



Naturkatastrophen



Trockenzonen der Erde



Balandin

Naturkatastrophen

Der Pulsschlag der Naturgewalten

2. Auflage

Mit 46 Abbildungen



Verlag MIR, Moskau

BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft



LEIPZIG
1988

Autor: Rudolf Konstantinowitsch Balandin

Titel der Originalausgabe:

Пульс земных стихий

Verlag Mysl, Moskau 1975

Mit Ergänzungen des Autors, 1982

Deutsche Übersetzung und wissenschaftliche Redaktion:

Dr. sc. nat. Horst Rast, Leipzig



Balandin, Rudol'f Konstantinovič:

Naturkatastrophen : d. Pulsschlag d. Naturgewalten/

Rudolf Konstantinowitsch Balandin. Dt. Übers. H. Rast. — 2. Aufl. —

Moskau : MIR ; Leipzig : BSB Teubner, 1988. — 224 S. : 46 Abb.

EST: Pul's zemnych stichij <dt.>

NE: Verf.: EST; Rast, Horst [Übers.]

ISBN 3-322-00405-8

Gemeinschaftsausgabe des Verlages MIR, Moskau, und des
BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig

© Издательство «Мысль», 1975

© 1984 Verlag MIR, Moskau, und BSB B. G. Teubner
Verlagsgesellschaft, Leipzig

2. Auflage

VLN 294-375/94/88 · LSV 1409

Lektor: Dipl.-Met. C. Dietrich

Satz und Druck: UdSSR

Bestell-Nr. 666 030 3

01600

Inhalt

Von der Legende zur Wissenschaft

Mythologie

Die „wissenschaftliche“ Legende	8
„Ich glaube es, obgleich es absurd erscheint“	9
Auf den Spuren der Legenden	12
Die babylonische Version und die geheimen Schriftzeichen der Sumerer	14
Geographie der Legenden	18
Klassifikation der Legenden	26
Richtungen des Suchens	27

Philosophie der Katastrophen

Vor der Wissenschaft	31
Unter der Schirmherrschaft Neptuns	32
Der Neoneptunismus	37
Katastrophismus in der Geographie	40
Die Neubelebung der Flut	42

Erinnerungen an Fluten

Sichtbare Spuren der Flut?	46
Ruinen der ältesten Kulturen	49
Kunst als Fakt	55
Auf vergilbten Seiten alter Chroniken	58

Zeugnisse großer Katastrophen

Katastrophen der Gegenwart	69
Erinnerungen an das Blaue Auge	75
„Die Erde barst wie eine Schale“	79
„Platon ist mir ein Freund, aber die Wahrheit ist mir teurer“	81
Das mittelmeeische Atlantis	86
Die bleibende Überflutung	92

Versteinerte Katastrophen

Von der Vergangenheit zur Gegenwart	100
Auf der Suche nach dem Schnee von gestern	101
Versteinerte Strophen	105

Die geologische Unschärfe	110
Lehren der Eiszeit	112
In den Tiefen der geologischen Vergangenheit	116

Sonnerrhythmen des Planeten

Altertümliche Intuitionen und Vorurteile	120
Vom Rhythmus der Wiedergeburt der Ideen	122
Gibt es einen Dirigenten des irdischen Wetters?	124
Sonne, Luft und Wasser	132
Gibt es einen Sonnenimpuls in der Biosphäre?	136

Im Labyrinth der Ideen und Fakten

Die Solarkonstante	143
Gesetzmäßigkeiten der Zufälle	151
Terrassenfolgen	153
Was beunruhigt Neptun?	158
Hierarchie der Rhythmen	164
Das Leben des Unbelebten	169

Klima und Zivilisation

Eine seltsame Gesetzmäßigkeit	175
Die klimatische Krise in der Sahara	180
Die Menschheit als geographischer Faktor	183
Untergang von Zivilisationen	187
Alte Jäger contra Natur	191
Katastrophen technischer Herkunft	194

Nutzbarmachung der Ideen

Früherkennung von drohendem Unheil	198
Kalkulation der Veränderlichkeit der Natur	203
Bändigung des Dämons der Naturgewalten	210
Der Schlüssel zu den unterirdischen Geheimkammern	214

Die Hauptsache ist, daß man einen Weg findet

Von der Legende zur Wissenschaft

Längst verflissen ist die Frühzeit der Menschheit, als sich die Erkenntnis der Welt, ausgeschmückt mit Phantasie, in der poetischen Form von Legenden, Mythen und Sagen widerspiegelte. Der Mensch begann die unendlich vielfältigen Naturerscheinungen und gleichzeitig die Tiefe der eigenen Seele zu erfassen. Zwei Welten — die innere und die äußere — waren noch nicht zersplittert in jene Teile, entsprechend den Objekten und den Methoden der verschiedenen Wissenschaften, die sich erst viel später entwickelten.

Diese eigenartige Einheit von Realität und Phantasie spiegelt sich in den Mythen und Legenden des Altertums wider. Die Einheit ist in diesen Zeiten noch so vollkommen, daß der Versuch der Isolierung eines jeden der beiden Anteile in reiner Form ein ungewöhnlich kompliziertes, manchmal hoffnungsloses Unterfangen ist.

Die Legenden interessieren uns aus verschiedener Sicht. Sie sind voll Poesie. Allein schon das rechtfertigt das Interesse an ihnen. Nicht wenige Menschen empfinden traditionsgemäß gewisse Überlieferungen als heilig; sie glauben ihnen vorbehaltlos und finden in ihnen die Quelle inniger Gefühlsempfindungen, von Hoffnung und Freude (wie Kinder an Märchen).

Die Legenden erweisen sich aber auch als ein hervorragendes Material für jene, die an der frühen Geschichte der Menschheit, der vergleichenden Charakteristik der Völker und Volksstämme, der Entwicklung der menschlichen Psyche, des Anfangs der Literatur usw. interessiert sind. Den heutigen Forschern ist es auch wichtig zu wissen, was die Menschen vergangener Zeiten beeindruckte und bewegte, weil sich das auch jetzt noch in Form von Vorurteilen, Moralgrundsätzen und religiösen Dogmen widerspiegelt, denn diese haben spürbaren Einfluß auf das gegenwärtige gesellschaftliche Leben und stehen oft im Widerspruch zu den progressiven Ideen und Erfordernissen der neuen Lebensformen, die durch soziale und technische Fortschritte bestimmt werden.

Ein verhältnismäßig bescheidener Platz wird den Legenden in jenen

Wissenschaften eingeräumt, die sich nicht unmittelbar mit dem Studium des Menschen befassen. Jedoch interessieren gewisse Überlieferungen die Naturforscher auch bis in die Gegenwart. Das bezieht sich in erster Linie auf direkte und indirekte Zeugnisse katastrophentartiger Erscheinungen: Orkane, Flutkatastrophen, Vulkanausbrüche, Erdbeben u.a. Mitteilungen solcher Art, die verschlüsselt in Form von Legenden, Mythen oder im Volksglauben existieren und nach entsprechender Entzifferung in wertvolles Faktenmaterial überführt werden können.

Worin aber besteht hauptsächlich die Besonderheit wissenschaftlicher Fakten?

Unter Fakten versteht man gewöhnlich etwas Bewiesenes, Offensichtliches, eine überprüfte Erfahrung, die durch Experimente bestätigt ist. Ein Fakt wird als einzige rechtmäßige wissenschaftliche Wahrheit anerkannt. Die wissenschaftliche Methode beruht auf genauer Beobachtung, frei von einem voreingenommenen Herangehen. Mit Hilfe von Fakten hat die Wissenschaft die Möglichkeit, zu einer objektiven Erkenntnis zu gelangen, frei vom Willen, Wunschdenken und von den Eigenheiten des einen oder anderen Menschen. Der phantastischen Welt der Legenden aber sind solche Einschränkungen fremd.

Ein Fakt ist vergleichbar einem Ziegelstein, der sich in der Wand eines Wohnhauses, der Basilika-Kathedrale, in einer Gruft oder in einem Haufen von Ziegelbruchstücken befindet. Sein Wert ist direkt proportional dem Wert dessen, als dessen Teil er sich erweist, und natürlich der Bedeutung des von ihm eingenommenen Platzes.

Wenn sehr viele vereinzelte Mitteilungen vorliegen, können sie zu einer guten wissenschaftlichen Theorie zusammengefügt werden, wo jedem Fakt ein genau bestimmter Platz zukommt. Das ist eine ungewöhnlich komplizierte Arbeit! Deshalb dient als erste wissenschaftliche Verallgemeinerung eine Hypothese.

„Bei einer Hypothese wird nur ein Merkmal oder einige der wichtigen Merkmale einer Erscheinung in Betracht gezogen und nur auf ihrer Grundlage eine Vorstellung darüber erarbeitet, wobei andere Seiten dieser Erscheinung unberücksichtigt bleiben. Eine wissenschaftliche Hypothese geht immer über die Fakten, die als Grundlage für ihre Konstruktion dienen, hinaus. Deshalb muß sie unumgänglich — um die notwendige feste Basis zu bekommen — nach Möglichkeit mit allen herrschenden theoretischen Vorstellungen über die Natur, welche ihr nicht widersprechen, verbunden werden.“ (W. I. Wernadski)

Eine Hypothese, die einwandfrei logisch begründet ist und den Fakten nicht widerspricht, wird zur wissenschaftlichen Theorie, zum Gesetz. Mit ihrer Hilfe kann man weitere Fakten voraussehen, begründete Prognosen natürlicher Erscheinungen aufstellen und damit praktischen Nutzen aus wissenschaftlichen Ideen ziehen.

Die Welt der Wissenschaft, die sowohl Fakten als auch Hypothesen und Theorien einschließt, geht als Bestandteil in die Weltanschauung des Menschen ein, in philosophische Verallgemeinerungen, die in vielfältiger Weise das geistige Leben der Gesellschaft bestimmen, und hilft uns, das Milieu in der materiellen Sphäre vernünftig zu nutzen und zu gestalten.

Im Lichte der Wissenschaft nehmen alle Dinge und Erscheinungen eine Gestalt an, vielleicht nicht so farbenreich wie in den Legenden, jedoch gewinnen sie an Klarheit, Inhalt und an Übereinstimmung mit der Realität. Und sogar so merkwürdige Schöpfungen der menschlichen Phantasie wie Mythen und Sagen über die Sintflut können als wissenschaftliche Quellen neuer, mitunter völlig unerwarteter Fakten und Hypothesen dienen.

Der Gedanke einer weltumfassenden Katastrophe (wie der Sintflut) hat seine Wurzeln in einer blassen Erinnerung aus der frühen Geschichte der Menschheit. Wenn man ihr nachspürt, stellt man fest, wie zahlreiche Überlieferungen verschiedener Völker sich gleich einem verzweigten Netz von Wurzeln zu Dogmen der bekanntesten Religionen der Welt zusammenschließen. Von dort her stammend, haben sie neue Form erworben und wandelten sich zu ersten „geologischen Hypothesen“, deren Naivität eine direkte Abhängigkeit von den vorangehenden Legenden erkennen läßt.

Die Überführung der Legenden und Überlieferungen in die Sprache der Wissenschaft ist mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Sie werden durch den eigentümlichen „Impressionismus“ der vorwissenschaftlichen Denkweise hervorgerufen, die nicht den Fakt, nicht die Naturerscheinung selbst widerspiegelt, sondern den Eindruck davon, die phantastischen Abbilder, Gedanken und Gedankenverbindungen, die in der Seele des Menschen hervorgerufen werden. Die Rekonstruktion eines realen Ereignisses aus solchen Bezeugungen ist nicht leichter, als einen Gegenstand aus dessen Widerspiegelung in unruhigem Wasser zu erraten.

Die wissenschaftlichen Forschungsmethoden haben neues Leben in diese, wie es schien, fruchtlosen Ideen gebracht. Eine Menge neuer Triebe kam zum Vorschein, und eine reiche Ernte von Fakten, aber auch Problemen, war schließlich der Lohn der Forscher.

Mythologie

Die Entwicklung des Mythos wurde durch die Wissenschaft aufgehalten, und sie erstarrt unter der Last der Maße und Gewichte, der Proportionen und Modelle. Der Mythos ist fast schon gestorben. Er wird heutzutage durch die anatomischen Messer der Wissenschaftler sezziert.

E. TAYLOR 1869

So schrieb vor mehr als hundert Jahren der amerikanische Ethnograph E. Taylor. Seit jenen Zeiten wurden viele alte Mythen vergessen oder haben ihre Bedeutung völlig verloren. Es kamen die eigenartigen „Mythen der kosmischen Ära“ auf, die mit den früheren fast nichts gemeinsam haben. In der uns umgebenden Welt und im menschlichen Bewußtsein haben sich außergewöhnliche Veränderungen vollzogen.

Trotz allem aber kehren wir von Zeit zu Zeit wieder zu gewissen alten Mythen zurück, insbesondere bei der Erörterung wissenschaftlicher Probleme.

Die „wissenschaftliche“ Legende

Von den Legenden, die für die Naturwissenschaften von Interesse sind, dürfte wohl die Legende von der Sintflut, der schon so bekannte Geologen wie Buffon, Cuvier, Lyell, Suess, Muschketow und Obrutschew Arbeiten widmeten, den ersten Platz einnehmen.

„Die Sintflut, von der die Bibel berichtet, stellt sich uns als eine einzigartige erdumfassende Katastrophe dar, die schon in die Zeit der Existenz des Menschen fiel. Der Mythos beruht auf einem wirklichen Ereignis, auf einer Katastrophe in Form von Überschwemmungen, die zu verschiedenen Zeiten in verschiedener Weise auftraten und die Mehrzahl der Völker auf der Erde betrafen“, so schrieb W. A. Obrutschew.

Wenn es in den letzten zehn Jahrtausenden auch Flutkatastrophen gab, so waren sie verhältnismäßig kurzzeitig und haben sich dem äußeren Erscheinungsbild unseres Planeten nur schwach aufgeprägt. Es ist schwierig, auf der Erdoberfläche Zeugnisse so flüchtiger Prozesse aufzufinden. Für ihre Kenntnis erlangt die Legende über die Sintflut

besonderen Wert. Indem man versucht, in der von ihrem poetischen und religiösen Gewand befreiten Überlieferung einen „rationellen Kern“ zu ermitteln, gewinnt sie Interesse für die Gelehrten.

Eine Untersuchung der Legende von der Sintflut kann man aus verschiedener Sicht betreiben:

- als eines der „ewigen Themen“ der Epen der verschiedenen Völker (Gebiete der Folkloristik, der Literaturgeschichte, der Ethnographie usw.)

- als eine der ältesten Hypothesen, die eine bedeutsame Rolle in der Geschichte der geologischen Wissenschaften spielen

- als Bestandteil der Mehrzahl der bedeutendsten Weltreligionen

- als Tatsachenmaterial: Als Zeugnis von Augenzeugen einer ungewöhnlichen Katastrophe (oder Katastrophen), die den Geographen und Geologen helfen kann, natürliche Bedingungen der jüngeren erdgeschichtlichen Vergangenheit aufzuhellen. Im folgenden werden uns die Legenden besonders aus dieser Sicht interessieren.

Wir beginnen mit der Analyse der Legenden von der Sintflut, und zwar mit der biblischen Version. Wir tun das nicht deshalb, weil sie die älteste, wahrscheinlichste, ursprünglichste oder poetischste, sondern weil sie die populärste ist, der eine große Zahl theologischer Kommentare und atheistischer Werke gewidmet ist. Sie wird von den Ethnographen, Historikern, Literaturhistorikern und Philosophen analysiert. Heftig und unversöhnlich streiten dabei zwei Methoden der Erkenntnis miteinander: die religiöse, basierend auf Glauben und Emotion, und die wissenschaftliche, die sich auf Wissen, Erfahrung und Fakten stützt.

„Ich glaube es, obgleich es absurd erscheint“

In der Bibel sind der Sintflut vier Kapitel gewidmet. Ein aufmerksames Durchlesen der Zitate aus diesen Kapiteln erlaubt es, eine Reihe widersprüchlicher Texte zu entdecken und Stellen herauszufinden, die offenbar erdichtet sind.

„... Und Gott sprach: Ich will die Menschen, die ich geschaffen habe, vertilgen von der Erde, vom Menschen an bis hin zum Vieh und bis zum Gewürm und bis zu den Vögeln unter dem Himmel, denn es reut mich, daß ich sie gemacht habe.“ (Mos. 1,6)

„... in sieben Tagen will ich regnen lassen auf Erden vierzig Tage und vierzig Nächte.“ (Mos. 1,7)

„... In dem sechshundersten Lebensjahr Noahs am siebzehnten Tage des zweiten Monats, an diesem Tag brachen alle Brunnen der großen Tiefe auf und taten sich die Fenster des Himmels auf und ein Regen kam auf Erden vierzig Tage und vierzig Nächte.“

„... und die Sintflut war vierzig Tage (und vierzig Nächte) und die Wasser wuchsen.“

„... und die Wasser nahmen überhand und wuchsen so sehr auf Erden, daß alle hohen Berge unter dem ganzen Himmel bedeckt wurden. Fünfzehn Ellen hoch gingen die Wasser über die (hohen) Berge, so daß sie ganz bedeckt wurden.“ (Mos. 1,7)

„... (Und Gott) ließ Wind auf die Erde kommen und die Wasser fielen. Und die Brunnen der Tiefe wurden verstopft samt den Fenstern des Himmels, und dem Regen vom Himmel wurde gewehrt. Da verliefen sich die Wasser von der Erde und nahmen ab nach hundertfünfzig Tagen. Am siebzehnten Tag des siebenten Monats ließ sich die Arche nieder auf dem Gebirge Ararat. Es nahmen aber die Wasser immer mehr ab bis auf den zehnten Monat. Am ersten Tage des zehnten Monats sahen die Spitzen der Berge hervor.“ (Mos. 1, 8)

Die biblische Erzählung von der Sintflut ist in dieser Form völlig unwahrscheinlich. Um das heutige Festland bis über die Gipfel der höchsten Berge zu überfluten, würde zwei- bis dreimal soviel Wasser notwendig sein, als die gegenwärtige Hydrosphäre (sowohl das Wasser des Weltmeeres als auch das der Atmosphäre und der Kontinente) aufweist. Woher sollten solche Wassermassen kommen, und wohin sollten sie nach der Flut wieder verschwinden? Nimmt man an, daß alle Festländer plötzlich unter dem Spiegel des Ozeans begraben würden, so könnte man eine solche Katastrophe nicht erklären, außer durch ein Wunder.

Außerdem befinden sich die höchsten Gipfel nicht in der Nachbarschaft des alten Judäa, und der Ararat darf auf keinen Fall zu ihnen gezählt werden. Viele Berge auf der Erde sind eineinhalbmal so hoch wie er. Offensichtlich war die geographische Kenntnis des Verfassers (oder der Verfasser) der biblischen Legende nicht sehr tiefgründig.

Überlegungen dieser Art beschäftigten seit jeher nicht nur die Köpfe der Atheisten, sondern auch der Christen. Im Jahrhundert der französischen Aufklärung und des Skeptizismus, vor mehr als 200 Jahren, äußerten sowohl der Ankläger der Kleriker, Voltaire, als auch als gläubiger Katholik der Hofchirurg Ludwigs XIV., Jean Astruc, ihre Zweifel an dem Wahrheitsgehalt des biblischen Berichtes über die Sintflut.

Jedoch war die Kritik Voltaires ebenso haltlos wie auch die Behauptungen der Kleriker. Voltaire lehnte die Möglichkeit von Überflutungen rundweg ab. Jedoch erforderte es eine Erklärung, weshalb an den Hängen und sogar auf den Gipfeln der Berge Frankreichs, Italiens und Spaniens versteinerte Muscheln angetroffen werden. Beweist das nicht überzeugend die Sintflut? Der Philosoph gab dazu seine Erklärung: „In den Provinzen Frankreichs, Italiens und andern-

orts hat man kleine Muscheln gefunden, die, wie versichert wird, aus dem syrischen Meer stammen sollen. Ich will ihre Herkunft nicht bestreiten, aber sollte man nicht jener zahllosen Menge von Pilgern und Kreuzrittern gedenken, die ihr Geld in das Heilige Land trugen und von dorthier die Muscheln mitbrachten? Oder soll man vorziehen zu glauben, daß das Meer von Jaffa und Sidon das Burgunder und Mailänder Gebiet überschwemmt hat?“

Als einer der ersten unterzog Jean Astruc die Bibel einer wissenschaftlichen Analyse. Er stellte dabei fest, daß die Bibel zwei Erzählungen über die Sintflut miteinander vereinigt. Nach der einen von ihnen dauerte die Flut 150 Tage, nach der anderen 40. Es gibt auch weitere Widersprüche der beiden Varianten. Folglich ist eine von ihnen offenkundig falsch (oder beide). Die Möglichkeit einer älteren Herkunft als in der Bibel ist nicht auszuschließen.

Nach Goethe nahm ein zum Hofe gehöriger Arzt eine chirurgische Operation an der Bibel vor. Die „Obduktion“ ergab, daß dieses Buch nicht nur weise Gebote, philosophische Spekulationen und historische Berichte, sondern noch mehr Dichtung enthält.

Die Verfasser der Bibel haben sich nicht sehr um deren Folgerichtigkeit bekümmert. Im allgemeinen sind religiöse Dogmen nicht für eine wissenschaftliche Analyse gedacht. Sie haben eine subjektive Welt im Auge, einen Gemütszustand des Menschen. Nicht ohne Grund erklärte ein Theologe: „Ich glaube es, obgleich es absurd erscheint.“ Die Kraft des Glaubens kommt im Konflikt mit dem Verstand zum Vorschein. Der Glaube an das Absurde ist ein Sieg über die Vernunft.

Die biblische Legende von der Sintflut soll nicht das besondere Interesse an der Naturerscheinung („an der Flut“) erwecken und ist auch nicht dafür gedacht, sie sachlich, mit höchster Annäherung an die Wirklichkeit darzustellen. Die Beschreibung der furchtbaren Katastrophe zielt vielmehr auf den emotionellen Eindruck als auf die nüchterne verstandesmäßige Erfassung bei dem Leser ab, mit dem Ziel, Verehrung und Furcht vor dem Allmächtigen zu erwecken, der fähig ist, durch ein einziges Wort die gesamte sündhafte Menschheit zu verderben. Einschüchterung soll als Mittel der Erziehung der Gläubigen dienen.

Obwohl die Überlieferungen von der Sintflut logisch anfechtbar sind, zog die Intoleranz der Geistlichen gegen jede Kritik an der Heiligen Schrift selbst den Fakt der Existenz von Katastrophen in der Vergangenheit, die der beschriebenen ähnlich sind, in Zweifel.

Schon im 18. Jahrhundert kam J. Buffon zu folgendem Schluß: „Man muß die Sintflut als ein übernatürliches Mittel ansehen, durch welches göttliche Allmacht für die Bestrafung der Menschen genutzt wurde, und nicht als natürliche Erscheinung, bei der alles entsprechend

den Gesetzen der Physik abläuft.“ In Abwandlung eines evangelischen Aphorismus kann man verallgemeinern: der Religion, was der Religion ist (der Glaube), und der Wissenschaft, was der Wissenschaft ist (der Verstand).

Auf den Spuren der Legenden

Der assyrische König Assurbanipal trug in Ninive die in Kriegszügen geraubten Schätze zusammen. Unter ihnen waren getrocknete Tontafeln, bedeckt mit eingeritzten Zeichen von Keilschrift. Die prächtige Bibliothek des Königs enthielt unschätzbare Kostbarkeiten des damaligen Geisteslebens. Das war im 7. Jahrhundert vor Beginn unserer Zeitrechnung.

Jedoch belagerten später erobernde Kriegsscharen Ninive. In einer Feuersbrunst, die die Stadt vernichtete, verbrannte auch das Gebäude der Bibliothek. Die Kriege verursachten Schäden an den Kostbarkeiten, die in Kammern des Palastes verborgen waren.

Seitdem sind 25 Jahrhunderte vergangen. Anstelle der riesigen Hauptstadt finden sich heute Felder auf flachen Hügeln, Bäume, Grassteppe und Sand. Begraben in der Erde sind die Ruinen des legendären Ninive, wo auch der König Nawuhodonosor und die Königin Sawsakja regierten.

Wenn man der Bibel Glauben schenkt, so befahl Gott dem Propheten Jona, in der großen Stadt Ninive zu predigen. Und der Prophet, nach seinem Aufenthalt im Leib des Walfisches, vernahm die Stimme von oben. Er predigte in Ninive und verkündete, daß sie verurteilt sei, in 40 Tagen unterzugehen.

Die Einwohner glaubten Jona. Sie kleideten sich in Lumpen, die göttliche Strafe erwartend. Sogar der König, der mit einem Kreuz mitging, setzte sich auf Asche. Da nahm Gott die Reue an und begnadigte Ninive. Jona erlitt dadurch Kränkungen, weil sich seine Prophezeiung nicht erfüllt hatte.

Man muß hinzufügen, die große Stadt Ninive zählte „mehr als 120 000 Menschen, die nicht die rechte Hand von der linken unterscheiden konnten, und eine Menge Vieh“.

Im Jahre 1841 beauftragte die Französische Asiatische Gesellschaft P.E.Botta, Ninive ausfindig zu machen. Und er begab sich nach Mesopotamien. Vor ihm tat sich das bunte Chaos orientalischer Städte auf und eine einförmige Wüste, ausgezehrt durch Hitze und ausgedehnte Überschwemmungen der Flüsse. Das Leben dieses Landes schien erstarrt zu sein als letzte Schicht der Geschichte in Form von Sand- und Staubschichten, zahlloser Grabhügel und Schätze, verborgen im Schoße der Erde. Wo sollte hier Ninive sein?

Die jetzigen Bauten im Nahen Osten sind nicht selten aus den Trümmern alter Bauwerke errichtet worden. Kümmerliche Hütten wurden aus den Überresten prächtiger Paläste gebaut, aus Ziegeln mit dem Zeichen des „Königs der Könige“ oder „Herrschers der Welt“. Deshalb interessierte sich Botta vor allem für jene Hügel, von denen sich die Bewohner dieses Gebietes die ungewöhnlichen Steine, Platten und Trümmer besorgten.

Im Jahre 1843 entdeckte Botta bei Ausgrabungen auf einem der Hügel beim jetzigen Khorsabad Alabasterkacheln und steinerne geflügelte Stiere mit menschlichen Köpfen. Daraufhin berichtete der Gelehrte in Paris, daß Ninive aufgefunden sei.

Einige Jahre später erfolgte in London genau dieselbe Mitteilung durch A.H. Layard. Sein Ninive befand sich aber nicht dort, wo Botta es gefunden hatte, wenngleich auch nicht weit davon. Auch hier wurden wiederum geflügelte Stiere mit bärtigen Männerköpfen und Reste königlicher Paläste gefunden.

Somit hatte man also zwei Ninive entdeckt? Nein, nicht einmal eines! Es stellte sich heraus, daß Botta den Stadtpalast Dur-Scharrukin des assyrischen Königs Sargon II., der im 8. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung lebte, entdeckt hatte. Und Layard hatte die alte Stadt Kalchu (Nimrud) aufgefunden.

Doch ungeachtet dessen erwies sich Layard als der glücklichere Archäologe, denn ihm gelang es, später im Wüstengebiet, auf dem linken Ufer des Tigris, die Ruinen Ninives zu finden.

Damit begannen die Ausgrabungen. Die Ruinen der königlichen Paläste und der Tempel, Überreste der Gärten und Statuen—eine Stadt kam wieder zum Vorschein, eine stumme und öde, eine tote Stadt.

Schöne Welt, wo bist du? Kehre wieder,
Holdes Blütenalter der Natur!
Ach, nur in dem Feenland der Lieder
Lebt noch deine fabelhafte Spur.
Ausgestorben trauert das Gefilde,
Keine Gottheit zeigt sich meinem Blick,
Ach, von jenem lebenswarmen Bilde
Blieb der Schatten nur zurück.

Friedrich Schiller

Mehr als 25 Jahrhunderte aber überdauerte die Überlieferung durch das Wort.

Im Jahre 1854 gelangte der englische Archäologe Hormuzd Rassam in die Bibliothek Assurbanipals. Genauer gesagt: Er grub sich in die Ruinen hinein. 30 000 Tontafeln wurden nach London gesandt. Dort

wurden sie durch Sir Henry Roulinson studiert, der ein vierbändiges Werk über die assyrische Keilschrift veröffentlichte.

Ein junger Kupfergraveur, George Smith, arbeitete an den Illustrationen zu diesem Werk. Dabei entbrannte in ihm eine Begeisterung für die assyrische Keilschrift. Smith studierte die assyrische Sprache und befaßte sich intensiv mit der assyrischen Geschichte. Selbständig begann er die Tontafeln zu lesen und konnte bald seine erste Entdeckung machen: Durch Dokumente bestätigte er die biblischen Berichte über gewisse israelitische und jüdische Könige. Als Kustos am Britischen Museum konnte Smith seine Forschungen fortführen. Unermüdlich sah er die Tontafeln durch, las älteste Texte und plötzlich ... Durch ein Bruchstück eines der Tontäfelchen wurde Smith Name berühmt! Immer und immer wieder las der Gelehrte den Text: Im ältesten Epos, über das Leben Gilgameschs, wurde im 11. Lied etwas Bemerkenswertes berichtet ... über die Sintflut!

„Du, Mensch aus Schuruppak, baue dir ein Schiff, gib deine Habe hinein und rette dein Leben! Nimm mit dir auf dein Schiff etwas Samen alles Lebendigen ...“

Die erste Mitteilung Smith' wurde zur Sensation. Eine der größten Londoner Zeitungen finanzierte eine Expedition Smith' nach Ninive, um den fehlenden Textteil über die Sintflut zu suchen. Und Smith führte den Auftrag erfolgreich aus. Der fehlende Teil der Tafeln wurde gefunden!

Es blieb kein Zweifel übrig: Die bekannte biblische Überlieferung ist eine Nacherzählung einer babylonischen Legende mit veränderten Namen der Götter und Menschen!

Nachdem die Babylonier aus dem Tal des Zweistromlandes verdrängt worden waren, wurden kriegerische jüdische Stämme nicht nur Besitzer der fruchtbaren Landstriche und reichen Städte, sondern übernahmen von ihren Vorgängern auch Fertigkeiten im Handwerk, Kenntnisse und auch gewisse Legenden.

Letzten Endes erscheint es auch nicht ausgeschlossen, daß Juden selbst irgendwann Legenden über die Flut verfaßten und sie später durch die babylonische Variante überarbeiteten. Eines ist aber gewiß: Die Übereinstimmung zweier Legenden kann kein Zufall sein.

Die babylonische Version und die geheimen Schriftzeichen der Sumerer

Das „Gilgamesch-Epos“ berichtet genügend glaubwürdig und überzeugend von der Katastrophe. Der weise Utnapischti erzählt dem Gilgamesch: „Die Götter haben beschlossen, eine Flut kommen zu lassen.“

Darüber, daß die Flut die gesamte Erde betrifft, wird in dem Epos nichts gesagt. Einer der Götter, Ninnihiku-Ea, teilt diesen Beschluß der Wand der Schilfhütte mit, in der Utnapischti wohnt. Der Wirt erfährt die Botschaft von der Wand. (Man könnte daran denken, daß die Wand der Hütte durch ein schwaches Erdbeben erzitterte und der nachdenkliche Babylonier das als Vorzeichen einer großen Katastrophe deutete.)

Unverzüglich ruft Utnapischti Leute zur Hilfe. Sie bauen ein Schiff und nutzen dazu sogar die Balken der Häuser und Bretter der Zäune. Utnapischti speist die Arbeiter freigebig und bietet ihnen Wein zum Trinken an. Für den Bau des großen Schiffes spart er weder Mühe noch Material. (Die Ausmaße des Schiffes sind rund 60 Meter in der Höhe und ebensoviel in der Länge, also nicht so wie bei der phantastisch riesigen Arche des biblischen Noah.)

Utnapischti beschreibt ausführlich den Bau des Schiffes. Dann zählt er alles auf, was er mit sich zu nehmen beschließt: Geld, Haustiere, alle seine Hausangehörigen.

Utnapischti ging auf das Schiff. Der Schiffer Pusur-Aumurri verteert alle Ritzen ...

Kaum dämmerte der erste Glanz des Morgens,
Als sich vom Grunde des Himmels eine schwarze Wolke
erhob ...
Was hell war, wandelte sich in Finsternis,
Die ganze Erde barst wie eine Schale.
Am ersten Tage brauste der Wind vom Süden,
Schnell kam er angeflogen, die Berge überflutend,
Gleich einem Krieg, der die Menschen will ereilen ...
Sechs Tage, sieben Nächte brauste der Wind,
Der Sturm bedeckte mit einer Flut die Erde.
Bei Anbruch des Tages, des siebenten,
Beendete der Sturm den Krieg mit der Flut.
Das Meer beruhigte sich, der Orkan hörte auf und die Flut
legte sich.

Das Schiff des Utnapischti legte am Berge Nizir an (dessen Höhe 330 m über dem Meere ist).

Die gesamte Erzählung ist der biblischen sogar in gewissen Details ähnlich. Ihr bedeutend höheres Alter und der Realismus in der Wiedergabe läßt keinen Zweifel daran, daß sich die Autoren der Bibel auf diese althabylonische Schilderung stützten, dabei das Wunderbare, das Göttliche betonend.

Doch auch die babylonische Variante der Legende hat ihren Anstieg und Abfall erlebt.



