Kleine Bibliothek Nr. 9

Ist die Welt bewohnt?

Von Felix Linke

J. S. W. Dietz Nachf. Stuttgart

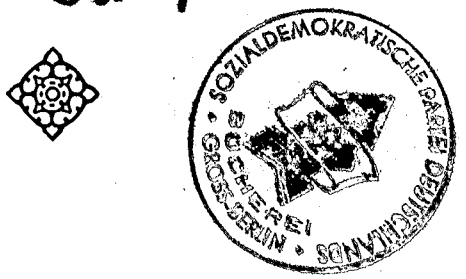
A 181

Ist die Welt bewohnt?

Eine Darstellung der Frage
nach der Bewohnbarkeit anderer Weltkörper
auf Grund unseres jetzigen Wissens
von der Natur derselben
und vom Leben

Von Felix Linke

Ja 4



Stuttgart
Verlag von J. H. W. Dietz Nachf.
1910

Friedrich-Ebert-Stiftung
Bibliothek

Alle Rechte vorbehalten

Druck von Paul Singer in Stuttgart

RS 2910

BZ

Inhalts-Verzeichnis

Seite

Einleitendes 5

1. Unter welchen Bedingungen existiert das Leben auf der Erde? 12

Die Temperaturbedingungen 12

Licht und Leben 22

Die Atmosphäre und das Leben 23

Das Meer und das Leben 32

Abschließender Überblick 34

2. Bieten andere Himmelskörper die Bedingungen für eine Bewohnbarkeit? 38

Die wahrscheinliche Anzahl der bewohnbaren Himmelskörper 38

Die Bewohnbarkeit der Weltkörper 42

Die Fixsterne 42

Merkur 44

Venus 48

Der Mond 53

Mars und die Marsmonde 59

Die Planetoiden 72

Jupiter und seine Monde 73

Saturn und sein System 75

Uranus und Neptun 76

Die Kometen 78

Überblick 79

3. Die Ausbreitung des Lebens durch den Weltenraum . 81

Biographische Notizen 102

Namen- und Sach-Register 106

A16381

Einleitendes

Demokritos, vielleicht der größte Philosoph und feinsinnigste Denker des Altertums, betrachtete die Sterne der Milchstraße als Sonnen gleich unserer Sonne. Das war schon 400 Jahre vor unserer jetzigen Zeitrechnung. Seine Ideenwelt ist aber zum größten Teile untergegangen; darüber lagerte sich mehr und mehr der Gedankenschutt der alten und neuen Metaphysiker, und erst die Neuzeit hat sich davon wieder zu befreien gewußt, obwohl Ansätze zu einer naturgemäßen Denkweise in Naturdingen durch erleuchtete Geister des öfteren unternommen wurden. Ein Giordano Bruno träumte schließlich von Planeten, die um Fixsternsonnen kreisen! Das war zweifellos ein erhabener Gedanke. Es war ganz richtig, bewohnte Welten zu suchen unter denselben Umständen, wie wir sie von unserer Erde her kennen. Und daher begabte er die Sterne mit einer gleichen Schar Planeten wie unsere Sonne.

Blicken wir in einer klaren Nacht zum sternenbesäten Firmament auf, so strahlen uns da schon Tausende von Lichtpünktchen entgegen. Nehmen wir ein Fernrohr zur Hand, so vermehrt sich ihre Zahl um das Vielfache. Und wer Gelegenheit hat, durch eines der modernen Riesenteleskope zu schauen, wie sie immer gewaltiger gebaut werden, so wird er erstaunt sein über die Sternenfülle an Stellen des Himmels, wo er sonst nichts sah. Gar in der Milchstraße drängen sich die Lichtpünktchen so sehr, daß sie selbst mit unseren besten Hilfsmitteln nicht immer zu trennen sind; sie verwaschen sich zu großen Lichtflecken: so eng stehen die Sterne beieinander. In Wirklichkeit ist diese Enge natürlich nur eine perspektivische, denn tatsächlich könnten die Sterne ja nicht so eng stehen. Sie sind durch riesige Zwischenräume voneinander getrennt und stehen hintereinander, nur sehen wir das nicht mehr, weil ihre gegenseitige Entfernung gegen die Entfernung von unserer Erde völlig verschwindet.

Aber das ist noch nicht alles. Denn wir vermuteten ja noch Sterne, die wir nicht sehen. In der Tat gibt es dunkle Sonnen,

die sich uns verraten haben. Zuerst als dunkle Begleiter in Doppel- oder mehrfachen Sternsystemen, die schließlich mit den größeren und lichtkräftigeren Fernrohren doch sichtbar

1. Bild. Milchstraße
Photographiert von Prof. Barnard

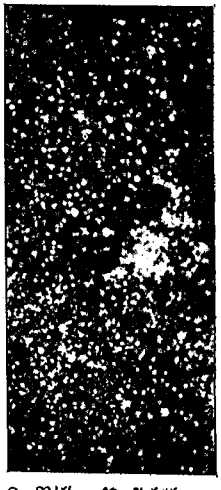
wurden. Sicher sind aber noch Sterne vorhanden, die unsere jetzigen besten Fernrohre nicht mehr sichtbar zu machen imstande sind, weil sie zu dunkel sind. In welche Fülle geraten wir da hinein!

Daß es tatsächlich riesige Körper gibt, die wir nicht sehen können, beweisen uns die Entdeckungen ultravioletter Nebel. Professor Wolf in Heidelberg hat zuerst einen solchen entdeckt. Ultraviolettes Licht wirkt auf unser Auge nicht ein. Körper, die solches Licht aussenden, können wir also nicht sehen. Die photographische Platte aber kann es; sie bildet Körper ab, die ultraviolettes Licht aussenden, und so ist uns die Möglichkeit gegeben, Körper kennen zu lernen und ihre Existenz zu beweisen, die wir selber gar nicht sehen. Aber sehen wir selbst von diesen letzteren Körpern ab und nehmen nur das, was wir *sehen*. Wenn wir zählten, so würden wir mit unseren besten Fernrohren vielleicht an die 100 Millionen Sterne feststellen. Nun bedenke man, daß allein die Sonne einen großen Anhang besitzt, daß zu ihrer Familie mindestens an die 600 Körper gehören — die großen und kleinen Planeten mit ihren 25 Monden, eine ganze Schar periodischer Kometen usw. Wenn jedes der zahllosen Lichtpünktchen, die uns entgegenblitzen, diese Fülle besäße — und daran zu zweifeln liegt kein Grund vor —, wo kommen wir da mit unseren Zahlen hin? Billionen von Himmelskörpern müssen das Weltall bevölkern, denn unsere Fernrohre zeigen uns doch nur einen kleinen Teil dessen, was vorhanden ist und zu sehen wäre, wenn's hell genug sein würde. Und bauen wir bessere Instrumente, so werden wir *wieder* viel mehr sehen.

Sollen wir nun annehmen, daß wir inmitten dieser unendlichen Fülle die einzigen Lebewesen sind, daß wir rings in einer Wüste des Todes allein unser Dasein führen sollen? Das wäre merkwürdig. Die Erde ist ein kleiner Himmelskörper; nur wenige Sterne, die wir mit bloßem Auge sehen, sind kleiner, fast alle dagegen Hunderte, Tausende und Millionen Mal größer. Und dieser kleine Körper sollte *allein* die Fähigkeit besitzen, Leben zu tragen und denkende Wesen hervorzubringen, die sich Gedanken machen über die Bewohnbarkeit des Alls? Niemand wird das ernsthaft meinen können. Und daher haben wir nicht bloß ein Recht, sondern sogar die wissenschaftliche Pflicht, uns mit diesem Problem zu befassen, so wenig es auch bei vielen Astronomen in gutem Kredit steht.

Wenn wir nun einen Astronomen fragen würden, wie es mit dem Leben auf anderen Weltkörpern bestellt sei, so würde er

wahrscheinlich sagen, daß er Genaues ebensowenig darüber wüßte wie der Frager selbst. Er würde aber immerhin eine Reihe von Anhaltspunkten angeben können, die zur Entscheidung der Frage von großem Nutzen sein müssen, und in dieser Weise soll uns auch hier die Frage beschäftigen. Wir wollen sie nur so weit betrachten, wie ihre Erörterung innerhalb der jetzigen Wissenschaft und der Grenzen der wissenschaftlichen Möglichkeit bleibt.

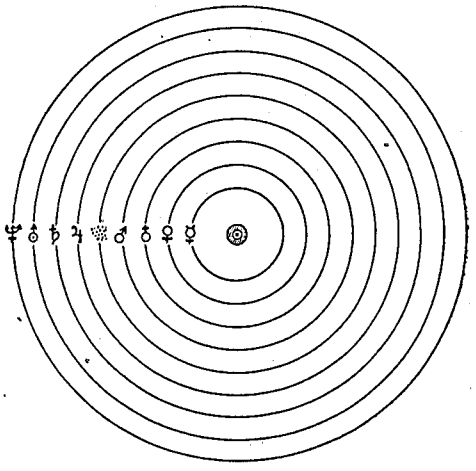


2. Bild. Unsichtbarer ultravioletter Nebel im Sternbilde des Schwans
Photographiert von Prof. Wolf in Heidelberg

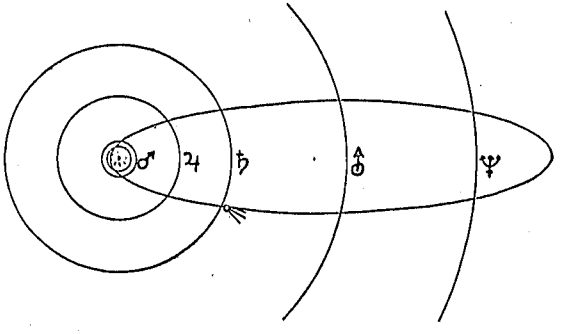
Bevor wir uns jedoch mit dem eigentlichen Problem der Bewohnbarkeit der Weltkörper beschäftigen, wollen wir uns erst noch mit einigen Tatsachen bekannt machen, die für den Bestand des Lebens in der Welt überhaupt von fundamentaler Wichtigkeit sind.

Wir erinnern uns zunächst an unsere Stellung im Weltall. Wir wissen seit Kopernikus und Kepler, daß unsere Erde ein Glied des Sonnensystems ist. Die Sonne ist der Zentralkörper dieses Systems; um sie beschreiben acht große Planeten und viele hundert kleine ihre Bahnen, die zumeist sich der Kreisform sehr nähern. Unser schematisches Bild zeigt, in welcher Reihenfolge die Körper sich um den Zentralkörper bewegen, ohne darauf Anspruch zu machen, die Entfernungsverhältnisse richtig wiederzugeben. Eine in dieser Beziehung richtige Zeichnung würde ihrem Maßstab nach ganz aus dem Rahmen dieses Buches hinausfallen. Geht man von der Sonne aus, so beschreibt zuerst der Merkur seine Bahn um die Sonne. Dann folgen Venus, Erde und Mars. Zwischen diesem und dem folgenden Jupiter ziehen die vielen kleinen Planeten ihre Kreise, die übrigens einerseits sowohl in den Raum zwischen Mars und Erde hineinreichen (Eros), wie auch über die Bahn Jupiters hinausgreifen (Planetoiden der Jupitergruppe). Nach Jupiter werden die Abstände der Planeten immer riesiger; es folgen nach unserer jetzigen Kenntnis noch Saturn, Uranus und Neptun.

