkörpers sollen sich nach Professor Fessenkows Ansicht später die Planeten gebildet haben. Die äußeren Teile des Sonnenvorsprungs kühlten sich schneller ab als die inneren. Aus diesen äußeren Teilen bildeten sich aber auch diejenigen Planeten, die heute von der Sonne am weitesten entfernt sind. Sie haben sehr wahrscheinlich nie die hohe Temperatur besessen, die die Kugeln der sonnennahen Planeten zu verzeichnen hatten, die sich aus den inneren, dem heißen Glutzentrum der Sonne näheren Teilen des Vorsprunges gebildet haben. Diese sogenannten inneren Planeten des Sonnensystems haben ja auch heute noch sehr hohe Temperaturen im Inneren ihrer Planetenkörper aufzuweisen, die an der Oberfläche längst abgekühlt und erstarrt sind. Als die Sonne durch ihre damals enorm hohe Drehgeschwindigkeit diesen Vorsprung gebildet hatte, mußten sich natürlich die äußeren Teile mit einer größeren Geschwindigkeit als die inneren drehen, so wie wir das an einem Karussell beobachten können, auf dem wir auch am schnellsten herumgewirbelt werden, wenn wir auf dem Pferde sitzen, das der Außenkante des Karussells am nächsten ist. Auf dem inneren Pferde sitzend, geht die Fahrt etwas langsamer, und wir verspüren dort auch nicht so stark den Druck, der uns nach außen treibt und den wir Fliehkraft nennen. Wenn sich nun also die äußeren Teile des Sonnenvorsprungs schneller bewegten als die inneren, muß man annehmen, daß die äußeren Planeten, die aus diesen Teilen entstanden sind, auch von vornherein eine viel größere Drehgeschwindigkeit mitbekommen haben als die inneren, sonnennahen Planeten. Die Astronomen haben nachgewiesen, daß dies auch tatsächlich der Fall ist und daß sich die sonnenfernen Planeten auch heute noch bedeutend schneller um ihre Achse drehen als die sonnennahen. Die Astronomen nennen diese Achsendrehung der Planeten Rotation. Wir sehen, daß die beiden zuletzt erörterten Theorien eine ganze Anzahl von Eigenschaften unseres Planetensystems erklären können.

Mehr noch als die Theorie Fessenkows besticht die Theorie des sowjetischen Forschers O. J. Schmidt, und zwar durch ihren dialektischen Aufbau, durch die Tatsache, daß sie die Ursachen für die Entstehung des Planetensystems nicht nur in den engen Grenzen unseres Sonnensystems sucht. Sie mißt der Wechselwirkung zwischen dem Glutstern Sonne und der Dunkelmaterie in unserem Sternsystem eine große Bedeutung bei. Dafür hat sie mit der

Schwierigkeit zu kämpfen, daß es noch keine Möglichkeit gibt, mit Hilfe der bisherigen wissenschaftlichen Erfahrung sich eine genaue Vorstellung davon zu machen, wie im einzelnen der Prozeß des Wachstums der Meteoriten-teilchen im Anziehungsbereich der Sonnen verläuft. Für die Theorie Fessenkows spricht mehr die Annahme, daß die „Geburt“ eines Planetensystems zu den Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung einer Sonne gehört. Danach muß es bei einer zehnmal größeren Masse, als die Sonne heute aufzuweisen hat, und der dazugehörigen schnellen Rotation der Sonnenkugel notwendig zur Bildung von Planeten kommen. Aber wenn es uns heute noch nicht möglich ist, zwischen den beiden Theorien zu entscheiden, so haben sie doch allen anderen älteren Theorien gegenüber den großen Vorzug, daß sie mit dem großen Durcheinander zum Teil widerlegter Theorien aufgeräumt und die beiden Möglichkeiten gezeigt haben, die im Lichte neuester Forschung allein zur Bildung unseres Planetensystems führen konnten. Die Entscheidung, welche von beiden Theorien die wahrscheinlichere und deswegen wohl auch die richtigere ist, wird der zukünftigen astronomischen Forschung vorbehalten sein. Sie wird ihr, wenn sie erst einmal das notwendige Forschungsmaterial dazu zusammengetragen hat, gar nicht so schwer fallen.