Schema des alten Zweistromlandes

Die erste Hälfte unseres Jahrhunderts erwies sich als sehr fruchtbar für die Erforschung der alten Geschichte des Zweistromlandes. Besonders ein Fund von Tonplattenbruchstücken in Abu Habba, datiert aus der Zeit der Regierung des Königs Amleisaduga, erlaubte, die Quellen des babylonischen Mythos über die Flut bis an den Beginn des zweiten Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung zurückzuverfolgen.

Alle diese Texte sind in semitischen Sprachen der Babylonier, Assyrer und Juden aufgeschrieben. Jedoch vor jener Zeit, als die halbzivilisierten Semiten in das blühende Zweistromland eindringen, war dieses Gebiet von Sumerern bewohnt, dessen Kultur die höchste ihrer Zeit war.

Die einstige Existenz der Sumerer erkannten die Wissenschaftler erst spät. Auf einer Tafel aus der Bibliothek von Ninive fanden sich,

wie berichtet wurde, „geheime sumerische Dokumente“. Die Gelehrten, an Zweifel gewöhnt, konnten nicht gleich glauben, daß es sich vielleicht um die Sprache eines unbekannten Volkes handelt. Es erschien ihnen wahrscheinlicher, daß hier eine alte Geheimschrift vorlag, wie sie für vertrauliche Dokumente verwendet wird. Als es aber schließlich gelang, sumerische Texte zu entziffern, wurde es klar, daß damit Hinterlassenschaften einer der ältesten Zivilisationen der Welt aufgefunden worden waren.

Unter den bescheidenen Funden der sumerischen Literatur sind auch älteste Beschreibungen einer Flut. Der Text der sumerischen Legende wurde insbesondere am Anfang unseres Jahrhunderts durch den Archäologen Arno Poebel veröffentlicht. Es wird dort von einem Priester des Gottes Enki berichtet, dem König Siusudra (Siudsuddu), den Enki auf eine kommende Flut aufmerksam macht, wobei er sich auf „eine Beratung und einen Beschluß der Versammlung der Götter“ beruft. Unter anderem machte der Gott seine Mitteilung nicht dem König selbst, sondern der Wand von dessem Haus. (Erinnert das nicht an die babylonische Variante?!)

Alle Stürme tobten gleichzeitig mit unerhörter Kraft.
Und im selben Augenblick brach eine Flut über die großen
Tempel herein.
Sieben Tage und sieben Nächte
überschwemmte die Flut die Erde.
Ein riesiges Schiff trugen die Winde über die stürmischen
Wässer.
Dann erschien Utu, jener, der Licht gibt dem Himmel und
der Erde . . .

Somit entstanden im Zweistromland drei Versionen der Legende über die Flut: die sumerische (die älteste), die babylonische und die jüdische (biblische). In den ersten beiden wird nichts gesagt über das gesamtirdische Ausmaß der Katastrophe, ja die ganze Beschreibung macht auch einen mehr oder weniger wahrscheinlichen Eindruck. Die biblische Variante ist der Beschreibung einer tatsächlichen Naturerscheinung am wenigsten ähnlich.

Die Legenden des Zweistromlandes geben allen Grund zu der Annahme, daß dieses Gebiet einst von einer vernichtenden Flut betroffen wurde, der eine große Menge Menschen zum Opfer fielen und die vermutlich Einfluß nahm auf das Schicksal der Staaten und Stämme jener Zeiten.

Geographie der Legenden

Vom Tal des Zweistromlandes richten wir unseren Blick nach Nordwesten, nach Europa. Eine Legende über eine Flut war hier lange vor Eintreffen der Bibel bekannt.

In den Mythen des alten Griechenlands sandte der zornige Zeus, der sich über die Menschen erbost hatte, eine Flut. Prometheus machte davon seinem Sohn Deucalion Mitteilung. Dieser baute einen großen Kasten, in dem er sich zusammen mit seiner Frau Pyrrha vor der Flut verbarg. Zeus schickte Regenfluten auf die Erde. Er rückte die Berge auseinander, damit die Ströme ungehemmt das Festland überschwemmen konnten. Deucalion und Pyrrha legten nach zehn Tagen am Berge Parnas an (nach anderen Versionen am Ätna oder am Berge Othrys in Thessalien). Sie gingen dort an Land und brachten dem Gott ein Opfer. Er erbarmte sich, und auf die Bitte Deucalions wurden Steine, die Deucalion und Pyrrha hinter sich warfen, in Menschen verwandelt.

Es ist möglich, daß diese Legende dem 2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung zuzurechnen ist. Wenn man den griechischen Historikern Glauben schenken darf, ereignete sich die Flut Deucalions im Jahr 1550 vor unserer Zeitrechnung oder, nach anderen Angaben, vor dem Trojanischen Krieg; das wäre auch annähernd im 2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung, auf jeden Fall nicht später.

Man hat den Eindruck, daß sich ihre Schöpfer nicht sehr an den Inhalt der Legende hielten, wie er im Zweistromland geläufig war, oder auch die sumerische oder babylonische Variante der Legende überhaupt nicht kannten.

In Nordeuropa, in Skandinavien und auf der Insel Island kann man die Schilderung einer Flut in der „Edda“, einer alten Sagensammlung, finden:

Schwarz wird die Sonne, die Erde sinkt ins Meer,
Vom Himmel schwinden die heitern Sterne.
Glutwirbel umwühlen den allnährenden Weltbaum,
Die heiße Lohe beleckt den Himmel.
Sie sieht auftauchen zum andernmale
Aus dem Wasser die Erde und wieder grünen.
Die Fluten fallen, darüber fliegt der Aar,
Der auf dem Felsen nach Fischen weidet.

Die sehr komplizierte bildliche Sprache der Edda erschwert die Deutung der Mythen sehr, jedoch läßt der zitierte Abschnitt klar genug erkennen, daß von einer Flut die Rede ist. Wenn aber die altgriechi-

sche Legende noch eine, wenn auch nur entfernte, Ähnlichkeit mit der babylonischen aufweist, so kann man das von dieser hier auf keinen Fall mehr sagen. Zudem handelt es sich um eine Meeresflut.

In Osteuropa scheint es keine uralten Erzählungen von einer Weltkatastrophe zu geben. Sollten solche vorhanden gewesen sein, so wurden sie entweder umgestaltet oder gingen verloren, so daß sie nicht mit der biblischen Legende verglichen werden können.

Bewegen wir uns weiter nach Südosten (und in die Vergangenheit hinein), so treffen wir auf die Erwähnung einer Weltkatastrophe im altiranischen religiösen Literaturdenkmal Awesta. Darin wird davon erzählt, daß der oberste Gott, Ahura-Masda, einem der Menschen, Jima, Mitteilung von einer bevorstehenden Katastrophe machte, die mit ungewöhnlicher Kälte verbunden war. Jima richtete sich eine Höhle mit maximalem Komfort ein und erwartete darin, nahe den verschneiten Gipfeln der Berge, die Katastrophe. Man sagt, daß seit diesen Zeiten ein Schatz in der Höhle verborgen sei.

In Kleinasien, wie übrigens auch überall dort, wo der Islam verbreitet ist, ist eine Flut aus dem Koran bekannt. Mohammed, der Verfasser des Korans, lebte in verhältnismäßig jüngerer Zeit. Seine Lehre hat viel aus älteren Religionen entlehnt (insbesondere aus dem Christentum). So ist es schwierig anzunehmen, daß die Erzählung von der Flut einen lokalen Ursprung hat. Am ehesten ist sie aus der Bibel entlehnt: Wegen der sündhaften Menschen öffnete Allah „die himmlischen Tore für die Wasser, die als Regen fielen, und die Wasser des Himmels vereinigten sich mit dem Wasser der Quellen“.

In Indien treffen wir ebenfalls auf die Erwähnung einer Flut. Die Hymnensammlung „Schatapatha Brahmana“, die annähernd an die Wende vom 2. zum 1. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung gestellt wird, enthält eine Erzählung von dem heiligen Manu, den, zur Belohnung für die eigene Rettung, ein Fisch vor der Flut rettete. Das Boot Manus schwamm bis zu einem hohen Berg im Norden, wo der Heilige die Erde betrat. Über einen Zorn der Götter und die Ursache der Flut wird überhaupt nichts gesagt. Jedoch gab auch hier der Fisch Manu beizeiten einen Hinweis von der bevorstehenden Katastrophe. Die Flut vertilgte alle Menschen. Manu brachte ein Opfer aus Butterschmalz, saurer Milch, Molke und Quark dar. Aus diesem Gemisch entstand nach Jahresfrist eine Frau.

In einigen Gebieten Indiens erhielten sich auch andere Darstellungen einer Flut; jedoch ist es nicht möglich, den Grad ihrer Originalität zu klären. Erwähnt wird eine Flut (außer einem Zusammenhang mit einer Vernichtung von Menschen) in sehr alten indischen Gesetzen Manus: „Und als Brahma wieder erwachte, fand er die ganze Welt in einen einförmigen Ozean verwandelt. Das Wasser bedeck-

te die ganze Erde und sogar die höchsten Berge. Und so geschah es mehrmals.“ Hier kann man bereits alte Vorstellungen von einer Rhythmizität von Fluten, einer mehrfachen Wiederholung, erkennen (eine wiederholte Umgestaltung der Welt in einen einförmigen Ozean).

Ehe wir mit der Reise fortfahren, sei als Zwischenergebnis angeführt:

Die ältesten Überlieferungen verschiedener Völker enthalten Beschreibungen von Flutkatastrophen nicht nur ähnlicher Art, so daß an Entlehnungen zu denken ist, sondern auch ursprüngliche Darstellungen. Die letzteren dürften vorherrschen.

Die Tatsache, daß Legenden einer Flut in die Heiligen Schriften verschiedener Religionen aufgenommen sind, weist darauf hin, welche große Bedeutung ihnen von den Verfassern der religiösen Sammelwerke beigemessen wurde. Wenn die Erzähler jedoch nur das einzige Ziel gehabt hätten, etwas Schreckenerregendes auszudenken, um die gläubigen Sünder einzuschüchtern, dann wäre es wohl nicht schwierig gewesen, Grauenhafteres darzustellen. Es mag genügen, die Apokalypse oder Beschreibungen der Hölle (Vergil, Dante) zu zitieren, um auf die Fähigkeit der Alten zu verweisen, etwas in grellen Farben und entsetzlich zu beschreiben, ohne die Zuflucht zu großen Fluten nehmen zu müssen.

Es ist interessant, daß in der Nachbarschaft des Zweistromlandes, in Ägypten, nur in einem Mythos „Ihre Majestät Leben, Gesundheit und Kraft“ (so titulierte man den Gott Ra) seiner Tochter Hator gebot, die schuldbeladenen Menschen in der Wüste zu vernichten. Allein, sie handelte so erbarmungslos, daß er 7000 Krüge Bier aus Gerste bereiten und das rote Mineral „Didi“ hinzugeben ließ. „Ihre Majestät“ goß das Getränk auf das Land aus, seine Tochter nahm das Bier für Blut, begann es zu trinken, wurde betrunken und beschwichtigt.

Diese Legende kann man so deuten: Nach einer langen Hitzeperiode (infolge des Zorns des strahlenden Gottes Ra) trat die lange erwartete Überschwemmung des Nils ein, über die die Überlieferung eigentlich auch berichtet. Für das kräftige Hochwasser ist ein hoher Gehalt an Mineralteilchen, an Schlamm, charakteristisch, der dem Wasser ein blutrotes Aussehen verleiht. Nichts deutet darauf hin, daß Ägypten eine erdumfassende Flutkatastrophe erlebte.

Auch in Legenden fernöstlicher Länder wird fast nichts von erdumfassenden (oder ungewöhnlich großen) Flutkatastrophen erwähnt. Es ist möglich, daß hier eine psychologische Eigentümlichkeit der Völker, die in diesen Gebieten wohnen, zum Ausdruck kommt. Denn Überschwemmungen (katastrophale Hochwässer der Flüsse oder Einbrüche des Meeres) erfolgen in China und Japan zu häufig, um die Phantasie der Einwohner besonders anzuregen.

In einer der chinesischen Legenden wird von dem Drachen Kun-Kun erzählt, der mit dem Kopf in das Himmelsgewölbe eindrang und dessen Stützen zerbrach. Dabei stürzte das Himmelsgewölbe auf die Erde und überschwemmte sie mit Wasser. Es ist möglich, daß die Untat des Drachens auf ein Erdbeben hinweist, das durch bis dahin noch nie erlebte außergewöhnliche Überschwemmungen begleitet wurde.

Japanische Überlieferungen betreffen den Stammbaum der kaiserlichen Familie in „vorflutlichen“ Zeiten. Danach sollen die Japanischen Inseln ursprünglich vom Wasser überflutet gewesen und erst allmählich aus den ozeanischen Gründen aufgetaucht sein. Dabei gelangten sie zugleich unter die Macht des Kaisers, der auf solche „naturgegebene“ Weise seinen Besitz erhielt und erweiterte, beginnend mit der Insel Kyushu.

Auf der anderen Seite des Stillen Ozeans sind Mythen über eine Flut in erster Linie aus Handschriften bekannt, die die spanischen Eroberer — die Konquistadoren — aus Mexiko mitbrachten. Eine der Handschriften wird in einer Madrider Bibliothek aufbewahrt. Sie wurde durch E. Cortes mitgebracht. Nach Auffassung einiger Gelehrter wird in der Handschrift eine Flut erwähnt, die durch äußerst heftige Erdbeben und Vulkanausbrüche hervorgerufen worden sein soll. Jedoch hat eine Reihe von Fachleuten gegen eine solche Deutung des Textes Einwände geltend gemacht.

Eine andere Quelle sind Aufzeichnungen von Legenden durch die Priester der Maja, die „Chilam Balam“. In ihnen wird von Asche und Steinen vom Himmel und feurigem Regen gesprochen, worauf fürchterliche Wogen herbeiströmten. Der Himmel stürzte auf die Erde und überflutete sie. Wahrscheinlich handelte es sich auch hier um Vulkanausbrüche und Erdbeben oder um den Fall eines gigantischen Meteoriten. Man muß dazu bemerken, daß es einige Handschriften „Chilam Balam“ gibt, und sie wurden alle erst nach der Eroberung Mexikos durch die Spanier aufgeschrieben.

Nach dem Verfall des Maya-Reiches wurde das Buch „Popul Vuh“ aufgezeichnet, das, wie dessen Autor versichert, die Kopie einer älteren heiligen Handschrift ist. Dort wird erzählt: „Eine Flut wurde ausgelöst durch das Herz des Himmels, eine große Flut kam, die auf die Häupter der hölzernen Geschöpfe fiel. Das Antlitz der Erde verdunkelte sich, schwarzer Regen begann zu fallen; Regenguß am Tage und Regenguß des Nachts ... Die Menschen liefen in ihrer Verzweiflung ... Sie versuchten, auf die Dächer der Häuser zu steigen, die jedoch zusammenstürzten und sie auf die Erde schleuderten. Sie versuchten auf die Gipfel der Bäume hinaufzuklettern, aber die Bäume warfen sie ab. Die Menschen suchten Rettung in Höhlen und Grotten, aber sie wurden darin begraben. So wurde der Untergang der Menschen, die zur



Sintflut (links) und Ausbruch eines Vulkans (nach Bildern aus Handschriften der Maya)

Vernichtung verdammt waren, vollendet.“ Die beschriebene Katastrophe läßt den Gedanken an ein großes Erdbeben aufkommen.

Und schließlich findet sich das wohl interessanteste Zeugnis über eine Flut im „Codex Rios“, der in der vatikanischen Bibliothek aufbewahrt wird. Man kann es als eine Ironie des Schicksals betrachten, daß die katholische Geistlichkeit, die die Originalschriften der Maya vernichtet hat, ihre seltenen Kopien aufbewahrt.

Im „Codex Rios“ wird von der Erschaffung der Welt und von der Vernichtung der ersten Menschen erzählt. Es blieben Kinder übrig, die ein wundersamer Baum ernährte. Eine neue Menschenrasse wurde herangebildet. Aber nach 4008 Jahren schütteten die Götter eine Flut auf die Erde. Übriggeblieben war ein Paar, das sich auf einem Baum versteckt hatte.

Nach der Flut kam wieder eine neue Rasse auf. Aber nach 2010 Jahren vernichtete ein ungewöhnlicher Orkan die Menschen erneut. Am Leben Verbliebene wurden in Affen verwandelt, die von Jaguaren zerfleischt wurden. Und wieder rettete sich nur ein Paar. Nach 4801 Jahren vernichtete eine große Feuersbrunst die Menschen. Nur ein Paar

rettete sich, indem es auf einem Boot auf dem Meere davonschwamm.

In dieser Überlieferung wird von periodischen Katastrophen gesprochen (Wiederkehr nach 2000—4000—8000 Jahren), von denen eine eine Überflutung ist.

Wir verlassen die Länder alter Kulturen und suchen solche Gebiete auf, wo einst in mündlichen Überlieferungen von einer Flut berichtet wurde. Seitdem jedoch Missionare—als Prediger der biblischen Legenden — in diese Gebiete kamen, erlitten die lokalen Überlieferungen insofern Veränderungen, als sie einen „biblischen Akzent“ erhielten. Zahlreiche neue Legenden entstanden, die auf verschiedene Weise den Mythos über die Noahsche Sintflut nacherzählen. Jedoch erhielten sich auch andere Überlieferungen, in denen man solche Entlehnungen nicht feststellen kann.

Bei den Australiern ist eine Legende erhalten, wonach ein riesiger Frosch einst alles Wasser verschlang. Die Meere trockneten aus, und die Fische sprangen auf dem glühendheißen Sand wie auf Kohlen. Die Tiere faßten den Entschluß, daß man den Frosch zum Lachen bringen mußte. Aber auf alle ihre Grimassen glotzte der Frosch sie nur an und blähte die Wangen auf. Nur ein zappeliger Aal erreichte endlich das Ziel. Der Frosch, der den Mund bis zu den Ohren aufriß und dem Tränen aus den Augen flossen, spie das Wasser wieder aus. Eine Flutkatastrophe setzte ein; sie kam völlig unvorhergesehen. Zum Glück aber rettete ein Pelikan-Fischer die Tiere.

Auf Tahiti glaubte man, daß das Meer einst die gesamte Insel überflutete. Auf den Gipfel des Berges O-Pichoto retteten sich nur eine Frau mit einem Küchlein, einem Hund und einer Katze sowie ein Mann mit einem Ferkel. Als nach zehn Tagen das Wasser zurückwich, blieben auf den Steinen Fische und Wasserpflanzen zurück. Plötzlich kam ein Orkan herangebraust, der die Bäume mit den Wurzeln ausriß, und vom Himmel fielen Steine. Die Menschen mußten sich in einer Höhle verbergen.

Die Birmanen erzählen von einer Krabbe, die es einem Geier verübte, daß er ihr ein Loch in den Schädel schlug. Sie ließ daraufhin das Meer und die Flüsse bis zum Himmel anschwellen.

Alle diese Legenden lassen sich miteinander in Verbindung bringen, obwohl es sich um sehr weit auseinanderliegende Gebiete der Erde handelt. Es ist jedoch schwer zu glauben, daß diese Legenden (und viele andere, die ihnen ähnlich sind) auf ein und dieselbe ursprüngliche Legende zurückgeführt werden können, denn sie unterscheiden sich erheblich voneinander und haben nur eines gemeinsam: die Erwähnung einer großen Katastrophe. Dasselbe kann man von der Mehrzahl jener Legenden sagen, die bei den verschiedenen Völkern Süd- und Nordamerikas verbreitet sind.

Auf Feuerland werden sogar zwei Fluten erwähnt: Die erste von ihnen verschlang die Berge, und vor ihr davonlaufende Menschen wurden in Robben und Vögel verwandelt. Während der zweiten Flut überwand die gemeinsame Beschwörung der Schamanen das wäßrige Element — das Meer wich zurück.

Nach Aussagen der Ekuadorianer schlug eine Krokodilmutter, der ein Indianer ein Junges getötet hatte, das Wasser so heftig mit dem Schwanz, daß die Wellen bis zum Himmel aufwirbelten. Nur ein Mensch, der auf den Gipfel des höchsten Baumes gestiegen war, ertrank nicht. Daraufhin wurden die Nächte und Tage schwarz. Der Mensch warf von oben Früchte herab. Als er schließlich kein Plätschern mehr vernahm, stieg er hinab auf die trocken werdende Erde.

Nach ihren Legenden zu urteilen, retteten sich die Vorfahren der Bewohner des äquatorialen Amerika auf dieselbe Weise vor einer Flut. Und als sie, auf den Bäumen sitzend, einander kläglich zuriefen, merkten sie selbst nicht, wie sie in Frösche verwandelt wurden.

Die Göttin Nikawe, nach deren Willen die Pflanzen die Finsternis des unterirdischen Reiches verlassen, warnte den Indianer Utschiol (Mexiko) vor einer Flut. Utschiol baute sich einen Kasten. Als sich die Winde „scharf wie Pfeffer“ erhoben und die Wasser hervorbrachen, rettete er sich in den Kasten und nahm das für ihn Kostbarste mit— Korn, Feuer und einen Hund. Ein Papagei und der Vogel Makao durchbrachen mit ihren scharfen Schnäbeln die Felsen, und das Wasser floß ab und bildete die fünf Meere.

Wir bewegen uns nun weiter nach Norden und gelangen auf das Territorium der kanadischen Indianer. Eine hiesige Legendenvariante weist eine Besonderheit auf.

Es war einst, so erzählt sie, ein ungewöhnlich schneereicher Winter. Ein Greis sagte ein drohendes Unheil voraus, doch man lachte ihn aus. Im Frühjahr nahte eine große Überschwemmung. Nur der Greis, der sie vorausgesehen und sich ein Boot versorgt hatte, konnte sich vor ihr retten. Eine Ente holte für ihn unter dem Wasser ein Schlammklümpchen hervor, aus dem der Greis eine Insel blies.

Von den Einwohnern Alaskas, der Tschuktschen-Halbinsel und Kamtschatkas konnte man erzählen hören, wie einst das Meer, bedeckt mit Eisschollen, answoll und das Festland überflutete. Als sich das Wasser zurückzog, blieben auf den Gipfeln und Hängen der Berge Eisschollen und Meeresmuscheln zurück.

Damit haben wir auf der Suche nach Legenden eine Reise durch alle Kontinente unternommen. Wir wurden dabei mit einer, allerdings nur kleinen Zahl aller Überlieferungen über große Katastrophen bekannt gemacht. Es ist offensichtlich, daß in den übrigen Legenden ebenfalls sehr viel Nichtursprüngliches, Entlehntes, enthalten ist.

Aus der Verbreitung der entsprechenden Legenden könnte man den Eindruck gewinnen, daß es tatsächlich eine weltumfassende Flutkatastrophe gab. Aber doch nur fast weltumfassend. Denn über eine solche wird z.B. auf den ausgedehnten Territorien Zentralasiens nichts berichtet. Sehr selten wird eine Flut auf dem afrikanischen Kontinent erwähnt. Nichts ist davon den Ureinwohnern Australiens bekannt.

Die nicht universelle Verbreitung von Legenden über eine weltweite Sintflut zeigt, daß sie in vielen Fällen nicht irgendwoher von außen entlehnt, sondern selbständig entstanden sind. Man müßte sonst annehmen, daß die alten Bewohner des Fernen Ostens zu den Griechen eine engere Verbindung hatten als zu den Sibiriern und die Ureinwohner des australischen Küstengebietes den alten Bewohnern Amerikas näher standen als den eingeborenen Stämmen Zentralaustraliens. Es wäre auch unverständlich, daß geographisch getrennte Stämme, deren Sprachen keinerlei Ähnlichkeiten miteinander aufwiesen, Legenden voneinander entlehnen konnten und Stämme mit verwandten Sprachen bei gegenseitigen Kontakten Legenden über eine Flut nicht austauschten.

Wenn es auch keine weltumfassende Katastrophe gab, so gibt es letztlich doch Sintflut-Legenden über irgendeine Flut, die in allen Kontinenten bei der Mehrheit aller Stämme und Völker der Erde verbreitet sind.

„Man kann es als bewiesen ansehen“, schrieb James Frazer, einer der besten Kenner der Mythologie, „daß die Ähnlichkeit, die zweifellos bei vielen dieser Legenden existiert, zum Teil aus direkter Entlehnung durch ein Volk von einem anderen resultiert, sich zum Teil aber auch als Ergebnis ähnlicher, völlig selbständiger Beobachtungen erweist, die an verschiedenen Stellen der Erde gemacht worden sind und sich auf große Überschwemmungen oder andere ungewöhnliche Naturerscheinungen beziehen, welche die Vorstellung einer Flutkatastrophe hervorriefen.“

Entlehnte Stoffe (unter ihnen biblische) sollen uns im folgenden nicht weiter interessieren, da es unser Ziel ist, „natürliche Vorbilder“ der Sintflut aufzufinden (falls solche existieren).

Die Ähnlichkeit einer großen Anzahl von Legenden, die unabhängig voneinander entstanden sind, beweist letztlich nicht die einstige Existenz einer weltumfassenden Katastrophe. Sie mag auf die Ähnlichkeit der geistigen Verfassung und der Phantasie alter Völker verweisen. Die Entwicklung der Psyche des Menschen, des Glaubens und des gesellschaftlichen Bewußtseins erfolgt mit derselben Gesetzmäßigkeit wie auch die Haupttendenzen in der Entwicklung der Arbeitsinstrumente.

Klassifikation der Legenden

Eine beliebige Klassifikation erinnert an ein Herbarium. Das ist ein Schema, ein trockenes Abbild des Lebens. Ein getrocknetes Blatt hat nicht einmal den tausendsten Teil des Wertes eines lebenden. Jedoch bewahrt es etwas (wenigstens hinsichtlich seiner Form), was uns erlaubt, sein lebendiges Ebenbild besser zu verstehen und zu werten. Außer der Betrachtung bleibt dabei der ästhetische Wert der Klassifikation. Zwingen wir Legenden in ein solches Prokrustusbett-Schema, berauben wir sie ihres „lebendigen Wesens“, aber gleichzeitig vollziehen wir eine wissenschaftliche Analyse. Das erste wird durch das zweite gerechtfertigt.

Schließt man aus der Betrachtung der Legenden über eine Flut den künstlerischen und moralischen Aspekt und auch Entlehnungen aus, so kann man eine zweiteilige Klassifikation vorschlagen:

Erstens nach dem Objekt der Betrachtung. Die einen Legenden dieser Gruppe versuchen eine Reihe beobachteter natürlicher Phänomene zu erklären (Schichtung der Gesteine, Gesteinsblöcke auf der Erdoberfläche, Entstehung der Gebirge und Flachländer usw.). Andere dagegen enthalten mehr oder weniger phantastische Vorstellungen über tatsächliche Naturerscheinungen.

In der ersten Gruppe dieser Legenden kann man Anfänge einer wissenschaftlichen Philosophie bemerken, in der zweiten dagegen eines wissenschaftlichen Empirismus. Die erste Gruppe kann sowohl ursprüngliche als auch entlehnte Schilderungen umfassen. Sie könnten als ein Thema für wissenschaftlich-philosophische Improvisationen dienen. In den Legenden der zweiten Gruppe haben die entlehnten Stoffe aus geographischer und geologischer Sicht kein Interesse.

Zweitens nach der Ursache der Flut. In einer Gruppe dieser Legenden wird von ungewöhnlichen meteorologischen und hydrologischen Erscheinungen berichtet (Regenfluten, Orkane, Schnee, Hochwasser), in einer anderen über gigantische Meeresfluten. Einige Legenden bringen beide Ursachen miteinander in Verbindung. Schließlich weist eine Reihe legendärer Katastrophen auf Ausbrüche (Explosionen?) von Vulkanen, Erdbeben und vielleicht auf den Fall großer Meteoriten hin.

Offensichtlich ist diese Klassifikation bedeutungsvoll für Legenden ursprünglicher Art, die von tatsächlichen Naturerscheinungen berichten. Hat man solche Legenden ausgesondert, kann man eine Karte der geographischen Verbreitung der Legenden über Fluten zusammenstellen. Als einer der ersten hat der bekannte französische Geograph Elisée Reclus eine solche Karte (im Jahre 1903) zusammengestellt. Eine bedeutend detailliertere Karte der Legenden über Fluten veröffentlichte in relativ neuerer Zeit der polnische Astronom und Popularisator L. Zeidler (seine Angaben wurden für die Karte auf S. 28/29 genutzt).

Richtungen des Suchens

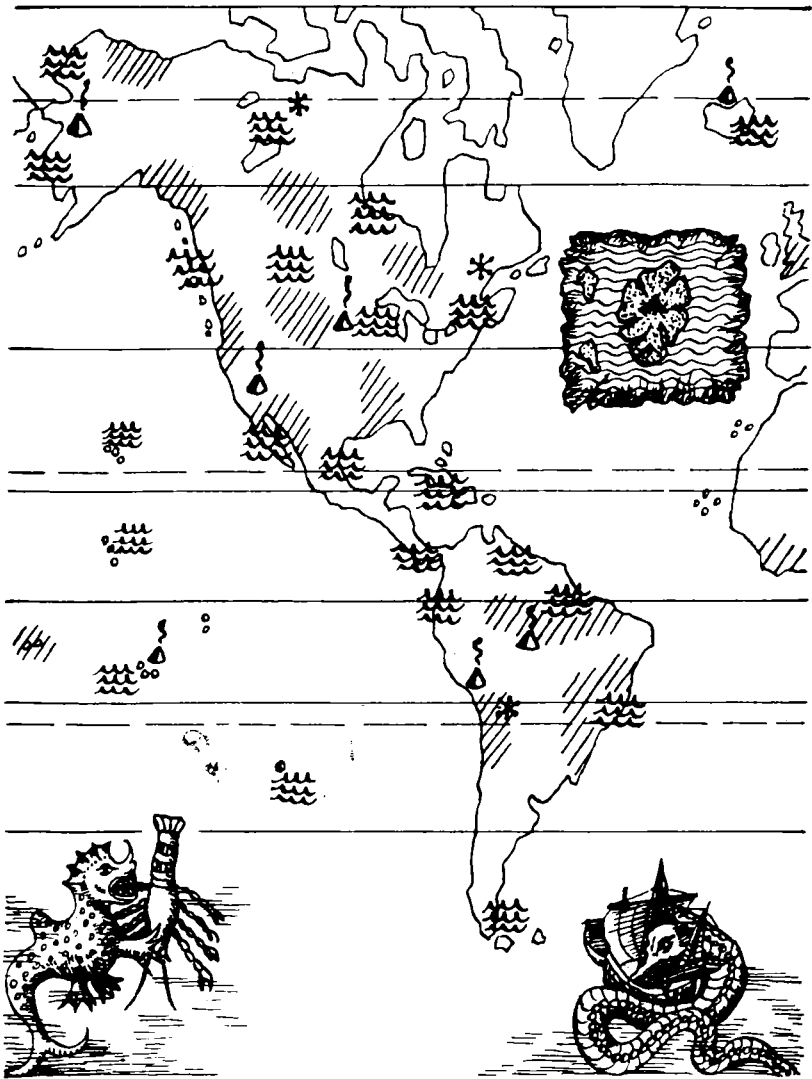
Indem wir Mythen über eine Flut als Zeugen realer natürlicher Erscheinungen untersuchen, können wir uns mit Menschen vergleichen, die eine schöne goldene Statuette umschmelzen, um Barren zu erhalten. Die erhaltene „Valuta“ — ein Fakt! — hat an Poesie, an ethischen Gedankengängen unserer Vorfahren eingebüßt. Die Erscheinungen der äußeren Welt, das sind die Samen, die in den Gemütern der Menschen in wunderlichen, phantastischen Farben aufblühen . . . Und trotzdem ist unser Interesse an den Legenden voll gerechtfertigt. Denn die Überlieferungen verschiedener Geschlechter und Völker führen uns in der Tat zu einem genügend begründeten und sehr wichtigen Schluß: zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gebieten der Erde erfolgten unzweifelhaft gewaltige Katastrophen (unklar ist nur, ob in einer Epoche oder in zeitlich verschiedenen).

Es ist verständlich, daß in solchen Fällen, in denen sich entsprechende Anschauungen auf die illusorischen Stützen eines Glaubens, einer Religion oder auf Vorurteile gründen, die Angelegenheit nicht ohne Ungereimtheiten auskommen kann, schon gar nicht zu sprechen von dem nutzlosen Suchen nach Archon, nach Quellen der übermäßigen Wassermassen und Spuren der Sintflut sowie von Versuchen, die göttlichen Strafen physisch zu begründen. Noch bedeutsamer ist der Gedanke: Wenn schon eine Sintflut herabgesandt wurde, welche Garantie haben wir, daß sie nicht morgen oder an einem beliebigen anderen Tag erneut über unsere Häupter hereinbricht?

Wundern sind keine Gesetze geschrieben!

So wurde ganz Europa einst durch eine Vorhersage des Professors der Mathematik und Astrologen Johannes Stoffler aus Tübingen in Bestürzung versetzt: das Auftreten einer neuen Sintflut. Sie wurde im Februar des Jahres 1524 erwartet, als durch das Sternbild der Fische zugleich drei Planeten hindurchgingen. Diese Interpretation schien so überzeugend, daß die Bauern aufhörten zu pflügen und zu säen, die Kaufleute keine Warenvorräte mehr anschafften und die Handwerker ihre Arbeit in den Werkstätten einstellten. Mit äußerster Anstrengung baute man Archon oder bereitete den Auszug ins Gebirge vor; vorsorglich hatte man sich mit Lebensmitteln und Kleidung versehen, Ufer-siedlungen entleerten sich.