Damit ist aber das System noch nicht erschöpft. Denn die meisten der großen Planeten besitzen wieder kleinere Körper, für welche sie selbst Zentralkörper sind. Die Erde besitzt einen Mond, der übrigens von verhältnismäßig recht respektabler Größe ist. Mars hat zwei sehr kleine Monde, Jupiter acht, Uranus vier und Neptun einen. Saturn besitzt nicht weniger als zehn Monde. Daneben wird dieser Planet noch von einer ganz gewaltig großen Anzahl ganz kleiner



3. Bild. Die Bahnen unserer Planeten
(Die Entfernungen sind nicht richtig wiedergegeben)



4. Bild. Bahnlage des Halleyschen Kometen

Körperchen umkreist, die so dicht und so klein sind, daß sie mit jedem uns zur Verfügung stehenden Hilfsmittel betrachtet den Eindruck gleichmäßigen Leuchtens hervorbringen.

Außer den Planeten zählt aber die Sonne unter ihrem Anhang noch eine Reihe anderer Körper, die periodischen Kometen. Man muß annehmen, daß diese angegliederte Körper sind, die aus dem Weltraum jenseits des Herrschaftsbereichs der Sonne stammen und durch irgendwelche Umstände in die Nähe unseres Systems gekommen sind, innerhalb dessen sie dann durch die kombinierten Anziehungswirkungen der Sonne und der in bunter Anordnung gruppierten Planeten festgehalten und zu geschlossenen Bahnen um die Sonne gezwungen wurden. Diese Bahnen weichen aber von den fast stets kreisförmigen der Planeten stark ab; ihre Gestalt ist immer die langgezogener Ellipsen, deren kleinste uns bekannte diejenige des Enckeschen Kometen ist. Die als längste mit Sicherheit bekannte ist diejenige des Halleyschen Kometen, dessen der Sonne nächster Ort weit innerhalb der Venusbahn, im Abstande von 90 Millionen Kilometer von der Sonne, während der sonnenfernste Punkt weit jenseits der Neptunsbahn liegt, in einer Entfernung von rund fünf Milliarden Kilometer. Um diese gewaltige Bahn zu durchmessen, braucht der Komet 75 bis 79 Jahre. Unser Bild veranschaulicht die Bahnlage dieses merkwürdigen Körpers. Wir müssen annehmen, daß der Herrschaftsbereich der Sonne noch weiter hinausreicht, denn von den Kometen, die wir im Laufe der Zeit beobachtet haben, scheinen mehrere periodisch zu sein, nach bestimmten Zeiträumen also wieder in die Nähe der Sonne zu kommen. Nur bemißt sich bei ihnen die Umlaufszeit nach Hunderten und Tausenden von Jahren.

Als identisch mit den Kometen haben wir die Meteoriten anzusehen. Es sind wahrscheinlich Trümmer von Weltkörpern — Planeten oder Kometen —, die regellos oder auch in gewissen Bahnen den Raum durchschwirren und uns wegen ihrer Kleinheit nur dann sichtbar werden, wenn sie in die Erdatmosphäre eindringen und sich an ihr so stark erhitzen, daß sie zu glühen beginnen und uns als Sternschnuppen sichtbar werden.

Unser Sonnensystem ist also ein recht umfangreiches System mit den mannigfachsten Formen. Und jenseits dieses Systems glänzen uns die unzählbaren Lichtpünktchen entgegen, deren jedes eine Sonne ist gleich unserer, oftmals größer, aber auch kleiner. Und jeder dieser Sterne kann Zentralkörper eines Systems sein wie unsere Sonne. Aber noch mehr. Nicht jeder

Stern braucht zu leuchten. Die meisten unserer Planeten sind ja auch nichtleuchtende Körper, nur sichtbar im Sonnenglanz. So gibt es auch eine ungeheure Menge von erloschenen Sonnen, die vielleicht mit einem großen Anhang durch den Weltraum wandern. Dazwischen stehen ungeheure Nebel- und kosmische Staubmassen, die unfaßbare Räume des Weltalls erfüllen. — Und alles bewegt sich! Und mit welchen Geschwindigkeiten! Unsere Sonne saust in jeder Sekunde etwa 20 Kilometer vorwärts. Aber das ist noch wenig. Kennen wir doch einen Stern (Groombridge 1830), der in jeder Sekunde 274 Kilometer durchrast! Wie soll unter diesen Umständen die Ordnung im Weltall aufrechterhalten werden? Müssen denn da nicht Zusammenstöße die unausbleibliche Folge sein? Wie soll sich aber ein Leben in dieser Welt der ewigen Zusammenstöße halten, das zu seiner Entwicklung doch allein schon Jahrmillionen erfordert?

Das scheinen unlösliche Widersprüche zu sein. Und doch sind sie es nicht, denn glücklicherweise gibt es ein Gegengewicht, das unfehlbar imstande ist, die fürchterlichen Wirkungen dieser Unordnung zu paralysieren: die unvorstellbaren Entfernungen, in denen alle unabhängigen Systeme voneinander stehen. Erst die neuesten Vervollkommnungen der astronomischen Meßtechnik haben uns ermöglicht, einige dieser Entfernungen zu bestimmen, und wir wissen nun, daß diese himmlischen Weiten ausreichen, um den Bestand des Sonnensystems auf Jahrbillionen vor verderbenbringenden Zusammenstößen mit anderen Weltkörpern zu bewahren. Nach Arrhenius' Rechnung beträgt die Zeit, nach welcher nach wissenschaftlichem Ermessen der Zusammenstoß der Sonne mit einem anderen Weltkörper wahrscheinlich ist, rund 1000 Billionen Jahre — eine Spanne, so ungeheuer lang, daß gegen sie alle unsere Kalkulationen der anderen Umstände verschwinden, welche noch für den Bestand des Lebens auf der Erde von Bedeutung sind. In einem kleinen Sonderbüchlein sollen alle weiteren Umstände erörtert werden, die der Erdenwelt und dem Leben Gefahr drohen; wir müssen und können uns daher hier versagen, des näheren darauf einzugehen, und ziehen nur das Fazit, daß alle Gefahren in so weitem Felde stehen, daß sie uns nicht beunruhigen können. Das mußte ja eigentlich von vornherein klar sein, denn wenn die Erde ohne Gefahr so lange bestehen konnte, daß das Leben die Möglich-

keit fand, bis zur jetzigen Höhe seiner Entwicklung zu schreiten, dann konnten und können die Gefahren nicht groß sein, die das Leben rings umlauern.

---

1. Unter welchen Bedingungen existiert das Leben auf der Erde?

Wollen wir bei unseren Betrachtungen in den Grenzen der wissenschaftlichen Möglichkeit bleiben, so bleibt uns nichts anderes übrig, als vorauszusetzen, daß die Lebensbedingungen auf anderen Weltkörpern die gleichen seien wie auf der Erde, oder daß sie ihnen wenigstens sehr ähnlich seien. Belege für diese Annahme werden wir später noch ausfindig machen. Selbst aber wenn wir sie nicht hätten, müßten wir uns schon auf diesen beschränkten Standpunkt zurückziehen, wenn anders wir uns nicht auf den Boden der uferlosesten Spekulation begeben wollen. Zwar haben wir kein Recht, der Natur vorzuschreiben, wie sie die Bedingungen für das Leben einrichtet, wie sie dem Leben Schranken setzt, weil schon die Entwicklung der irdischen Lebewelt uns dadurch Lügen zu strafen scheint, daß sie Tiere da untergehen läßt, wo früher ganz andere gelebt haben, und es nun nicht mehr tun. Unsere Rückschlüsse auf die anderen Himmelskörper müssen unter diesem Gesichtswinkel mindestens als sehr gewagt erscheinen. Bei der Beantwortung unserer Fragen nach der Bewohnbarkeit der Welt müssen wir aber diese Grenzen für unsere Betrachtung festlegen. Sie sind gegeben durch die Grenzen, an welche die Entwicklung der organischen Natur auf unserer Erde gebunden ist. Diese Grenzen sind mehrfacher Art, und wir müssen sorgsam eine nach der anderen würdigen.

Die Temperaturbedingungen

In erster Reihe steht die Temperatur. Sie spielt für die Lebewesen und ihre Fortentwicklung eine bedingende Rolle, wobei es natürlich ganz gleich ist, wo im Weltall sich die Lebewesen befinden. Es ist daher unsere Aufgabe, an Hand der Beispiele, die uns das Erdenleben bietet, die Temperaturgrenzen nach oben und unten festzulegen, unter denen Leben existieren kann.

Als absolute Grenze nach unten hin müssen wir diejenige ansehen, bei welcher jede Tätigkeit sowohl des Lebens wie auch der chemischen Vorgänge aufhört. Das ist der absolute Nullpunkt der Temperatur. Nach den Bestimmungen, mit denen man in der Physik arbeitet, nach denen man mißt und rechnet, liegt dieser absolute Nullpunkt der Temperatur bei 273 Grad der hunderteiligen Thermometerskala unter dem Eispunkt. Ist der absolute Nullpunkt irgendwo erreicht, so hört dort jede Art von Tätigkeit und Bewegung auf. Das kann aber nie und nirgends eintreten, denn nehmen wir selbst das Weltall als unendlich groß an, so sind doch in ihm immer die Himmelskörper vorhanden, die Wärme oder andere Energie in irgendwelcher Form enthalten und sie nur in der Zeit ausstrahlen können. Selbst wenn diese ihre ganze Wärme verlieren könnten, was ebenfalls ausgeschlossen ist, würde sie doch in den Weltraum ausstrahlen müssen und darin vorhandene Körper etwas erwärmen.

Abgesehen davon, daß also nie und nirgends der absolute Nullpunkt der Temperatur erreicht werden kann, wissen wir doch, daß schon weit vor dem Eintritt dieses extremen Zustandes jede Tätigkeit der Materie und daher auch des Lebens in hohem Maße vermindert wird. Nach unserer atomistischen Anschauung sind die chemischen Reaktionen nichts anderes als das verschiedenartige Ineinandergreifen der Bewegungen der kleinsten Teile eines Körpers, der Moleküle. Diese Bewegungen werden mit abnehmender Temperatur immer kleiner und langsamer, bis sie bei der Erreichung des absoluten Nullpunktes der Temperatur ganz aufhören, wo dann die Materie in engster, dichtester Lagerung sich befindet. Auf künstliche Weise hat man schon Temperaturen hergestellt, die dem absoluten Nullpunkt bis auf wenige Grade nahe kommen. Nachdem man gelernt hat, die Luft zu verflüssigen, und man nunmehr unschwer damit Temperaturen von —191 Grad erreichen kann, kommt man unter Benutzung dieser Temperatur als Ausgangspunkt noch tiefer und hat fast alle Gase verflüssigt, die es gibt, selbst den Wasserstoff und das Helium.