Wir wollen das Kapitel über das Sonnensystem nicht abschließen, ohne noch etwas über die Kometen zu hören. Das sind eigentümliche, nur selten sichtbare Himmelskörper, die auf langgestreckten Bahnen an den großen Planeten vorbei zur Sonne wandern und danach wieder in den Tiefen des Weltalls verschwinden. Manche werden von den Mitgliedern des Sonnensystems (Sonne und Planeten) eingefangen und gehören von da ab zum Bestand unseres Sonnensystems. Viele von diesen periodischen Kometen lösen sich durch ungleichmäßige Erwärmung durch die Sonne sowie durch die Anziehung von Sonne und Planeten und durch innere Ursachen auf und bilden Meteorwolken. Früher setzten die Kometen wegen ihres plötzlichen, unerwarteten Auftauchens und ihres merkwürdigen Aussehens die Menschen in Angst. Heute wissen wir, daß Kometen recht harmlose Himmelskörper sind. Sie bestehen aus dem Kometenkopf und dem Schweif. Der Schweif ist aber nicht immer ein Bestandteil des Kometen. Er entwickelt sich erst bei der Annäherung des Kometen an die Sonne. Der Kometenkopf besteht aus einer Gaswolke, deren Ausdehnung oft diejenige großer Planeten übertrifft. Aber nur im Mittelpunkt dieser Gaswolke befinden sich einzelne feste Bestandteile. Sie geben nach der Auflösung der Kometen, die durch die Anziehungskräfte der großen Planeten verursacht wird, das Material für die Meteore ab, die zeitweilig in der Erdatmosphäre aufleuchten. Sehr aufschlußreich ist für unsere Betrachtungen die Entwicklung des Kometenschweifes.

Wenn der Komet sich zunächst ohne Schweif der Sonne nähert, wirkt die Anziehungskraft der Sonne am stärksten auf die nächsten Teile des Kometen. Der Erfolg ist, daß die Gasteilchen des Kometenkopfes, die der Sonne am

nächsten sind, dem starken Zug der Anziehungskraft erliegen und sich beschleunigt auf die Sonne zu bewegen. Diese Gasteilchen werden nun vom Strahlungsdruck der Sonne erfaßt. Das heißt, daß die Sonnenstrahlen die zunächst durch die Anziehungskraft der Sonne angezogenen Gasteilchen jetzt abstoßen. Dadurch entwickelt sich schließlich der Kometenschweif nach der der Sonne abgewandten Seite hin als eine große dünne Gasfahne, die der Komet hinter sich herzieht. Wieder haben wir ein schönes Beispiel dafür gefunden, wie durch das Zusammenwirken von Natur aus entgegengesetzt gerichteter Kräfte — der in Richtung zur Sonne wirkenden Anziehungskraft und des von der Sonne fortweisenden Strahlungsdrucks — etwas Neues, in diesem Falle der Kometenschweif, entsteht.

Wir haben nun eine Reihe von astronomischen Tatsachen kennengelernt, die es uns ermöglichen, das Weltall in seinen Veränderungen und die Gesetzmäßigkeit dieser Veränderungen zu erkennen. Wir haben gesehen, wie sich unser Wissen von der Welt und ihrer Bewegung in den Jahrtausenden menschlichen Forschens immer mehr vervollkommenet hat. Aber auch unser heutiges Wissen umfaßt erst einen Teil des Ganzen. Auch die modernsten Theorien der Wissenschaft sind nur in der Lage, die Wirklichkeit in den für sie geltenden Bereichen richtig abzubilden. Da drängt sich uns zum Schluß die Frage auf: Werden wir einmal alles wissen?

Vom Standpunkt der modernen fortschrittlichen Wissenschaft muß man dazu sagen, daß es nichts gibt, was wir grundsätzlich nicht erkennen können, denn die Welt ist erkennbar. Jedoch wird es immer vieles geben, was wir noch nicht wissen. Die Aufgabe der Wissenschaftler besteht ja gerade darin, uns durch ihre Forschung das zur Zeit noch Verborgene zu erschließen und erkennbar werden zu lassen. Die Entwicklung der Welt und die wissenschaftlichen Forschungen sind ein ewiger Prozeß. Das Ganze (die Welt) ist unendlich, und es gehört zum Wesen des Ganzen, sich in seinen Teilen auszudrücken.

In dem Maße aber, in dem wir die Teile immer eingehender und in ihrer gegenseitigen und allseitigen Bedingtheit studieren, werden wir auch über das Ganze immer besser unterrichtet werden.



UNSERE WELT

GRUPPE 1

Märchen und Geschichten

Fahrten und Abenteuer

Menschen und Tiere

Singen und Musizieren

Aus fernen Ländern

Dichtung und Wahrheit

Unsere Schule

Bilder und Bauten

Wir diskutieren

Für die gerechte Sache

Zeitgenossen erzählen

Der Vorhang geht auf

Spiel und Sport

Unsere Heimat

GRUPPE 2

Mathematik

Physik und Geophysik

Chemie

Biologie

Geographie und Geologie

Astronomie und Astrophysik

Aus der Geschichte
der Naturwissenschaften

GRUPPE 3

Wie wir uns nähren und kleiden

In Werkstatt und Betrieb

Mit Werkzeug und Maschine

Wir bauen Häuser, Dörfer, Städte

Auf Wegen, Straßen, Brücken

Wie der Mensch die Erde verändert

Aus der Geschichte
der Arbeit und Technik