Und wirklich zeigte sich der Februar dieses Jahres ganz ungewöhnlich: Es fielen keinerlei Niederschläge. Die Menschen atmeten auf: Gott ließ Gnade für Recht ergehen. Vielleicht mehr als andere machte sich der Kurfürst von Brandenburg über den unglücklichen Propheten lustig: Er wußte genau, daß der arme Stoffler sich ganz einfach verrechnet habe. Viel genauer, konnte er sagen, zeigen wissenschaftliche



Geographie der Legenden über eine Flut: verursacht durch Regen (Schraffur), durch Meer und Flüsse (Wellen), verbunden mit vulkanischen Ausbrüchen und Erdbeben (Kegel), verbunden mit Vereisungen (Sternchen). Im nördlichen Atlantik ist Atlantis dargestellt (nach Kircher 1665)



Oben: Felszeichnungen: seltsames Tier (Lenagebiet) und Pilzmensch (Tschuktschen-Halbinsel). Ähnliche Gestalten werden auf Felsbildern Afrikas angetroffen, aber auch in der Kunst der alten Maya

Beweise, daß eine Sintflut nur in Preußen stattfinden wird, und zwar nach genau einem halben Jahr.

Das waren die ersten Versuche langfristiger Wettervorhersagen. Und sie, wie viele folgende, erwiesen sich als falsch. Nebenbei bemerkt, wurde die Massenpsychose nicht so sehr durch den Glauben an die biblische Legende verursacht (hatte Gott doch gelobt, keine neue Sintflut kommen zu lassen; und wie könnte man sich auch vor Gottes Strafe retten?!), sondern vielmehr durch das Vertrauen in die „Wissenschaft“ der Astrologie.

Am Ende unserer Analyse der Legenden wollen wir einen sehr bedeutsamen Schluß hervorheben: In Mythen und Legenden wird nicht selten von periodischen Wiederholungen von Katastrophen auf der Erde berichtet. Es mag genügen, sich an das Epos der Maya zu erinnern oder an die Gesetze Manus oder die seltsame Bemerkung aus dem talmudischen Buch Agada:

„Im Volke erzählten sie

— nach allen 1656 Jahren werden die himmlischen Stützen erschüttert.“

Solche genaue Hinweise auf einen Rhythmus von Naturkatastrophen geben Anlaß, sich der Schlußfolgerungen jener zeitgenössischen Wissenschaftler zu erinnern, die tatsächlich Spuren einer derartigen Periodizität fanden. Man muß aber auch daran denken, daß ein simples Zusammenfallen nicht ausgeschlossen ist.

Bemerkenswert wahr wird in demselben Buch auch ausgesagt:

„Ebenso wie beim Schein einer wertlosen Kerze verlorenes Gold oder eine Perle aufgefunden werden kann, ebenso wird mit Hilfe eines Gleichnisses die Wahrheit erkannt.“

Das Gleichnis wird hier der Wahrheit (dem Gold) gegenübergestellt, aber mit Hilfe der wertlosen Kerze, die das Suchen lenkt, gelangt man zum Ziel.

Philosophie der Katastrophen

Vor der Wissenschaft

In den Legenden über die Flut sind die ersten primitiven geologischen Vorstellungen, die sich auf Erfahrungen und Beobachtungen gründen, verschlüsselt enthalten. Man kann versuchen, den Gang der Überlegungen der Autoren der Legenden zu rekonstruieren.

Es gibt Gebirge, tiefe Täler, unübersehbare Tiefländer ... Wie sind sie entstanden? Ich kann selbst aus Steinen kleine Berge aufbauen, kann einen Graben ausheben oder ein Feld einebnen. Vielleicht gibt es (oder gab es) ein Wesen, das größer und mächtiger ist als ich und dem die Kraft verliehen ist, Berge, Täler und Ebenen zu schaffen. Wie hat es das getan? Vielleicht war es ihm gegeben, nur den Wunsch zu äußern, und alles entstand auf wunderbare Weise, unfassbar für den menschlichen Verstand. Jedoch am Ufer eines Flusses kann man auch sehen, wie das Wasser die Steilhänge unterspült. Während des Frühjahrshochwassers werden Inseln und Niederungen überflutet. Geschieht ähnliches nicht auch in großen Maßstäben? Ungewöhnliche Regengüsse oder Überschwemmungen der Flüsse und Meere können schnell ausgedehnte Landstriche oder sogar das gesamte Festland verändern.

Die Menschen hatten sich einen solchen Bau des Weltalls ausgedacht, der die Möglichkeit gesamtweltlicher Katastrophen zuläßt. Hier ist eine Beschreibung des Weltalls im Koran:

Die Erde unbeweglich — der Himmel Gewölbe,
Schöpfer, werden gestützt durch dich,
Und stürzen nicht auf Festland und Wasser,
Und erdrücken uns nicht dank Deiner.

Es bedarf also nur eines Wortes des Schöpfers — und der Himmel stürzt ein. A.S. Puschkin machte dazu die wohl begründete Anmerkung: „Schlechte Physik, aber dafür welch eine kühne Poesie!“

Es ist nicht ausgeschlossen, daß viele Mythen über große Katastrophen keine wirklich beobachteten Erscheinungen widerspiegeln, sondern eine Naturphilosophie früherer Geschlechter. Jedenfalls sieht es der sowjetische Philosoph M.I. Schachnowitsch so:

„In vielen Mythen der Erschaffung der Welt geht eine Überschwemmung oder eine Flut voran, um zu erklären, woher das Wasser kam. Nachklänge über Zusammenhänge der Erschaffung der Welt und einer Weltflut in den Mythen haben sich in der Bibel erhalten, in welcher das ursprüngliche Chaos als eine formlose Masse auf finsternen Wassern begann.“

Jedoch in der Mehrzahl der Mythen ist die Schöpfung der Welt durch lange Zeitspannen und viele Ereignisse von einer Flut getrennt. Nach der Bibel pflanzte sich das Menschengeschlecht bis zur Katastrophe erfolgreich fort, breitete sich über die gesamte Welt aus (weshalb sollte sonst eine weltumfassende Flut herabgesandt worden sein?!) und sündigte sehr, wodurch es den Zorn Gottes hervorrief. In den Mythen der alten Mexikaner (Popul Vuh) empörten sich gegen die Menschen obendrein sogar die Haustiere und der Hausrat. Gerade christliche Theologen haben nicht selten die Frist von der Erschaffung der Welt bis zur Sintflut berechnet: Sie erhielten verschiedene Werte, etwa um 2000 bis 4000 Jahre (und ungefähr noch einmal so viel bis zur Gegenwart).

Wie dem auch sei, man gewinnt den Eindruck, daß wenigstens ein bedeutsamer Teil der Erzählungen über eine Flut mit wirklichen Katastrophen verbunden gewesen ist. Aber es ist auch sehr wahrscheinlich, daß ein nicht geringer Teil der Legenden philosophische Überlegungen von Menschen früherer Zeit widerspiegelt, die Antwort auf viele Rätsel der Natur suchten.

Unter der Schirmherrschaft Neptuns

Vor 2500 Jahren verkündete der altgriechische Philosoph Thales von Milet die Erhabenheit des Wassers — des Urstoffes des Lebens. Annähernd zur selben Zeit würdigten die Menschen die Macht des Erdinnern: Erdbeben zerstörten Städte, feurige Lavaströme und Wolken glühender Asche vernichteten alles Lebende in ausgedehnten Gebieten.

In den altrömischen bzw. altgriechischen Mythen personifizierte man die wäßrigen und die unterirdisch-feurigen Elemente in den Gestalten der Götter Neptun und Pluto. Die Philosophen deuteten den realen Charakter der Elemente und begannen die Entwicklung der Erde durch Einwirkung des Wassers oder unterirdischer Kräfte zu erklären.

Im Mittelmeergebiet — der Wiege der alten europäischen Zivilisationen — offenbaren sich seit je die Kräfte des Meeres und des Erdinnern. Es ist möglich, daß die altgriechischen Philosophen diesen Naturscheinungen, die den nachhaltigsten Eindruck in ihrem Gedächtnis

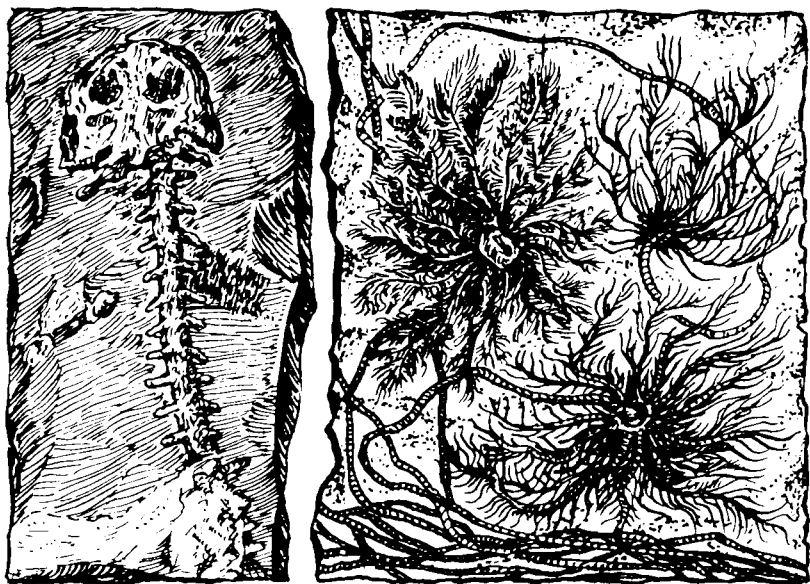
hinterließen, den Vorrang einräumten. Der Sizilianer Empedokles kam unter dem Eindruck der Vulkanausbrüche und der Geiser seines Landes zu der Vorstellung von den feurig-flüssigen Tiefen der Erde. Und einer der größten Denker, Aristoteles, der im raenahen Athen, fern von Vulkanen, lebte, maß den Veränderungen des Klimas sowie des Wasserspiegels der Flüsse und des Meeres erstrangige Bedeutung zu: „Ein und derselbe Platz bleibt nicht immer Land oder Meer. Das Meer gelangt dorthin, wo vorher Festland war; das Festland kehrt wieder dorthin zurück, wo wir jetzt das Meer sehen. Es ist notwendig, daran zu denken, daß diese Veränderungen nacheinander in bestimmter Reihenfolge geschehen und sich als eine bestimmte Periodizität erweisen.“ Die scharfsinnige Vermutung des Aristoteles wurde erst viel später Gemeingut der Wissenschaft.

Die besonderen natürlichen Bedingungen verschiedener Länder führten nicht nur zur Ausbildung unterschiedlicher Formen der wirtschaftlichen Tätigkeit (z.B. die Seefahrt bei Küstenvölkern), sondern spiegelten sich auch in der Geisteshaltung, in den Ideen und in der Weltanschauung wider.

Den europäischen Ländern war es bestimmt, zuerst den Weg des beschleunigten wissenschaftlich-technischen Fortschritts zu beschreiten. (Die erste wissenschaftlich-technische Revolution begann im 17. Jahrhundert in England.) Eine Vielzahl von Wissenschaftszweigen entstand. Sie entwickelten sich unter dem Zwang der Forderungen der Ingenieurpraxis. Die Naturforscher stützten sich auf die praktische Erfahrung (die zu jener Zeit noch gering war), auf die Ideen der antiken und arabischen Philosophen, aber auch auf biblische Dogmen. Die Autorität der Bibel wurde durch die Kirche verfochten, herrisch und unveröhnlich gegen Andersgläubige. Dadurch wurde im bedeutsamen Maße jene Aufmerksamkeit gefördert, mit der sich die ersten Geologen der biblischen Legende von der Sintflut zuwendeten. Es entstand die Strömung des Diluvianismus (lateinisch „Diluvium“ bedeutet Sintflut).

Fast die gesamte Kenntnis über die Erde wurde in jener Zeit der „Sintflut-Hypothese“ zugeordnet und ihre Entwicklung auf ein harmonisch vollendetes System zurückgeführt. In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts versuchte der scharfsinnige Forscher Nikolai Stenonis, diese Hypothese vom Wundersamen zu befreien.

„Die Sintflut“, sagte er, „ist sogar leicht zu erklären, wenn man sich im Zentrum der Erde um ein Feuer herum das Vorhandensein eines riesigen Behälters vorstellt. Die Überflutungen könnten verursacht sein durch eine Veränderung des Zentrums der Schwerkraft oder durch eine unterirdisch hervorbrechende Wassermasse oder, was wahrscheinlicher ist, durch Anschwellen des Meeres infolge der Vermischung mit den unterirdisch ausbrechenden Gewässern und Regen.“ Es ist nicht



Abdrücke auf Gesteinsplatten: der „vorsintflutliche Mensch“ Scheuchzers (links) und Seelilien (rechts)

ausgeschlossen, daß solche Erklärungen nicht so sehr die Überzeugung des Autors widerspiegeln als vielmehr dessen Vorsicht und sein Bestreben, einen Konflikt mit der Inquisition zu vermeiden.

Der englische Mediziner Woodward (speziell mit Geologie befaßte sich bis zum 18. Jahrhundert niemand) mutmaßte: „Die gesamte Erdoberfläche zerbarst in Stücke und wurde durch eine Flut aufgelöst, Schichten aus den durcheinandergeratenen Massen lagerten sich ab wie ein beliebiger Absatz aus einer Flüssigkeit.“

Der Schweizer Gelehrte Scheuchzer beschrieb im Jahre 1726 den Abdruck eines lebendigen Wesens auf der ebenen Oberfläche eines Schiefers und kam zu dem Schluß: „Dieses Stück ist unverkennbar die Hälfte oder etwas weniger des Skelettes eines Menschen.“ Der Stoff seiner Knochen und des Fleisches „ging ein in Stein“. Scheuchzer bezeichnete diesen „Menschen“ als Zeugen der Sintflut, als ruchlosen Sünder, berufen, durch sein abschreckendes Beispiel vor „Missetaten der heutigen Zeit“ zu warnen und beim Anblick eines solch schrecklichen Schicksals des vorsintflutlichen Sünders zur Abschreckung der Menschen vor Sünden beizutragen. (Den Fund studierte später Cuvier, der in ihm die Reste eines Riesensalamanders erkannte und ihn mit dem Namen des Entdeckers bezeichnete — „Andrias Scheuchzeri“.)

Derartige Erklärungen nutzten konkrete geologische Fakten für philosophische Überlegungen, Moralisierungen, Verweisungen auf das Wunderbare und den göttlichen Willen.

„Es ist unvernünftig, nach Belieben die Gottheit anzurufen“, emporsteigte sich der aufgeklärte Mönch Generelli im Jahre 1749, „um sie zur Bestätigung unserer erdachten Hypothesen zu veranlassen, Wunder zu vollbringen. Ich rechne angesehenen Akademikern solche Systeme, die sie gleich Luftschlössern konstruieren und die nicht ohne Wunder auskommen können, als höchste Schande an.“ Versuche, ohne Wunder auszukommen, waren nicht sehr viele gelungen. Ein Zeitgenosse Woodwards, der englische Astronom Wiston, kam auf eine originelle Idee: An der Erde sollte ein Komet vorübergezogen sein, der einen Schweif aus dichtem Dampf besaß. Vierzig Tage war die Erde von Dämpfen, die sich kondensierten und als Regen niederfielen, eingehüllt. Gleichzeitig riß die Erdkruste auf, und längs der Spalten brachen unterirdische Wässer hervor. Im Ergebnis der Katastrophe wurde die Erdachse versetzt, und es kam zu einer Neuverteilung der Meere und Festländer auf dem Planeten.

Es mag scheinen, daß die Hypothese der Fluten und Katastrophen nur Obskurantismus und Pseudowissenschaft war. Tatsächlich aber war sie, so kann man sagen, für ihre Zeit (vor zwei bis drei Jahrhunderten) progressiv und stimulierte die Entwicklung der geologischen Vorstellungen.

In derselben Zeit waren noch phantastischere Vorstellungen verbreitet: Die Bildung der Berge wurde erklärt durch Verfestigung irdischer Ausdünstungen, Versteinerungen in Gesteinen durch die Einwirkung von Sternbildern oder durch geheimnisvolle „innere Kräfte“ der Planeten. Die Anerkennung des Wassers als gewaltige geologische Kraft auf der Oberfläche der Erde wurde zur großen und sehr perspektivischen Verallgemeinerung einer ganzen Reihe von Fakten.

Aus dem Diluvianismus entstand die Strömung des Neptunismus, der die vorrangige Rolle des Wassers bei geologischen Prozessen behauptete. An seinen Anfängen steht der große Naturforscher Buffon, der zu dem Schluß kam, daß das jetzige Festland einst Meeresboden war und das Relief des Festlandes durch die Einwirkung von Meeresströmungen, Flut und Ebbe, aber auch durch die zerstörende Einwirkung des Oberflächenwassers gebildet wurde.

Buffon überschätzte die Rolle des Wassers, jedoch drängte er die Gedanken der Forscher auf den richtigen Weg: auf das Verständnis der Wirkungsweise der tatsächlich existierenden geologischen Kräfte, um sie richtig in den erdgeschichtlichen Entwicklungsgang eingliedern zu können. Er schrieb: „Um zu verstehen, was sich einstmals auf unserer Erde ereignete, müssen wir beobachten, was sich heute auf dem Boden

des Meeres abspielt.“ Und weiterhin: „Die Natur befindet sich im Zustand eines ununterbrochenen Strömens; aber dem Menschen genügt es, sie im Augenblick seines Jahrhunderts zu begreifen und einige Blicke zurück und vorwärts zu werfen, um zu versuchen, das zu übersehen, was einst geschah und was späterhin geschehen wird.“

Diese Forschungsmethode (Vergangenes aus dem Gegenwärtigen zu verstehen) erhielt die Bezeichnung Aktualismus und wurde später durch Charles Lyell weiter ausgearbeitet. Er erachtete es dabei als notwendig, die Katastrophen als zweitrangig zurückzuweisen, und behauptete, daß sich der Planet allmählich entwickelt hat, aber die gewaltige Länge der geologischen Epochen die Möglichkeit in sich birgt, durch Summierung vergleichsweise unbedeutender Prozesse (z.B. die Unterspülung eines Hanges durch einen Fluß) eine gewaltige Leistung zu vollbringen.

Übrigens ließ auch Buffon den Katastrophen auf der Erde sehr wenig Raum: „Es ist nicht notwendig, an Ursachen zu denken, deren Auswirkung selten, heftig und schnell ist: im normalen Entwicklungsgang der Natur werden sie nicht angetroffen.“

In der Mitte des vergangenen Jahrhunderts erreichten der Neptunismus und der Katastrophismus eine Blütezeit. Dazu trug in nicht geringem Maße die bedeutsame Arbeit des hervorragenden Paläontologen J. Cuvier bei: „Erwägungen über Revolutionen auf der Oberfläche der Erde“, aber auch die glänzende pädagogische Tätigkeit Abraham G. Werners, Professor an der Bergakademie Freiberg. Natürlich wichen die Neptunisten weit ab von der theologischen Version. Das waren Geologen, die eine natürliche Erklärung der großen Überflutungen vorgeschlagen haben. Obgleich auch die Neptunisten gläubige Menschen waren, konnten sie doch die Darstellung in der Bibel nicht mit ihren wissenschaftlichen Meinungen in Übereinstimmung bringen.

Der russische Geologe E. Eichwald bekräftigte in seiner „Geognosie“ (1846): „Letztere Flut war ein wirkliches historisches Ereignis.“ Eichwald beschrieb eine phantastisch schnelle Heraushebung der Gebirgsketten, gleichzeitige Zerstörungen und Brüche der Erdkruste wie auch ein Hereinbrechen des Meeres in Flachländer.

Noch früher, im Jahre 1812, äußerte sich Cuvier (der unter anderem auch eine Menge Legenden und Chroniken analysiert hatte) sehr überzeugend: „Die Oberfläche unserer Erdkugel wurde das Opfer einer großen und plötzlichen Umwälzung, deren Alter nicht höher sein kann als 25 000 Jahre. Als Ergebnis dieser Umwälzung versanken und verschwanden Länder, die bis zu dieser Zeit von Menschen und noch jetzt gut bekannten Formen von Tieren bewohnt waren; jene Umwälzung aber trocknete den Boden des vorherigen Meeres, und es entstanden Länder, die jetzt bewohnt sind.“ Cuvier entwickelte die

Vorstellung, daß die Erde wiederholt von Katastrophen betroffen worden sei, wie das auch in gewissen Mythen berichtet wird.

Neben dem Neptunismus gewann jedoch eine andere Richtung geologischer Vorstellungen zunehmend an Bedeutung: der „Plutonismus“, der an die erste Stelle der innenbürtigen Kräfteäußerungen der Erde aufzurücken begann und vor allem die vulkanischen Erscheinungen als erstrangig bei der Gesteinsbildung der Erdkruste ansah (wozu noch die Erdbeben als Kräfteäußerung kamen), ausgelöst durch die Wirkung „der Hitze, herrschend in der Erde Leib“ (nach einem Ausdruck von M.W. Lomonossow).

Der Kampf dieser beiden Strömungen gegeneinander ging weit über die Grenzen geologischer Probleme hinaus. Er wurde zu einem Wettstreit zweier Ansichten über das Wesen der natürlichen Prozesse, über die Art der Wechselbeziehungen innenbürtiger (endogener) und außenbürtiger (exogener) Kräfte in der Geschichte unseres Planeten. Selbst die Bezeichnungen dieser Strömungen, nach den Namen altrömischer bzw. altgriechischer Götter, zeigen ihre Beziehungen zu einstigen Ansichten über die Natur, die sich in der antiken Mythologie widerspiegeln.

Die Streitigkeiten der Neptunisten mit den Plutonisten gingen sogar in die klassische Literatur ein. Der große Dichter Goethe nahm sie in den zweiten Teil der „Faust“-Tragödie auf.

Der Hauptheld der Tragödie — Faust — geht dem geologischen Streit nicht aus dem Wege. Mephisto tritt als Verfechter des Chaos und der Zerstörung auf, denen aber Faust als Verfechter der Ordnung und vollkommener Harmonie der Naturerscheinungen entgegentritt:

„Als die Natur sich in sich selbst gegründet,
Da hat sie rein den Erdball abgeründet,
Der Gipfel sich, der Schluchten sich erfreut
Und Fels an Fels und Berg an Berg gereiht,
Die Hügel dann bequem hinabgebildet,
Mit sanftem Zug sie in das Tal gemildet.
Da grünt's und wächst's, und um sich zu erfreuen,
Bedarf sie nicht der tollen Strudeleien.“

(Goethe, Faust II, 4. Akt)

Der Neoneptunismus

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts geriet die Hypothese einer Allerweltsflut immer mehr in Widerspruch zu den neuen Fakten. Es erwies sich in zunehmendem Maße, daß katastrophenartige Geschwin-

digkeiten der geologischen Prozesse in der Vergangenheit nur scheinbar sind. Fossile Reste, die in zwei benachbarten Schichten auftreten, können geologischen Epochen angehören, die durch Zehner von Millionen Jahren voneinander getrennt sind.

Als die Geologen nachwiesen, daß die geologische Vergangenheit Milliarden von Jahren umfaßt, eröffnete sich die Möglichkeit, ganz ohne Katastrophen auszukommen. Wenn die Gerölle und Blöcke, die weithin über die Tiefländer Europas ausgebreitet sind, auch Beziehungen zu einer „Flut“ haben, so doch nicht zu einer „Wasserflut“, sondern zu einer „Eisflut“. In der letzten Jahrmillion drangen gewaltige Eisströme von Skandinavien und von den Alpen herab in die Tiefländer und ließen dort als Visitenkarten die mitgebrachten Gletschersedimente und Gesteinsblöcke (die „Geschiebe“) zurück.

Weit verbreitet in den Steppenzonen sind staubige, lockere Massen, die Löße, bei denen es verlockend schien, sie als Absätze von Schlamm oder Trübe der Sintflut zu deuten. Jedoch kam man auch von dieser Erklärung ab. Sie wurden sogar zu Zeugen gegen eine Flut. Ihre Bildung erfolgte nach der Meinung vieler Gelehrter durch die Transportwirkung des Windes und das Festhaltevermögen des Gesteinsstaubes durch Pflanzen in einem ziemlich trockenen Klima.

So sehr sie auch in der Erinnerung der Menschen haftet, die Wissenschaftler konnten keinerlei geologische Beweise einer weltweiten „Sintflut“ entdecken. Zur Suche der Reste von Nochs Arche hatte man sogar eine Expedition zum Berg Ararat entsandt. Es gab auch Mitteilungen darüber, daß die Arche gefunden worden sei und sich Bruchstücke von ihr im armenischen Kloster in Etschmiadzin befänden. Jedoch auch das konnte durch keinerlei Fakten bestätigt werden. Die Wirklichkeit erwies sich als viel komplizierter und vielgestaltiger, als die ersten Neptunisten annahmen. Unter der Last zahlreicher Fakten stürzte das gut konstruierte Gebäude des Neptunismus zusammen und begrub unter seinen Trümmern die Mythen von der Flut.

Die qualvolle Erlösung wissenschaftlichen Denkens vom Druck religiöser Dogmen zwang dazu, viele Ideen neu zu überprüfen. „Die heißen Streitigkeiten der Leute des Wassers und der Leute des Feuers wurden still“, schrieb Ch. Lyell. „Statt mit Erbitterung der wetteifernden Schulen und Parteien weiterhin aufeinanderzugeraten, betrieben die Geologen im Laufe von dreißig Jahren Entdeckungen, Sammlungen, Forschungen und Anhäufung von Fakten und Materialien für die Festigung des Gebäudes ihrer Wissenschaft.“ Unter anderem bemühte sich gerade Lyell, die Geologie von den Ideen über Katastrophen ganz und gar zu befreien. Er schrieb: „Die Geologie ist eine Wissenschaft, welche die allmählichen Veränderungen, die im organischen und anorganischen Reiche der Natur erfolgen, betrachtet . . .“

Die Hypothese der Sintflut hatte die Vorstellungen von Katastrophen auf der Erde und von der besonderen Bedeutung des Wassers bei geologischen Prozessen (den Neptunismus) zusammengeführt. So kam es, daß schon am Ende des vergangenen und am Anfang dieses Jahrhunderts gerade diese beiden Ideen harter Kritik unterworfen wurden. Das veranlaßte die sowjetischen Geologen W.W. Tichomirow und W.E. Chain, in einer Arbeit zur Historischen Geologie die Schlußfolgerung zu treffen: „Im Kampfe des Vulkanismus mit dem reaktionären Neptunismus, des fortschrittlichen Evolutionismus mit dem rückständigen Katastrophismus erstarkte die Geologie als Wissenschaft von der Entwicklung der Erde endgültig.“ (1956).

Eine so scharfe Trennung der Ideen vergangener Zeiten in progressive und reaktionäre ist schwerlich völlig gerechtfertigt. Die Wissenschaft entwickelt sich unaufhaltsam, und beliebige Ideen, Hypothesen und sogar Theorien altern und werden präziser formuliert.

Uns sind unfassbar mächtige Explosionen von Sternen und Kernen der Galaxien bekannt. Wir wissen von örtlichen irdischen Katastrophen (hinsichtlich ihrer Ausdehnung im allgemeinen als „geringfügig“ anzusehen): Vulkanausbrüche, Erdbeben, ungewöhnliche Überschwemmungen. In der Erdgeschichte traten Epochen erhöhter Aktivität katastrophenartiger Prozesse auf. Und es gab demgegenüber auch ruhige Epochen ohne eine besondere Abweichung von einer „mittleren Norm“. Es erscheint logisch, daß es zwischen kosmischen und „kleinen“ (lokalen) Katastrophen auch solche eines Zwischenmaßstabes gegeben hat, die den gesamten Planeten erfaßten, einzelne Sphären davon oder bestimmte Gebiete.

Analog ist es mit dem Neptunismus. Einer der maßgebenden Wissenschaftler, W.I. Wernadski, äußerte sich dazu: „Das Leben war für die Neptunisten eine gewaltige Kraft und nicht eine zufällige Erscheinung in der Geschichte des Planeten. Die anderen — die Plutonisten — erkannten den Kräften und Erscheinungen an der Erdoberfläche keinerlei ernstere Bedeutung zu.“

Über die äußerst wichtige Bedeutung des Wassers bei den verschiedenen geologischen Prozessen gibt es keinen Zweifel. Die von außen auf den Planeten einwirkenden Kräfte sind in erster Linie kosmische, sonnenbürtige, die die äußeren Hüllen des Planeten, insbesondere Hydrosphäre und Atmosphäre, in Bewegung setzen und nach ihrem Ausmaß die inneren planetaren Kräfte übertreffen. Fast alles, was der geologischen Forschung zugänglich ist, ist, wie dem auch sei, mit Prozessen verbunden, die sich an der Oberfläche der Erde abspielen. Nicht ohne Grund nannte Wernadski die gesamte Erdkruste, deren Mächtigkeit bis 70 km erreichen kann, den Bereich der altherkömmlichen Biosphären.

Somit kann man die Frage, ob Legenden über die Sintflut „ursprüngliche geologische Ideen“ widerspiegeln, als erledigt ansehen. Ehemals konnten solche Erklärungen gewisser natürlicher Phänomene die Menschen irgendwie befriedigen. Jetzt entwickeln sich in der Geologie Hypothesen und Theorien, die einen Zusammenhang, besonders einen historischen, mit entsprechenden Mutmaßungen haben, ähnlich wie eine Blume, die ihr Leben ausgehaucht hat, verbunden ist mit dem Samen, der ihr äußerlich ganz und gar nicht ähnlich ist.

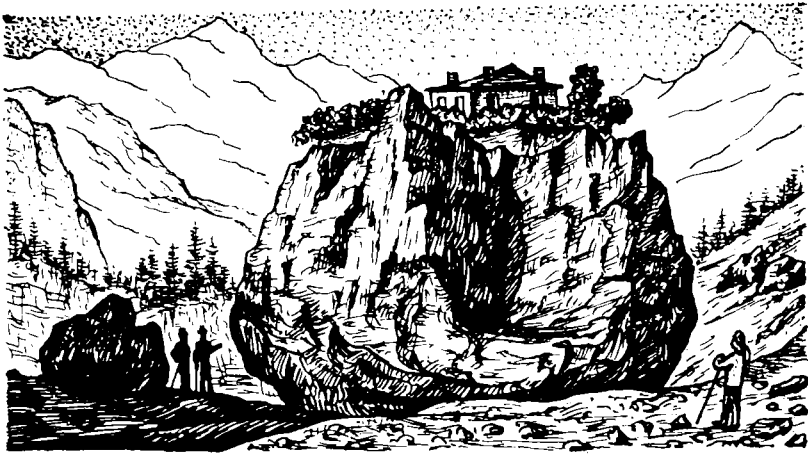
Katastrophismus in der Geographie

Die durch romantische Reisen um die Welt und gefährliche Expeditionen in unbekannte Teile der Kontinente bekannten Geographen kannten aus eigener Erfahrung in besonders eindrucksvoller Weise die Veränderlichkeit und große Kraft der natürlichen Elemente. Hunderte von Jahren erstellten und ergänzten sie die Liste der Orkane, Stürme, außergewöhnlichen Überschwemmungen und Meeresfluten, der Vulkanausbrüche und Erdbeben.

Schon Plinius der Ältere, getrieben durch den Drang nach Erkenntnis, fand den Tod, als er versuchte, den Ausbruch des Vesuvs im Jahre 79 zu erforschen. Ungewöhnliche Katastrophen auf der Erde wurden nicht nur einfach zur Kenntnis genommen, sondern auch einer detaillierten Analyse unterzogen. Man muß bemerken, daß die Geographen den realen natürlichen Erscheinungen bedeutend näher stehen als die Geologen.

Der Geologe sieht die Spuren irgendwelcher Ereignisse, zum Beispiel eine Gesteinsschicht. Er versucht, die Bedingungen, die bei ihrer Bildung herrschten, und die Kräfte, die an dem Bildungsprozeß beteiligt waren, zu rekonstruieren. Und dann das wohl Schwierigste — die Bestimmung der Geschwindigkeit des Prozesses. Eine meterdicke Sandschicht kann sowohl in einigen Stunden als auch in einigen Jahren (Jahrhunderten? Jahrtausenden?) abgelagert worden sein. Es gelingt bei weitem nicht immer, die Geschwindigkeit der Sedimentanhäufung genauer zu präzisieren. Und doch müssen Katastrophen von gewöhnlichen Erscheinungen durch hohe Geschwindigkeit und Intensität unterschieden werden.

Und noch etwas: Schichten von Gesteinen werden gewöhnlich nicht lückenlos aufeinanderfolgend angehäuft. Zwischen den Schichten und sogar innerhalb von ihnen treten nicht selten Unterbrechungen auf, die Perioden widerspiegeln, in denen Sedimente entweder nicht abgelagert oder zersört und weggespült wurden oder verwitterten. Die geologische Chronik der Schichten erinnert an ein ziemlich mitgenommenes



Riesiger erratischer Block in den Alpen von annähernd 5000 t Gewicht, einige Zehner Kilometer vom Ursprungsfelsen forttransportiert. Solche Phänomene zeugen scheinbar von einer Weltkatastrophe

Buch, aus dem außerdem viele Seiten herausgerissen sind. Und leider erfaßt man nicht immer, ob eine einzelne Seite fehlt oder auch Hunderte.