Bei solchen Temperaturen kann natürlich ein höher organisiertes Wesen nicht mehr existieren, denn die Beziehungen, die die einzelnen Organe seines Organismus miteinander verbinden, sind so mannigfaltig und ihre Wechselwirkung eine so reich-

haltige, daß sie nur in den verhältnismäßig engen Temperaturgrenzen alle miteinander zusammenarbeiten können, auf welche sie sich bei ihrer Entwicklung eingestellt haben. Je geringer aber die Lebewesen organisiert sind, desto weniger verschiedenen und komplizierten Lebensbedingungen unterliegen sie und desto größere Kälte sind sie zu ertragen befähigt. Erfahrungen nach dieser Hinsicht liegen auf Grund exakter Versuche jetzt mehrfach vor. Raoul Pictet hat schon vor vielen Jahren durch seine Untersuchungen nachgewiesen, daß eine ganze Anzahl niedriger Organismen hohe Kältegrade zu überdauern imstande sind. Er setzte solche einfach organisierten Lebewesen Temperaturen von über 100 Grad mehrere Wochen lang aus, ohne daß sie daran zugrunde gingen. Seit der Verflüssigung der Luft konnte man in der Anwendung tiefer Temperaturen weit über Pictets Versuche hinausgehen. Die Sporen des Milzbrandes starben noch nicht ab, nachdem sie 20 Stunden bei —130 Grad gehalten worden waren. Die niedrigsten Lebewesen, die Bakterien, scheinen jede Art von Kälte überdauern zu können. Einfrieren und Auftauen in Eis können sie monatelang vertragen, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüßen. Professor Macfayden in London hat Mikroorganismen gar sechs Monate lang der Temperatur der flüssigen Luft (—191 Grad) ausgesetzt, ohne eine Beeinträchtigung ihrer Keimfähigkeit herbeiführen zu können, und am Jenner-Institut in London verloren Bakteriensporen innerhalb von 20 Stunden bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffes (— 253 Grad) ihre Keimfähigkeit nicht. Ganz besonders widerstandsfähig sind zum Beispiel die Eiterbakterien (Eiterstreptokokken). Es gelang bisher nicht, sie durch Kälte irgendwie zu töten. Diese kleinen Wesen stellen ihre Lebenstätigkeit bei so hohen Kältegraden praktisch gesagt ganz ein, verfallen einer Art Winterruhe, leben aber bei höherer Temperatur wieder auf. Bei Leuchtbakterien hielt das Leuchten an, so tiefen Temperaturen man sie auch aussetzte.

Auch bei vielen Pflanzensamen ist die völlige Unzerstörbarkeit durch Kälte festgestellt worden. Neuerdings hat Paul Becquerel darüber neue Untersuchungen angestellt, und er fand, daß die Feuchtigkeit dabei eine wesentliche Rolle spielt, und zwar in der Art, daß die Beseitigung derselben als von der größten Wichtigkeit sich erwies. Er prüfte aber zugleich noch

die Wirkung der Luftleere. Seine Versuche bezogen sich auf Luzerne, weißen Senf und Weizen. Damit die Wirkung dieser Faktoren unzweifelhaft sein konnte, durchbohrte er die Samenschalen und setzte sie bei einer Temperatur von 40 Grad unter Anwesenheit von Ätzbaryt sechs Monate lang der Luftleere aus. An der Beständigkeit des Gewichtes konnte man erkennen, wann die Austrocknung eine vollständige geworden war. Die Samen wurden nunmehr in luftleer gepumpte Glasröhrchen eingeschmolzen und darauf im Kältelaboratorium des Herrn Kamerlingh Onnes in Leyden zuerst drei Wochen lang der Temperatur der flüssigen Luft (—191 Grad) und dann 77 Stunden hindurch derjenigen des flüssigen Wasserstoffs (— 253 Grad) ausgesetzt. Sodann wurden sie wieder nach Paris gebracht, die Gläschen zerbrochen und die Samen bei 28 Grad zum Keimen ausgelegt. Von allen Samen keimte nur ein einziger des Weizens nicht mehr. Die übrigen Samen keimten ebenso wie Samen unter normalen Bedingungen sonst, die man zur Kontrolle ausgesät hatte.

Entzieht man den Keimen die Feuchtigkeit nicht, so bleibt die chemische Reaktionsfähigkeit bestehen, und es gehen Prozesse vor sich, die eventuell zur langsamen Zerstörung des Samens führen. Andererseits wird die Feuchtigkeit dadurch gefährlich, daß sie bei Abkühlung unter 0 Grad gefriert. Da aber das Wasser bekanntlich im Moment des Gefrierens zu Eis sich plötzlich um etwa 10 Prozent ausdehnt, so können durch dieses Ausdehnen die Zellwände und Gewebe gesprengt und dadurch zerstört werden, so daß auch das Lebewesen zerstört und getötet wird.

Nach unten hin gibt's also offenbar keine Grenze für die Existenz von Leben. Wie steht es nun nach der anderen Richtung? Daß in der Glut eines Hochofens kein Leben mehr zu existieren vermag, oder gar in der Glut der Sonne, bedarf keines Nachweises mehr. Schon viel tiefer ist die Grenze für die Existenz des Lebens. Organismen enthalten Wasser, und dieses Wasser spielt bei der Feststellung der oberen Temperaturgrenzen des Lebens eine bedingende Rolle. Beginnt dieses Wasser in den gasförmigen Zustand überzugehen, das heißt fängt es an zu sieden, dann übt es ebenfalls eine zerstörende Wirkung auf die Zellwände aus. Die Bewegungen der kleinsten Teilchen des Wassers werden dann so stark, daß

sie die Zellgewebe zersprengen, so daß Leben dann aufhören muß. Die Siedetemperatur ist aber kein fester Punkt; sie schwankt außerordentlich, je nach den Druckverhältnissen, unter denen das Wasser steht. Auf der Erde siedet es unter Normaldruck bei 100 Grad. Normaldruck herrscht, wenn die auf der Erde lastende Luftsäule einer Quecksilbersäule von 760 Millimeter Höhe (gleich 1 Atmosphäre) das Gleichgewicht hält. In größeren Höhen ist der Druck der überlastenden Luft nicht so groß, der Barometerstand geringer, wie man die entsprechende Höhe der Quecksilbersäule nennt. Das Wasser siedet dann schon bei geringerer Temperatur. Beträgt der Druck nur $^4/_{10}$ Millimeter, so siedet das Wasser schon bei 30 Grad Kälte, unter $4^1/_2$ Millimeter Druck bei 0 Grad, unter 92 Millimeter bei 50 Grad Wärme. Andererseits erhöht ein höherer Druck die Siedetemperatur. Im Kessel einer Dampfmaschine, die mit 5 Atmosphären Druck arbeitet, herrscht eine Temperatur von 152 Grad, bei der das Wasser dort erst siedet; und unter 50 Atmosphären Druck (gleich 50mal 760 Millimeter Quecksilberhöhe) verschiebt sich die Siedetemperatur des Wassers auf 266 Grad.

Unter Normaldruck würde also die Grenze des Lebens nach oben bei 100 Grad Wärme liegen. Nun muß man aber bedenken, daß der Zellsaft nicht reines Wasser ist, sondern allerhand Beimengungen enthält. Diese setzen die Siedetemperatur zumeist erheblich hinauf. So ist es also kein Wunder, wenn die experimentellen Untersuchungen zeigen, daß nicht alle Lebewesen getötet werden, wenn sie unter eine Temperatur von 100 Grad gebracht werden. Das in neuester Zeit am bekanntesten gewordene Beispiel ist der Versuch mit den Milzbrandsporen, die über drei Stunden lang in 140 Grad lebten und durch diese recht unsanfte Prozedur ihre Keimfähigkeit noch nicht eingebüßt hatten. In den heißen Geiserbecken im Yellowstonepark leben Bakterien noch bei 70 Grad Wärme, und selbst dort, wo das Wasser eine Temperatur von 89 Grad zeigte, fand Setchell noch solche Wesen. Neuerdings hat Nestler gelegentlich von Untersuchungen über die Lebensdauer von Bakterien Keime von Bacillus vulgatus und Bacillus mycoides eine halbe Stunde lang einer Temperatur von 120 bis 130 Grad im Heißluftsterilisierapparat ausgesetzt. Die Lebensfähigkeit wurde dabei in keiner Weise beeinträchtigt. Bei einer Trockenhitze von

145 Grad waren dagegen nach einer halben Stunde alle Keime getötet.

Wenn die kleinen Lebewesen ihre Feuchtigkeit verlieren, sind sie viel widerstandsfähiger. Nun kommt dieses „Eintrocknen" von Tieren in der Natur sehr oft vor. Die im Spätfrühjahr eintrocknenden Wassertümpel entziehen den in ihnen lebenden Wesen das Lebenselement. Dadurch gehen nun diese Keime nicht etwa zugrunde, sondern sie trocknen ein und sind in Form kleiner Staubkörnchen vorhanden. Setzt ein kräftiger Regen ein, der die Tümpel auf Wochen hinaus wieder mit Wasser anfüllt, so dauert es nur ganz kurze Zeit und alle wimmeln sie von zahllosen kleinen Tierchen und Keimen. Diese teilen also direkt das Schicksal der Tümpel, sie trocknen mit ihnen ein und leben mit ihnen wieder auf. Solche trockenen Keime halten nun ohne dauernde Schädigung recht erhebliche Temperaturen aus, Temperaturen, die über den Normalsiedepunkt des Wassers weit hinausgehen.

Der Spielraum für die Existenz des Lebens ist also gar nicht so eng gesteckt. Vom absoluten Nullpunkt bis zu etwa 150 Grad Wärme kennen wir die Existenz und Beständigkeit des Lebens, also innerhalb eines Temperaturspielraums von beinahe 400 Grad. Allerdings sind es nur die niedersten Lebewesen, die innerhalb so weiter Grenzen nicht zugrunde gehen. Die höheren Tiere und gar der Mensch sind an viel engere Grenzen gebunden. Das kommt daher, weil den höheren Organismen noch weitere Fähigkeiten eigen sind, als bloß zu leben und sich fortzupflanzen, als nicht gerade bloß zugrunde zu gehen. Sie leben intensiv und erfüllen gewisse „Aufgaben", die die Entwicklung mit sich bringt und bedingt. Sie leben gewissermaßen in einem „Optimum", einem günstigsten Intervall der Temperaturskala, wo die Lebenstätigkeit ein Maß höchster Intensität besitzt. Das ist der Fall bei etwa 10 bis 40 Grad Wärme. Wir wissen, daß sich in dieser Temperatur der Mensch am wohlsten fühlt. Auf sie ist aber auch der Körper des Menschen eingestellt. Dabei hat uns die Wissenschaft gelehrt, daß der menschliche Körper selbst innerlich eine Temperatur besitzt, die stets und ständig sich auf 37 bis $37^1/_2$ Grad erhält, ganz gleichgültig, in welcher Außentemperatur sich sonst der Mensch befindet. Bei anderen warmblütigen Tieren ist die Körpertemperatur etwas geringer,

aber auch konstant. Das erscheint sehr merkwürdig und muß irgendwie begründet sein. Wir finden die Ursache in der Tat, und zwar in den einfachsten naturwissenschaftlichen Tatsachen, die die Welt beherrschen. Es ist bekannt, daß alle Vorgänge chemischer Art bei höherer Temperatur viel schneller zum Ablauf kommen, viel intensiver erfolgen, als bei niederer Temperatur. Je höher also die Lebenstätigkeit ist — auch sie besteht ja höchstwahrscheinlich in nichts als in physikalisch-chemischen Vorgängen —, desto höher muß unter sonst gleichen Umständen die Temperatur beim Ablauf dieser Funktionen sein. Nun wissen wir aber, daß die Steigerung der Bluttemperatur beim Menschen wohl eine erhöhte körperliche Tätigkeit mit sich bringt, aber doch auch seine Grenzen hat. Wir kennen die Temperaturerhöhung des lebenden menschlichen Körpers über die Normaltemperatur nur im Fieberzustand. Wir wissen auch, daß das Fieber keine Temperatur hervorrufen darf, die 42 Grad überschreitet. Sonst stirbt der Mensch. Der Zustand eines Menschen, dessen Bluttemperatur bloß in diese Nähe rückt, wird schon sehr besorgniserregend. Man erkennt jedenfalls, daß die Bluttemperatur schon dicht an der äußersten Grenze steht, so dicht, daß eine Steigerung für künftige etwa höher organisierte Wesen nicht mehr zu erwarten ist und der Mensch hiernach ungefähr am Ende der physischen Entwicklungsmöglichkeit steht. Diese Grenze ist bestimmt durch die physikalischen Eigenschaften des Stoffes, an den die Lebensfunktionen geknüpft sind, nämlich das Eiweiß, das Protoplasma. Eiweiß gerinnt bei einer Temperatur von 45 bis 50 Grad und kann dann nicht mehr Träger der Lebensfunktionen sein. Entzieht man dem Eiweiß allerdings alle Feuchtigkeit, so gerinnt es erst, wenn es auf ungefähr 100 Grad erhitzt wird. In den Körpern der höheren Organismen ist aber stets nur wasserhaltiges Eiweiß vorhanden, und so kommt es denn, daß der Mensch eine Bluttemperatur besitzt, die sehr nahe an dem kritischen Punkte steht, der für das Leben gefährlich ist. Die Körpertemperatur befindet sich aber wegen dieser Nähe der Grenze in der Zone ihrer günstigsten Wirksamkeit, dort, wo die Temperatur so hoch ist, wie sie nur sein kann, ohne schon den Schädlichkeiten ausgesetzt zu sein, die von anderer Seite drohen. Es erscheint aber eine sehr gefährliche Sache, einen Mechanismus so nahe an die Grenze dessen zu setzen, was

gerade noch erlaubt ist. Wenn nicht wirksame Gegenmaßregeln vorhanden sind, die sofort einer Veränderung entgegenwirken, dann ist der Mensch jeden Augenblick lebensgefährdet. Es ist also eine ganz vorzügliche Regulation erforderlich.

Schon die weite Ausbildung des Menschen beweist, daß solche Vorkehrungen getroffen sein müssen. Befindet sich zum Beispiel der Mensch in besonders warmer Umgebung, die seine Körpertemperatur heraufzusetzen droht, so tritt sofort eine Einschränkung der Herztätigkeit ein; das Blut zirkuliert mehr an der Peripherie des Körpers und es geschieht ein Schweißausbruch, der an der Hautoberfläche verdunstet und sie und das Blut kühlt. Diese Kühlung funktioniert besonders gut, wenn die Außenluft sehr trocken ist. Dann kann ja das austretende Schweißwasser besonders stark und schnell verdunsten und der Haut und dem in ihr weilenden Blute große Wärmemengen entziehen. Ist dagegen die Feuchtigkeit der Außenluft groß, so kann der Schweiß nur sehr schwer und schwach verdampfen, und wir haben das Gefühl der Schwüle, die also bei verhältnismäßig niedriger Temperatur schon eintreten kann. Ranke erzählt in seinem großen Werke über den Menschen, daß Berger und de la Roche in trockener Luft von 100 bis 127 Grad Wärme 8 bis 16 Minuten lang aushalten konnten, und daß ihre Organe so vorzüglich funktionierten, daß diese über die Siedehitze des Wassers bei Normaldruck hinausgehende Temperatur ihre Körpertemperatur unverändert ließ! Ebenso funktionieren natürlich die Schutzorgane aller Warmblüter. Dabei kann die Bluttemperatur auch *unter* den Normalpunkt fallen. Je tiefer die Tiere stehen, desto leichter ertragen sie solche Herabsetzung der Körpertemperatur. Eine ganze Reihe selbst höchstorganisierter Tiere, deren Nahrungsquellen im Winter schwer fließen, verfallen einer Winterruhe, bei der ihre Bluttemperatur stark sinkt (Bären, Fledermäuse usw.). Einige Säugetiere können ihre Temperatur bis auf 5 Grad herabsetzen. Die Lebensfunktionen werden dann so verlangsamt, daß der Körper keiner Nahrungsaufnahme bedarf. Er zehrt zwar an sich selbst, aber nicht so stark, daß er dadurch während der Periode des Winterschlafes gefährdet wäre. Ist es nicht kalt genug, so erwachen die Tiere auch wieder und helfen durch Nahrungszufuhr nach, die Maschine ihres Organismus im Gange zu erhalten.

Noch widerstandsfähiger gegen Kälte sind die niederen Tiere mit kaltem Blute, wie Frösche, Fische, Schlangen usw. Sie können einfrieren und sich weit unter den Eispunkt abkühlen. Wenn sie langsam wieder erwärmt werden, wie das zum Beispiel in der Natur der Fall ist, kehren sie auch allmählich wieder zum Leben zurück. Diese Lebewesen passen sich direkt der Außentemperatur an, die Warmblüter dagegen haben die erforderlichen Regulievorrichtungen und vermögen es, sich dadurch noch größeren Schwankungen der Außentemperatur anzupassen, ohne an der Gesundheit Schaden zu nehmen. Die Regulievorrichtungen des menschlichen Körpers gestatten dem Menschen sogar, die ganze Erde zu bewohnen. Wo keine Pflanze und kein anderes höheres Tier mehr vorkommt, von den Tropen bis zu den Polargebieten, überall vermag der Mensch zu leben. Diese Anpassungsfähigkeit des Menschen ist im wesentlichen bedingt durch seinen Intellekt. Ursprünglich ist der Mensch ein Bewohner tropischer Länder. Darauf deutet schon die Tatsache hin, daß seine Haut vollkommen ungeschützt ist und daß er wohl gegen übermäßige Wärme die erwähnten vorzüglichen Einrichtungen besitzt, nicht aber gegen die Kälte. Sein Intellekt hat aber den Menschen gelehrt, sich äußere Hilfsmittel zu schaffen, die ihm den Mangel an natürlichen ersetzen. Kleidung und Behausung dienen diesem Zwecke, und er kann sich durch diese beiden Hilfsmittel gegen Unbilden schützen, denen andere Tiere mit natürlichen Schutzmitteln gegen die Kälte nicht zu entgehen vermögen. So ist es möglich, daß der Mensch innerhalb seines Temperaturintervalls von über 100 Grad auf der Erde zu leben vermag. Und wenn die Entwicklungsrichtung der Erdentemperatur nach der Seite der Kälte zu geht, so ist das für die Menschen nicht ungünstig, denn die Grenzen nach unten können besonders durch eine im Laufe der langen Zeiten auszubildende Anpassung fast ins Unbegrenzte erweitert werden, während ihnen nach oben hin zweifelsohne größere Beschränkung auferlegt ist, die wahrscheinlich nicht zu besiegen wäre.

Gehen wir den Bedingungen nach, die die Einzelheiten unserer Erkenntnis aufzeigen, so kommen wir zu recht interessanten Aufschlüssen, die stets einladen, sich weiter in dieses Detail zu verlieren. Wir müssen dem steuern, um nicht zu sehr abseits zu

geraten. Bevor wir unsere Betrachtungen über die Temperaturfrage abschließen, sei auf nur einen Punkt noch hingewiesen, der so recht geeignet ist, darzutun, was uns derlei Betrachtungen zu bieten vermögen. Wir betrachteten die Abhängigkeit des Siedepunktes des Wassers vom überlastenden Drucke. Wenden wir nun unsere dabei erlangten Kenntnisse auf irdische Verhältnisse an, so finden wir, daß die Siedetemperatur des Wassers in größeren Höhen über dem Erdboden geringer sein muß, weil dort ja der Luftdruck geringer ist. Auf dem Gipfel des Montblanc zum Beispiel, in einer Höhe von 4775 Meter über dem Meeresspiegel, wo der Barometerstand normal nur noch 417 Millimeter beträgt, siedet das Wasser schon bei 84 Grad. Auf dem Mars ist die Atmosphäre wahrscheinlich so dünn, daß das Wasser schon bei 50 Grad sieden wird, wohingegen der ungeheure Druck der Lufthülle Jupiters den Siedepunkt ziemlich weit über 100 Grad setzen wird. Man ersieht daraus, daß der Lebensmöglichkeit auf den größeren Weltkörpern immer weitere Grenzen gestellt sind, da im allgemeinen die Gas- oder Lufthüllen um so höher sind, je größer der Himmelskörper selbst ist. Sollten wir also zu dem Schlusse kommen, daß etwa Jupiter bewohnbar sein kann oder werden wird, so können wir getrost behaupten, daß der Entwicklung und der Mannigfaltigkeit der Lebewesen dort weniger enge Schranken gesetzt sind als der schon so wunderbar reichen und schönen unserer Erde. Der Größe der Himmelskörper ist aber kaum eine Grenze gesetzt, und so können wir ferner aus dieser ganz allgemeinen Betrachtung schon ersehen, daß dem Leben in der Welt ein Entwicklungsspielraum zugewiesen ist, von dem wir uns in unseren kühnsten Phantasiegebilden keine Vorstellung machen können, daß es Welten geben kann oder schon gegeben hat oder noch geben wird, in denen eine so ungleich viel höhere Vollkommenheit und Schönheit herrschen kann, daß uns unser kleiner Erdenstern als recht armselig dagegen erscheinen muß. Ist nun gar das Leben nicht von den organischen Stoffen, dem Wasser-, Sauer-, Stick- und Kohlenstoff wie bei uns abhängig, was wir in keiner Weise bisher feststellen können, so ist die Ausmalung der möglichen Mannigfaltigkeit eine noch viel reichere! Was die neuere Forschung hierzu zu sagen hat, werden wir allerdings noch später sehen.

Licht und Leben

Eine genaue Betrachtung der Lebensvorgänge erweist, daß auch das Licht für das Leben eine bedingende Rolle inne hat. Vor allen Dingen kann kein höheres Lebewesen ohne Licht existieren. Jedoch nicht bloß die Tier-, auch die Pflanzenwelt bedarf des Lichtes. Ohne Licht ist ein dauernder Bestand irgendwelchen Lebens unmöglich.