Diese und viele andere Schwierigkeiten, mit denen der Geologe un-
ausbleiblich konfrontiert wird, wenn er versucht, die Geschichte der
Erde zu rekonstruieren, rechtfertigen jene endlosen Streitigkeiten und
ungewöhnlich unterschiedlichen Meinungen, die für die geologischen
Wissenschaften so kennzeichnend sind. Dem Geologen bleibt oft nichts
anderes übrig, als auf seine Vorstellungskraft, seine Intuition, zu bauen.
Ein Wissenschaftshistoriker versuchte sogar, die wissenschaftlichen Mei-
nungsverschiedenheiten durch die Besonderheiten nationaler Charaktere
zu erklären: Er sagte, die Ideen des Katastrophismus lagen den Tem-
peramenten der Franzosen einfach näher als denen der Engländer,
während der Uniformismus dem Wesen der gravitätischer auftretenden
Bewohner des nebligen Albion naturgemäß entsprach.

„... am 23. Mai 1707 hob sich vor der Küste Griechenlands ein
dunkler Felsen aus dem Meer. Am folgenden Tage besuchten Liebha-
ber von Austern diesen Felsen und kehrten zufrieden von ihrem Besuch
zurück. Am 13. Juni erreichte der Felsen acht Meter Höhe und eine
halbe Meile im Umfang. Dann fing das Wasser ringsherum an zu
kochen, und, in Wolken von Rauch gehüllt, kamen in Strudeln neue
schwarze Felsen zum Vorschein. Es verging auch kaum eine Woche, als
in mehreren Phasen eine Insel aufwuchs, die 60 m Höhe erreichte.“

Ein halbes Jahrhundert später beschrieb der bedeutende Geograph

und Geologe Alexander von Humboldt die Geburt eines Vulkans in Mexiko. Einige Wochen hindurch wuchs hier ein Kegel bis zur Höhe von 160 m auf. Nach nicht allzu langer Pause setzte sich die Erhebung fort. Im Endeffekt wuchsen auf einem vorher ebenen Gelände sechs Hügel auf, von denen der höchste, der Vulkan Jorullo, 500 m Höhe erreichte. Es ist wahrscheinlich, daß solche Fakten nicht wenig dazu beitrugen, daß Humboldt (und einige andere Gelehrte) vom Neptunismus zum Plutonismus übergingen.

Vorgreifend ist es notwendig zu bemerken: Bis heute hegt die Mehrzahl der Geologen großen Zweifel (wenn nicht mehr als das) gegenüber Katastrophen, die irgendwie an die Sintflut anklingen. Längst schon verhalten sie sich auch überaus kritisch zur Ansicht Cuviers, zu deren Rehabilitation (ohne besonderen Erfolg) der bedeutende sowjetische Geologe und Geograph B.L. Litschkow aufrief. Natürlich haben Vorstellungen von großen geologischen Katastrophen, wie sie von Cuvier und später auch von anderen Wissenschaftlern vorgetragen wurden, außer dem Namen nichts gemeinsam mit legendären Katastrophen, die, nach der Art von Wundern, das Antlitz der Erde fast augenblicklich verwandelten.

Die Neubelebung der Flut

Der berühmte Geologe E. Suess, der aufmerksam die verschiedenen Versionen der Sintflut analysierte (in erster Linie die babylonische), kam zu dem Schluß, daß viele Legenden einen wirklichen natürlichen Prozeß beschreiben. Er richtete seine Aufmerksamkeit darauf, daß die Stadt Schuruppak, in der Utnapischti wohnte und von der aus er seine legendäre Schifffahrt begann, in einem tiefer (unterhalb) gelegenen Abschnitt am Flusse Euphrat lag als der Berg Nizir, an dem die Arche landete. Dieser Fakt ist charakteristisch, zu wahrscheinlich, um erfunden zu sein.

Wäre die Ursache der babylonischen Flut nur ein außergewöhnlicher Regen gewesen, so wäre die Arche sicherlich in die tiefer gelegenen Regionen des Flusses, zum Persischen Golf, getragen worden. Aber die Fahrt ging entgegengesetzt.

Suess versuchte, die Katastrophe zu rekonstruieren:

„... Eine große Depression des Luftdruckes, bezeichnet durch furchtbaren Sturm und Regen, wahrscheinlich ein wahrer Zyklon, vom Persischen Golf hereintretend, begleitet die höchsten Äußerungen seismischer Gewalt; das Meer fegt verheerend über die Ebene, erhebt das rettende Fahrzeug, spült es weit landeinwärts und läßt es an jenen Vorhügeln stranden, welche unterhalb der Mündung des Kleinen Zab die Niederung des Tigris nach Norden und Nordosten umgrenzen.“

Der Gelehrte kam zu folgenden Schlüssen:

- „1. Das unter dem Namen Sintflut bekannte Naturereignis ist am unteren Euphrat eingetreten und war mit einer ausgedehnten und verheerenden Überflutung der mesopotamischen Niederung verbunden.
2. Die wesentlichste Veranlassung war ein beträchtliches Erdbeben im Gebiet des Persischen Golfes oder südlich davon, welchem mehrere geringe Erschütterungen vorausgegangen sind.
3. Es ist sehr wahrscheinlich, daß während der Periode der heftigsten Stöße ein Zyklon aus dem Persischen Golfe von Süden her eintrat.
4. Die Überlieferungen anderer Völker berechtigen in keiner Weise zu der Behauptung, daß die Flut über den Unterlauf des Euphrat und Tigris hinaus oder gar über die ganze Erde gereicht hat.“

Am Ende des vergangenen Jahrhunderts widmete der bekannte russische Wissenschaftler I.W. Muschketow der Analyse der Legenden über die Sintflut eine spezielle Arbeit. Er widersprach den Wissenschaftlern, die damit rechneten, daß die entsprechenden Legenden als Beschreibungen großer Überschwemmungen entstanden seien.

Es soll dabei die Rede von seriöseren Erscheinungen sein, bekräftigte Muschketow und führte Mitteilungen aus alten chinesischen Chroniken an. Könnten nicht auch diese Erzählungen als Zeugnisse großer, vielleicht gesamtweltlicher Katastrophen angesehen werden?

Einer ähnlichen Meinung war der große russische Geologe W.A. Ob-rutschew. Er äußerte selbst keinen Zweifel an der Existenz unlängst vergangener Katastrophen, deren Andenken Legenden bewahren, sondern unterstrich, daß deren Spuren von den Geologen nur nicht aufgedeckt seien.

Das Problem der Sintflut, entsprechend der Tradition, beschäftigte auch weiterhin die Gemüter der Geologen unseres Jahrhunderts. Die Hauptschwierigkeiten der Forschung waren die Vielzahl der Legenden und der Mangel an Fakten. Die seltenen Erwähnungen einer Flut in historischen Dokumenten (z.B. in einem drei Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung durch den babylonischen Priester Berossos aufgeschriebenen Geschichtsdokument, in alten chinesischen Chroniken, in einzelnen Äußerungen von Philosophen) erwecken kein großes Vertrauen, und im Grunde genommen ist es nicht möglich, echte Beweise zu erbringen. Um die Zeit der Aufzeichnung dieser Dokumente waren die Bezeugungen über die Flut schon ziemlich alt.

Tatsächlich beschrieben Historiker in alten Chroniken selten Naturkatastrophen. Bezeichnend sind Berichte über den Ausbruch des Vesuvs im Jahre 79, bei dem zwei Städte, Herculenum und Pompeji,



Kampf eines Vogels mit einer Schlange — Sonne und Wasser — aus einer alt-mexikanischen Handschrift

völlig vernichtet wurden. Obwohl Plinius der Jüngere selbst Naturforscher war, hielt er es nicht für notwendig, in einem Brief an den römischen Historiker Tacitus, dem er den Tod Plinius des Älteren während dieser Katastrophe schilderte, den Untergang der beiden Städte zu erwähnen. Selbst Tacitus vermerkte es nur beiläufig: „Städte brannten oder wurden durch Asche verschüttet.“ Ein anderer bedeutender Historiker, Suetonius, erwähnte die Katastrophe gar nicht. Und erst eineinhalb Jahrhunderte danach teilte der Historiker Dio Cassius über den Ausbruch im Jahre 79 mit: „Gigantische Gestalten glaubten die Anwohner des Berges bei Tag und Nacht auf der Erde und in der Luft einherwandeln zu sehen; zuweilen meinte man das Schmettern von Possaunen zu vernehmen. Über den Gipfel des Vulkans flogen zuerst ungeheure Steinmassen empor, dann flammte Feuer auf, und Rauchwolken verdunkelten die Luft und verhüllten die Sonne ...“

Manchmal ist es nicht leicht zu entscheiden, welche Zeugnisse wahrhaftiger sind: Legenden oder historische Chroniken. Jedoch wurden in unserem Jahrhundert Fakten aufgedeckt, die Anlaß waren, das Problem der Sintflut von neuem zu beurteilen. Sie haben überzeugend gezeigt, daß es sich nicht nur im „fossilen Zustand“ auf den Seiten der Geschichte der Geologie bewahrt hat, sondern auch in wissenschaftlichen Hypothesen lebendig geblieben ist. In neuerer Zeit, im Jahre 1965, schrieb der sowjetische Gelehrte G.U. Lindberg dazu:

„In der Quartärperiode gab es gesamtweltliche Fluten. Die geologischen Daten geben eine genügende Grundlage für die Bestätigung, daß während des Tertiärs, besonders an dessen Ende, und während der

Quartärperiode die Senken der Ozeane große Veränderungen in ihrem Fassungsvermögen erfuhren.

Es gibt Gründe anzunehmen, daß Bewegungen der Erdkruste im Bereich der Ozeane von großen Meeresbeben begleitet wurden. Riesige Wogen — Tsunamis — überfluteten anscheinend wiederholt und katastrophenartig endlose Niederungsgebiete an Meeresküsten und führten zu unermeßlichen Notständen der Lebewelt des Festlandes und des Süßwassers.

Ein weiteres Studium dieser Meeresspiegelschwankungen ist äußerst wünschenswert, weil gewisse eingewurzelte Vorstellungen über die Quartärperiode im Lichte der Hypothese von gesamtweltlichen Überflutungen einen völlig neuen Sinn erhalten.“

Welche Fakten aber begründen eine solche Wiederbelebung der Fluthypothese? Um Antwort auf diese Frage zu finden, gilt es, eine ganze Reihe wissenschaftlicher Disziplinen zu konsultieren: geographische, geologische und historische.

Märchenpfade führen uns weit in die gegenwärtige Wissenschaft hinein.

Erinnerungen an Fluten

Einst auch sammelten sich, wie die Sage berichtet, die Wasser,
Brachen gewaltig hervor, verschlangen Städte und Menschen in großer Zahl;
Sobald aber die Gewalt, die alles vernichtende, gebrochen war,
Wichen die aus unendlichen Räumen zusammengeströmten Wasser zurück,
Versiegten die Regenfluten und zwangen die Flüsse wieder in ihre Schranken.

Der Dichter und Philosoph Lucretius Carus entwarf im 1. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung ein völlig realistisches Bild einer Flutkatastrophe (Buch 5).

Sichtbare Spuren der Flut!

Es geschah im Jahre 1929. Eine Expedition unter der Leitung des englischen Archäologen Leonard Woolley führte im Gebiet von Ur, einer der ältesten babylonischen Städte, Ausgrabungen durch.

Unmerklich hatten sich hier von Jahr zu Jahr, Millimeter für Millimeter, Staub, Sand, Scherben und Asche angehäuft. Und nun drangen die Forscher Schicht für Schicht in den Boden (und in die Vergangenheit!) ein.

Dabei stellte Woolley fest, daß in einigen Schürfen jene Schicht, die Siedlungsmüll enthielt, unvermittelt durch Flußschlamm ersetzt wurde, in dem sich keine Spuren menschlicher Tätigkeit mehr fanden.

Als ein arabischer Erdarbeiter, der seit langem mit den Archäologen zusammenarbeitete, wieder einmal die Schicht der reinen Flußablagerungen erreicht hatte und mit dem Schürfen aufhören wollte, gebot Woolley jedoch, die Grabung fortzusetzen.

Einen Meter, einen zweiten, noch einen halben ... Und plötzlich! ... Von neuem zeigten sich Scherben von Geschirr, Asche und Flintsplitter.

Noch zögerte der Gelehrte mit Schlußfolgerungen. An der Stelle des Schurfes wurde ein großer, 19 m tiefer Kessel gegraben. Einige der Schürfe, die auch die Schicht schlammiger Anschwemmungen durchschnitten hatten, waren ebenfalls in den tiefer gelegenen „Müll“ eingedrungen. Nun gab es aber für Leonard Woolley keinen Zweifel mehr: Die Spuren einer Überflutung waren gefunden worden.

„Die Schlammsschicht, die 3 1/2 m erreichte,“ schrieb Woolley, „war völlig frei von Siedlungsresten und einförmig, wenn man von einer kaum bemerkbaren Zwischenschicht dunklerer Farbe absieht. Die mikroskopische Analyse zeigte, daß diese angeschwemmte Schicht aus Bodensubstanz bestand, die aus dem mittleren Euphratgebiet herangespült war.“

Die Archäologen schieden damit eine Epoche „vor der Flut“ aus. Sie erwies sich als sehr lange andauernd. In der Stadt Eridu wurden vierzehn Tempel ausgegraben, einer auf den Ruinen eines anderen, die in den Erdschichten „zusammengepreßt“ waren. In Uruk erreichte die Schicht der „Vorflut“-Kultur 12 m Mächtigkeit. Diese Epoche vor der Flut wurde als „Al-'Ubaid“-Kultur bezeichnet.

Es ist möglich, daß die „Al-'Ubaid“-Kultur durch die Sumerer begründet wurde. Angehörige dieser Zivilisation überlebten eine Katastrophe. Jedoch scheinen die ersten Schichten „nach der Flut“ darauf hinzuweisen, daß ein gewisser Verfall der Kultur eingetreten ist, angedeutet durch eine gewisse Nachlässigkeit in der Ausführung der Gerätschaften.

Nach Meinung von Woolley zeugt die Schicht der Flußanschwemmungen von einer ungewöhnlichen Überflutung, während der sich das Wasser mehr als 7 m über die Erdoberfläche erhob. „Häufig“, so schrieb der Gelehrte, „entstanden Überschwemmungen örtlichen Charakters durch Regenfälle. Jedoch waren wir kein einziges Mal auf etwas auch nur entfernt Ähnliches gestoßen wie jenes, was wir am Boden unseres großen Kessels entdeckten. Hier offenbarten sich vor uns die Folgen einer derartigen Überflutung, wie sie Mesopotamien in seiner ganzen vielhundertjährigen Geschichte nicht gekannt hat.“

Somit hatte sich also eine ungewöhnliche Flut tatsächlich abgespielt?

„Selbstverständlich war es keine weltweite Flut“, erläuterte Woolley, „sondern alles in allem nur eine gewaltige Überschwemmung im Tal des Tigris und Euphrat. Aber für jene Menschen, die dort lebten, war das Tal die ganze Welt. Die Mehrzahl der Bewohner kam wahrscheinlich um. Und wenn es doch einer Familie gelang, sich in einem Boot vor der Flut zu retten, begann man naturgemäß, ihr Oberhaupt als einen legendären Helden zu besingen.“

Bei einem Blick auf die Karte des Zweistromlandes erweisen sich die Ausmaße der „lokalen“ Flut als gewaltig. Die Ruinen von Ur liegen fast 200 km von der gegenwärtigen Küste des Persischen Golfes entfernt. Allerdings lag die Küstenlinie in früheren Zeiten der Stadt näher als jetzt. (Das Meer ist seitdem langsam, aber stetig zurückgewichen.)

Im Altertum erwies sich das Zweistromland als eine flache Ebene,

von der große Teile versumpft waren. Städte und größere Orte waren auf flachen Hügeln angelegt. Beim Anstieg der Flüsse um einige Meter wurden viele tausend Quadratkilometer und fast alle kleineren Ansiedlungen des Landes überschwemmt. Jedoch sind viele Archäologen nicht geneigt, sich der Ansicht von Woolley anzuschließen, daß die von ihm entdeckte Schicht von einer außergewöhnlichen Überflutung zeugt, und stellen sogar die Deutung dieser Schicht als Flußablagerung in Abrede.

Der tschechische Forscher J. Klima vertritt die Meinung: „Überflutungen, besonders in solchen Zeiten, wenn heftige Winde das Wasser des Persischen Golfes auf das Festland trieben und die Wasserspiegel des Euphrat und Tigris anstiegen, konnten solche Ausmaße annehmen, daß es zu gewaltigen Katastrophen kam. Die Erinnerung an eine besonders verheerende Überflutung prägte sich so tief in das Gedächtnis der Überlebenden ein, daß die Überlieferung davon von Geschlecht zu Geschlecht weitergetragen wurde.

Jedoch bestätigen die archäologischen Ausgrabungen bis jetzt nicht, daß eine so gewaltige Katastrophe ganz Babylonien heimsuchte. Bis heute wurde nur an einer Stelle, in Ur, eine solche Schicht gefunden, die durch eine heftige Überflutung angeschwemmt wurde und eine vorher gebildete ältere Schicht mit Siedlungsresten überdeckt. Obwohl die Überflutungen in Babylonien überaus heftig sein konnten, zeugt das eher davon, daß sie kaum die Ausmaße lokaler Katastrophen überstiegen. In letzter Zeit wurden auch ganz andere Erklärungen der Entstehung dieser ‚Überflutungsschicht‘ in Ur geäußert, und zwar wurde an eine äolische Bildung gedacht, entstanden durch die Tätigkeit des Windes und nicht als Folge einer Flut.“

Nicht weniger skeptisch äußerte sich der Engländer G. B. Childe: „Ablagerungen, die von einer Überschwemmung zeugen, hat man zwar tatsächlich in Ur, Uruk, Schuruppak und Kisch entdeckt, jedoch in völlig verschiedenen archäologischen Horizonten. Deshalb läßt sich nicht bestimmen, welche von diesen Überflutungen als die Sintflut anzusehen ist . . . Es ist nicht sicher festzustellen, was diese Flut als historischer Fakt war.“

Somit gerät auch in dieser Hinsicht das Problem der Sintflut (nicht nur weltweit, sondern sogar örtlich, babylonisch) in eine Sackgasse. Einiger Optimismus verbleibt, wenn man sich nochmals zur babylonischen Legende der Flut wendet. Der Fund mehrerer Schichten, die von Überschwemmungen hinterlassen wurden, mag davon zeugen, daß in der Geschichte des Zweistromlandes mehr als einmal große Flutkatastrophen auftraten. Ist es deshalb verwunderlich, daß Utnapischti eine folgende Katastrophe voraussah? Es ist jedoch auch nicht ausgeschlossen, daß ganz einfach eine der großen Überschwemmungen im Zwei-

stromland, die von einem Orkan begleitet wurde, einen sumerischen Dichter dazu anregte, eine phantastische Beschreibung dieses Ereignisses zu liefern.

Aus der Sicht geologischer Erkenntnisse können zwar schlammige Ablagerungen mit einer Mächtigkeit von zwei bis drei Metern auf ungewöhnliche Überflutungen hinweisen. Gewöhnlich aber lassen große Überschwemmungen nur Zentimeter bis Dezimeter mächtige Schichten zurück. Zudem fehlen solche Schichten in größeren Teilen des Zweistromlandes. Es ist natürlich auch daran zu denken, daß an der Erdoberfläche gewaltige zerstörende Kräfte (Wasser und Wind) fähig sind, Spuren dieser oder jener Prozesse völlig auszulöschen. So ist es nicht ausgeschlossen, daß auf ausgedehnten Gebieten die Anschwemmungen der „Babylonischen Flut“ vernichtet worden sind. Und schließlich mußten Anschwemmungen einer Flutkatastrophe auch nicht unbedingt überall abgelagert worden sein. Durch die Überschwemmungen wurden wahrscheinlich Oberflächenschichten in größerem Ausmaß abgetragen als neue abgelagert. Somit ist die Ansicht von Woolley über die große Flut mindestens ebenso begründet wie auch die Einwände seiner Kritiker.

Ruinen der ältesten Kulturen

Aus Keilschrifttexten gelang es, eine Liste der Könige der Sumerer zusammenzustellen. Die ersten acht Namen — von A-lu-lim, der in der Stadt Nunki (Eridu) regierte, bis Ibartutu, dem Regenten von Schuruppak — enden mit einem überraschenden Zusatz:

„Danach war die Flut. Nach ihr wurde aufs neue königliche Macht von oben herabgesendet.“

Ist es ein historisches Zeugnis? Zweifellos. Genauere Hinweise gibt der noch nicht angeführte Beginn des Zitates:

„Insgesamt 8 Könige, 5 Städte, 241 200 Jahre. Danach war die Flut.“

Aber o weh! Es ist schwierig, den Historikern, die acht Königen erlauben, mehr als zweihundert Jahrhunderte zu regieren, Glauben zu schenken!

„Vorsintflutliche“ Zivilisationen darf man nicht als primitiv bezeichnen. (Man denke an die vierzehn Tempel in Eridu, von denen einer über dem anderen errichtet wurde!) In der Stadt Ur brachte die „vorsintflutliche“ Schicht den Archäologen eine weitere Überraschung: zwei grünlich-blaue Perlen aus Amazonit. Nirgends gibt es im Zweistromland Amazonit. Die frühesten aller Perlen wurden durch Kaufleute aus dem Indus mitgebracht, wo damals schon Städte existierten.

Nach Angaben des indischen Gelehrten Kosamb wurden die Handelsverbindungen zwischen dem Zweistromland und dem Indus um ungefähr 1750 Jahre vor unserer Zeitrechnung unterbrochen, „offensichtlich mit dem Erscheinen von Eroberern“. Darf man aber nicht auch annehmen, daß die Ursache eine andere war — eine plötzlich hereingebrochene Flut? Sie konnte die Städte Mesopotamiens und Indiens zerstört haben; durch sie konnten auch die Handelsverbindungen zwischen ihnen unterbrochen worden sein. Nach Berechnungen von Woolley müßte das Wasser, nach der maximalen Mächtigkeit der Flußanschwellungen zu urteilen (bis 3 1/2 m), mindestens um 7 1/2 m angestiegen sein. Bei einem solchen Anhub aber mußte es fast ganz Mesopotamien überflutet haben: 500 km in der Länge und 150 km in der Breite.

Andererseits, wenn wirklich zwei Perlen den Weg von Indien in das Zweistromland zu finden vermochten, um wie vieles leichter dürfte es der immateriellen Legende gefallen sein, den Weg in umgekehrter Richtung genommen zu haben. Dann wäre auch die indische Legende von der Sintflut nicht originell.

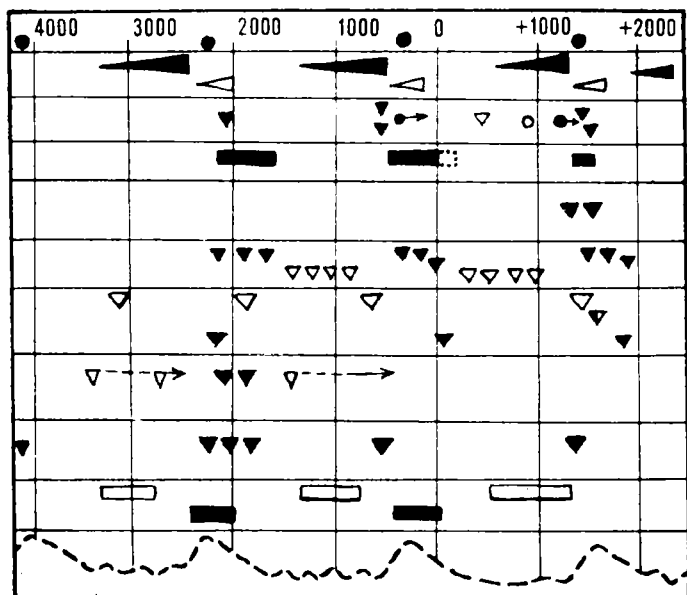
In Indien durchgeführte Ausgrabungen brachten keinerlei Hinweise eines Vorhandenseins von Fluß- oder Meeresablagerungen, die eine Kulturschicht mit Resten wirtschaftlicher Tätigkeit unterbrechen. Es ist aber nicht auszuschließen, daß solche Beweise noch zum Vorschein kommen. Wurden doch im Zweistromland Spuren einer solchen Flut auch erst aufgefunden, nachdem man schon seit etwa einhundert Jahren Ausgrabungen durchführte.

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts veranlaßten Funde der Archäologen im Alpengebiet, erneut über eine Flut nachzudenken. Wie sich herausstellte, verbergen einige der Alpenseen unterhalb des Wasserspiegels Reste von Pfahlbausiedlungen. An sich ist dieser Fakt nicht besonders merkwürdig, denn die frühen Bewohner Europas errichteten am Ende der Steinzeit nicht selten künstliche Inseln auf Seen oder seichten Flußwässern.

Die eingehendere Erforschung der Pfahlbauten in den Alpen führte die Archäologen jedoch zu der Schlußfolgerung, daß die einstigen Bewohner die Ansiedlungen sehr eilig verließen, als wären sie gleichsam vor einer Katastrophe geflüchtet, ihre Gerätschaften in der Panik zurücklassend. Einige Ansiedlungen wurden durch eine Überschwemmung zerstört und ihre Reste durch Seeschlamm bedeckt.

Auf vielen Seen (Neuchâtel See, Bodensee, Federsee, Bieler See u.a.) wurden die Pfahlbausiedlungen zu verschiedenen Zeiten errichtet und nach gewissen Anzeichen mehr oder weniger gleichzeitig überschwemmt.

Natürlich unterscheidet sich der Begriff der Gleichzeitigkeit für



Rhythmen natürlicher Prozesse nach A. Schnitnikow.

Von oben nach unten: Zeitskala und 1850jährige Konstellationen; Anstiege (schwarz) und Absenkungen des Ozeanspiegels; Niveau des Kaspischen Meeres und des Amudarja; Transgressionen des Aralsees (schwarze Rechtecke); Transgressionen der Seen Westasiens; Spiegel der Gebirgsseen hoch (schwarz) und niedrig; Gebirgspässe und Siedlungen niedrig (schwarz) und hoch; Siedlungen auf Pfählen oder in Flußniederungen; Überschwemmungen und „Sintfluten“; Zustand der Torfmoore: Überschwemmungen (schwarz) und Austrocknungen; allgemeine Feuchtigkeitsbedingungen der Kontinente (gestrichelt)

Ereignisse, die Jahrtausende zurückliegen, wesentlich vom gegenwärtigen. Je ferner die Vergangenheit ist, um so weniger genau sind die Methoden unserer Zeitmessung. Gewöhnlich sind sie nicht genauer als Hundertstel- oder sogar nur Zehntel-Anteile des gemessenen Intervalls. Mit anderen Worten, die entsprechende Gleichzeitigkeit ist immer mehr oder weniger unscharf: Wir haben es mit einer Wahrscheinlichkeit und nicht mit Zuverlässigkeit der Synchronität dieser oder jener Ereignisse zu tun.

In diesem Sinne wurden die alpinen Pfahlbausiedlungen relativ gleichzeitig überschwemmt, was die Möglichkeit einer klimatischen Katastrophe, die entweder mit übermäßigen Regenfluten oder mit einem heftigen Abtauen der Gebirgsgletscher verbunden sein konnte, nicht ausschließt.

Nicht minder interessant ist eine andere Eigentümlichkeit der Pfahlbausiedlungen: Viele von ihnen innerhalb ein und desselben Sees wer-

den in verschiedenen Tiefenniveaus angetroffen. Zieht man in Rechnung, daß sich die Pfahlbauten nicht hoch über den Wasserspiegel erhoben haben, dann verweisen ihre Reste darauf, daß sie zu verschiedenen Zeiten bei einem unterschiedlich hohen Wasserspiegel der Seen errichtet wurden.

Das Studium der Reste der wirtschaftlichen Tätigkeit der spätsteinzeitlichen Pfahlbauer und die Schätzung des Alters der Siedlungen erlaubte den Schluß, daß sich Epochen heftiger Überschwemmungen in den Alpen auf das Ende des dritten, die zweite Hälfte des zweiten und die Mitte des ersten Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung beziehen. Spätere alpine Siedlungen weisen Spuren auf, als hätten beträchtliche Überschwemmungen relativ unlängst, im ersten Jahrtausend unserer Zeitrechnung, stattgefunden.

Leider ermangelt es an einer genauen Chronologie der Existenz der alpinen Pfahlbausiedlungen, und die Rhythmen alpiner Überschwemmungen bleiben mutmaßlich. Der sowjetische Geograph A.W. Schnitnikow, der versucht hat, ein umfangreiches und mannigfaltiges Material über die Klimaschwankungen im Holozän (der Zeit nach der letzten großen Vereisung, etwa 10 000 Jahre vor unserer Zeitrechnung beginnend) zu verallgemeinern, verglich die Epochen der katastrophalen Überschwemmungen in den Alpen mit dem Zustand der alpinen Gebirgspässe und mit vielen anderen klimatischen „Indikatoren“. Dabei kam er zu dem Schluß, daß ein 1850jähriger Rhythmus erhöhter Feuchtigkeit auf der nördlichen Halbkugel existiert, der vor allem mit erhöhter gravitativer Einwirkung der Planeten in Zeiten besonderer Konstellation verbunden ist, und zwar dann, wenn sie sich in einer Linie befinden und sich die Gezeitenkräfte addieren. Von ihm gesammelte Fakten über Zusammenhänge zwischen der alten Siedlungsgeschichte und klimatischen Anomalien führten ihn zu folgendem Ergebnis:

„In der Frühzeit ihrer Existenz wohnte die noch zahlenmäßig geringe und schwache Menschheit bei der instinktiven Suche nach günstigen Lebensbedingungen hauptsächlich in den Flußtälern und an den Ufern der Seen. Es ist verständlich, daß in Perioden zunehmender Trockenheit ihre Lagerplätze und Siedlungen den sich verändernden Uferstreifen der Seen nachrückten.

Mit dem Anbruch einer wasserreichen Epoche mit Massenkatastrophen betrafen Überschwemmungskatastrophen in erster Linie die Flußtäler und Seenkessel (vor allem solche mit Durchflußseen) und damit auch ihre Bewohner. Sie führten zum Untergang alles Lebenden, zerstörten, schwemmten fort oder überfluteten auf viele Jahrhunderte hinaus sowohl Siedlungen als auch oft ihre einstigen Lagen.

Solche Katastrophen betrafen auch Volksstämme, die an Küsten der Meere oder Ozeane wohnten.“

Eine ganze Reihe von Siedlungen stein- und bronzzeitlicher Menschen wurde insbesondere an den Küsten Skandinaviens erforscht. Sie liegen in verschiedenen Niveaus über dem Meeresspiegel, die einstigen Brandungsterrassen entsprechen (sieben Terrassen in Höhen von 2—3, 4—6, 9—12, 15—17, 20—25, 30—32 und 35—37 Metern; je höher sich die Terrasse befindet, um so älter ist sie; das Alter der jüngsten ist ungefähr 2000—3000, das der ältesten ungefähr 10 000 Jahre). Das zeugt vom „Puls der Hebung“ Skandinaviens. (Es wäre auch denkbar in Verbindung mit dem Puls der Meeresspiegelschwankungen.) Jedoch gibt es keine Hinweise dafür, daß die Siedlungen auf den Terrassen durch katastrophale Überschwemmungen bei großen Meerestransgressionen vernichtet worden sind.

Nicht weniger interessante Fakten erbringt die Unterwasserarchäologie. Mit Hilfe spezieller Geräte, von Aerofotografien, von Tauchern und Froschmännern gelang es, eine große Zahl von Städten, Dörfern und hydrotechnischen Anlagen zu entdecken, die an den Küsten verschiedener Meere überflutet worden sind.

Noch vor dem zweiten Weltkrieg entdeckte der französische Archäologe Henry Poidebard vom Flugzeug aus unter Wasser die Reste der Hafenanlagen von Tyrus, einer berühmten einstigen Stadt phönizischer Seefahrer am Mittelmeer. Sich anschließende Unterwasserforschungen erlaubten es, die Reste der vor 2000 Jahren existierenden Stadt aufzufinden. Die Stadt wurde offenbar durch das allmähliche Vordringen des Meeres überflutet, aber erst, nachdem sie bereits nach der Einnahme, Ausplünderung und Zerstörung durch die Truppen Alexanders von Makedonien in Verfall geraten war. Dieser Fakt muß als Warnung vor voreiligen Schlüssen und Anschuldigungen an die Adresse natürlicher Elemente dienen. Spuren „sozialer Elemente“ begegnen Archäologen bedeutend häufiger als Spuren natürlicher Katastrophen.

An den Küsten Griechenlands wurden mehrere überflutete antike Städte entdeckt: Feja, Helika, Bura, Salamin u.a. Einige von ihnen zeigen Spuren katastrophenartiger Senkungen (so versank Feja bei einem Erdbeben im Meere). Viele antike Städte wurden teilweise überschwemmt. Nicht wenige aber liegen anscheinend weiterhin unentdeckt auf dem Meeresboden.