Lichtquelle alles irdischen Lebens ist die Sonne. Sie allein liefert uns das für die Lebensvorgänge nötige Licht. Was wir heute an künstlichem Lichte erzeugen, ist in Wirklichkeit nur künstliche Sonnenenergie, herrührend aus der Sonnenstrahlung, die uns die Wärme durch den trennenden Raum hindurch zusendet, ganz gleich, ob wir sie als schwarze oder als „weiße Kohle" hier verwerten und in Licht umsetzen. Das irdische Leben ist also an die Existenz der Sonne gebunden. Erlischt uns die Sonne, so werden dem Leben wesentliche Existenzgrundlagen auf der Erde entzogen und es muß untergehen. Wir kennen nur wenige Tiere, die ohne das Sonnenlicht direkt auskommen; am bekanntesten sind davon die Tiefseefische und die Leuchtinsekten. Diese Lebewesen haben eigene Leuchtorgane, deren Licht nicht durch Verbrennung erzeugt wird; es ist sogenanntes „kaltes Licht". Es ist bisher selbst mit den feinsten physikalischen Hilfsmitteln nicht gelungen, dieses Licht der Leuchttiere als mit Wärmestrahlung verbunden zu erkennen. Aber indirekt leben selbst die Tiefseetiere durch das Sonnenlicht, da sie sich durch die Planktonpflanzen nähren, die aus den oberen Meeresschichten niedersinken, in welche das Sonnenlicht eindringt. Und alle Pflanzen können nur gedeihen, wenn Licht vorhanden ist. Deshalb ist auch die Tiefsee alles pflanzlichen Lebens völlig bar, während sie von einer Fauna leuchtender Wesen bevölkert wird.

Die Pflanze lebt ja bekanntlich nicht bloß von der durch die Wurzeln eingesogenen Nahrung, sondern auch in hohem Maße von der Luft. Sie atmet wie die Tiere. Während diese aber bei der Atmung Luftsauerstoff verbrauchen und Kohlensäure von sich geben, atmen die Pflanzen umgekehrt Sauerstoff aus, den sie durch die Spaltung der in der atmosphärischen Luft vorhandenen Kohlensäure produzieren. Die abgeschiedene Kohle

aber brauchen sie zum Aufbau ihres Pflanzenkörpers. Darin besteht die außerordentliche Wichtigkeit des Pflanzenreichs für die Tiere. Letztere könnten ohne die Pflanzen nicht leben, aber auch das Umgekehrte wäre nicht möglich. Wären die Pflanzen nicht vorhanden, so würde sich die Luft bald so stark mit Kohlensäure anreichern, daß alle Tiere darin ersticken müßten.

Dieser Prozeß der Pflanzen geht aber nur dann vonstatten, wenn Licht vorhanden ist; fehlt das, dann atmen auch sie die Kohlensäure wieder aus, weil eben kein Licht da ist, das sie im Pflanzenkörper spalten könnte.

Wir sehen also, daß es unbedingt erforderlich ist, daß eine lichtspendende Sonne existiert, wenn nicht das Licht sonstwie auf eine uns unbekannte Weise vorhanden ist oder erzeugt wird. Welche Lichtart (Farbe) dieser Lichtspender aussendet, darauf kommt es nicht so genau an. Rotes Licht scheint für das Pflanzenwachstum sogar von besonderer Gunst zu sein; aber selbst violettes Licht unterhält die Lebensprozesse. Nur die Helligkeit, die Lichtmenge, darf dabei unter ein gewisses Maß nicht hinabsinken.

Wir erkennen also, daß wir bei der Untersuchung der Himmelskörper auf ihre Bewohnbarkeit als weiteres Kriterium dasjenige zu beachten haben, daß genügend Licht vorhanden ist, welches die Prozesse der organischen Natur zu unterhalten vermag.

Die Atmosphäre und das Leben

Nicht minder notwendig als Wärme und Licht ist für jede Art organischen Lebens die Atmosphäre. Erst sie vermittelt ja die Lebensvorgänge, die sich in einem beständigen Austausch der Stoffe in den Organismen mit der Außenwelt kundtun. Der größte Teil des Stoffwechsels der Organismen geht ja durch die Atmosphäre vor sich. Es ist daher keine Frage, daß bei unseren Untersuchungen ihr eine bedeutsame Rolle zufallen muß. Es ist daher auch erforderlich, die Erdatmosphäre genau zu studieren und die Einflüsse aufzuzeigen, die sie im ganzen wie auch in ihren Einzelbestandteilen auf das organische Leben äußert.

Die atmosphärische Luft der Erde ist ein Gasgemisch, keine chemische Verbindung. Die in ihr vorkommenden Gase sind Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure (Kohlendioxyd), Wasserdampf, Argon, Neon, Krypton, Xenon, Helium, Wasserstoff und die

Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff und Wasserstoff (Ammoniumnitrit und Ammoniumnitrat). In weitaus überwiegendem Maße kommen Stickstoff und Sauerstoff vor, während alle anderen Gase verhältnismäßig gering sind. Die Edelgase und die Stickstoffverbindungen kommen in so geringen Mengen vor, daß man praktisch die Zusammensetzung der Luft folgendermaßen angeben kann. Trockene Luft enthält

	in 1 Kubikmeter		in 1 Kilogramm	
	Liter	Gramm	Gramm	Liter
Stickstoff	780,3 =	975,80	755,14 =	603,81
Sauerstoff . . .	209,9 =	299,84	231,47 =	162,03
Argon	9,4 =	16,76	12,92 =	7,24
Kohlensäure . . .	0,3 =	0,59	0,46 =	0,23
Wasserstoff . . .	0,1 =	0,01	0,01 =	0,08
	1000 =	1293	1000 =	773,39

Diese Zusammensetzung der Luft bleibt fast unverändert, wo man sich auch befinden mag. Klima, Erhebung über den Meeresspiegel, geographische Breite, Vegetation usw. bleiben fast ohne jeden Einfluß auf die Luftzusammensetzung. Wenn man nun weiß, daß so viele Faktoren an dem Austausch mit der Atmosphäre beteiligt sind, so muß es recht wunderbar erscheinen, daß die Zusammensetzung eine so große Konstanz zeigt. Die Tierwelt verbraucht ungeheure Quantitäten Sauerstoff und gibt Kohlensäure an die Luft ab; die Pflanzen spalten die Kohlensäure und atmen Sauerstoff aus; das Meer verschluckt Kohlensäure, während die Vulkane solche an den Tag befördern. Dennoch bleibt die Zusammensetzung der Luft praktisch unverändert. Der Grund dafür ist einmal die ungeheure Größe des Luftozeans. Sodann muß man aber bedenken, daß die vielerlei ablaufenden Prozesse gegeneinander arbeiten; was ein Vorgang schafft, vernichtet ein oder mehrere andere wieder. Die Pflanzenleiber vermodern und geben damit der Luft ihre Kohlensäure wieder zurück — während sonst die Pflanzenwelt durch ihr Leben die Kohlensäure aus der Luft bindet —; das Meer absorbiert Kohlensäure und bindet sie; auch die unzähligen Kalkschalentiere verbrauchen zum Aufbau ihrer Panzer Kohlensäure und lagern sie nach ihrem Tode in Form von Kalkverbindungen auf dem Meeresgrund ab, während die Vulkane jungfräuliche Kohlensäure aus dem inneren Leibe der Erde hervorschaffen.

Die einzige Unbeständigkeit der Erdatmosphäre bezieht sich auf ihren Feuchtigkeitsgehalt, auf ihren Gehalt an Wasser und Wasserdampf. Im Durchschnitt beträgt dieser Gehalt an Wasserdampf 0,84 Prozent. Der beständige Wechsel des Gehaltes ist für das Erdenleben von der allergrößten Bedeutung. Aber auch die geringen Schwankungen des Kohlensäuregehaltes spielen eine erhebliche Rolle. Wir müssen diesen Erscheinungen nachher also noch eine besondere Betrachtung widmen.

Die Erdatmosphäre ist zwar für die irdische Lebewelt von bedingender Bedeutung; dennoch lebt der größte Teil des organischen Lebens gewissermaßen nicht in der Atmosphäre, sondern im Meere und an der Erdoberfläche. Die Atmosphäre selbst ist nur in ihren untersten Teilen belebt und bewohnt. Von den höheren Organismen leben nur die Vögel in der Luft. Sie erheben sich aber nie zu größeren Höhen. Und wenn die großen Raubvögel sehr hoch in die Luft emporsteigen, so bilden sie damit nur Ausnahmen. Die ganze sonstige Lebewelt der Luft lebt in den untersten Meterdekaden des Luftmantels. Nur die Bakterien und überhaupt die allerniedrigsten Lebewesen kommen auch in größeren Höhen vor. Überall, wo man in Ballons die Luft untersuchte, traf man diese kleinen Organismen an, und es spricht alles dafür, daß sie bis in die allerhöchsten Schichten hinaufgelangen, selbst dorthin, wo die Luft optisch nicht einmal mehr wirksam ist. Die allerhöchsten Luftschichten sind leider der Untersuchung nicht mehr zugänglich; sie verraten sich uns ja überhaupt nur noch durch die Erscheinungen der Polarlichter und der Sternschnuppen, indem feiner Sonnenstaub in die Erdatmosphäre einfällt beziehungsweise kleine Stücke von Materie, die im Weltraum umherwandern, in die Nähe der Erde geraten und in die Erdatmosphäre eindringen.

Die verschiedenen Bestandteile der Luft nehmen einen sehr unterschiedlichen Anteil an den Lebenserscheinungen. Die größte Menge der Luft besteht aus Stickstoff. Stickstoff ist ein sehr träges Gas, das unter den normalen Temperaturen der Atmosphäre nur sehr schwer und gezwungen chemische Verbindungen eingeht. Für die Lungen ist er ein ganz unbrauchbares Gas; er spielt da nur die Rolle des Verdünnungsmittels für den scharfen und außerordentlich aktiven Sauerstoff; er wird bei der Atmung unbenutzt wieder ausgestoßen. Wie schon sein Name

besagt, muß der Stickstoff direkt lebensfeindliche Eigenschaften besitzen, und in der Tat ist das auch der Fall. Bringen wir ein organisches Wesen in einen Raum, wo es nur Stickstoff einatmen kann, so geht es sehr schnell darin zugrunde, es würde einfach ersticken. Zieht man aber die Grundlagen der Ernährung des Menschen in Betracht, so spielt der Stickstoff da allerdings eine recht erhebliche Rolle. Der Stickstoff hat an dem Aufbau des Pflanzenkörpers und damit an den Produkten der Landwirtschaft und der Natur den größten Anteil. Der große Chemiker und Agrikulturtheoretiker Justus Liebig sagt, daß nächst dem Wasser der Stickstoff der gewaltigste Faktor für die Landwirtschaft sei. Die Pflanzen nehmen zum Aufbau des Eiweißes nicht nur Luft und Wasser auf, sondern aus dem Boden auch mineralische Substanzen, in allererster Linie Stickstoff. Der Stickstoff ist also ein Element, das für das Leben unbedingt notwendig ist, das aber nicht der Atmosphäre entnommen wird, sondern dem Boden. Aber auch diese Stickstoffaufnahme geschieht zum Teil wenigstens aus der Luft, so daß der Stickstoff der Luft — der ja neuerdings auch künstlich erzeugt und für die Landwirtschaft nutzbar gemacht wird — in der Tat ein Lebenselement bildet.

Die Tiere bedürfen des Stickstoffs als Material für die Zellsubstanz, das Protoplasma, und durch das Leben und Absterben der Tiere besteht ein beständiger Stoffwechsel in Stickstoff zwischen Erde und Luft. Der in die Luft geführte Stickstoff wird durch gewisse Bakteriensorten wieder der Luft entzogen; es wird auf diese Weise verhindert, daß sich die Luft mit Stickstoff so stark anreichert, daß die atmenden Wesen in ihr ersticken müßten. Auch hier reguliert sich der Kreislauf der Stoffe in fast wunderbarer Weise, wobei allerdings zu bemerken ist, daß eben die Prozesse aus ganz natürlichen Gründen ihre Selbstregulierung in sich bergen und in sich bergen müssen.

Nächst dem Stickstoff ist in der irdischen Atmosphäre der Sauerstoff in größter Menge vorhanden. Wir wissen, daß er das eigentliche Lebenselement in der Luft ist. Wir brauchen ihn zur Unterhaltung der Verbrennungsvorgänge im menschlichen Körper; die Gewebeflüssigkeiten nehmen den Sauerstoff auf, bilden mit dem vorhandenen Kohlenstoff Kohlensäure und diese wird wieder ausgeatmet. Für alle lebenden Wesen der

Tierwelt ist daher der Sauerstoff in einer Atmosphäre das bedingende Element für die Existenz des Lebens. Für die Pflanzen dagegen scheint das nicht der Fall zu sein. Namhafte Botaniker glauben, daß die Pflanzen in einer Atmosphäre gedeihen können, die gar keinen freien Sauerstoff enthält. Belegstücke für diese Anschauung gibt es mehrerlei Art. Verbrennten nämlich die gesamten Kohlenlager der Erde, so würde dazu — wie man nachrechnen kann — der gesamte in der Erdatmosphäre vorhandene freie Sauerstoff verbraucht. Koenen, Stevenson, Arrhenius und andere Forscher nehmen daher an, daß der freie Luftsauerstoff einmal gebunden war, und zwar mit Kohlenstoff zu Kohlensäure. Diese Kohlensäure erfüllte ehemals die Erdatmosphäre und ist erst durch die Arbeit der Pflanzen — die ja die Kohlensäure durch die Wirkung des Sonnenlichtes in Kohle und Sauerstoff spalten — frei gemacht worden. Die Erdatmosphäre hätte danach ursprünglich einmal gar keinen freien Sauerstoff besessen, sondern ungeheure Mengen Kohlensäure, in der die Pflanzen lebten.

Man erkennt also, daß die Kohlensäure ehemals eine viel größere Rolle gespielt hat als jetzt, wo nur noch Spuren davon in der Luft zu finden sind. Aber trotz dieses geringen Vorkommens ist die Kohlensäure in der Luft noch von größter Bedeutung, und zwar für den Wärmehaushalt der Erde. Auch der Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf hat die gleichen Eigenschaften, so daß er in dieser Beziehung hier gleich mit abgehandelt werden möge.

Das gesamte Leben auf der Erde wird ja durch die Einstrahlung der Sonnenwärme erhalten. Tagaus tagein strömen vom Zentralgestirn unseres Planetensystems ungeheure Energiemengen auf die Erde herab. Sie erwärmen den Erdboden und lassen einen großen Teil der Wärme wieder in den Luftkreis entweichen, der unsere Erde umgibt. Schon Fourier und Pouillet nahmen an, daß die Atmosphäre Eigenschaften hat, die geeignet sind, die vom Erdboden in sie ausstrahlende Wärme nicht sogleich wieder in den kalten Weltenraum hinauszustrahlen, sondern verhältnismäßig lange in sich zu behalten. Sie gleicht darin dem Glase, das die Eigenschaft hat, die sogenannte „helle Wärme" durchzulassen, während es die „dunkle Wärme" nicht durchläßt. Helle Wärme strahlt zum Beispiel die Sonne aus

— sie ist ein glühender Körper —, während ein Ofen dunkle Wärme ausstrahlt. Auch die Wärmeausstrahlung der Erde ist dunkel. Man kann nun leicht folgenden Versuch des amerikanischen Physikers Langley nachprüfen. Er nahm eine Kiste, die er durch eine dicke Baumwollpackung gegen starken Wärmeverlust schützte, deren eine Seite er aber mit doppeltem Glase deckte und der Sonne zukehrte. Er führte seinen Versuch auf dem Pikes Peak in Kolorado um Mittag im Juli 1881 aus. Die Temperatur stieg im Schatten nur auf 14 und 15 Grad; in der Kiste aber wurden nicht weniger als 113 Grad gemessen!

Der englische Physiker Tyndall wies nach, daß die Atmosphäre ganz ähnliches Verhalten zeigt. Und das ist zurückzuführen auf den Gehalt an Wasserdampf und Kohlensäure. Auf Grund dieser neueren Feststellungen und Messungen hat nun Arrhenius berechnet, daß, wenn alle Kohlensäure aus der Luft verschwände, die Temperatur der Erdoberfläche um 21 Grad sinken würde. Diese Temperaturerniedrigung hätte weiter zur Folge, daß sich der Gehalt an Wasserdampf stark verminderte, wodurch wiederum ein Temperatursturz um wenigstens den gleichen Betrag von 21 Grad einträte. Arrhenius wies damit nach, daß schon relativ geringe Änderungen in der Zusammensetzung der Luft einen großen Einfluß auf die Temperaturgestaltung unseres Planeten haben müssen. Sänke die Kohlensäure um die Hälfte, so träte eine Temperaturverminderung um 4 Grad ein, bei einer Verdoppelung des Kohlensäuregehaltes würde dagegen die Temperatur um 4 Grad steigen, bei Vervierfachung um 8 Grad. Sänke der Kohlensäuregehalt, so müßten sich die Folgen der schiefen Achsenstellung der Erde bei der Sonnenstrahlung in bezug auf die klimatischen Unterschiede in den verschiedenen Breiten des Erdballs erheblich schärfer bemerklich machen.

Man hat versucht, mit dieser Tatsache den Temperaturwechsel zu erklären, der die Eiszeiten herbeigeführt hat. In jenen Zeiten dürfte die Durchschnittstemperatur etwa 5 Grad niedriger gewesen sein als jetzt. Das hat genügt, um große Teile des europäischen und asiatischen Festlandes unter gewaltige Eisdecken zu legen, während wenig höher temperierte Perioden der Vorzeit den üppigsten Pflanzenwuchs in denselben Gegenden hervorzubringen vermochten. Ist also dieser Klimawechsel eingetreten, so braucht man nur nachzuweisen, daß der Kohlensäuregehalt sich um die genannten Beträge ändern kann, um auf Grund dieses Umstandes dann die Entstehung von Eiszeiten zu erklären.

Arrhenius hat den ganzen Komplex von Tatsachen der Rechnung unterworfen, wobei die verschiedenen Prozesse der Kohlensäureerzeugung (Kohlenverbrennung, Verwitterung, Vermoderung, vulkanische Tätigkeit) und des Kohlensäureverbrauchs (Moor- und Torfbildung, Pflanzenwachstum, Aufnahme durch das Meer, Sedimentablagerung unter Vermittlung der Meeresorganismen) berücksichtigt wurden. Diese Rechnung bestätigt die Anschauung von der ehemals ganz andersartig zusammengesetzten und jedenfalls sehr stark kohlensäurehaltigen Atmosphäre.

Diese Betrachtungen beweisen jedenfalls die Wichtigkeit der Kohlensäure für das tierische Leben und die große Rolle, die dabei der Pflanzenwelt zufällt. Zuerst erschien uns die Kohlensäure als ein giftiges Gas, das dem Leben nur hinderlich ist. Unter anderem und erweitertem Gesichtswinkel aber wird es für uns wie der Stickstoff ein rechtes Lebenselement, das für den Wärmehaushalt der Erdoberfläche wichtiger ist, als man noch bis vor kurzer Zeit glaubte.

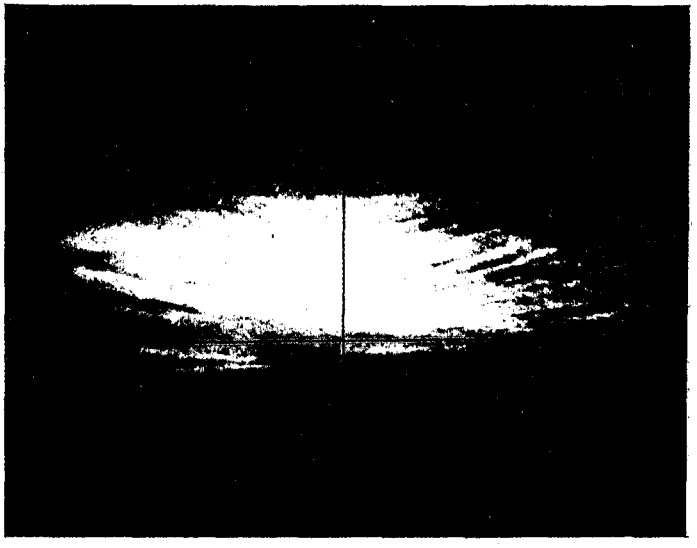
In gleicher Richtung wie die Kohlensäure wirkt nun die Luftfeuchtigkeit und der in der Luft stets vorhandene Staub. Staub wie Wasserdampf wirken konservierend auf die der Erdoberfläche zugestrahlte Wärme. Zwar halten sie auch eine gewisse Menge Sonnenwärme, die erst einstrahlen soll, ab und strahlen sie in den Weltraum zurück, so daß sie gar nicht erst die Erde erreicht; ihre wärmeschützende Eigenschaft ist demnach größer. Dabei wirkt der Staub noch in besonderer Weise. Die Luftfeuchtigkeit hat nämlich von gewisser Stärke ab die Tendenz, sich in Form von Tröpfchen niederzuschlagen (zu kondensieren) und Wolken zu bilden. Zur Tropfenbildung ist aber das Vorhandensein von Staub — wie Aitken und nach ihm andere Gelehrte nachgewiesen haben — von der größten Wichtigkeit, da erst die elektrisch geladenen Staubteilchen Kondensationskerne bilden, an denen sich die Feuchtigkeit zu Tröpfchen verdichtet. So ist durch das Vorhandensein von Staub die Wolkenbildung begünstigt und gegeben, und auch die Wolken spielen bei der Einstrahlung von Sonnenlicht und Sonnenwärme eine Rolle. Sie bedecken die Erde durchschnittlich zur Hälfte, können also

eine erkleckliche Menge Sonnenwärme von der Erde abhalten, damit aber auch stark wärmekonservierend wirken. Auch Licht halten sie ab und strahlen es in den Weltraum wieder hinaus. Alle diese Größen sind der Messung unterworfen, so daß wir aus der lichtrückstrahlenden Kraft der Wolkendecke anderer Planeten nicht unwichtige Schlüsse auf die Eigenschaften ihrer Oberflächen ziehen können.