Interessante Ergebnisse erbrachten aerogeologische Forschungen (vom Flugzeug aus) im Gebiet der Bahamas (im westlichen Atlantik zwischen Kuba und Florida), die durch archäologische Unterwasserforschungen ergänzt wurden. In einer Tiefe von sechs Metern wurde hier eine massive Mauer aus Steinplatten entdeckt. Nach Meinung einiger Forscher ist das Alter dieses Bauwerkes nicht geringer als 6000 Jahre. Es ist jedoch schwierig, solchen Datierungen zu vertrauen, denn in der Neuen Welt ist nichts Ähnliches bekannt. Alle dortigen Zivili-

sationen sind jünger als die unseren. Man könnte in Verbindung mit den Enthüllungen im Gebiet der Bahamas an Atlantis denken.

Übrigens, die Suche nach Atlantis führt uns auch ins Mittelmeer. Auch hier wurden einige „Anwärter“ dafür entdeckt. Bei einigen Inseln (Malta, Linosa, Pantelleria, Djerba) wurden bis in eine Tiefe von sechzig Metern Reste alter Bauten (Steinmauern, gepflasterte Straßen, Ruinen von Häusern) entdeckt; einigen von ihnen rechnet man ein Alter von 5000—6000 Jahren zu.

Archäologische Forschungen belegten den Wahrheitsgehalt vieler Legenden. Es sei in diesem Zusammenhang an die Entdeckung Trojas durch Schliemann erinnert (ursprünglich glaubte man ja, daß Troja eine dichterische Erfindung Homers sei), an die Ausgrabungen Babylons, Urs und anderer Städte, die man für „heilige Lügen“ der Autoren der Bibel gehalten hatte. Erst relativ unlängst entdeckten italienische Unterwasser-Archäologen an den Küsten Israels Reste einer antiken Bibliothek und ein Postament, auf dem der Name dessen eingeschlagen war, der diesen Stein betreten hatte: Pontius Pilatus, Prokurator Judäas, über den die Evangelisten in Verbindung mit Jesus Christus berichtet haben. Die Spuren des Pilatus, einer völlig realen Persönlichkeit, verschwanden zusammen mit seiner Residenz — der Stadt Caesarea — buchstäblich im Wasser.

Archäologische Forschungen auf dem Festland und unter Wasser wiesen zwar nach, daß viele Legenden tatsächliche Ereignisse widerspiegeln; das kann jedoch schwerlich als Beweis für die Wahrhaftigkeit der Sintflutlegende dienen. Auch in jenen Fällen, wenn alte Städte oder Siedlungen durch Naturkräfte zerstört wurden, geschah das gewöhnlich nicht plötzlich, und wenn schon plötzlich, dann nicht gleichzeitig auf der ganzen Erde, sondern in verschiedenen Epochen.

Interessante Hinweise erhielt man bei der Erforschung der Reste der Stadt Jangikent, die im Delta des Syrdarja lag und im 14. und 15. Jahrhundert durch ihre Bewohner verlassen wurde. Laut der Legende war die Stadt dem Einfall von Schlangen ausgesetzt. Die Ruinen der Stadt zeigten keine Anzeichen einer gewaltsamen Zerstörung. Anscheinend ist die Stadt verlassen worden, nachdem in einer Epoche erhöhter Feuchtigkeit der Wasserspiegel des Aralsees anstieg. Im Zusammenhang damit könnte es auch möglich gewesen sein, daß ein Einfall von Schlangen einsetzte, die durch die oberflächlich und unterirdisch zudringenden Wasser in die erhöht liegende Stadt gedrängt wurden.

Auch mit Hilfe der Forschungsergebnisse der Archäologen ist es möglich, über die Rhythmizität natürlicher Prozesse (hauptsächlich solcher klimatischer und hydrologischer Art) in den letzten Jahrtausenden zu urteilen. Jedoch sind die sich damit bietenden Möglichkeiten noch weitgehend ungenutzt. Sehr kompliziert und sich mit jedem Jahr

vergrößernd ist das Knäuel der Fakten, das entwirrt werden muß. Und Fachleute der Archäologie werden auch schwerlich zugleich solche der Paläoklimatologie und Geographie sein. Die Archäologen zeigen im allgemeinen kein besonderes Interesse an der Klärung klimatischer Rhythmen, und die Klimatologen dringen selten tiefer in archäologische Detailfragen ein. Ein beliebiges komplexes Problem erfordert, daß es Vertreter verschiedener Fachgebiete gleichzeitig und koordiniert bearbeiten, jeder von seiner Position aus, ähnlich wie die Erbauer von Tunneln in den Gebirgen, deren Abschnitte einander entgegenführen.

Kunst als Fakt

Seit alters diente die Kunst dazu, Emotionen, Beobachtungen und Phantasien auszudrücken. Und sie spiegelte solche Ereignisse, Erscheinungen und Ideen wider, die die Gemüter der Menschen besonders heftig erregten.

Da ist, sagen wir, die letzte Eiszeit. Tatsächlich aber sehen wir auf den ältesten Felsbildern nichts, was irgendwie an Gletscher, Überschwemmungen oder Regenfluten erinnert. Eine Ausnahme bilden einige schematische Abbildungen von Booten, die mit Menschen gefüllt sind. (Dabei ist es übrigens durchaus möglich, daß es Bilder gewöhnlicher Flußüberfahrten oder Meeresfahrten sind.) Außerdem sind in einer der Grotten Europas schwimmende Hirsche dargestellt, die sich anscheinend vor Überschwemmungen retten.

Nach prähistorischen Zeichnungen kann man schließen, daß in Europa durch Jahrtausende hindurch, in Zeiten des älteren Paläolithikums, das Klima bedeutend rauher war als gegenwärtig. Von dieser merklichen Abkühlung zeugen vorzügliche realistische Darstellungen von Mammuts, Rentieren, wollhaarigen Nashörnern, die einst sogar das südliche Europa bewohnten, dort, wo jetzt Weingärten zu finden sind und Oliven reifen.

Von dieser einstigen Eiszeitepoche sprechen aber auch zuverlässigere — geologische und geographische — Zeugnisse: Ablagerungen ausgedehnter Gletscher, ein durch Gletscher geformtes Relief auf heute vegetationsbedeckten Ebenen, Reste kälteliebender Tiere und Pflanzen sowie vieles andere.

In unserem Jahrhundert begannen Gelehrte über Beziehungen zwischen Kunstwerken und der Paläogeographie zu sprechen, nachdem die berühmten Fresken von Tassili-n-Anjer in der Sahara entdeckt worden waren. Einzelne isolierte Funde gehören in den Anfang unseres Jahrhunderts. Doch im Jahre 1933 wurde durch den Offizier der französischen Kolonialtruppen Brenan zufällig eine ganze Felsenbildergale-

rie entleckt. Bald kamen erste Gruppen von Gelehrten dorthin und brachten in vieljährigen Forschungsarbeiten Licht in die Geschichte der Sahara in den letzten Jahrtausenden.

Schon die Tatsache der Existenz der Zeichnungen in der Wüste spricht dafür, daß die natürlichen Bedingungen in der Sahara früher andersartig waren. Die wunderbare Erhaltung der Bilder würde für ein trockenes Klima zeugen, das eine aktive chemische Verwitterung verhindert hat. Die charakteristische Schicht der Patina, die die Bilder bedeckt, weist auf ihr bedeutendes Alter hin.

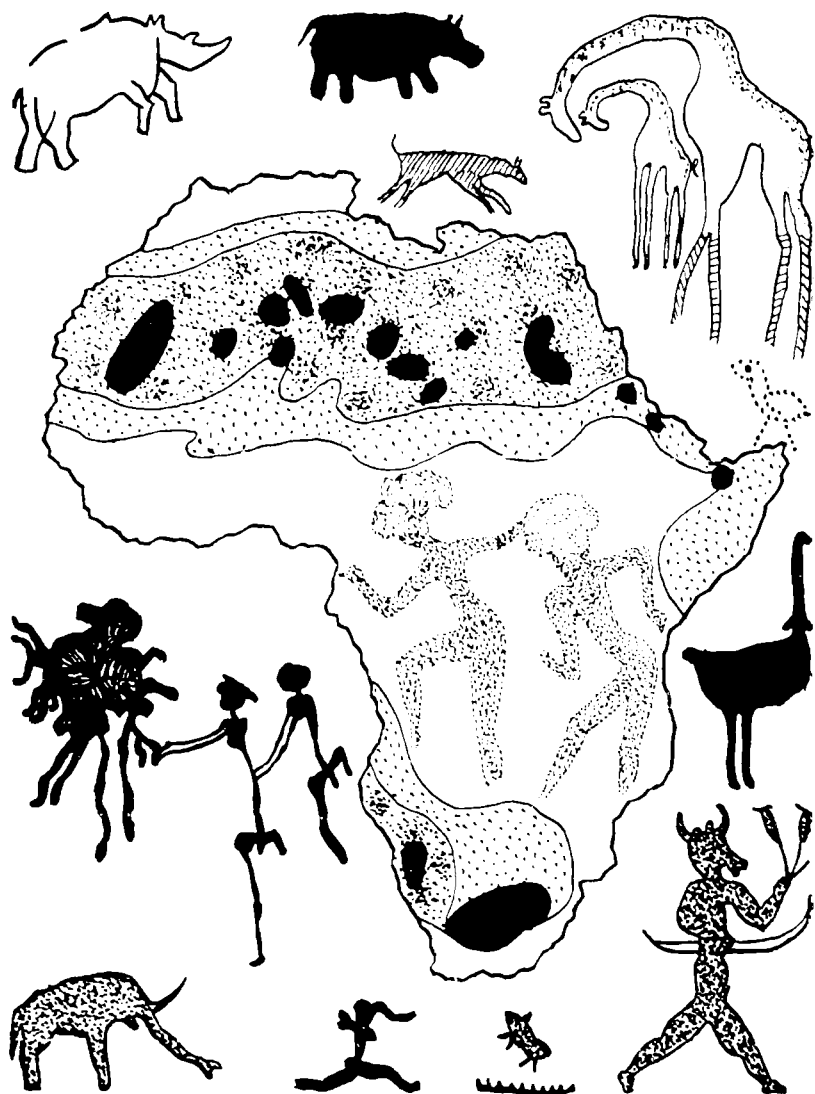
„Die Felsbilder“, so schreibt die berühmte Afrika-Forscherin Henriette Alimen, „geben sogar sehr wertvolle ökologische Hinweise: Für eine der Faunen sind die Bedingungen einer Halbwüste erforderlich, für eine andere die der Savanne, für eine dritte Wiesen im tiefsten Herzen der Sahara (zahlreiche Abbildungen von Stieren) und Sümpfe (Zeichnungen von Krokodilen und Flußpferden). Damit bietet sich auch die Möglichkeit der Koordinierung mit einer Klimachronologie.“

Denkmäler uralter Kunst, die in vielen Gebieten Afrikas entdeckt wurden, sind nicht als Beweise für katastrophale Klimaänderungen oder andere ungewöhnliche Naturkatastrophen zu werten. Seit den Zeiten der alten Pharaonenreiche in Ägypten herrschen dort annähernd ein und dieselben klimatischen Bedingungen.

Die Überschwemmungen des Nils, die die Bewohner Ägyptens einige Jahrtausende hindurch beobachteten, unterschieden sich nicht in ihrer Beständigkeit. Nach alten Aufzeichnungen zu urteilen, trat der Nil manchmal nicht über seine Ufer, und die Bevölkerung litt dann unter einer Dürre. Dafür aber dehnten sich in einzelnen Jahren die Nilhochwasser über ungewöhnlich riesige Territorien aus und überschwemmten auch Tempel. Hochwässer aber, die man der Kategorie der „Flutkatastrophen“ zurechnen würde, traten nicht auf.

Die Felsbilder, die man in den afrikanischen Wüsten angetroffen hat, sprechen von früheren Epochen feuchten Klimas in den Wüsten. In der Sahara entdeckten die Gelehrten Felsmalereien verschiedener Zeiten. Die Bilder jeder Epoche hatten ihren charakteristischen Stil. So gab es z.B. einen Stil der rundköpfigen Leute, der auch u.a. die Idee von kosmischen Ankömmlingen, bekleidet im Überdruckanzug, hervorbrachte. Die Kunst der Sahara spiegelt eine sozial-technische Entwicklung der Stämme wider: Am Beginn stehen Zeichnungen von Jägern, dann folgen solche von Viehzüchtern. Spätere Bilder tragen Spuren des Einflusses der ägyptischen Kunst.

Denkmäler uralter Malerei sind gewöhnlich nicht genau zu datieren. Ein schroffer Wechsel des Stils, der Darstellungstechnik und der Gegenstände zeugt noch nicht von einem katastrophalen Untergang einer Zivilisation und deren Ersatz durch eine andere, spätere.



Gegenwärtige Wüsten und Halbwüsten Afrikas. Schwarze Flecken bezeichnen Gebiete mit alten Felsfresken und -gravuren

Auf vergilbten Seiten alter Chroniken

Es ist üblich, die historische Zeit vom ersten Erscheinen schriftlicher Zeugnisse — Handschriften, Chroniken, Briefe, Dokumente — an zu rechnen. Das Entziffern von Texten in längst vergessenen Sprachen, das Erkennen der Kalender ausgestorbener Völker, Funde alter Handschriften, der Vergleich schriftlicher Zeugnisse auf archäologischen Funden — alles das verleiht der historischen Zeit (mit ihrer Dauer von 5000—6000 Jahren) besondere Bedeutung bei der Erforschung des Charakters und der Periodizität irdischer Naturkräfte.

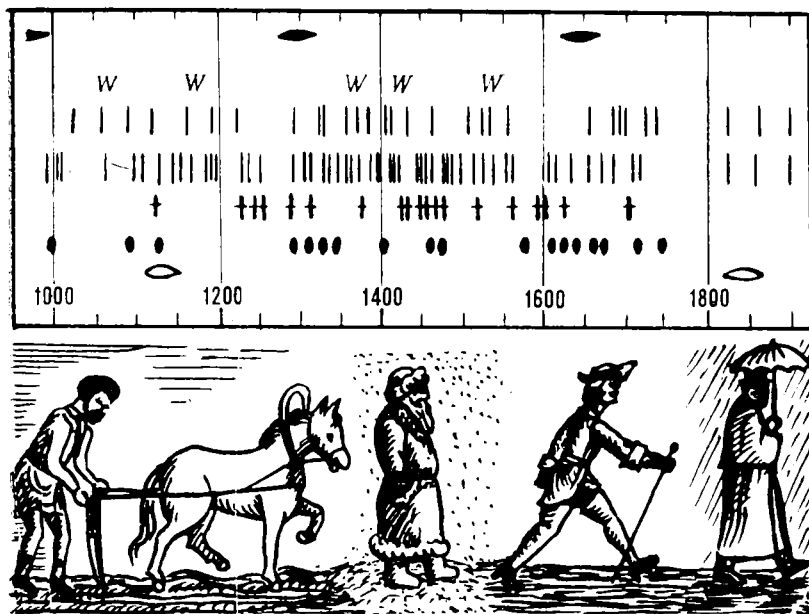
Die alten Astronomen, Philosophen, Historiker, Chronisten und Priester beobachteten mit besonderem Interesse ungewöhnliche Naturerscheinungen und verzeichneten sie in Handschriften. Philosophisch-religiöse Vorstellungen über Vorzeichen (ungewöhnliche irdische oder himmlische Erscheinungen), über Vorboten dieser oder jener Ereignisse, gleichsam „von oben“ in unverständlicher Sprache gesendete Signale, regten Menschen an, zu versuchen, diese Signale zu entziffern, um durch sie die Zukunft zu erfahren. So sind schon in ältesten historischen Dokumenten auffallende Naturerscheinungen verzeichnet.

Die Möglichkeit der genauen Chronologie dieser Ereignisse und ihrer ausführlichen Beschreibung machen die historische Periode jener Zeit im Leben des Menschen vergleichbar, in der er zur aktiven Einprägung der Ereignisse in das Gedächtnis fähig ist. Natürlich kann jede Erinnerung Dinge verzerren und gewisse Fakten auch vergessen. Die Geschichte der Menschheit weist ja durchaus keinen Mangel an sozialen Katastrophen auf, in deren Zeiten die Erinnerung an diese oder jene Ereignisse und Menschen vernichtet wird oder aber Fakten auch bewußt oder unbewußt entstellt werden. Sehr häufig nutzt die Geschichtsschreibung die Vergangenheit als Mittel, um die gegenwärtigen Verhältnisse zu ändern oder zu rechtfertigen und eine wünschenswerte Zukunft zu begründen. Deshalb erfordert das Herangehen an die historischen Zeugnisse eine gewisse Vorsicht.

Ein anderer Mangel alter Dokumente ist weiterhin, daß sie die Lebensbereiche relativ kleiner Territorien für relativ kurze Zeiträume umfassen.

Es ist viel Mühe erforderlich, um die Klimata der jüngeren Vergangenheit nach historischen Zeugnissen zu rekonstruieren. Man könnte sagen, daß als besonderer Zweig der Wissenschaften eine historische Klimatologie erforderlich wäre.

Wenden wir uns einmal alten russischen Chroniken zu. Im folgenden sind einige Auszüge daraus wiedergegeben (die Jahreszahlen nach der gegenwärtigen Zeitrechnung):



Klimaschwankungen im Europäischen Rußland nach M. Bogolepow (1908). Von oben nach unten: Hoher Wasserspiegel des Kaspis, rückwärts gerichtete Strömung des Wolchow (W); trocken-heiße Jahre, feuchte Jahre, sommerliche Fröste, strenge Winter, niedriger Wasserspiegel des Kaspis

1002 „Im Sommer ... war ein großer Sternfall. Im selben Jahr gab es viel Regen.“

1003 „Im Sommer ... gab es eine reiche Ernte an Früchten jeglicher Art.“

1024 „Im Susdaler Land war eine große Hungersnot. Die Wahrsager erklärten sie damit, daß Gott die Sünder strafte, indem er es vom Himmel nicht regnen ließ, weshalb es keine Ernte gab.“

1063 „In Nowgorod ging der Fluß Wolchow fünf Tage zurück, was als Zeichen dafür angesehen wurde, daß nichts Gutes bevorsteht.“ (Anscheinend hatte der Wasserstand ein Minimum erreicht.)

1091 „In diesem Sommer verdorrte die Sonne alles.“

1092 „Im Sommer herrschte eine solche Trockenheit, daß sowohl die Erde als auch die Moore brannten.“

1108 „Das Wasser im Dnepr, in der Desna und im Pripet stieg stark an.“

1124 „In diesem Jahr war der Sommer regenlos ...“, „es war eine große Trockenheit, und Kiew brannte fast völlig nieder.“

1128 „Es gab viel Wasser, Menschen und Tiere ertranken ...“, „das Wasser im Wolchow stieg hoch an.“

1161 „Es war trockenes Wetter und große Hitze, die Trockenheit hielt den ganzen Sommer hindurch an, es verbrannte die ganze Ernte und jeglicher Überfluß; die Seen und Flüsse trockneten aus, die Moore brannten ab, und sowohl die Wälder als auch die Erde verbrannten.“

1164 „Es gab ein großes Hochwasser in Galizien.“

1194 „Es brannten Ladoga und Russa und Gorodze, auch Nowgorod brannte tagelang.“

1225 „Es war heißes, sonniges Wetter, und viele Wälder, Gehölze und Moore brannten. Dunkelheit lag auf der Erde, und die Vögel in der Luft konnten nicht sehen, wohin sie flogen. Sie stürzten auf die Erde und kamen um. Auch die Tiere kamen in die Städte und Dörfer zu den Menschen, sich nicht um sie kümmernd, und es herrschte allgemeine Angst und Grauen vor allem.“

Entsprechende Vermerke sind in den Chroniken in nicht geringer Anzahl zu finden. Der russische Gelehrte M. Bogolepow verglich sie und kam zu dem Schluß, daß wir, beginnend mit dem 10. Jahrhundert, dreihundert Jahre hindurch eine außerordentlich regelmäßige Aufeinanderfolge von Dürrejahre erkennen, die durch Brände von Wäldern und Mooren begleitet waren. Nicht genug damit, diese Trockenheiten fallen sogar auf fast ein und dieselben Jahre in den drei Jahrhunderten, und zwar auf 1024, 1060, 1090, 1124, 1159, 1194, 1225 und weiterhin auf 1298 und 1325.

Es ist nicht schwierig, in dieser Folge von Jahren mehr oder weniger deutliche Rhythmen zu bemerken: Die Intervalle zwischen den Dürrejahre umfassen annähernd 35 Jahre (von 1225 bis 1298 wäre ein doppeltes Intervall). Das entspricht genau dem klimatischen Rhythmus, auf den im Jahre 1890 durch den österreichischen Gelehrten E. Brückner hingewiesen wurde.

Nach 1363 dauerte eine Dürreperiode ungefähr dreißig Jahre, und später gelingt es nicht mehr, einen „Rhythmus der Dürrezeiten“ zu erkennen. Im Jahre 1431 heißt es: „Dunkelheit herrschte sechs Wochen, die Sonne war nicht zu sehen, und die Fische im Wasser starben, und die Vögel fielen auf die Erde, weil sie nicht sehen konnten, wohin sie flogen.“ Danach scheint es wiederum über lange Zeiten keine Dürrejahre katastrophalen Ausmaßes gegeben zu haben.

Die russischen Chroniken bieten keine überzeugenden Materialien für eine seriöse Begründung säkularer klimatischer Veränderungen, und auch Rhythmen mit einer Dauer von Jahren oder Jahrzehnten sind nicht immer deutlich zu erkennen. Noch weniger Begründung gibt

es für eine Einwirkung solcher klimatischer Schwankungen auf ganz Rußland. Die Chroniken beschreiben Ereignisse, die einige wenige Rayons betreffen, und nicht immer sind klimatische Angaben für ein und dasselbe Jahr nach verschiedenen Chroniken miteinander in Einklang zu bringen.

Bedeutend ausführlicher und vollständiger sind die historischen Chroniken Europas. Hier finden sich nicht wenige indirekte klimatische Hinweise: die Passierbarkeit der Gebirgspässe, Daten der Weinlese, der Getreideernte usw. Viele Berichte gibt es über die Dynamik der alpinen Gebirgsgletscher. Über ihr Vordringen kann man u.a. aus den Bemühungen der Bistümer erfahren, die im 17. Jahrhundert gegen die Bewegungen bestimmter Gletscher mit Gebeten anzugehen versuchten.

Um Studien mit wissenschaftlichen Zielen zu betreiben, wurden sogar Liebesbriefe genutzt. Ein Beamter, der das Alpental von Chamonix besucht hatte, schrieb am 16. März des Jahres 1669 an seine Geliebte: „Ich sehe hier fünf Berggipfel, Ihnen so ähnlich, als wären Sie es selbst ... fünf Berge, von den Füßen bis zu den Köpfen bedeckt mit reinstem Eis, aber ewigem Eis.“ Heutzutage entbehren diese fünf Berge eine Eisbedeckung. Daraus schließen die Klimatologen auf eine größere Ausdehnung der Gletscher in jener Zeit.

Als vor fast dreißig Jahren der schwedische Historiker Gustav Utterström ein umfangreiches historisches Material bearbeitete, kam er durch Verallgemeinerung der Arbeitsergebnisse zu dem Schluß, daß sich periodische Klimaverschlechterungen negativ auf die Wirtschaftslage vieler europäischer Länder ausgewirkt haben.

So erfuhr Island in den Jahren 1300 bis 1350 einen Niedergang der Getreideproduktion, und die Fischerei wurde zum führenden Wirtschaftszweig. Dann aber begannen die isländischen Gletscher vorzurücken, und in Grönland wurden Ansiedlungen zerstört. Nach einer Blütezeit im 13. Jahrhundert geriet in England der Weinbau in Verfall.

Vorrangig sonderte Utterström Perioden ökonomischer Katastrophen in den skandinavischen Ländern im 17. Jahrhundert aus.

Der amerikanische Gelehrte E. Huntington kam am Beginn unseres Jahrhunderts nach einer Reise durch Asien zu der Ansicht einer zunehmenden Austrocknung des Territoriums Persiens in den letzten zwei Jahrtausenden (mit einer Feuchtigkeitsperiode vom 13.—17. Jahrhundert). Großen Eindruck machten auf Huntington die Ruinen alter asiatischer Zivilisationen. Nach seiner Meinung war es eine einschneidende Klimaänderung, die zum Niedergang vieler Länder der Alten Welt führte.

Wenn das historische Material, das dem Gelehrten für den Nachweis bedeutender klimatischer Veränderungen in historischer Zeit vor-

gelegen hat, nicht so umfangreich wäre, gäbe es sicher nicht geringe Zweifel.

Natürlich können sich Schwankungen des Klimas auf das Schicksal von Staaten auswirken. Aber diesen Einfluß kann man mit dem Einfluß des Wetters auf die Gesundheit der Menschen vergleichen. Für gesunde Menschen sind solche Wetteränderungen praktisch ohne wesentliche Bedeutung für das Gesamtfinden. Bei Kranken verschlechtern sie nicht selten den Zustand und können manchmal auch das Leben gefährden.

Schwierigkeiten der historischen Klimatologie offenbaren sich deutlich in Verbindung mit dem Problem einer allgemeinplanetaren Abkühlung im Zeitintervall vom 13.—15. Jahrhundert, das von vielen Gelehrten auch als die „Kleine Eiszeit“ bezeichnet wird. Das beträfe eine noch nicht sehr lange zurückliegende Zeit, für die es an historischen Zeugnissen keinen Mangel geben dürfte. In der Tat lassen sich viele Fakten anführen. Holländische Chroniken berichten über Vorstöße des Meeres auf das Festland in den Jahren 1335, 1337, 1375—1376. Die mächtige Flut des Jahres 1404 ertränkte ausgedehnte Gebiete und verschlang viele Siedlungen. Danach folgten Überschwemmungen in den Jahren 1421, 1424, 1477 und schließlich 1480 und 1483. Weitere zerstörende Überschwemmungen gab es 1530 und 1532.

Wüteten folglich vom Beginn des 14. bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts an der holländischen Küste Meeresfluten? Aber letztlich wird uns nur über die Nöte berichtet, die diese Fluten verursachten, und nicht über ihre Stärke. Es ist bekannt, daß die Niederlande nach einer Zeit der Blüte mit Beginn des 14. Jahrhunderts von einer wirtschaftlichen Katastrophe heimgesucht wurden. Im Jahre 1436 drangen die Engländer ins Land ein, 1488—1492 kam es zum Bürgerkrieg. So zeugen die katastrophenartigen Folgen der Überschwemmungen nicht so sehr von der Kraft der Elemente als vielmehr von der Schwäche des Staates.

Ein historisches Zeugnis der „Kleinen Eiszeit“ geben auch die Erträge der Weingärten in Mitteleuropa und das Schicksal des Weinbaues in Frankreich und England.

Es ist bekannt, daß die Anzahl der Weingärten in der Normandie bis zum 14. Jahrhundert zunahm. Danach erfuhr der Weinbau jedoch einen Niedergang, und die Bauern gingen zum Anbau von Äpfeln über (vom Traubenwein zum Apfelwein). In England wurde Weinbau von der Zeit der römischen Herrschaft bis zum 17. Jahrhundert betrieben. Nach der Meinung eines Zeitgenossen zu urteilen, ging er infolge der „ungenügenden Sonnenwärme“ ein. Jedoch in Deutschland existierten die Weingärten auch im 14. Jahrhundert und später, wenngleich auch hier über eine Verringerung der Weinerzeugung in einzelnen Jahren

berichtet wird. Einige Historiker sind jedoch nicht geneigt, die Ursachen des Niedergangs des Weinbaus in Klimaänderungen zu sehen, sondern im sozialen und technischen Fortschritt: Die Verbesserung des Transportwesens und die Intensivierung der Handelsbeziehungen zwischen den Staaten führte dazu, daß Wein aus den südlichen Ländern, wo er besser und billiger war, vorteilhaft in die nördlichen eingeführt werden konnte.

Nach Angaben von Utterström gingen die Erträge des Getreideanbaus in Schweden zwischen 1554 und 1640 zurück. Jedoch gibt es auch Zweifel hinsichtlich der Gewinnung der entsprechenden Daten: Gute Erntestatistiken gab es in dieser Zeit noch nicht.

Selbst der Begriff der „Kleinen Eiszeit“ nimmt eine Globalität dieser Erscheinung an. Ihre Anhänger unterbreiten als Beweisgründe ein umfangreiches historisches Material aus verschiedenen Ländern. So wird z.B. die Verringerung der Bevölkerung und des Schafbestandes in Spanien im 16. Jahrhundert als Hinweis auf eine einschneidende und ungünstige Veränderung des Klimas in diesem Land gewertet.

Jedoch entgegnete Le Roy Ladurie: „Der relative Niedergang Spaniens war keineswegs mit einer Verringerung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft verbunden, sondern mit der sozialen Struktur, mit der totalitären Religion, mit Geldreformen in den Epochen der Renaissance und des Barocks, mit der Untauglichkeit des Finanzsystems zum Kapitalismus und mit den geographischen Verhältnissen, die den Erfordernissen der neuen Wirtschaft nicht entsprachen. Was die Katastrophen im 14. und 15. Jahrhundert betrifft, so waren neben anderen Ursachen Epidemien der Beulen- und Lungenpest weit wirksamere Ursachen als eine hypothetische Abkühlung.“

So zeigt sich, daß auch bei Island, der Insel der Gletscher und Vulkane, die Rekonstruktion des Klimas nach historischen Nachrichten ersten Schwierigkeiten begegnet. Die bekannten sowjetischen Gelehrten, der Geograph S.Ju. Geller und der Ethnograph S.A. Tokarew, sind nicht geneigt, die Ursachen des ökonomischen Niederganges Islands in klimatischen Einflüssen zu suchen: „Island erfuhr im 10. — 12. Jahrhundert eine ökonomische und kulturelle Blüte; in das 13. Jahrhundert gehört die Zusammenstellung oder Aufzeichnung bedeutender isländischer Sagas und der „Jüngerer Edda“. Vom 13. Jahrhundert an setzte in Verbindung mit blutigen feudalen Fehden ein Niedergang ein, und die Isländer wurden von norwegischen und später von dänischen Königen unterworfen. Das Joch dänischer Feudalherren und ökonomische Ausplünderung riefen einen längeren Stillstand in der Wirtschaft und Kultur Islands hervor.“

Man kann sich ergänzend auf die Meinung des Geographen L.P. Serebrjanny berufen: „Eine nicht unbedeutende Rolle spielte die Zerstö-

rung der Birkenwälder, hauptsächlich infolge übermäßiger Überweidung durch das Vieh. Das führte zur Wasser- und Winderosion des Bodens, wodurch viele Weideflächen in wüstenhaftes Land verwandelt wurden, unbrauchbar für die wirtschaftliche Nutzung. Die unmittelbare Folge war ein massenweises Verenden des Viehes.“

Die „Kleine Eiszeit“ des 14.—16. Jahrhunderts erstreckte sich über die gesamte nördliche Halbkugel. Deshalb kommen wir nochmals auf alte russische Chroniken zurück. Wird in ihnen vielleicht von ungewöhnlichen Abkühlungen berichtet?

1283 und 1284 „Der Winter war böse und sehr kalt“ . . . „In demselben Winter kam auch in Tatarien alles um, Pferde, Rindvieh und Schafe, alle starben, nichts davon verblieb.“

1393 „Der Winter war kalt, daß Menschen und Vieh starben.“

1408 „Der Winter war schwer und sehr kalt, es gab Schnee im Überfluß.“

1417 „In diesem Winter sind viele Menschen vor Frost gestorben, der Winter war sehr kalt.“

1420 „Es war ein böser Winter, es gab drei Monate hintereinander Frost.“

1443 „Der Winter war böse und das Heu teuer.“

Im Mai 1461 gab es drei Tage Frost und Schnee.

Im Jahre 1466 gab es Schnee im Mai und August.

1481 „Der Frost war sehr groß.“

Urteilt man nach dieser Auswahl, so kann man sagen, daß in diesen 200 Jahren große Kälte in Rußland nicht gerade sehr häufig erwähnt wird. Außerdem muß man beachten, daß in diese Periode auch Nachrichten anderer Art hineinfallen:

1293 „Die Tauwetter waren groß.“

1298 „Die Trockenheit war groß und es brannten Wälder und Gehölze, Moore, Moose, Felder.“

1304 „Es gab einen warmen Winter ohne Schnee und das Brot war sehr teuer.“

1320 und 1330 „Die Trockenheit war groß.“

1371 „Es war ein Zeichen in der Sonne: Es gab in ihr Stellen schwarz wie Nester. Im selben Sommer gab es auch zwei Monate hintereinander Dunkelheit. Die Vögel in der Luft konnten nicht sehen, wohin sie flogen, und fielen auf die Erde. Der Sommer war trocken, das Getreide vertrocknete.“

1378 „Man fährt, sich der Sachen weitgehend entledigt oder aufgebunden, alles schwitzt . . .; es war in dieser Zeit sehr heiß.“

1404 „Der Winter war ganz ohne Schnee.“

1415 „Der Frühling kam sehr früh; selbst die Wolga begann sich erst am Vorabend des Weihnachtsfestes mit Eis zu bedecken.“

1431 „Es gab eine Dürre, Erde und Moore brannten.“

1449 „In diesem Winter gab es einen Zustrom vieler Stare. Sie flogen in großen Scharen durch die Stadt, setzten sich auf Kirchen und Gebäude; es wurde zeitig Frühling.“

1452 „Die Wolga stand am Vorabend des Weihnachtsfestes.“

1453 „In diesem Winter gab es keinen Schnee auf der Erde.“

1474 „Es war den ganzen Winter warm.“

Angesichts dieser Zeugnisse russischer Chroniken muß man zugeben, daß die „Kleine Eiszeit“, falls es sie vom 13. — 15. Jahrhundert gab, Rußland seitlich umgangen hat.

Es ist eine sehr fragwürdige Idee jener Historiker, die dazu neigen, den Einfall der Mongolen mit klimatischen Faktoren zu erklären. Allerdings erkennen sie auch interne Ursachen an, die zur Vereinigung einzelner mongolischer Alane und Chanate zu einem einheitlichen, zentralen Staat führten, von dem aus Übergriffe auf friedliche Länder erfolgten. Aber trotz allem spielen bei ihnen klimatische Ursachen die Rolle von „Auslösungsmechanismen“, jener ersten Steine in den Bergen, die Lawinen ins Rollen bringen.

Historische Chroniken des 13. — 14. Jahrhunderts geben keinen Anlaß für entsprechende Schlüsse. Tschingis-Chaan und seine Anhänger verließen die heimischen Steppen nicht verdrängt durch Dürre oder Regen, nicht so, wie sich aus einem Herd Wolken von Heuschrecken ausbreiten. Keine klimatischen Ursachen lenkten diese Einfälle. Im Gegenteil, sie „schufen Klimata“, und mit ihren Folgen übertrafen sie bei weitem die Möglichkeiten klimatischer Faktoren.

Die blühenden Städte Mittelasiens wurden der Plünderung ausgesetzt, die Bevölkerung fast völlig ausgerottet, die Bewässerungseinrichtungen zerstört. Am Leben gebliebene einzelne Menschen oder zahlenmäßig kleine Gruppen konnten nicht einmal mittelmäßigen Dürren oder Überschwemmungen widerstehen, die sie vorher, zur Zeit der Blüte der Zivilisation, kaum wahrgenommen hätten. Weil sich die Einfälle fortsetzten und sich die kleinen Fürstentümer bis zu jener Zeit nicht in einer großen Monarchie zusammengeschlossen hatten, wirkten sich für sie sogar gewöhnliche Klimaschwankungen katastrophal aus.

Viele Gelehrte erkennen eine Abhängigkeit fremder Einfälle von klimatischen Bedingungen nicht an. „Huntington“, so schreibt Le Roy Ladurie, „erklärt die Wanderungen der Mongolen durch Schwankungen der atmosphärischen Niederschläge und des Luftdrucks in trockenen Zonen Mittelasiens. Brooks, der beharrlich dieser Auffassung gefolgt ist, entwirft den Verlauf der atmosphärischen Niederschläge für

Mittelasien, indem er sich auf gesammelte Angaben über die Wanderung der Mongolen bezieht. Der erstere extrapoliert vom Barometer auf die Mongolen, der zweite (noch ungesetzlicher) von den Mongolen auf das Barometer.“

Wenn man sich auf historische Fakten stützt, ist es nicht schwer, zu dem Schluß zu gelangen, daß sich vom 14. — 16. Jahrhundert das Klima auf der nördlichen Halbkugel kaum merklich verschlechtert hat. Am Ende des 15. Jahrhunderts durchquerte Kolumbus den Atlantischen Ozean, und die Fahrt auf seiner Karavelle verlief im wesentlichen unter Schönwetterbedingungen. Ja und die Konquistadoren störte das damalige Klima beim Segeln durch den Atlantik und bei den Kämpfen in Amerika durchaus nicht.

Eigentümlich ist es, daß das Auftreten der „Kleinen Eiszeit“ gerade mit der Periode des Zusammenbruchs der mittelalterlichen Verhältnisse mit ihrer feudalen Zersplitterung der wirtschaftlichen Systeme und der Fürstentümer und dem Werden des neuen kapitalistischen Systems zusammenfällt. In Italien, das die Renaissance früh erlebte, lief dieser Prozeß nicht so schmerzhaft ab wie in vielen anderen Ländern, und deshalb bietet die italienische Geschichte keine Hinweise auf die Realität der „Kleinen Eiszeit“.

Der Einfluß von Naturkatastrophen auf das Schicksal von Ländern und Völkern wird sehr oft überschätzt. Und gerade über Naturkatastrophen, hervorgerufen durch die Tätigkeit des Menschen, begannen die Wissenschaftler erst im vergangenen Jahrhundert nachzudenken.

In der Periode einer umfassenden Entwicklung der Bewässerung in der Landwirtschaft, des Bauwesens und der Industrie wirkt die Menschheit mit Hilfe der Technik auf das umgebende Milieu in entscheidender Weise ein. Und wenn sich nach einer gewissen Zeit unvorhergesehene Folgen dieses Einflusses zeigen, finden die Menschen dafür nicht immer die richtige Erklärung und berufen sich auf Naturkatastrophen.

Vor gut hundert Jahren schrieb darüber Friedrich Engels: „Die Leute, die in Mesopotamien, Griechenland, Kleinasien und anderswo die Wälder ausrotteten, um urbares Land zu gewinnen, glaubten nicht, daß sie damit den Grund zur jetzigen Verödung jener Länder legten, indem sie ihnen mit den Wäldern die Ansammlungscentren und Behälter der Feuchtigkeit entzogen. Die Italiener der Alpen, als sie die am Nordhang des Gebirges zu sorgsam gehegten Tannenwälder am Südhang vernutzten, ahnten nicht, daß sie damit der Sennwirtschaft auf ihrem Gebiet die Wurzel abgruben; sie ahnten noch weniger, daß sie dadurch ihren Bergquellen für den größten Teil des Jahres das Wasser entzogen, damit diese zur Regenzeit um so wütendere Flutströme über die Ebene ergießen konnten.“

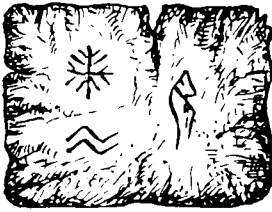
In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts häufte sich eine Menge von Fakten an, die auf den entscheidenden Einfluß der Menschen auf das Schicksal der Landschaften hinwiesen. Dem Beweis dieser Gedanken war die umfassende Dokumentation des amerikanischen Wissenschaftlers George Marsh: „Mensch und Natur oder über den Einfluß des Menschen auf die Veränderung der physisch-geographischen Bedingungen der Natur“ (1863) gewidmet. Als Epigraph zu diesem Werk wurde ein Zitat H. Bushnells verwendet: „Winde, Stürme, Erdbeben, Meere und atmosphärische Erscheinungen rufen auf der Erde keine so großen Veränderungen hervor, wie sie durch den Menschen verursacht werden, seit er auf ihr erschienen ist und über sie zu herrschen begann.“

An zahlreichen Beispielen zeigte und bewies Marsh als einer der ersten die katastrophalen Folgen jener unvorhergesehenen Ergebnisse der menschlichen Tätigkeit für das umgebende Milieu, die Engels der zweiten und dritten Kategorie zurechnete. Marsh berichtet über Verwüstungen einst blühender und fruchtbarer Gebiete des Römischen Imperiums, Persiens, des Nahen Ostens und Nordafrikas und kommt zu dem Schluß, daß sie das Ergebnis einer unbewußten Nachlässigkeit der Menschen gegenüber den Naturgesetzen, eine Folge von Kriegen sowie bürgerlicher und kirchlicher Gewaltherrschaft und von Übergriffen sind. Es war schwer für den Menschen, gegen den Druck der Herren und die zerstörende Kraft der Natur selbst gleichzeitig zu kämpfen. Und die einst durch den Menschen mit Mühe gerodeten Felder wurden von **neuem von wilder Waldvegetation bedeckt** oder in unfruchtbare Steppe verwandelt.

„Skythien, Thule, Britannien, Germanien und Gallien, welche römische Schreiber in gleichermaßen wenig anziehenden Farben schildern, wetteifern in heutiger Zeit fast mit der natürlichen Fruchtbarkeit und dem Reichtum Südtaliens... Die hyperboräischen Länder Europas meisterten die Härte des Klimas und erlangten solchen Reichtum und solche Mannigfaltigkeit in der Produktivität, mit denen wohl schwerlich selbst die Kornkammern der Alten Welt hätten Schritt halten können, trotz aller ihrer natürlichen Vorzüge.“

Zweifellos hat das Klima einen Einfluß auf die Zivilisation. Aber der Schritt von einem solchen allgemeinen Schluß zur konkreten Analyse klimatischer Veränderungen auf Grund historischer Daten ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Man muß sich zu Versuchen, Klimarhythmen, periodische Wiederkehr von Flutepochen, Vereisungen oder Dürren mit Hilfe alter Schriften, historischer Dokumente usw. zu beweisen, sehr vorsichtig verhalten.

L.S. Berg schrieb: „Nächst dem Menschen zeigen die Veränderungen des Klimas den bedeutendsten Einfluß auf die Veränderungen der



Tontafel mit Aufschrift in sumerischer Keilschrift: Gott, Wasser, Mensch

Landschaften.“ Und wenn wir schon versuchen wollen, aus den Veränderungen, die eine Landschaft erfahren hat, auf die Veränderung der klimatischen Faktoren in einem solchen Gebiet zu schließen, wo Jahrtausende hindurch entwickelte Zivilisationen herrschten, dann müssen wir vorher in allen Details den Charakter der Wechselwirkung der Zivilisation mit dem umgebenden Milieu klären. Und wenn wir dann die Wirkungen der Hauptfaktoren eliminiert haben, können wir zur Bewertung der Nebenfaktoren übergehen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich vor dem Hintergrund mächtiger Einwirkungen der Zivilisationen die klimatischen Faktoren als gering erweisen.

Jedoch sind rechtmäßige Zweifel an der Unbestreitbarkeit der Angaben der Historischen Geographie noch kein Grund, die Existenz klimatischer Rhythmen abzulehnen. Spuren des Wütens irdischer Naturkräfte bleiben nicht nur im Gedächtnis von Generationen, in Werken der Kunst und Literatur oder in historischen Dokumenten oder Denkmälern haften. Am zuverlässigsten für den Naturwissenschaftler sind aber nach wie vor direkte geologische und geographische Zeugnisse.

Zeugnisse großer Katastrophen

Katastrophen der Gegenwart

Von Zeit zu Zeit hören wir Berichte über Naturkatastrophen, die Hunderte, ja Tausende menschlicher Opfer und den Untergang von Wohnstätten im Gefolge haben, von Verwüstungen, die nicht geringer sind als jene durch Kriegshandlungen und die Schäden von vielen Millionen Dollar verursachen.

Im nordamerikanischen Staat North Carolina wütete am 17. August 1955 der Hurrikan „Diana“, den man nach Meinung des amerikanischen Schriftstellers Thomas Helm „vergleichen kann mit der biblischen Flut“. Dem Hurrikan gingen reichliche Regengüsse voraus, unmittelbar darauf folgten heftigste Wolkenbrüche, die den Hurrikan begleiteten. Es kam zu Überschwemmungen, wie sie in diesem Gebiet noch nie erlebt worden sind. In den Flüssen überstieg der Wasserspiegel das hier vorher beobachtete höchste Niveau um drei Meter. „Die Flüsse hielten an in ihrem Lauf“, schreibt Helm, „sie ergossen sich in die Niederungen, in friedliche Täler, und fruchtbare grüne Weiden wurden in schäumende Seen verwandelt, angefüllt mit trübem Wasser. Und vom Himmel ergossen sich immer neue Fluten. Die Seen wuchsen, die Erde schien sich in ein Schlammgemisch zu verwandeln. Natürliche Dämme und Hindernisse waren bald unterspült und zerstört, und schließlich ergossen sich Milliarden Tonnen Wasser in die Städte und andere bewohnte Flecken. Eine ungeheure Flut schwemmte ganze Abschnitte der Chausseen fort, trug Brücken mit sich, riß Häuser samt den Fundamenten weg und trug sie mit sich fort. Dämme der Stauseen wurden unter dem Druck der Fluten zerstört und befreiten neue Wassermassen... Die aus ihren Banden geratenen Ströme brachen sich ihre Bahn durch die Straßen der Stadt, zerstörten Gebäude und vernichteten Industrieanlagen... Die durch die Überflutungen verursachten Verluste überstiegen eine Milliarde Dollar.“

Helm bemüht sich um einen anschaulichen Vergleich, um die Gewalt des Hurrikans einzuschätzen: Durch eine große Kernexplosion, die auf einem Atoll durchgeführt wird, können bis zehn Millionen Tonnen Wasser in den Himmel emporgehoben werden. Aber während

eines Hurrikans im Jahre 1899 brachen über die Insel Puerto Rico in wenigen Stunden zwei und eine halbe Milliarde Tonnen Wasser herein. Und das war nur ein geringer Teil dessen, was dieser Hurrikan mit sich brachte.

Es mag noch ein Zitat desselben Autors angeführt werden, das gleichsam die Katastrophe der legendären Sintflut wiederzuerwecken scheint. Dieses Ereignis spielte sich im September des Jahres 1900 in der Stadt Galveston (im Staate Texas/USA) an der Küste des Karibischen Meeres ab. Dorthin drang vom Meer her ein Hurrikan ein:

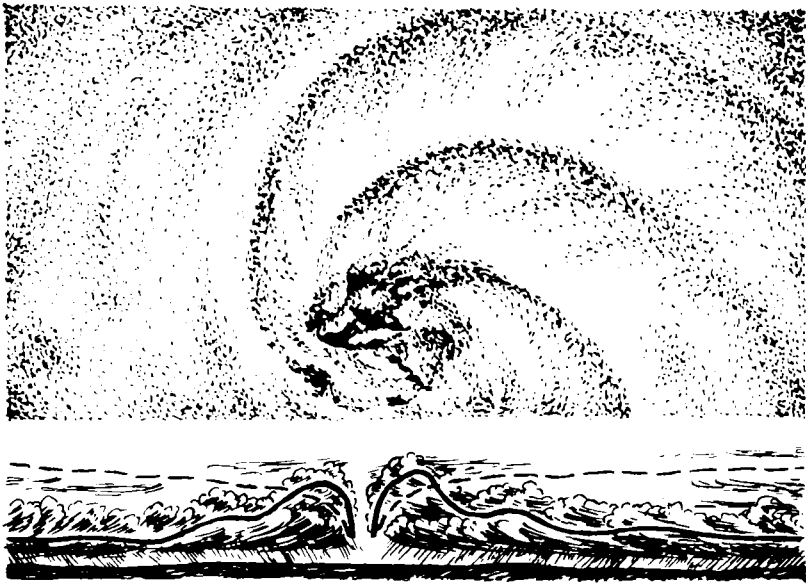
„Gegen acht Uhr befand sich der untere Teil der Stadt unter einer Wasserschicht, die drei bis fünf Meter hoch war. Die Ankerketten und Festmacheleinen der Schiffe, die im Hafen ankerten, barsten, und die Wasserfahrzeuge befanden sich völlig in der Gewalt der Winde und Wogen. Als ein Blitz aufloderte, beleuchtete er ein unwahrscheinlich unheimliches Bild: Mächtige Ozeandampfer schaukelten zwischen Gebäuden, über die gigantische Wogen dahinrollten.

Am Leben gebliebene einzelne Personen klammerten sich hier an Stämme und Balken, dort hingen an der Mauer eines zerstörten Hauses oder an einer halben Planke Trauben von Menschen, auf Rettung hoffend. Nach kurzer Zeit hagelten, gleich Salven aus Mörsern, Ziegel von den Dächern zerstörter Gebäude, die Menschen dahinraffend. Mitunter schlug ein mächtiger Baum, der samt der Wurzel ausgerissen war, auf ein Plankenfloß, und die sich darauf festklammern den Menschen stürzten mit Geschrei in das brodelnde Wasser.

Noch heftiger, als sie sich auf die Stadt gestürzt hatte, zog sich die Flutwelle zurück. Sie jagte mit der Geschwindigkeit eines Gebirgsstromes dahin, dabei noch mehr Zerstörungen verursachend und noch mehr Menschenleben vernichtend als beim Ansturm.

Überall blieben Spuren entsetzlicher Tragödien zurück, überall der Tod. Tote Menschen, Pferde, Kühe und Hunde lagen in Gruppen oder einzeln herum. Die Ruinen der vorher hier befindlichen Stadt waren von einer dicken Schicht von Schmutz und Schlamm bedeckt, die einen unerträglichen Gestank verbreitete.“

Die Chronik der Hurrikans (oder Taifune), die vorherrschend in den tropischen Gebieten grausam wüten, weist eine Menge tragischer Seiten auf. In den letzten Jahrzehnten wurden für das Studium dieser furchtbaren Naturerscheinungen spezielle Flugzeuge, festländische und ozeanische Beobachtungsdienste und kosmische Raketen genutzt. Vermutlich sind unter gegenwärtigen Bedingungen nur Hurrikans fähig, auf breiten Küstenebenen solche Flutkatastrophen zu verursachen. Speziell ihnen stehen die Möglichkeiten zur Verfügung, augenblicklich die geschilderten Ziele zu erreichen.



Das Zentrum des Taifuns Ida, nach einer Luftbildaufnahme aus dem Jahre 1958. Unten ein schematischer Querschnitt durch einen Taifun: - - - Änderung des Druckes; — Windgeschwindigkeit. Wolkenhöhe bis 15 km

Ein Hurrikan — das ist ein gigantischer Lufttrichter von einigen hundert Kilometern Durchmesser. (Außertropische Hurrikans sind breiter, aber weniger mächtig und weisen eine Höhe bis zu 18 km auf.) Die Luft, die sich darin in Spiralen dreht, erreicht nahe des Zentrums eine Geschwindigkeit von 100 bis 300 km in der Stunde. (Nach gewissen Schätzungen können ihre Stöße 900 km in der Stunde erreichen.) Feuchte Luftströmungen werden in bedeutende Höhen hinaufgetragen und kühlen ab; aus ihnen ergießen sich dann regelrechte Fluten auf die Erde. Auf den Philippinen fiel bei einer solchen Gelegenheit in 24 Stunden mehr als ein Meter Niederschlag und auf Jamaika in vier Tagen fast zweieinhalb Meter.

Im Zentrum des Hurrikans herrschen fast immer blauer Himmel und nur schwache Winde. Hier befindet sich das „Auge des Hurrikans“, ein Bereich niedrigsten Druckes, der manchmal bis auf 550 — 570 mm Quecksilbersäule sinkt (bei einem Durchschnittswert von 760 mm). Der Durchmesser dieses Blauen Auges beträgt ungefähr 20 km. Es wird umgeben von einer Wand aus Wirbelwind und Regen und dient als Saugrüssel, durch den die Luft angesaugt wird. Die Verringerung des Luftdrucks verursacht ein Anheben des Meeresspiegels, und wenn der Hurrikan die Küste zur Zeit der Flut erreicht, wird die Überflutung

ausgedehnter Gebiete begünstigt. Sie wird verstärkt durch gigantisch aufgepeitschte Wellen, die der Taifun vor sich hertreibt. Am Kap der Guten Hoffnung wurde im Jahre 1922 eine solche Welle von dreißig Metern Höhe verzeichnet, eine noch höhere Welle wurde im Stillen Ozean beobachtet: Sie hätte ein zwölfstöckiges Haus völlig bedecken können.

Erstaunlich ist die Kraft eines Hurrikans. Wir, die wir als Bewohner gemäßigter Zonen nie das volle Wüten und die volle Kraft tropischer Stürme erfahren (außertropische Zyklone treten gewöhnlich nicht so zerstörend auf, besonders in größerer Entfernung von den Ozeanen), können uns die Wirkung einer solchen Naturerscheinung nur schwer vorstellen. Es gibt Berechnungen, nach denen die Energie eines mittleren Hurrikans völlig ausreichen würde, um den gesamten Energiebedarf der Vereinigten Staaten für ein halbes Jahr zu sichern. Das energetische Äquivalent eines tropischen Hurrikans entspricht Hunderten, manchmal sogar Tausenden von Atombomben.

Ähnliche Vergleiche erinnern an Vermutungen, die eine Zeitlang mit fiktiven kosmischen Fremdlingen in Verbindung gebracht wurden. So wurde der Untergang der Städte Sodom und Gomorrha durch die Explosion einer Kernbombe erklärt, die angeblich von vernunftbegabten Wesen fremder Planeten benutzt wurde, um die in Laster verfallenen Menschen umzuerziehen und zu bestrafen. Doch letztlich übertreffen viele für uns „gewöhnliche“ Naturerscheinungen hinsichtlich ihrer Mächtigkeit und katastrophalen Folgen bei weitem alle uns bekannten künstlichen Mittel der Zerstörung. So ist es bei Erklärungsversuchen von Legenden über irdische Katastrophen auch logisch, nach irdischen Ursachen zu suchen.

Einige Gelehrte verbinden die Legenden über die Sintflut vorbehaltlos mit tropischen Hurrikans. So ist die Ansicht des französischen Forschers P.A. Molene folgende: „Außer einem Taifun gibt es keine einzige geophysikalische Erscheinung, die fähig wäre, eine Flut auszulösen, die gleichzeitig mit Unterstützung sowohl von Regen als auch gigantischer Wogen, ähnlich den Wogen der Tsunamis, alles auf ihrem Weg mit sich reißt, unter Wasserfällen vom Himmel, die ihre Kraft noch verstärken und eine Vorstellung von der Sintflut zu geben vermögen. Nur ein Taifun ist fähig, ein Bild hervorzurufen ähnlich dem, wie es die Bibel beschreibt.“

Über Meeresfluten wird von Insel- und Küstenbewohnern berichtet, insbesondere des Stillen Ozeans. Denn über diese Territorien brechen von Zeit zu Zeit ungeheure Wogen herein. Mit ungestümen Brechern reißen sie alles auf ihrem Wege fort und beim Zurückfluten lassen sie hinter sich kahle, leblose Erde zurück. So spülten sie in Chile die Städte Saavedra und Puerto Montt weg sowie 50 000 Bewohner von

Lissabon und 27 000 der Insel Honshu und nach der Explosion des Vulkans Krakatau alles Lebende und sogar den Boden von den Inseln Sebuku und Sebesi.

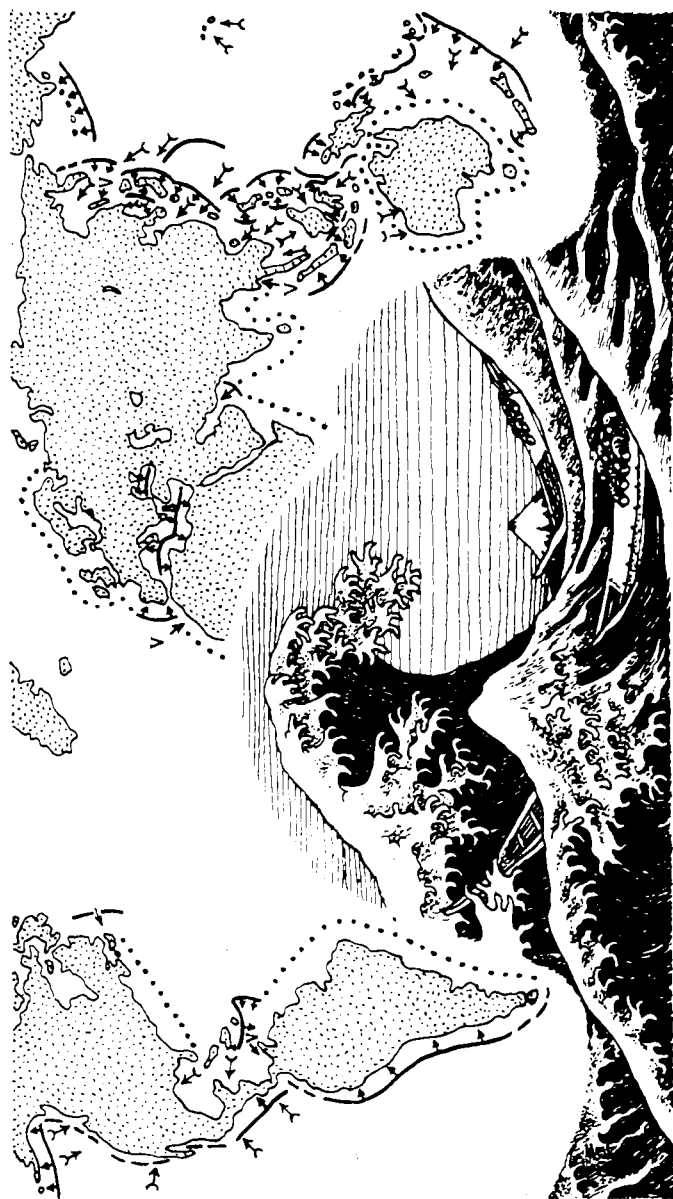
Diese Wellen erhielten die Bezeichnung „Tsunami“ (nach dem japanischen „tsu“ = Hafen und „nami“ = große Welle). Wellen dieses Typs entstehen ab und zu in den Ozeanen. Im offenen Meer werden sie von Schiffen fast nicht bemerkt, sich den Küsten nähernd aber wachsen sie ungeheuer an und breschen mit der Geschwindigkeit eines D-Zuges weit auf das Festland vor, alles wegfegend, was sich ihnen in den Weg stellt.

Die sowjetischen Gelehrten A.E. Swjatlowski und B.I. Silkin berichten über Tsunamis: „Das sind Katastrophen so alt wie die Welt selbst. Während der Ausgrabungen nahe der jetzigen arabischen Siedlung Ras Schamra in Syrien stieß man auf eine ganze Bibliothek von Tontafeln, die zum zweiten Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung gehören. Die Archäologen, denen es gelang, die darauf befindliche Keilschrift zu entziffern, fanden einen traurigen Bericht darüber, wie eine Woge unglaublicher Höhe unvermittelt hereinbrach und sich auf die ehemals hier stehende blühende Hauptstadt des alten Staates Ugarit stürzte und sie fast völlig vernichtete.

In der hellenistischen Chronik kann man unter dem Jahre 358 unserer Zeitrechnung eine Aufzeichnung finden, die verkündet, daß im August dieses Jahres eine gewaltige Woge durch das östliche Mittelmeer rollte, viele niedrige Inseln völlig bedeckend, und in Alexandria wurden Schiffe auf die Dächer der Häuser geworfen.“

Die Autoren zitieren noch viele andere, nicht weniger eindrucksvolle Fakten und kommen zu dem Schluß: „Alle diese Zeugnisse geben Anlaß anzunehmen, daß die im Alten Testament beschriebene Sintflut eine Erscheinung ähnlicher Art war.“ Es wäre verlockend, sich einer solchen bestechend einfachen Erklärung anzuschließen, doch gibt es Gründe, die es erschweren, ihr beizupflichten.

Vor allem pflegen Tsunamis nur an Meeresküsten aufzutreten. Aber die Legenden über Fluten finden sich Hunderte bis Tausende von Kilometern in die Tiefe der Kontinente hinein, wesentlich weiter als die Reichweite der Tsunamis und auch die der mündlichen Berichte darüber. Man könnte natürlich annehmen, daß von Meeresfluten betroffene Stämme sich weiter in die Kontinente hinein zurückzogen, die Erinnerung an die Katastrophe mit sich nahmen und sie mit Phantasie und religiösen Vorurteilen ausschmückten. Doch wahrscheinlicher klingt wohl die Meinung des Fachmannes für Taifune, P.A. Molene, der die legendären Fluten mit mächtigen Hurrikans identifiziert. (Aus völlig verständlichen Gründen ist natürlich jeder Spezialist geneigt, die Er-



Karte der Tsunamigebiete (Swjatlowski und Silkin 1973). Geschlossene Linien mit Pfeilen: katastrophenartige Tsunami aus nahegelegenen Einzugsgebieten; einzelne Pfeile: heftige Tsunamis aus fernen Einzugsgebieten; Pfeile mit dem Buchstaben „V“: Tsunamis vulkanischer Entstehung; punktierte Linien: schwache Tsunamis aus nahegelegenen Einzugsgebieten; Punkte: schwache Tsunamis aus fernen Einzugsgebieten. Unten: Wogen einer Tsunami nach einer Zeichnung von Hokusai aus der Folge „36 Ansichten des Fudschijama“.

scheinung, mit der er sich am besten auskennt, in den Rang einer Sintflut-Katastrophe zu erheben.) Letztlich wird nicht ohne Grund in vielen Mythen von Stürmen, Hurrikans und Regen erzählt.

Erinnerungen an das Blaue Auge

Fahren wir mit dem Registrieren einiger Katastrophen, die sich relativ unlängst ereignet haben, fort.

Am 10. Oktober des Jahres 1780 wurde das Karibische Meer durch den „Großen Hurrikan“ heimgesucht. Auf der Insel Barbados riß er alle Bäume und Häuser weg und vernichtete die englische Flotte bei der Insel Saint Lucia (dabei kamen 6000 Menschen ums Leben); nahe der Insel Martinique richtete er eine Transportflottille zugrunde, in diesem Falle eine französische: 40 Schiffe und 4000 Menschen; weiterhin vernichtete er einige Städte (wobei weitere 10 000 Menschen den Tod fanden); überflutete mehrere Inseln und zerstörte noch weitere Zehner von Schiffen, hauptsächlich Kriegsschiffe.

Noch fürchterlicher sind Taifune, in denen heftige Stoßwinde (mit einer Geschwindigkeit und zerstörenden Kraft wie bei Kanonenkugeln) sich mit ungewöhnlichen Regengüssen und außerdem mit einem örtlichen Anheben des Wassers um je einen Zentimeter bei Verringerung des Luftdruckes um je ein Millibar vereinigen. Zieht man in Betracht, daß im Zentrum eines Zyklons (das ist ein Wirbelsturm) der Druck nicht selten um fünfhundert Millibar fällt, dann entspricht das einem Abheben des Wassers um fünf Meter. Sehr häufig sind zum Beispiel Anstiege des Meeresspiegels an den Küsten Floridas: Von 1950 bis 1959 traten solche 88mal auf (in 33 Fällen überschritt die Höhe des Anhebens zwei Meter, und einmal erreichte es fast fünfeinhalb Meter). Während des „Großen Hurrikans“ auf den Antillen (1780) wurde bei der Stadt Saint Pierre ein Anstieg des Ozeans bis siebeneinhalb Meter registriert, der zur völligen Überflutung der Stadt führte.

Im August des Jahres 1909 raste ein Hurrikan durch die Yukatan-Straße, raste über den Staat Texas hinweg und brach in Mexiko ein. In den damit verbundenen Regenfluten kamen mehr als anderthalbtausend Menschen um.

Die Stadt Miami (auf der Halbinsel Florida, USA) geriet im September des Jahres 1926 in das Zentrum eines Hurrikans; sie wurde überschwemmt und zerstört. Eine Woge von fünf Meter Höhe warf ein großes Schiff in die Hauptstraße. Dieses Schiff, das zu einem Aquarium umgestaltet wurde, ragt noch jetzt zwischen den Häusern auf und zieht die Aufmerksamkeit der Touristen auf sich.

Im September des Jahres 1938 tobte an den Küsten der USA, im

Gebiet der „Neu-England-Staaten“, ein Hurrikan. Das Meer wurde auf vier bis acht Meter angehoben und drang bis 35 km tief in das Festland ein. Regenfluten und Winde trugen den Boden auf ausgedehnten Territorien ab und vernichteten dabei den Wald, Saaten und Gärten. Mehrere Städte wurden überschwemmt. Tausende von Menschen ertranken. Der Verlauf der Küste, der Buchten und der sandigen Nehrungen wurde verändert. In der Stadt Montpelier, die sich 220 km von der Küste entfernt befindet, hatte sich auf den Fensterscheiben der Häuser Salz abgesetzt, aus Meerwasser ausgeschieden, das der Wind bis hierher getragen hatte.

Im Jahre 1959 hob der Taifun „Vera“ (Ise-Van) eine vor sich hergetriebene Woge auf mehr als fünf Meter an und überflutete den küstennahen Teil der Stadt Nagoya (Japan). Das Wasser sank zehn Tage lang nicht. Insgesamt fielen in Japan diesem Taifun 6000 Menschen zum Opfer.

Auch in unseren mittleren Breiten, an den Küsten der Nordsee, treten Flutkatastrophen auf. Im Jahre 1953 wurden in England 855 km² Küstenland überflutet und an den Küsten des europäischen Kontinents mehr als 2500 km².

Aber die wohl tragischsten Überflutungen der gesamten historischen Zeitperiode ereigneten sich an den Küsten des Golfs von Bengalen. Dort schwellen während eines Taifuns im Oktober des Jahres 1737 Flutwellen bis auf zwölf Meter Höhe an. Die dichtbevölkerte Niederung wurde ertränkt, wobei 300 000 Menschen umkamen. Die Katastrophe wiederholte sich 139 Jahre später und kostete erneut 100 000 Indern das Leben. Im Oktober des Jahres 1864 wurde Kalkutta von einer durch einen Taifun ausgelösten Flutkatastrophe heimgesucht, bei der wiederum 50 000 Menschen umkamen. Es ist durchaus denkbar, daß nach der Zahl der Opfer solche Fluten mit der babylonischen Flut vergleichbar sind. Sie lassen sich auf verhältnismäßig kleine dichtbevölkerte Küstenabschnitte der indischen und indochinesischen Halbinseln beziehen. (Unter anderem kostete auch ein im Jahre 1881 in das Gebiet von Hai Phong hereingebrochener Taifun das Leben von 300 000 Menschen.)