Staub und Luftfeuchtigkeit haben also auf die Sonneneinstrahlung einen großen Einfluß und damit auch auf die Temperatur der Erde. Würde der Staubgehalt der Luft sich verringern, so würde die größere Einstrahlung an Sonnenwärme sogleich eine größere Verdunstung von Wasser herbeiführen, die namentlich die Meere bestreiten müßten. Das Niederschlagen dieser verdunsteten und in der Luft gelösten Wassermengen würde durch den Staubmangel sehr erschwert und die Temperatur würde auf der Erde steigen. Es ist aber nicht abzusehen, daß sich der Staubgehalt der Luft vermindert, denn die vulkanische Tätigkeit, die solchen feinen Staub an die Luft befördert, dürfte ihrem Erlöschen noch lange nicht so nahe sein. In jetzigen Zeiten sorgt zudem der durch unsere Kohlenverbrennung in die Luft geschleuderte Ruß für starke Staubentwicklung. Daß tatsächlich die vulkanische Asche gewaltige Mengen feinsten Staubes in die Luft befördert, beweisen die leuchtenden Nachtwolken, die sich nach den großen vulkanischen Ausbrüchen der letzten Jahrzehnte noch lange Zeit hindurch zeigten. Auch die prachtvollen Dämmerungserscheinungen, die wir alle kennen und selbst jetzt noch nach den Vesuvausbrüchen an jedem klaren Abend beobachten, sind durch die in den hohen Luftschichten schwebenden feinsten Aschenpartikelchen hervorgerufen. Bevor diese kleinen leichten Teilchen auch nur um einen Kilometer zur Erde niedersinken, vergehen Jahre, so daß die Dämmerungserscheinungen noch Jahrzehnte hindurch nach jeder größeren vulkanischen Eruption zu beobachten sind.

Daß alle diese Einflüsse der Kohlensäure, der Luftfeuchtigkeit und des Staubes nicht unbedeutend sind, erkennt man aus einer rechnerischen Untersuchung dieser Verhältnisse. Unter Zugrundelegung der Messungen über die Menge der Wärme, die die Sonne auf die Erdoberfläche einzustrahlen vermag, hat Zenker einmal berechnet, welche Temperatur an der Erdoberfläche herr-

schen müßte, wenn die Erdatmosphäre nicht vorhanden wäre oder wenn sie nicht die besprochenen besonderen wärmeschützenden Eigenschaften besäße. Dann würde die Wärmeverteilung über der Erdoberfläche eine ganz andere sein, als sie jetzt ist, und für die gesamte Erdoberfläche käme eine Durchschnittstemperatur heraus, die nur 6½ Grad betrüge. In Wirklichkeit beträgt sie dagegen 15 Grad, so daß die Atmosphäre vermöge



5. Bild. Jessesche leuchtende Nachtwolke
Photographiert am 2. Juli 1889 1 Uhr 44 Min. nachts in Steglitz bei Berlin

ihrer wärmekonservierenden Eigenschaften es vermag, die Temperatur im Durchschnitt um 8½ Grad zu erhöhen. Aber das ist nicht der einzige Einfluß. Wäre die Atmosphäre nicht vorhanden, so würden die klimatischen Unterschiede viel größere und härtere sein; die atmosphärische Luft bewirkt einen Ausgleich, der auch durch die Meeresströmungen und die festen Niederschläge namentlich an den Polen und auf den Hochgebirgskuppen durch deren zeitlich verschobenes Abschmelzen unterstützt wird.

Zu beachten ist, daß ebenso wie die Wärmeeinstrahlung auch die Ausstrahlung nötig ist. Denn bliebe alle eingestrahlte Wärme

bei uns, so würde unser Muttergestirn wie seine Brüder bald Temperaturen annehmen, die nicht nur alles Leben töteten, sondern aus ihnen bald Gasbälle von ungeheurer Glut machten.

Das Meer und das Leben

Wenn wir die Lebensbedingungen unseres Planeten für organische Wesen betrachten, so dürfen wir nicht bloß die Sphäre unseres menschlichen Lebens unter die kritische Lupe nehmen, wir müssen auch die Urwiege des Lebens auf der Erde, das Meer, durchforschen und seine Lebensbedingungen zu ergründen versuchen. Es kommt ja nicht bloß darauf an, die Bedingungen für das menschliche Leben festzustellen, sondern für das Leben überhaupt, und da bietet der Wassermantel, der unsere Erde umgibt, ein sehr viel größeres Feld dar als Land und Luft. Die Lufthülle der Erde ist nur zum kleinsten Teile bewohnt, eigentlich nur auf dem Grunde — wenn wir von den Keimen absehen, die sich überall vorfinden. Der Ozean dagegen wimmelt von Lebewesen, von oben bis unten. Seine Masse ist auch eine so viel (250mal) größere als diejenige der Atmosphäre, daß sie schon deshalb sehr viel reichhaltiger sein muß. Ein einziges Wesen braucht schon einen sehr großen Luftraum für sich, während der Wasserraum, den es beansprucht, sehr viel geringer sein kann, weil das Wasser eben ein sovielmal konzentrierteres Element ist.

Die im Wasser lebenden Organismen atmen wie die Landtiere auch; sie müssen daher aus dem Wasser Sauerstoff entnehmen können. Das Meer enthält diesen Sauerstoff wie überhaupt Luft in größeren Mengen gelöst. Der beständige Austausch von Meer und Luft sorgt dafür, daß das Wasser immer genug Sauerstoff enthält. Der Luftmantel wird daher auch hier nicht überflüssig. Wo Wasserflächen, die nur geringe Tiefe und infolgedessen nur verhältnismäßig wenig gelöste Luft enthalten, von der Luft abgeschlossen werden — zum Beispiel durch eine Eisdecke —, da müssen die darin lebenden Tiere aus Luftmangel schließlich zugrunde gehen. Im Meere ist diese Gefahr wegen der Größe und Tiefe der Becken nicht vorhanden.

Eine wesentliche Abweichung der Lebensbedingungen im Meere von denen auf dem Lande stellen die Druckverhältnisse dar. An der Meeresoberfläche ist der Druck nur wenig höher als der

Atmosphärendruck, der ja bekanntlich gleich dem Drucke einer Quecksilbersäule von 760 Millimeter auf ihre Unterlage ist (1,033 Gramm). Mit dem Hinabschreiten um etwa je $10^1/_2$ Meter aber steigt der Druck des überlastenden Wassers um eine Atmosphäre. Bei 105 Meter beträgt er dann schon ungefähr 10 Atmosphären, bei 1050 Meter bereits 100 Atmosphären. Es muß als sehr bemerkenswert erscheinen, daß es Lebewesen gibt, die unter derartigen und noch höheren Druckverhältnissen leben können. Es kommen ja Pressungen bis zu 900 Atmosphären vor. Da müßten die feinen organischen Gewebe eigentlich zerquetscht werden. Das ist nun nicht der Fall. Wir haben aus gewaltigen Tiefen Organismen an die Luft befördert und gefunden, daß die Fische zum Beispiel ein inneres Druckentlastungsorgan in Form einer luftgefüllten Blase haben, in welcher der Druck zwar nach Belieben des Tieres etwas verändert werden kann, um Steigen und Senken zu ermöglichen, immer aber dabei ungefähr ebenso groß ist wie in der gewöhnlichen Umgebung des Tieres. Zieht man solche Fische an die Meeresoberfläche, so platzt die Blase, wobei mitunter der ganze Fisch zerplatzt, eben weil dem starken Innendruck kein äußerer entgegensteht. Diese Tiere könnten unter unseren Druckverhältnissen nicht leben, sind durchaus auf die Tiefsee angewiesen. Von ihrer Lebewelt führt eigentlich keine lebendige Brücke zu unserer, wenn es natürlich auch überall Zwischenstufen gibt. Wenn menschliche Wesen unter den Druck einiger Atmosphären kommen, so stellen sich mit der Zeit schon schwere Erkrankungen ein (Gasembolien); nur ganz kurze Zeit kann der Mensch vielleicht unter 5 Atmosphären Wasserdruck zubringen. Das Tauchen lebender Menschen ist daher auf wenige Zehner von Metern beschränkt.

Im Meere kann sich also eine ganz eigenartige und besondere Lebewelt entwickeln — wir stehen erst noch im Anfang der Kenntnisse derselben. Namentlich in den Zeiten, als die erste Lebewelt sich auf der Erde tummelte, wird das Meer ihr eigentlicher Tummelplatz gewesen sein. Es bot auch die unendlich mannigfaltige Entwicklungsmöglichkeit, die nun, nachdem andere Verhältnisse Platz griffen, nicht mehr so gegeben ist. Im Laufe der Zeiten hat sich im Meere eine gewisse Konstanz herausgebildet. Die Eiskappen, die jetzt die Pole bedecken und die im Winter stets besondere Ausdehnung gewinnen, schmelzen im Sommer

ab. Das Schmelzwasser sinkt wegen seines großen Gewichtes zu Boden und fließt gegen den Aquator zu ab. So wird das Meer unten durch die kalten Polarströmungen beherrscht; die vorwaltende Wassertemperatur beträgt etwa 2 Grad Wärme, und das ganze Meer hat im Laufe der Zeiten von einiger Tiefe an diese Temperatur angenommen, in der zwar die Lebewelt außerordentlich reichhaltig ist, aber nicht die Lebhaftigkeit und die Mannigfaltigkeit der Entwicklungsmöglichkeit zu Gebote hat, wie es in einem verschieden temperierten Meere der Fall sein könnte.

Vielleicht wird einmal später das Meer noch Leben konservieren, wenn die Erde längst dazu nicht mehr imstande sein wird. Aber auch dem Meere ist kein unendlicher Bestand beschieden. Es ist eine bekannte Tatsache, daß das Wasser besonders durch die Arbeit der Pflanzenwelt immer mehr an feste Gesteine gebunden wird, daß Wasser von der Erde verschwindet. Daran hindert auch die Tatsache nicht, daß noch massenhaft juveniles (jungfräuliches) Wasser aus dem Erdinnern hervorgebracht wird, das an dem irdischen Kreislauf noch nicht teilgenommen hat. Die Geiser und die Sprudel befördern solches Wasser ans Tageslicht. Trotzdem werden die Meere weiter und weiter zusammenschrumpfen und schließlich ganz austrocknen. Dann ist der Kreislauf vollendet und das Leben wird auf der Erde seinen letzten Atemzug tun.

Abschließender Ueberblick

Dem Begriff „Leben" wohnen also kaum festzulegende Grenzen inne; vielleicht findet es nach oben in den Temperatur- und Druckverhältnissen solche Grenzen, die wir jedoch keinesfalls bestimmen können. Die höheren Formen tierischen Lebens, die ja eigentlich für unsere Frage in Betracht kommen, sind allerdings an sehr enge Grenzen der Lebensbedingungen gebunden. Je höher die Lebensform ist, desto mehr schränken sich diese Grenzen ein, nicht nur der Temperatur nach. Ist doch auf der Erde die höchste Blüte der organischen Entwicklung, der Mensch, in seiner feinsten Ausbildung sogar an bestimmte Zonen gebunden. Die Polargegenden wie die Tropen sind zwar auch von Menschen bewohnt, doch sind diese zweifellos weit geringeren Charakters als die Bewohner der gemäßigten Zone. Würde unsere Erde

von gewaltigen Katastrophen heimgesucht werden, die eine grundstürzende Umwälzung aller Lebensbedingungen mit sich brächten, würde sie etwa ganz und gar von einer Gletscherdecke überzogen werden oder zu einem Wärmezustand gelangen, der überall gleich dem der Tropen wäre, so ist es höchst unwahrscheinlich, daß das geistige Niveau des Menschengeschlechtes das gleiche bleiben würde wie jetzt, oder daß sich neue Organismen bildeten oder aus dem Menschengeschlecht entwickelten, die auf einer höheren Stufe des Daseins ständen. Auch die höheren Tierformen würden dann kaum erhalten bleiben.