Während der Taifune erreicht die Niederschlagsmenge bisweilen phantastische Größen. Rekordmengen an Regen fielen im Juli des Jahres 1861 in Cherrapunji (Indien): Wäre nicht ein Abfluß möglich gewesen, die Stadt wäre bis zur Höhe der vierten Etage ertränkt worden! Unter anderem gab es „Mikrofluten“ sogar in Moskau. Am 29. Juni 1924 fiel im Zentrum der Stadt in eineinhalb Stunden eine fast meterhohe Menge an Niederschlag. Im Zoologischen Garten stiegen die Teiche über die Ufer und überschwemmten die angrenzenden Straßen; das Wasser floß durch die Herzen-Straße zum Maneshnaja-Platz

und weiter zur Moskwa ab, an deren anderen Ufer an jenem Tage nicht ein Tropfen Regen fiel!

Entsprechende Katastrophen blieben nicht spurlos in der Erinnerung der Menschen haften. Die Lissaboner Tsunami des Jahres 1755 (hervorgerufen durch ein Erdbeben) wurde zum Anlaß einer Welle Skeptizismus und Atheismus in Europa. Der Philosoph Voltaire widmete der Katastrophe ein Gedicht „Die Zerstörung Lissabons“ (1756), wo unter anderem folgende Zeilen zu finden sind:

... In diese beste der Welten, in ungestörte Ordnungen
dringt eine Unordnung, uraltes schreckliches Chaos,
mit sich führend tiefes Leid, dem ein leeres Trugbild folgt.

Und die berühmte Petersburger Überflutung?

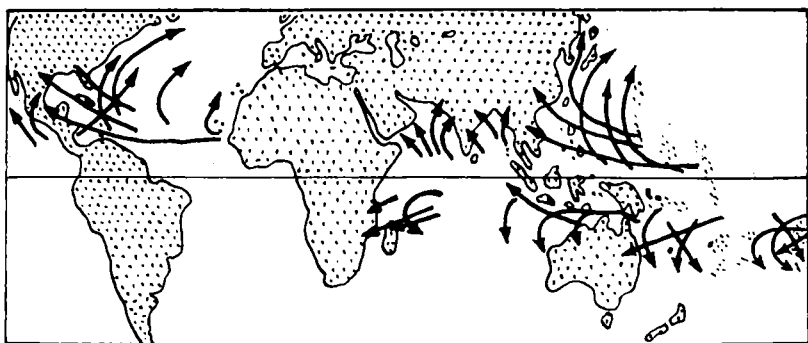
Im Jahre 1824 trieben heranjagende Winde das Wasser der Newa zusammen und hoben den Wasserspiegel um 3,75 m. Die Katastrophe ist durch Puschkin in „Der eherne Reiter“ beschrieben worden.

Doch zurück zu den Taifunen. Da sie Stürme mit Regen und Anhebungen des Wasserspiegels der Meere und der Flüsse vereinen, sind sie fähig, ausgedehnte Gebiete, ja ganze Länder, zu verheeren und gigantische Überflutungen hervorzurufen. Aber schwerlich können sie als Urbild der Sintflut angesehen werden.

Erstens: In den Legenden wird ein charakteristisches Detail eines Zyklons, das sich unbedingt in das Gedächtnis der Zeugen eingepreßt haben müßte, nicht erwähnt. Es handelt sich dabei um das „Auge des Taifuns“, die zentrale Zone, in der klarer Himmel zu sehen ist, während in der Umgebung der Wirbelsturm tobt, dahinjagend mit der Geschwindigkeit eines Flugzeuges.

Zweitens: Viele von früheren Fluten betroffene Gebiete liegen abseits der von den mächtigen Zyklonen benutzten Zugstraßen. Insbesondere gilt das auch für das Zweistromland.

Drittens: In einigen Gebieten, wo Taifune besonders häufig auftreten (in Japan zum Beispiel), gibt es bemerkenswerterweise keine Legende über eine Flut (obgleich den Bewohnern dieser Gegenden durchaus keine fehlende Phantasie nachgesagt werden kann). Hier gibt es sogar sehr wenig historische Zeugnisse über Katastrophen, obgleich Katastrophen in Form von Taifunen mit Sicherheit zu verschiedenen Zeiten aufgetreten sind. Tatsächlich versuchen einige japanische Forscher, diesen Fakt durch rein psychologische Faktoren zu erklären: Die Schriftsteller selbst, so sagen sie, erlebten keine entsprechenden Katastrophen, und sie verstanden nicht, sie geistig für andere nachzuerleben. Solche Erklärungen sind natürlich schwerlich zu akzeptieren. Wahrscheinlicher ist es wohl, daß die Bewohner der japanischen Inseln in Taifunen (sogar in katastrophalen) nichts Besonderes sahen. Sie waren an solche



Zugstraßen tropischer Wirbelstürme (Pogosjan und Turketti 1970)

Ereignisse gewöhnt. Und selbst wenn ein Taifun im Gedächtnis haften blieb, dann in Verbindung mit Ereignissen ganz anderer Art. Zum Beispiel tobte im 13. Jahrhundert ein Sturm und zerstörte die Schiffe der Mongolen, die versucht hatten, die japanischen Inseln zu erobern. Dieser Sturm erhielt den Namen „Der Göttliche Wind“. Natürlich schätzten die Japaner diesen Sturm so ein. Die Mongolen dagegen dürften wahrscheinlich eine andere Meinung gehabt haben.

So ist es nicht ausgeschlossen, daß sich unter Fluten, die in einigen Legenden beschrieben sind, Prototypen von Hurrikans (tropische Zyklone, Taifune) verbergen. Aber solche Hurrikans müssen sich durch besondere Stärke auszeichnen, die für dieses oder jenes Gebiet ungewöhnlich ist.

Ist es möglich, daß es während der letzten Jahrtausende Epochen besonders unbeständiger Klimata gab, in denen Hurrikans sogar dort wüteten, wo sie jetzt nicht angetroffen werden? Und könnte es nicht eine Rhythmizität in der Aufeinanderfolge entsprechender hypothetischer Epochen von Fluten geben?

Räumlich sind die Hurrikans in gegenwärtiger Zeit an bestimmte Gebiete der Erde gebunden, außerhalb derer diese Erscheinungen praktisch nicht auftreten. Und wie steht es zeitlich?

Einige Wissenschaftler neigen zu der Idee, daß sich Flutepochen mit exakter Gesetzmäßigkeit wiederholen. A.W. Schnitnikow schreibt von einem 1850jährigen Rhythmus der Wiederkehr großer klimatischer Katastrophen. Unsere gegenwärtige Zeit würde nach dieser Hypothese zu einer Periode relativer Abschwächung solcher Erscheinungen gehören. Jedoch das oben angeführte sehr lückenhafte Verzeichnis von Taifunen zeigt, daß grandiose Stürme und Überschwemmungen auch heutzutage keine Seltenheit sind. In den letzten sechzig Jahren verspürten allein die USA und Mexiko das ungezügelte Wüten von un-

gefähr 120 Orkanen, die manchmal auf 1000 bis 2000 km in die Tiefe des Festlandes einbrachen. Nach Meinung von D.W. Naliwkin können sich die Einbrüche der Taifune bis auf 4000 km erstrecken, und die durchschnittliche jährliche Anzahl der zyklonischen Orkane und Stürme mag 100 bis 120 erreichen: „In tausend Jahren sind das 100 000 — 120 000, in einer Jahrillion 100 Millionen ... Wir sehen, daß eine, wie es scheint, seltene und zufällige Erscheinung zu einem mächtigen geologischen Faktor anwächst, der ernsteste Aufmerksamkeit verdient.“

„Die Erde barst wie eine Schale“

In Indonesien explodierte am 26. August 1883 der Vulkan Krakatau. Man hat berechnet, daß sich am Ort der Explosion ein Trichter von mehr als einem Kilometer Tiefe bildete. Dabei wurde eine Explosionswelle ausgelöst, die sich durch den gesamten Ozean unseres Planeten bewegte und auf den Inseln im Gebiet des Krakatau katastrophale Zerstörungen verursachte.

Das Messina-Erdbeben in Italien am 29. Dezember 1903 zerstörte mehrere Städte und Dörfer, veränderte den Verlauf der Küste in der Bucht von Messina und deren Bodenrelief. Eine Meeresflut, die das Erdbeben begleitete, vollendete die Zerstörung der Küstensiedlungen und vernichtete viele zehntausend Menschen. A.M. Gorki war Zeuge dieser Katastrophe; er schrieb darüber: „Dampf dröhnte die Erde, ächzte, krümmte sich unter den Füßen, es bildeten sich tiefe Risse, als würde in der Tiefe ein seit Jahrhunderten schlummernder riesiger Lindwurm erwachen und sich bewegen, blind dort kriechen, in der Finsternis seine Muskeln krümmen, an der Kruste der Erde zerren und die Gebäude darauf auf Menschen und Tiere werfen. . .“

Das bringt chinesische und japanische Mythen über unterirdische oder untermeerische Ungeheuer in Erinnerung, die Erdbewegungen und Fluten hervorrufen. Und im altamerikanischen Epos „Popul Vuh“ wird die Beschreibung einer Flut durch ein charakteristisches Detail begleitet — durch den „Aufruhr der Gegenstände“. Erste aus Holz geschaffene Wesen, die den Menschen glichen und die Erde bevölkerten, waren ohne Verstand und gedachten nicht ihres Schöpfers. Sie wurden vernichtet. „Es kamen auch die kleinen und großen Tiere, die Stöcke und Steine, und sie schlugen ihnen ins Gesicht. Und alles fing an zu sprechen. Und die Wasserkrüge, die Platten, Schalen und Schüsseln, die Hunde, die steinernen Maisreiben, alle erhoben sich und schlugen ihnen ins Gesicht.“ Wenn man die poetischen Ausschmückungen dieses Abschnittes abstrahiert, so ist es nicht schwer, hinter der blühenden Phantasie eine Erzählung über ein großes Erdbeben zu erkennen. (Die

Steine und Gegenstände schienen zu leben und sich zu bewegen und die Bäume zu schwanken wie bei einem Sturm).

Relativ unlängst spielten sich heftige Erdbeben ab: das Himalaja-Beben vom 15. August 1950, das Gobi-Altai-Beben vom 4. Dezember 1957 und das China-Beben vom 29. Mai 1960. Sie wurden durch Erdkrustenbewegungen, gigantische Spaltenbildungen, Bergrutsche und Bergstürze an Hängen, Bildung abgedämmter Seen einerseits und Ausbrüche von Hochgebirgsseen andererseits begleitet. Das chilenische Beben hatte das Absinken eines Küstenstreifens von 10 000 km² zwei Meter unter den Meeresspiegel zur Folge (was innerhalb weniger Minuten geschah).

Und nochmals erinnern wir uns einiger Legenden: „Die ganze Erde barst wie eine Schale“ (Epos über Gilgamesch); das Auseinanderrücken der thessalischen Berge (Mythos von Deucalion); die Zerstörung der Berge und das Abfließen des Wassers in Spalten (Legende aus dem westlichen Mexiko).

Offensichtlich sind ähnliche Überlieferungen mit Katastrophen verbunden, die durch das gleichzeitige Auftreten von Hurrikans, Erdbeben und mächtigen Überflutungen hervorgerufen worden sind.

Vieles bestätigt die Version von E. Suess darüber, daß die babylonische Flut hervorgerufen wurde durch die sich vereinigenden Kräfte eines mächtigen tropischen Zyklons, eines Erdbebens und hoch aufgetriebener Wellen im Persischen Golf.

Aber leider fügen sich noch mehr Fakten nicht solchen Schlüssen ein. Noch im Jahre 1895 wurde die Ansicht von Suess durch den englischen Gelehrten F. Sollas bestritten. Er behauptete, daß in einer genaueren Übersetzung des Gilgamesch-Epos (nach A. Smith) nicht die geringste Andeutung eines Erdbebens sowie auch großer Zyklone in Mesopotamien zu finden ist. „Keine Woge“, schloß Sollas, „sei sie die Folge eines Sturms oder eines Erdbebens, kann auch nicht annähernd solche Höhen und Kräfte erreichen, um bis Bagdad, noch weniger bis zum Berge Nizir heranzurollen. Wenn wir jedoch zustimmen, daß das Tal des Tigris bis zur oben erwähnten Grenze überflutet wurde und nach vierzehn Tagen wieder sein gewöhnliches Aussehen annahm, dann haben wir nach ihrer Entstehung und ihrem Ausmaß eine so grandiose Katastrophe vor uns, daß ihre Erklärung unsere Möglichkeiten und unser Verständnis übersteigt.“

Gerechterweise muß man jedoch anführen, daß ein Jahr später der deutsche Gelehrte Karl Schmidt, verweisend auf Berechnungen von Rawlinson, zu bedenken gab, daß das Delta des Zweistromlandes, wenn es jährlich vom Meer 25 m zurückerobert (durch Ablagerung von Schlamm, Ton und Sand), in 3000 — 4000 Jahren (bei derselben Geschwindigkeit) um 200 km gewachsen sein müßte. Folglich mußten auch

zur Zeit der Flut alte Städte und der Berg Nizir um 200 km näher zum Ufer des Meeres gelegen haben, und die katastrophale Flutwoge konnte zu ihnen gelangen.

Doch es verbleibt noch eine unerklärliche Erscheinung, die in fast allen Legenden über die großen Katastrophen erwähnt wird: Das Meer strömte nicht einfach herbei auf das Festland, um bald darauf wieder zurückzuweichen, sondern es verbleibt ziemlich lange Zeit. Bei einer Tsunami wird nichts Entsprechendes geschehen, bei großen Erdbeben ebenfalls nicht, ja und bei hochgetriebenen Wogen und „zyklonischen Fluten“ können die Wasser (mit seltenen Ausnahmen) schwerlich so dauerhaft sein.

Noch eine Hypothese über eine mögliche Ursache der babylonischen Flut soll geäußert werden. Könnte man nicht auch vermuten, daß das Wasser nicht vom Golf, sondern von der entgegengesetzten Seite herbeiströmte (wenngleich das auch nicht in bestimmte legendäre Ereignisse eingebunden ist)?

Einer der Flüsse des Euphratbeckens — der Karasu — durchschnitt früher die Depression des Wan-Sees, in deren Nähe sich der Vulkan Nemrut befindet.

„Im Holozän (vor nicht mehr als 10 000 — 12 000 Jahren) floß aus der Caldera des Nemruts dünnflüssige basaltische Lava“, schreiben die Geologen E.E. Milanowski und N.W. Koronowski. „Ihre Ströme bilden das Tavtansker Lavaplateau. Die Basalte erreichen hier 200 — 300 m Mächtigkeit. Sie bildeten eine Barriere im Tal des Karasu und verursachten die Entstehung eines riesigen abgedämmten Sees mit einer Tiefe von mehr als 180 m und einer Fläche von mehr als 3000 km². Der Spiegel des Sees erhöhte sich allmählich im Verlaufe der historischen Zeiten.

Könnte man die Flut im Zweistromlande nicht mit einem Durchbruch dieses Sees während, sagen wir, eines Erdbebens oder als Resultat ungewöhnlicher Regenfälle erklären? Was erscheint wohl zweifelhaft an einer solchen Version, die nicht ohne vorausgehende ernstere Prüfung verworfen werden sollte?

„Platon ist mir ein Freund, aber die Wahrheit ist mir teuer“

Einen besonderen Platz in den Ideen des Katastrophismus und des Neptunismus nimmt das Atlantis-Problem ein. Bei ihm muß man schon deshalb etwas verweilen, weil es vermutlich allen Lesern in diesem oder jenem Grade bekannt ist.

So schreibt einer der Atlantologen, Ludwig Seidler, darüber: „Am Anfang war der Gegenstand des Streites nur die Glaubwürdigkeit der betreffenden Erzählung Platons . . .

Seit zweitausend Jahren, in denen dieser Streit andauert, häufte sich die atlantologische Literatur auf mehr als 25 000 Bände an, von denen einige mehr als 500 Seiten umfassen. Otto Muck, Autor einer unlängst publizierten Arbeit, rechnete aus, daß über Atlantis mindestens 2 500 000 000 Seiten veröffentlicht worden sind, das ist 100 000 000mal mehr, als Platon darüber schrieb. Es wäre wert, nachzurechnen, wieviel in diesen Bänden von dem vielgenannten ‚Wasser‘ erscheint. Wahrscheinlich genug, um die Oberfläche der Erde mit einer so mächtigen Schicht zu bedecken, daß darunter alle Kontinente samt ihren höchsten Bergen verschwinden würden. Man glaubt fast, daß die Atlantiskatastrophe die Weltflut der atlantologischen Literatur hervorgerufen hat.“

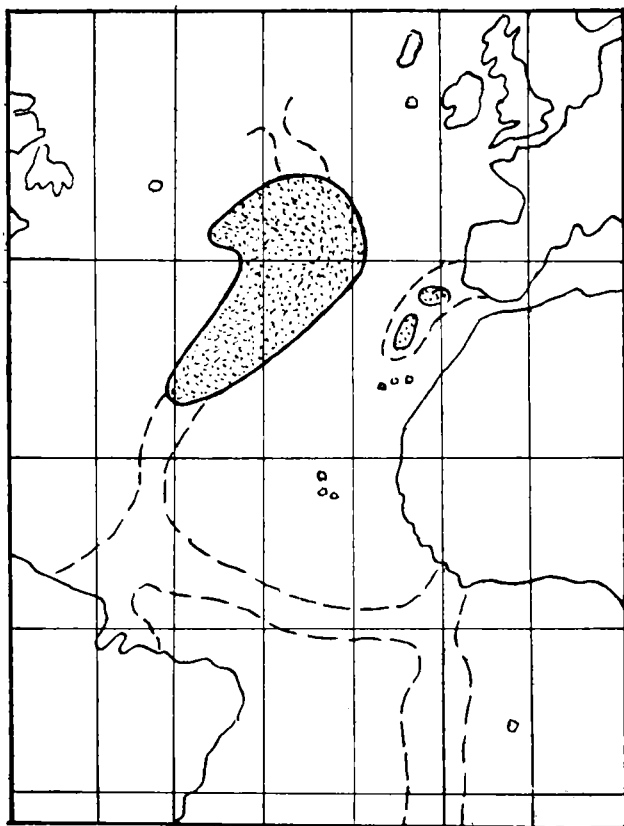
Auch wir wollen hier einen Tropfen für dieses Meer beisteuern.

Anscheinend war das Hauptziel der berühmten Beschreibung Platons durchaus nicht eine Mitteilung irgendwelcher geologischer oder geophysikalischer Fakten, sondern die Behauptung seiner Vorstellungen über den ideellen Staat. Die Mehrheit der Forscher sieht das auch so und reiht diese Erzählung in die Kategorie des Phantastischen ein.

Schon der Schüler Platons, Aristoteles, war einer der ersten, der die Hypothese von Atlantis heftig ablehnte. Es ist möglich, daß er gerade in diesem Zusammenhang sein berühmtes Wort ausgesprochen hat: „Platon ist mir ein Freund, aber die Wahrheit ist mir teuer.“

Jedoch sind auch nicht wenige Gelehrte geneigt, an die Realität von Atlantis zu glauben — einer dichtbevölkerten Insel, die infolge einer ungewöhnlichen Katastrophe in den Abgrund des Ozeans versunken ist. Als Beweis der einstigen Existenz von Atlantis ziehen sie gewöhnlich, außer der Beschreibung Platons, Legenden über die Sintflut, historische Zeugnisse über ungewöhnliche Katastrophen, Berichte von Reisenden über neu zum Vorschein kommende und verschwindende Inseln, paläogeographische Zeugnisse über frühere Verbindungen zwischen der Alten und der Neuen Welt sowie gewisse Ähnlichkeiten alter Kulturen, die durch den Atlantischen Ozean getrennt sind, heran.

Zunächst zu den materiellen Zeugnissen. Bis jetzt sind solche nicht im geringsten entdeckt. Hin und wieder aufgetauchte Mitteilungen über Funde in historischer Zeit von Spuren in die Abgründe des Atlantischen Ozeans versunkener Festländer und noch mehr einer untergegangenen Zivilisation wurden bisher nicht bestätigt. Das bedeutet natürlich nicht, daß früher oder später solche Spuren zum Vorschein kommen können. Aber sie sind es noch nicht, und das ist wesentlich. Die Wissenschaft arbeitet mit Fakten und nicht mit der Hoffnung auf Fakten.



Atlantis nach Donelli (1882)

Die Ähnlichkeit alter Kulturen der Alten und Neuen Welt, insbesondere solche offensichtliche Ähnlichkeiten wie die der Pyramiden der ägyptischen und mittelamerikanischen Kulturen wie auch viele andere offenbare Analogien, kann nicht als Zeugnis der wechselseitigen Beeinflussung zweier Zivilisationen gewertet werden, die nicht nur Tausende von Kilometern durch die Weite des Atlantiks, sondern auch vollkommen unüberwindlich durch die Kluft vieler Jahrhunderte getrennt sind.

Für die alten Römer, die in Ägypten eindrangen, waren die Pyramiden schon legendäre Bauten, außergewöhnlich alt, womöglich errichtet durch Titanen. Darin deutet sich die Kluft eines Jahrtausends an, sogar für vergleichsweise nahe gelegene Länder. Und dennoch waren die hoch entwickelten Zivilisationen der Neuen Welt nicht älter als

die römische. Selbst wenn das rätselhafte Atlantis auch als eine Brücke über den Atlantik gedient haben könnte, so wäre es doch nicht möglich gewesen, über das Atlantis, das sich zwischen Epochen einschiebt, die durch Jahrhunderte getrennt sind, die unsichtbaren Weiten des Ozeans der Zeit zu überwinden.

Zwar hat man ins Feld geführt, daß eine der mittelamerikanischen Pyramiden altersmäßig angeblich den ägyptischen nicht nachsteht. Es ist jedoch nicht leicht, diesen Angaben zu trauen ebensowenig wie Funden durch Menschen bearbeiteter Werkzeuge in Schichten, die ein Alter von vielen Jahrmillionen haben (Mitteilungen über solche Funde werden mitunter angetroffen).

Von Zeit zu Zeit wird man auch mit „Wundern“ — zum Beispiel mit Ankömmlingen aus dem Kosmos oder verblüffend alten Zivilisationen — konfrontiert, gegen die man allmählich eine dauerhafte Immunität bekommt. Die Schicht echter wissenschaftlicher Wunder liegt wesentlich tiefer als die Schicht wissenschaftlicher Sensationen, und man gelangt unvergleichlich schwieriger zu ihr.

Wenn man zur „Geographie von Atlantis“ zurückkehrt, so gibt es ein Problem, das noch größeren Zweifel hervorruft. Die Suche der untergegangenen Zivilisation beschränkt sich nicht allein auf den Atlantischen Ozean. Wo wurde nicht überall versucht, Atlantis zu entdecken: sowohl in Grönland als auch in Andalusien, im Asowschen Meer wie in Marokko, auf den Britischen Inseln, in Amerika, in Nigeria, auf Nowaja Semlja, ja sogar im Zentrum der Wüste Sahara. Und zwar schrieben einige Enthusiasten über das „Saharische Atlantis“ nach den Entdeckungen der berühmten Fresken von Tassili. Und das, obgleich es offensichtlich war, daß Zivilisationen in der Sahara keineswegs durch eine Flut oder ein Versinken im Meer umkommen konnten, sondern bestenfalls durch den Wassermangel beim Vordringen der Wüste. Alles das veranlaßte Henry Lhote, einen der Entdecker der Fresken Tassilis, das Problem Atlantis' zu streifen:

„Seit der Zeit Platons“, schrieb er, „versuchten Phantasten der verschiedensten Schattierungen immer wieder, die alten Mythen zu beleben. Sie entwickelten ein Übermaß an Einbildungskraft und erkühnten sich, ihre Phantasievorstellungen zu verbreiten. Und sowohl das eine wie das andere zeugt nur von ihrer äußersten Naivität.“

Ganz ähnliche Phantasten hatte ein Gelehrter des 19. Jahrhunderts, Susmel, ins Auge gefaßt, als er zum Ausdruck brachte, daß der Katalog der Deutungen von Atlantis als ein sehr gutes Studium der menschlichen Verrücktheit dienen könnte. Wenn man aber gewisse, bei weitem nicht immer nur naive und mitunter sogar lügenhafte Theorien außer acht läßt, so muß man anerkennen, daß in der Idee Platons manches Positive enthalten ist. Sie veranlaßte viele Gelehrte zur Durchführung

seriöser Forschungen, welche die Ozeanographie, Geologie, Anthropologie, Ethnologie u.a. bereichert haben. Die Frage über Atlantis ist komplex, und unsere Enthusiasten-Atlantophilen müssen an sie mit der entsprechenden Vorsicht herangehen.“

Offensichtlich wird das Atlantis-Problem die Forscher noch lange bewegen. Kategorisch verneinen kann man die Katastrophe, wie sie durch Platon beschrieben ist, nicht eher, als bis detaillierte Forschungen über die Morphologie des Bodens und der Bodensedimente des Atlantischen Ozeans durchgeführt sein werden. Nach Ansicht des bekannten Atlantologen N.F. Shirow ist es dabei notwendig, besondere Aufmerksamkeit auf den zentralen Teil des Atlantiks im Gebiet der Inselgruppe der Azoren zu richten.

Und selbst wenn sich die Realität von Atlantis nicht bestätigen wird, ein wissenschaftlicher Nutzen wird letztlich darin bestehen, daß es in vielen Menschen den Drang des Forschens, des Entdeckens und der Hoffnung auf Erfolg des Suchens verschwundener großer Zivilisationen entzündet hat. Und schließlich bewahrt die Geschichte der Philosophie und Soziologie für alle Zeiten die Erzählung Platons über den idealen Staat der Atlanter. Die Mitteilung Platons über Atlantis hat auch große wissenschaftliche Bedeutung ohne jede Verbindung mit der Geographie.

Soweit die Forscher die Mythen und Sagen des Altertums nur als verschlüsselte Zeugnisse von Augenzeugen betrachten, nur als Mitteilungen mittels eines „Codes des Nichtwissens“, vereinfachen sie unfreiwillig die geistige Welt unserer Vorfahren und kommen selbst zu zweifelhaften Schlüssen.

Die Weisheit vieler ähnlicher Mythen, Dichtungen und Sagen zeigt, daß sie nicht als direkte Schilderungen entstanden sind (mögen sie selbst bilderreich sein), sondern am häufigsten als mit einem anderen Sinn widergegebene Realitäten, als Suche nach einer Gesetzmäßigkeit in unserer unendlich komplizierten Welt, als poetische Allegorien und Metaphern, als komplizierte künstlerisch-philosophische Analogien.

Auf der Hochebene von Bogota war der Stamm der Muisca nach einer Legende ehemals vollkommen wild. Da kam von Osten her der bärtige Greis Bochica, ein Kind der Sonne, und lehrte die Wilden Ackerbau, Bekleidung, Religion und Gesetze. Aber sein böses Weib Huitaka befahl den Flüssen, über die Ufer zu treten und das Land zu überschwemmen. Fast alle Menschen kamen um; nur wenige retteten sich auf hohe Berge. Bochica jagte die Frau zorn erfüllt davon und machte aus ihr den Mond. Darauf zerriß er die Felsen und bildete den gewaltigen Wasserfall Tekandal. Das Wasser der Flut lief ab, die Erde trocknete. Bochica setzte den Menschen das Jahr fest mit periodischen Opferungen und Anbetung der Sonne.

In vielen Mythen verschiedener Völker wird eine Flut auf diese oder jene Weise mit dem Mond verknüpft. Aus diesem Grunde entstand die Meinung, daß der Mond in historischer Zeit vor den Augen der Menschen ein Trabant der Erde wurde. Angeblich näherte er sich unserem Planeten in bedrohlicher Weise, was auf der Erde eine ganze Reihe ungewöhnlich heftiger katastrophaler Fluten, Erdbeben und Vulkanausbrüche hervorrief.

Wir werden uns hier nicht mit den astronomischen und geologischen Widerlegungen solcher Versionen befassen. (Die Wahrscheinlichkeit der Begegnung des Mondes mit der Erde in jüngerer Vergangenheit ist äußerst gering; viel mehr spricht dafür, daß der Mond schon seit Milliarden von Jahren ein Begleiter der Erde ist; es sind keinerlei geologische Spuren — entsprechende Sedimente, vulkanische Massive, ein Massenuntergang lebendiger Wesen — für unlängst erfolgte gesamtplanetare Katastrophen bekannt.) Und was wäre, wenn wir die Legenden wirklich als entstellte Widerspiegelung realer natürlicher Prozesse anerkennen? Dann wäre es nötig, auch damit einverstanden zu sein, daß ein Anteil Wahrheit in den Mythen über die Schöpfung der Sonne enthalten ist und daß am Himmel einst die Sonne erschien, auch die Sterne, die Sternbilder, der Himmel selbst; und zu guter Letzt erlebten die Menschen das auch alles! Wurde tatsächlich die Welt unter den Augen der staunenden Menschen geboren?

Natürlich nicht. Denn die staunenden Menschen entdeckten mit der Freude der Erkenntnis für sich die Welt, wurden älter und drangen mit Vernunft, mit Phantasie in das Wesen der Dinge und Erscheinungen ein, in die Weite des Kosmos, in die Tiefe der Vergangenheit und Zukunft. Sie suchten, dachten aus, bezweifelten, stellten sich Tausende „Warum?“ und suchten darauf Antwort. Sie hatten keine Ähnlichkeit mit armseligen Automaten, die die Ereignisse mehr oder weniger genau fixieren. Wie die legendären Götter schufen sie eine Welt aus Bildern und Ideen, schufen phantastische mit einem bestimmten Sinn erfüllte Widerspiegelungen unseres realen Universums, und wir können die ihren noch immer nicht bergeifen.

Das mittelmeeerische Atlantis

Bereits im Jahre 1854 veröffentlichte der russische Linguist A.S. Norow seine „Forschungen über Atlantis“. Seine Argumente entbehrten nicht der Überzeugungskraft, obgleich Angaben zur Geographie und Geologie unberücksichtigt blieben. So ist der Gang seiner Überlegungen: Nach der altgriechischen Mythologie war Atlas der Sohn des Titanen Japetus und der Nymphe Asia.

Einige Historiker identifizierten die Phrygier, die sie mit den Ägyptern zu den ältesten Völkern rechnen, mit den biblischen Amoritern, mit Nachkommen des Japetus. Wenn man hinzufügt, daß sich das Atlasgebirge in Afrika befindet und Stämme der Atlanter einst in Libyen herrschten, dann erscheint es völlig logisch, die Spuren von Atlantis nicht weit westlich von Griechenland zu suchen, sogar relativ nahe davon im Süden und Südosten.

Die Erwähnung der Säulen des Herkules in der Legende Platons muß nach Meinung Norows gar nicht unbedingt das heutige Gibraltar betreffen. Im alten Griechenland wurden als Säulen des Herkules viele Felsen im Mittelmeer bezeichnet (so am Bosporus, bei der Insel Zypern, auf Thera; als Herkules bezeichnete man auch die Hauptmündung des Nils).

In alten Büchern finden sich zahlreiche Erwähnungen über riesige überschwemmte Territorien auf Inseln und an Küstenstrichen des Mittelmeeres. Nach Plinius war Zypern einst durch eine Landenge mit Syrien verbunden, aber ein Erdbeben vernichtete diese „Brücke“. Es wurden Legenden über ägyptische Könige erzählt, die die (von den Griechen verteidigte) Landenge von Gibraltar zerstört haben; angeblich soll dann das Wasser des Atlantischen Ozeans in das Mittelmeer eingebrochen sein und ausgedehnte Landstriche überflutet haben. In diesem Zusammenhang sei auch an die Deucalische Flut erinnert, die etwa an das Ende des 16. Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung zu stellen ist. Der Untergang einiger Mittelmeerstaaten durch eine Flut gehört zeitlich in die Mitte des 15. Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung, was annähernd dieselbe Epoche ist.

Norow stützt sich auf Legenden und historische Dokumente und gelangt zu folgenden Schlüssen:

„Atlantis nahm nach unserer Vermutung den gesamten Raum des Mittelmeeres von der Insel Zypern bis Sizilien ein, von wo aus sich nach Norden das Tyrrhenische Meer und Tyrrhenia erstreckten.“ Dieser Staat wurde infolge eines mächtigen Erdbebens, wobei Festland unter den Meeresspiegel versank und mit dem katastrophale Überflutungen verbunden waren, fast völlig vernichtet.

„Ähnliche furchtbare Umwälzungen“, schließt Norow, „die sich auf der Erde abspielten, sind durch Historiker nicht beschrieben worden, weil die Geschichte — wie es ein Schriftsteller ausdrückte — nur einen Teil der Existenz der Völker umfaßt; aber jene großen Ereignisse lassen häufig unauslöschliche Spuren im Gedächtnis ihrer Nachkommen zurück. Man findet auf vielen Inseln des Archipels Erinnerungen an solche schrecklichen Naturkatastrophen, welche in dieser Form alter Geschichtsüberlieferung von Generation zu Generation weitergegeben wurden.“

Zwanzig Jahre nach der Arbeit von Norow befreite der berühmte deutsche Archäologe (und vordem erfolgreicher Kaufmann) Heinrich Schliemann durch seine Ausgrabungen das legendäre Troja von schweren Erdschichten und seinem mythologischen Schleier, ebenso eine Anzahl altgriechischer Städte. Die Arbeiten wurden durch deutsche, amerikanische, griechische und englische Archäologen fortgesetzt. Und unter anderen Überraschungen erwies sich als eine der bedeutsamsten die Aufdeckung einer der ältesten Zivilisationen des Ägäischen Meeres, der kretisch-mykenischen oder minoischen (nach dem Namen des Königs Minos).