* * *

Überblicken wir nur allgemein die Bedingungen, welche die irdischen Verhältnisse dem vorhandenen Erdenleben darbieten, so gelangt eine oberflächliche Zusammenfassung zu der Meinung, daß dieses Erdenleben nur ein recht labiles und unbeständiges Gebäude darstellt. Überall greifen tausend Einzelbedingungen ineinander über, einander beschränkend und einengend. Wenn das eine nicht vorhanden ist oder eintritt, kann das andere auch nicht bestehen, und dieses bedingt wieder das Dritte und das Bestehen des Vierten, womit weitere Begrenzungen für ein Fünftes, ein Sechstes und so weiter eingeführt werden. Das ist es auch, was der Entwicklungslehre so viele Gegner schafft, die nicht verstehen, wie zwischen all diesen Bedingungen, Erscheinungen, Vorgängen usw. das organische Leben sich „hindurchfindet" und „hindurchwindet". Die glauben nicht ohne ein eingreifendes ordnendes Wesen auskommen zu können und werfen sich diesem ohne Kritik in die Arme, dabei doch den Fehler begehend, die Kritik da anzusetzen, wo sie dann am allerwenigsten am Platze ist, nämlich bei den Versuchen einer wissenschaftlichen und exakten Begründung der entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge und Erscheinungen.

Die Tatsache der Existenz des Lebens ist ja eigentlich der beste Beweis für die Absurdität dieser oberflächlichen Betrachtungsweise, und sie würde hier nicht erwähnt, wenn sie nicht noch so weite Verbreitung selbst in „gebildeten" Kreisen hätte. Wie soll sich denn erst das ordnende Wesen unter all den Bedingungen und Beschränkungen hindurchfinden? Es müßte ja, wenn diese Bedingungen nicht natürlich, wären, immer wieder neue schaffen, damit altes Vorhandenes gestützt würde. Davon

merken wir aber nichts; die Erscheinung der Radioaktivität hat sicher auch schon früher bestanden, als wir sie kannten; sie ist nicht erst vor wenigen Jahren, als wir sie entdeckten, vom „ordnenden Wesen" neu erfunden worden. Wo sollten wir überhaupt mit unserer ganzen Wissenschaft hinkommen, wenn wir derartige Eingriffe eines ordnenden Wesens — von denen, wie gesagt, die Geschichte der Wissenschaft nichts zu melden weiß — anerkennten? Unter diesen Umständen müßten wir auf die ganze Wissenschaft überhaupt verzichten, weil sie ja jeden Augenblick über den Haufen geworfen werden könnte durch einen Gott, der irgendwas vorher nicht besser gewußt hat und nun gezwungen ist, Neues einzuführen, um sein altes Gebäude zu stützen und die Maschinerie im Gange zu erhalten. Und was für eine Sorte Gott müßte das sein? Eine solche, die überhaupt nicht zu einer Gottesidee paßt.

Nun, die ganze Sache klärt sich ganz einfach dahin auf, daß eben manche Leute von einem ganz falschen und mißverständlichen Standpunkt aus in die wissenschaftliche Betrachtung eintreten. Sie betrachten das eine als das Bestehende und das andere als das ganz von außen her Kommende, das sich in das Bestehende hineinfinden müsse, ohne vorher eine Beziehung zu dem Bestehenden zu haben. Selbstverständlich muß sich das Entwickelnde erst in das Bestehende hineinzwängen, aber doch nur unter dem Zwange der ewig vorhandenen Gesetze. Dabei wird eben nur das Bestand haben, das sich allen Bedingungen klar anzuschmiegen weiß, und die ständige Ausmerzung des Einseitigen sorgt eben dafür, daß die Entwicklungsrichtung nur nach der Seite des Möglichen gehen kann. Was auch nur einer notwendigen Bedingung nicht genügen kann, muß wieder zugrunde gehen; unter der schier unendlichen Mannigfaltigkeit wird eben damit nur das Lebenskräftige und Lebensfähige nicht „ausgewählt", sondern „bestehen bleiben können"! Es ist kein „Auswählen", sondern ein „Übrigbleiben".

Man wird auch nicht sagen können, daß die vielen ineinandergreifenden Bedingungen ein so wankendes Gebäude für das Leben darstellen. Eben gerade dadurch, daß die Änderung einer Lebensbedingung durch irgendwelche Vorgänge die Änderung anderer nach sich zieht, bewirkt, daß die Existenzbedingungen keine grundstürzenden Sprünge machen können, sondern sich allmählich wandeln müssen, so daß das Leben sich damit auch allmählich und in kleinen Entwicklungsschritten wandeln kann. So bleibt stets Zeit genug, innerhalb welcher das Leben die erforderlichen Stufen durchschreiten und sich „anpassen" kann, um es mit geläufigem Worte zu bezeichnen.

Wenn wir daher die anderen Himmelskörper daraufhin untersuchen, ob auf ihnen Leben existieren kann, so dürfen wir diese Erkenntnis nicht vergessen. Es kann dort Bedingungen geben, welche auch Leben ermöglichen, die wir hier aber nicht kennen. Vermeiden müssen wir aber jene phantastischen Spekulationen, die in manchen romanhaften Darstellungen herumspuken. Der lockenden Versuchung der Phantasterei verfallen hier leicht nur gar zu viele. Gab es doch einmal einen geistreichen Physiologen, der meinte, die Vorgänge des Stoffwechsels könnten auch in einer Welt vor sich gehen, deren Temperatur in ganz anderen Grenzen entweder nach oben oder nach unten sich bewegte. Ersetzt man den Kohlenstoff durch Silizium, jenen Kieselstoff, aus welchem zum größten Teile die flüssige vulkanische Lava besteht, so sind auch hier Verbindungen und Ausscheidungen möglich, die dem Stoffwechsel des organischen Körpers ähneln. Der Sauerstoff läßt sich zum Beispiel an das Silizium binden und wieder abtrennen. Man sieht, daß es mit einiger Phantasie möglich ist, sich eine Welt zu konstruieren, deren Temperaturstufe etwa tausend Grad über der unserigen liegt. Sie könnte auf heißen Weltkörpern bestehen, bei denen die flüssige Lava die Rolle des Wassers in unserer Erdenwelt übernimmt. M. Wilhelm Meyer, der bekannte astronomische Popularisator, geht noch weiter. Er kehrt den Spieß um und läßt gar unser Wasser die Rolle der flüssigen Lava übernehmen und einen anderen jetzt vielleicht noch luftförmigen Stoff — etwa die Kohlensäure — die Rolle des Wassers. Diese künftige Welt hätte wieder ganz andere nach unten zu versetzte Lebensbedingungen, von deren Gestaltung wir uns ebensowenig eine Vorstellung zu machen vermögen wie von jener in den Regionen des Glutflüssigen.

Wenn wir aber nach Leben auf anderen Himmelskörpern fragen, so dürfen wir nicht an solche Lebewesen denken, wie sie nur die konstruierende Phantasie eines geistreichen Naturforschers sich ausdenken kann, sondern wir müssen auf uns selbst zurückgreifen, auf die Bedingungen unserer organischen

Erdennatur. Denn jene Welten würden uns so wenig verwandt sein, daß wir sie — wenn wir sie vielleicht irgendwo vorfänden — vielleicht oder besser gesagt wahrscheinlich gar nicht verstehen können. Wir wollen jedoch wissen, ob uns ähnliche Brüder auf den zahlreichen Lichtpünktchen wandeln, die unser Firmament besäen.

---

2. Bieten andere Himmelskörper die Bedingungen für eine Bewohnbarkeit?

Die wahrscheinliche Anzahl der bewohnbaren Himmelskörper

Was folgt aus unseren Betrachtungen über die Lebensbedingungen auf der Erde für die Bewohnbarkeit anderer Weltkörper? Müssen wir daraus vielleicht schließen, daß angesichts der riesigen Verschiedenheiten der im Weltall herrschenden Bedingungen nur auf verhältnismäßig wenigen nach unserem Standpunkt sehr begünstigten Himmelskörpern eine nennenswerte und unserer gleichzustellende Entfaltung organischen Lebens bestehen kann? — Sehen wir einmal zu, was uns die Erdgeschichte hierzu mitzuteilen hat.

Unterscheiden wir wie in der Menschheitsgeschichte vier große Zeiträume der Geschichte unseres Mutterplaneten und nehmen dabei an, daß sich die Erde aus einem planetarischen Nebelkern gebildet hat, so können wir seine Existenz als planetarischer Nebel als Urzeit, die Periode des weißen, gelben, roten Sternes bis zur Vollendung der dunklen Krustenbildung sein Altertum, die unbelebte Zeit der Erde ihr Mittelalter und die letzte und jetzige Periode seit der Entstehung des organischen Lebens als die Neuzeit bezeichnen. Zur Berechnung der Zeitdauer dieser Perioden stehen eine ganze Menge Angaben geologischer und astronomischer Natur zur Verfügung. Auf Grund solcher Berechnungen stellte Dr. Arldt die nebenstehende Tafel auf.

Als Zeitpunkt ist, da die Zahlen, in Jahren ausgedrückt, sehr große Ziffern ergeben würden, die Zeit seit Beginn des Tertiär, einer gewissen Erdformation, gewählt worden, die einer geologischen Schichtendecke von 1000 Meter entspricht.

Geologische Berechnungstafel

	Perioden	Formationen	Verflossene Zeit	Dauer jeder Periode	Dauer jedes größeren Abschnitts		Erdtemperatur Grad
IV. Neuzeit	11. Neuzeit des Lebens Känozoikum	Quartär	0	0,2	1	72	15
		Tertiär	0,2	0,8			15,1
			1				15,4
	10. Mittelalter des Lebens Mesozoikum	Kreide	2	1	3		15,8
		Jura	3	1			16,2
		Trias	4	1			16,7
			4				18,0
	9. Altertum des Lebens Paläozoikum	Perm	7	3	30		20,4
		Karbon	11,5	4,5			24,1
		Devon	18	6,5			28,5
		Silur	24,5	6,5			31,0
		Kambrium	27,5	3			36,7
		Algonikum	34	6,5			45,4
			34				100
	8. Urzeit des Lebens Archaikum	Urschiefer	42	8	38		364,3
		Urgneis	72	30			1000
			72				3000
III. Mittelalter	7. Unbelebter Urozean		121		49	87	4000
	6. Wasserloser Schlackenball				38		15000
			159				?
II. Altertum	5. Krustenbildung		202		43	mehr als 157	?
	4. Roter Stern	mehr als	212	mehr als	10		
	3. Gelber Stern	" "	262	" "	50		
	2. Weißer Stern			" "	54		
		" "	316				
I. Urzeit	1. Nebel		?	?			?

Um einen Begriff von der verhältnismäßigen Länge der Perioden zu machen, sei ein Vergleich angeführt, den schon Häckel benutzt hat. Setzen wir die Zeit seit dem Ursprung des Lebens auf der Erde (Beginn des Archaikums) gleich 24 Stunden, so entfallen auf die ganze Periode des Archaikums selbst 12 Stunden 40 Minuten, auf das Paläozoikum 10 Stunden, auf das Mesozoikum 1 Stunde, auf das Känozoikum 20 Minuten. Von den einzelnen Formationen wäre das Quartär nur 4 Minuten lang. Das stellt die Zeit dar, während welcher der Mensch auf der Erde vorhanden ist. Bevor der Mensch also auf der Erde erschien, war das organische Leben schon Riesenzeiträume vor-