Das Zitat Homers wurde in den Augen der Wissenschaftler zur Realität:

„Kreta ist ein Land inmitten des purpurnen Meeres,
Fruchtbar und schön und ringsumströmt. Es leben dort viele
Menschen, ja ungezählt, und neunzig Städte sind darinnen.“

(Schliemann fand Troja nach den Beschreibungen Homers, die bis dahin als dichterische Erfindung galten — ein eindrucksvolles Beispiel des Nutzens einer Legende!) Im 17. — 15. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung erreichte der kretische Staat seine Blütezeit; er umfaßte alle Inseln des Ägäischen Meeres und z.T. die festländischen Küsten. Um so merkwürdiger ist der plötzliche Untergang dieser Zivilisation. Die erhalten gebliebene Ausstattung der Häuser, der Tempel und Paläste läßt auf die Verwirrung, die Panik der Einwohner schließen. Die Ruinen einiger Gebäude scheinen Zeugnis zu geben, als seien mächtige zerstörerische Kräfte am Werk gewesen.

Das Schicksal der kretisch-mykenischen Zivilisation bringen einige Gelehrte mit dem katastrophalen Ausbruch des Vulkans Santorin, mit Erdbeben, mit der Zerstörung der Inseln und dem Versinken ausgedehnter Territorien in Zusammenhang. Solche Ereignisse entsprechen fast genau der Beschreibung des Unterganges von Atlantis.

Der Vulkan Santorin befindet sich 120 km nördlich der Insel Kreta. Er existierte lange vor dem Erscheinen der gegenwärtigen Menschheit. Vor ungefähr 25 000 Jahren (in der Epoche der letzten Kaltzeit) explodierte er. Danach blieben an seiner Stelle fünf Inseln zurück. Die Asche des Ausbruchs breitete sich über ein riesiges Areal im östlichen Teil des Mittelmeeres aus.

Die vulkanischen Inseln, die durch die Düngung mit vulkanischer Asche günstige Lebensbedingungen aufweisen, waren mit einer reichen und vielgestaltigen Vegetation bedeckt. Nicht zufällig wurden die Inseln des Ägäischen Meeres und in erster Linie Kreta in den drei Jahrtausenden bis zum Beginn unserer Zeitrechnung zur Wiege der europäischen Zivilisation. Jedoch kam es in deren Blüteperiode,

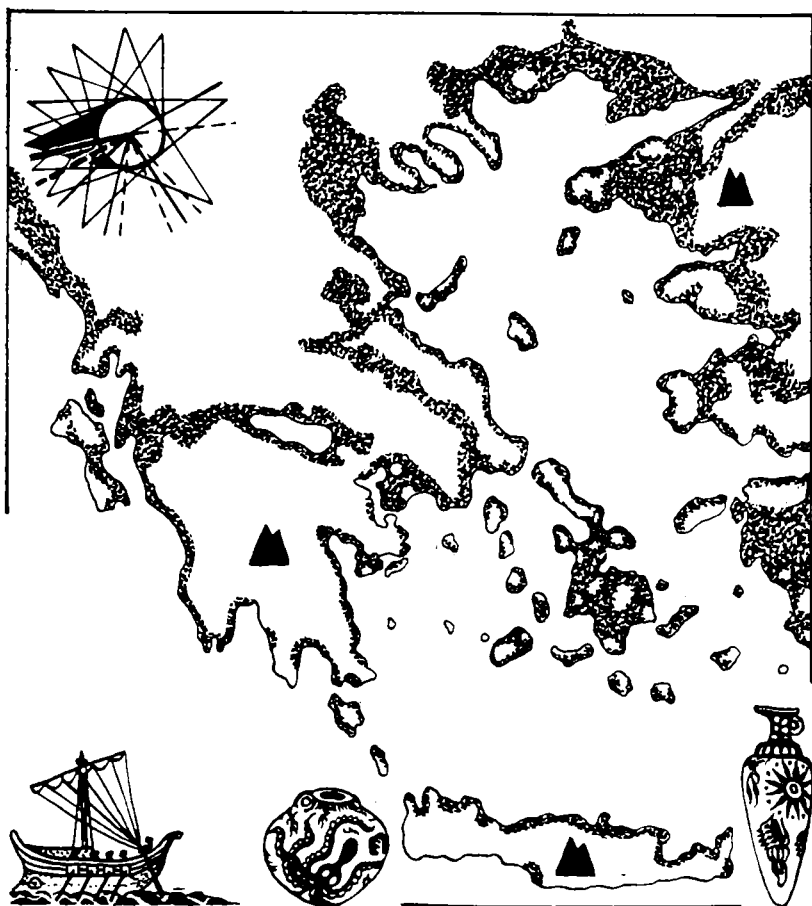
um 1500 vor unserer Zeitrechnung, auf Santorin zu einem erneuten katastrophalen Vulkanausbruch (zum „minoischen“ Ausbruch). Die Explosion war ungewöhnlich heftig. Ihre Energie übertraf, nach Schätzung des griechischen Gelehrten A. Galanopoulos, um 350mal die Energie der auf Hiroshima abgeworfenen Atombombe bzw. nach anderer Rechnung 10^{20} J. An der Stelle, wo die Explosion stattfand, bildete sich ein Kessel, eine Caldera, mit einer Tiefe von 400 m und einer Fläche von 83 km². Die vulkanische Asche bedeckte den Boden des gesamten Ägäischen Meeres und des östlichen Teiles des Mittelmeeres. Auf den Inseln Thera und Therasia beträgt die Mächtigkeit der Asche-Bimsstein-Bedeckung zwei bis drei Meter, mitunter erreicht sie sechzig Meter.

Einige Siedlungen wurden vollkommen verschüttet. Es ist bemerkenswert, daß zum Unterschied von den Schicksalen Herculaniums und Pompejis hier die Einwohner die durch Asche verschütteten Städte noch rechtzeitig verlassen konnten. Die gigantische Explosion löste einen Tsunami aus, der die nördliche Küste Kretas und einige Inseln verwüstete. Möglicherweise versanken damals die Küsten einiger Inseln unter dem Meeresspiegel.

Später beruhigte sich der Vulkan wieder, und erst im Jahre 197 vor unserer Zeitrechnung kam es zu einem Wiederaufleben seiner Aktivität. Im Zentrum der Caldera entstand eine neue Insel. Hier aber erstarrten dunkle, blockige Lavaströme. Die letzten heftigen Ausbrüche des Santorin-Vulkans wurden in den Jahren 1950 — 1951 beobachtet.

Galanopoulos, der die vulkanische Explosion Santorins 1500 vor unserer Zeitrechnung analysierte, kam zu der Auffassung, daß die Legende dieser Katastrophe den Rang einer großen Flut verlieh und daß Platon die Legende für die Beschreibung des Schicksals von Atlantis verwendete. Kürzlich unterstützte der sowjetische Gelehrte I.A. Resanow diesen Gedanken: „Aus der Sicht der Geophysik ist das Territorium zwischen Griechenland, der Türkei und der Insel Kreta aller Wahrscheinlichkeit nach das Gebiet der verschwundenen Insel“ (bezogen auf Atlantis).

Das Gebiet des Ägäischen Meeres ist reich an Erdbeben. Beim Aufsuchen und Ausbessern eines beschädigten Unterseekabels fanden Geophysiker Hinweise für eine relativ schnelle Absenkung des Meeresbodens bis 200—400 m. Bei einem solchen Ausmaß der Erdkrustenbewegungen in diesem Gebiet ist ein plötzliches Versinken einer oder mehrerer Inseln nicht unwahrscheinlich. Die gegenwärtige geologische Aktivität des sogenannten alpidischen Faltengürtels, der sich durch das Mittelmeer erstreckt, äußert sich nicht nur in Hebungen und Senkungen der Erdkruste, sondern auch in den häufigen und kräftigen Erdbeben und in vulkanischer Tätigkeit. Im Gebiet des Mittelmeeres sind sehr schnelle Veränderungen der Erdoberfläche — „Grimassen“ im Antlitz



Hellas vor 12 000 Jahren (Zajdler 1966). Sich abzeichnende Territorien, die vor der Überflutung Festland waren.

Links oben: die Pfeile geben Richtungen nach „Pseudo-Atlantis“ an (nach Annahmen verschiedener Autoren), die Linien Richtungen zu den legendären Atlasgebirgen, gestrichelte Linien zu den Säulen des Herkules. Hervortretend: Richtung zu den Azoreninseln, dem Atlasgebirge Nordwestafrikas und Gibraltar. Weiterhin sind drei Varianten der legendären Atlasgebirge auf der Karte vermerkt

der Erde — durchaus möglich, so daß sich die gegenwärtige geographische Situation dieser Lokalitäten von den paläogeographischen Verhältnissen der jüngeren Vergangenheit erheblich unterscheiden kann. Das zeigt insbesondere die Geschichte der von antiken Bauwerken in Pozzuoli (Italien) verbliebenen Säulen, die in den letzten zwei Jahrtausenden wiederholt in das Meer abgesenkt wurden und wieder aus dem

Wasser auftauchten. (Die Amplituden dieser oszillatorischen Bewegungen sind nicht groß, jedoch den Säulen so markant aufgeprägt, daß Pozzuoli seit der Zeit Lyells bis heute die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler auf sich zieht.)

So verleiht die Idee des mittelmeerischen Atlantis der Erzählung Platons einen historisch-geographischen Sinn. Man kann in diesem Falle feststellen: Ja, Atlantis hat es gegeben. Offenbar aber nicht dort, wohin es Platon verlegte, sondern auf der entgegengesetzten Seite; und auch nicht im Ozean, aber im Meer; und darüber hinaus nicht zehntausend Jahre vor dem Bericht, sondern etwas weniger als 1500 Jahre. Und der Staat nannte sich nicht Atlantis — aber ansonsten ist im großen und ganzen alles ähnlich.

Es ist natürlich sehr leicht möglich, daß Platon sein Atlantis trotz allem erdichtet hatte. Aber wegen seiner großen Wahrscheinlichkeit wurden gewisse Überlieferungen über die Santorin-Katastrophe genutzt, überkommen aus jenen frühgeschichtlichen Zeiten und ausgeschmückt durch Miragen von Vermutungen und Legenden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß der „kretisch-mykenischen“ Katastrophe eine andere und nicht weniger heftige vorhergegangen ist. Es ist auch möglich, daß die Wiederholung ähnlicher Erscheinungen für die ägyptischen Priester, auf die sich Platon beruft, der Anlaß war, Solon zu berichten, daß in den griechischen Ländern Fluten von Zeit zu Zeit auftreten. Natürlich ist kaum zu erwarten, daß sie Berichte über jene Explosion Santorins bewahrten, die sich fünfundzwanzig Jahrhunderte vor Solon ereignet hatte. Aber es könnte sich auch um nicht so alte Katastrophen gehandelt haben, die zu Santorin in keiner Beziehung stehen. Auf jeden Fall verbleibt im Gebiet des Mittelmeeres für Geographen und Geologen noch manches Rätsel.

Auf eine interessante Gesetzmäßigkeit verweist der italienische Geologe L. Trevisan. Bei Studien über die Insel Sizilien stellte er fest, daß die kräftigsten Erdbeben hier mit einem Gebiet der Senkung der Erdoberfläche verbunden sind (im südöstlichen Teil der Insel, in dem sich der Vulkan Ätna befindet). Früher oder später könnte sich in diesem Gebiet eine heftige Absenkung des Festlandes ereignen, begleitet durch Erdbeben und Meeresüberflutungen und möglicherweise auch mit neuen vulkanischen Katastrophen.

Es ist bemerkenswert, daß das Mittelmeergebiet, eines der frühesten zivilisierten Gebiete der Erde, erst unlängst als Studienobjekt von neuem „entdeckt“ wurde. Es wurden Spuren der Tätigkeit paläolithischer und neolithischer Stämme entdeckt. Viele Texte sind noch nicht entziffert, viele untergegangene Städte noch nicht gefunden, und es gelang bisher noch nicht, die geographischen Verhältnisse der kretisch-mykenischen Epoche zu rekonstruieren. Welche Entdeckungen erwarten uns in

baldiger Zukunft? Sie können nicht nur unsere Geschichtskennntnis bedeutend beeinflussen, sondern auch die geographischen und geologischen Probleme in neuer Weise beleuchten.

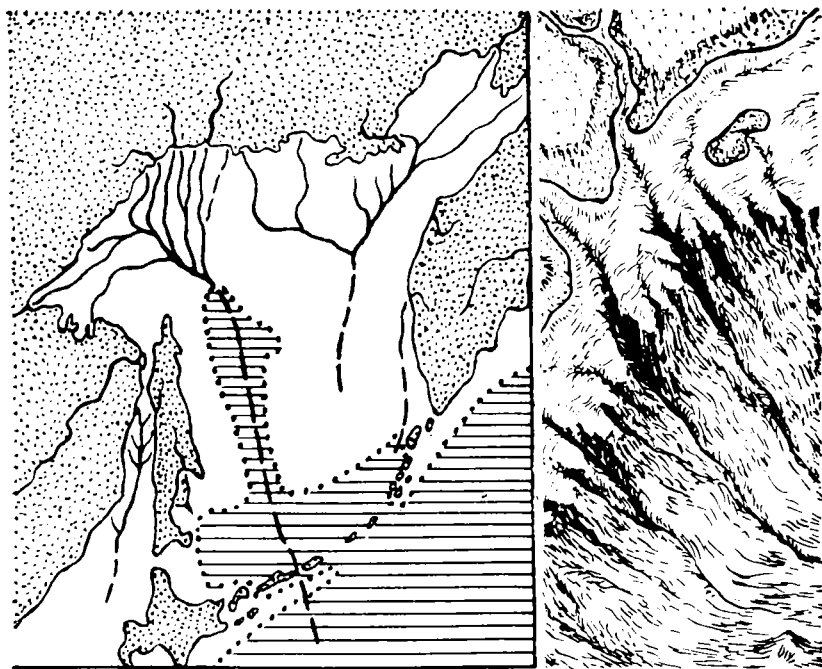
Die bleibende Überflutung

Und wie steht es, wenn von vielen Territorien das Wasser der Sintflut bis zum heutigen Tag nicht wieder zurückgewichen ist? Was ist, wenn man zur Suche nach Spuren einer Katastrophe unter den Spiegel des Meeres hinuntersteigen muß? Was ist, wenn auf den Grund des Meeres nicht nur die legendäre Insel Atlantis oder eine Gruppe von Inseln des Mittelmeeres versanken, sondern auch ausgedehnte Bereiche der Kontinentränder, über die sich heute Flachmeere erstrecken?

In den letzten Jahrzehnten hat sich durch zahlreiche Vermessungen des Meeresbodens herausgestellt, daß die Mehrzahl der großen Ströme in Form submariner Täler eine Fortsetzung im Meer aufweisen, wo sie sich manchmal noch auf Hunderte von Kilometern verfolgen lassen. Solche cañonartigen Täler wurden praktisch überall in der Schelfzone — dem vom Flachmeer bedeckten Randbereich der Kontinente — entdeckt, mit Ausnahme der Schelfgebiete Antarktikas und z.T. Australiens. Wenn man zum Beispiel auf Karten der Bodengestalt der Nordsee oder des Ochotskischen Meeres schaut, wird man unwillkürlich auf den Gedanken kommen, daß man Festland vor sich hat, so ähnlich sind diese Cañons den festländischen Tälern. In der nördlichen Hälfte des Ochotskischen Meeres schließen sich submarine Rinnen zu einheitlichen Flußbetten zusammen und verlaufen mehr oder weniger deutlich bis zu den Kurileninseln. Eine noch ausgeprägtere Rinne findet sich zwischen der Insel Sachalin und dem Festland.

„Der Boden einer Rinne des nördlichen Teiles des Japanischen Meeres (nahe dessen östlichem Rand)“, schrieb der Ozeanologe N.L. Senkewitsch, „wird durch ein tiefes, sich verzweigendes Tal zerschnitten, dessen Aussehen an ein Flußtal erinnert; stellenweise schneidet es in den Meeresboden 50 — 70 m tief ein. Die Anwesenheit von Terrassen, von Tälern erosiven Aussehens und anderer Relikte eines submarinen Reliefs geben Anlaß zu der Annahme, daß der gesamte nördliche Teil des Japanischen Meeres einen ertränkten Randbereich des Kontinents — einer Festlandsstufe — einnimmt.“

Über submarine Täler sind nicht wenige verschiedenartige Hypothesen geäußert worden. Insbesondere ist daran gedacht worden, daß sie nicht auf dem Festland entstanden sind, sondern unter Wasser unter dem Einfluß von Meeresströmungen oder submarinen Schlammströmen (Trübeströmen). Wir werden diese Ideen später noch dis-



Submarine Täler des Paläo-Amur (Lindberg 1972) und Gebiete, die vor ungefähr einer Million Jahre vom Meer eingenommen wurden (Udinzew 1955). Rechts: Schema des Schelfs und Kontinentalhanges mit submarinen Tälern und Cañons

kutieren, vorerst aber wollen wir uns weiter mit der Erörterung der Hypothese der Senkung der Schelfe befassen.

G.U. Lindberg, Geomorphologe und Fachmann für die Fischfauna des Fernen Ostens, führt ergänzende Daten zugunsten der festländisch-fluviatilen (subaerischen) Entstehung submariner Hohlformen an. Er stützt sich dabei auf die Ähnlichkeit von Süßwasserfischen, die in verschiedenen (aber nicht allen) Flüssen des ochotskischen Küstengebietes beheimatet sind.

„Die submarinen Täler“, so behauptete Lindberg, „spielten, wie sich erklären läßt, in der Phase der letzten Regression („Meeresrückzug“) die Rolle der Wege, auf welchen sich die Auseinandersiedlung typischer ähnlicher Süßwasserfische aus dem Amur in die jetzigen isolierten Flüsse Poronaj, Tym, Ud, Tugur, Ochota und die Flüsse der Schantarsker Inseln vollzog. Damals bildeten diese Flüsse mit dem Amur ein einheitliches Flußsystem. Nach der Transgression, hervorgerufen durch den Anstieg des Meeresspiegels, geriet ein Teil dieses Systems unter Wasser.“

Derselbe Forscher betonte auch den Unterschied zwischen submarinen ertrunkenen Tälern und Cañons. Nach seiner Meinung zeugen erstere von der relativ jungen Absenkung festländischer tiefliegender Gebiete und küstennaher Niederungen, wo sich Flußsysteme mit einer verwandten komplexen Fischfauna entwickelt hatten. Dagegen halten sich submarine Cañons nicht selten an verhältnismäßig tiefe Meeresbereiche (bis zu 2000 oder 3000 m unter dem Meeresspiegel) und bieten auf keinen Fall die Möglichkeit der Ansiedlung typischer Süßwasserfische. Die Bildung submariner Cañons wird verursacht durch größere tektonische Bewegungen, durch tiefe Absenkungen, Zerstörung der Ganzheit eines einheitlichen Flußsystems und Eindringen salziger Meereswässer.

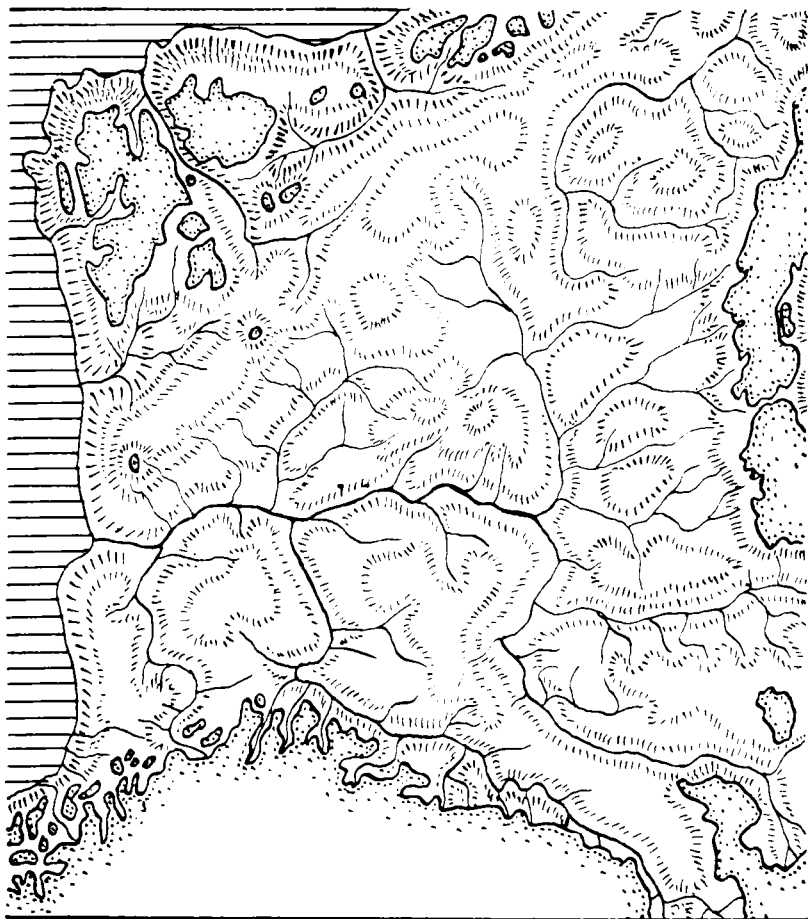
Diese Forschungen wurden in einem ausgedehnten, aber konkreten, abgegrenzten Gebiet durchgeführt. Prinzipiell unterscheidet sich dieses aber nicht von vielen anderen Gebieten, wo submarine Täler und Cañons angetroffen werden, und es gibt deshalb keinen Grund, es als untypisch anzusehen.

Wenn man der festländischen Genese der submarinen Täler zustimmt, muß man auch annehmen, daß in jüngstvergangener Zeit alle Kontinente etwa 200 bis 300 m höher lagen als gegenwärtig (relativ zum Meeresspiegel) oder — was wahrscheinlicher ist — der Meeresspiegel um denselben Betrag abgesenkt war (bis zu jener Tiefe, in der sich die submarinen Täler befinden). Nach Meinung Lindbergs ereigneten sich entsprechende Niveauveränderungen des Meeresspiegels während der Quartärperiode mehrmals und relativ kurzzeitig.

Es scheint, daß der letzte derartige Anstieg des Meeresspiegels (bzw. die Absenkung des Festlandes) vor annähernd 5000—6000 Jahren erfolgte und nicht nur durch Meeresfluten begleitet wurde, sondern daß diese Konvulsionen der Hydrosphäre auch mächtige atmosphärische Katastrophen im Gefolge hatten. Alles das mußte für die damalige Menschheit, die in jener Zeit faktisch nur die den Meeresküsten anliegenden fruchtbaren Niederungen und Täler besiedelte, als Allerweltsflut erscheinen.

Solche Erwägungen erscheinen ziemlich überzeugend, um so mehr, als wir nicht einmal den hundertsten Teil der Fakten erwähnten, die Lindberg zur Verteidigung seiner Hypothese der umfassenden, schnellen und vor relativ nicht allzu fernen Zeiten erfolgten Niveauveränderungen des Meeresspiegels anführte, die der Gelehrte selbst als „Sintflut“ bezeichnete.

Doch wir wollen auch wieder berechnete Zweifel in Erwägung ziehen. Durchaus nicht, um etwa alles nacheinander wieder abzulehnen, sondern um uns um größere Objektivität und um umfassendere Kenntnis zu bemühen. Über den Nutzen, den der ständig wache Zweifel



Festländisches Relief im Gebiet der Barentssee (nach F. Nansen)

bei der Suche nach wissenschaftlicher Erkenntnis bringt, schrieb W.I. Wernadski:

„Der Zweifel ist eine große Kraft; der Zweifel hat jenes gewaltige wundervolle Wissen geschaffen, das dem größten Teil der Menschheit noch so wenig zugänglich ist. Aber manchmal senkt er sich drückend schwer auf einzelne Personen. Manchmal bereitet er unsägliches Vergnügen, aber in anderen Minuten, wenn er unerbittlich alles analysiert, geschaffene Ideale, wenn weit und breit alles schwankt, lastet und quält er. Die Wissenschaft muß ein solches Ziel stecken, welches den skeptischen Geist völlig befriedigt, so daß der Zweifel gestillt wird, aber das Ziel bleibt.“

Also, welche verwundbare Stelle gibt es in der Hypothese Lindbergs? Vor allem Probleme des Alters der submarinen Täler und der Gleichzeitigkeit der Niveauveränderungen des Meeresspiegels.

Die zur Zeit leider nicht sehr zahlreichen Kenntnisse über das Alter der submarinen Täler sind kaum geeignet, der Hypothese ihrer gleichzeitigen Versenkung unter den Meeresspiegel beizupflichten. Die vorliegenden Datierungen schwanken zwischen einigen tausend und einigen Millionen Jahren und verweisen darauf, daß die submarinen Cañons anscheinend zu ganz unterschiedlichen Zeiten gebildet wurden.

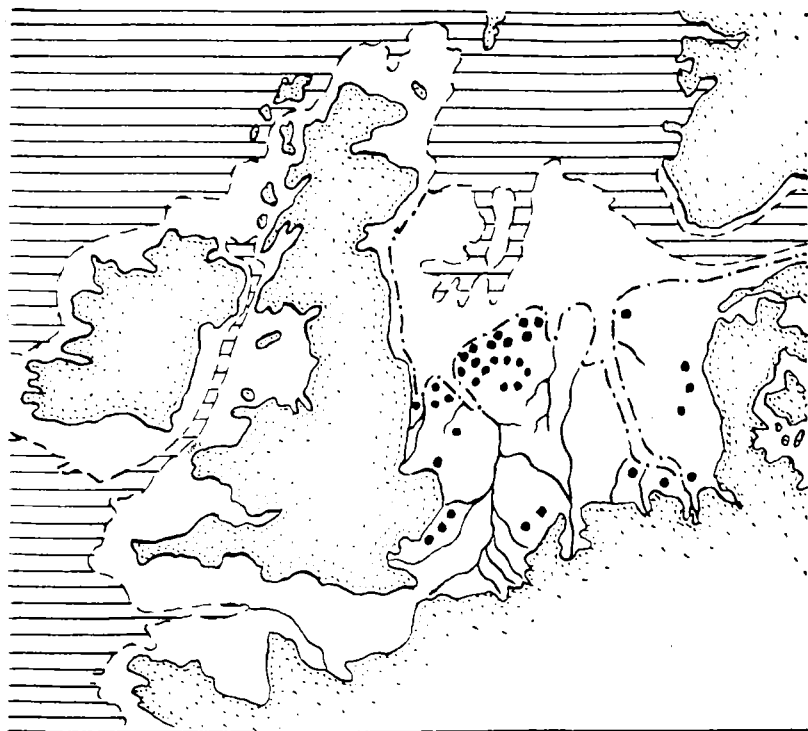
In der letzten Jahrmillion veränderte sich das Niveau des Meeresspiegels in Verbindung mit der Bildung und dem Wiederabschmelzen der kontinentalen Eismassen um etwa 100 m. Folglich sollten die submarinen Täler gerade in solche Tiefen versenkt sein.

Wie aber vereinbart sich ein solcher Schluß mit dem Fakt, daß die submarinen Täler in Tiefen von 200 bis 300 m angetroffen werden?

Eine Erklärung wäre möglich. Sie bestände darin, daß die großen Flußtäler wie auch entsprechend große submarine Cañons nicht selten mit Zonen tiefer regionaler Brüche verbunden sind, die ähnlich Schrammen oder Furchen die Kontinentalblöcke hier und dort durchschneiden. Diese Spalten erstrecken sich bei weitem nicht immer linear. (Nach weit verbreiteter Meinung ist für Brüche lineare Erstreckung charakteristisch, obwohl eine solche „geradlinige Geometrie“ in Wirklichkeit nicht oft zu beobachten ist.) Vielmehr treten sie gewöhnlich in Systemen auf, die komplizierte Muster von Spalten bilden, und begrenzen oft einzelne gegeneinander verschobene Blöcke der Erdkruste.

Aber wahrscheinlich ist nicht das das Wesentliche, denn in den submarinen Cañons und Tälern sind gewöhnlich bedeutende Sedimentanhäufungen vorhanden. Wie durch direkte Beobachtungen und indirekte Fakten (z.B. Verrutschungen und Risse in Tiefseekabeln) festgestellt wurde, kommen diese Sedimente ins Gleiten. Viele Beweise dafür wurden bei Tiefseeforschungen im Mittelmeer gefunden, insbesondere durch direkte Beobachtungen aus Bathyskaphen und Tauchbooten.

An submarinen Hängen, deren Neigung 37° übersteigt, kommen küstennahe Sedimente — Sand, Schlamm, Ton — ins Gleiten mit Geschwindigkeiten bis zu dreißig Kilometern in der Stunde. Indem sie sich in Senken hinabwälzen, bilden sie sogenannte Trübestrome. Grobe sandige Teilchen werden in den höheren Teilen der Tiefseesenken abgelagert, aber Wolken schlammig-toniger Schwebe setzen ihre Bewegung fort und überwinden nicht selten Hunderte von Kilometern. Ein durch ein Erdbeben ausgelöster Trübestrom, den man im November 1929 im Gebiet der Neufundlandbank beobachtet hat, erreichte eine



Ehemaliges Festland im Gebiet der heutigen Nordsee (nach R. Fairbridge u.a.). Schwarze Punkte: überflutete Torflager. Weiterhin ist die Grenze der Würmvereisung dargestellt

Geschwindigkeit von 100 km in der Stunde. Die mittlere Geschwindigkeit von Unterwasserströmungen ist bedeutend niedriger.

Wissenschaftler haben in Laboratorien versucht, Trübestrome in Modellen zu simulieren, um ihre Wirkungsweise bei der Bildung submariner Täler zu ermitteln. Es entstand der Eindruck, daß der Bildungsmechanismus dieser Ströme noch keine überzeugende Beweiskraft besitzt und folglich die festländische Entstehung der submarinen Täler größere Wahrscheinlichkeit besitzt.

Und trotz alledem scheint die Bildung der submarinen Cañons und eines bedeutenden Teiles der submarinen Täler mit der Wirkung von Trübestremen im Zusammenhang zu stehen.

Auf dem Festland erzeugt fließendes Wasser die Flußtäler. An der Mündung eines Flusses in das Meer häufen sich herangetragene Flußsedimente, insbesondere schlammig-tonige, an. Bei Absenkung des Meeresspiegels oder allgemeiner Heraushebung des Festlandes zieht

sich das Meerwasser von den Untiefen zurück, die Flüsse schneiden ihre Betten in die vom Meere freigewordenen neuen Territorien ein und häufen die mitgebrachten Sedimente auf den neuen Strecken an.

Bei einem folgenden Vorstoß des Meeres geraten die Flußsedimente auf dessen Boden. Wie bekannt ist, kommen aber wassergesättigte lockere Ablagerungen, die sich unter Wasser befinden, leicht ins Fließen. In solchen Lockergesteinsmassen sind die Reibungs- und Kohäsionskräfte zwischen den Teilchen stark verringert. Die Flußsedimente kommen schon bei unbedeutender Neigung ins Fließen. Es resultiert eine Art „Unterwasserfluß“, bei dem in einem Flußbett wasserdurchtränkte Massen der Bodensedimente fließen. Bei ihrer Bewegung arbeiten sie das Flußtal noch weiter aus und schneiden, während sie ihren Weg weiter fortsetzen, das Tal auf neuen Strecken kapriziös, Schleifen bildend, in Übereinstimmung mit Senkungsbewegungen des Meeresbodens ein, **kurz gesagt, sie verhalten sich genau so wie Flußwässer auf dem Festland.** Es ist also nichts Merkwürdiges, daß die Bildung der submarinen Täler den festländischen ähnelt und daß sie mit entsprechenden Sedimenten gefüllt sind.

Nach dem Kontinentalhang zu, der Übergangszone vom Kontinent zum Ozean, beginnen tektonische Brüche, die die Kontinente durchschneiden, schärfer hervorzutreten. An ihrer Stelle bilden sich submarine Cañons aus, mit denen offensichtlich vergleichsweise kleine Meeresströmungen verbunden sind. Hierher aber, zum tiefsten Teil des Meeresbodens, werden auch die submarinen Schlammströme gelenkt werden. Festländische Flußtäler gehen folglich allmählich in submarine „schlammige“ über und weiterhin in tektonische Cañons.

Es ist notwendig, noch eine sehr interessante Eigenschaft der nasen tonigen Gründe in Betracht zu ziehen, die als Thixotropie bezeichnet wird. Davon wissen besonders die Ingenieurgeologen zu berichten, die das Verhalten des Untergrundes unter der Einwirkung des Vibrierens von Gebäuden oder Maschinen untersuchen. Fast alle feuchten tonigen Gründe verlieren unter dem Einfluß von Vibrationen ihre Festigkeit und beginnen, ähnlich zähen Flüssigkeiten zu fließen. Nach dem Aufhören der Vibration gewinnen sie nach kurzer Zeit ihre Festigkeit zurück.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich die hohen Geschwindigkeiten der Trübeströme durch die thixotropen Eigenschaften der Flußsedimente erklären lassen. Vibrationen können durch rhythmische Stöße der Brandung und elastische Deformation sich bewegender Bodenmassen hervorgerufen werden. Noch realer sind Vibrationswirkungen bei Erdbeben. Auf dem Festland sind ähnliche Effekte gut bekannt. Es ist möglich, daß sie auf dem Meeresboden noch weiter verbreitet und uns nur nicht bekannt sind, weil sie sich unserer Beobachtung entziehen.

Doch wie steht es dann mit jener entsprechenden Biogeographie, über die wir am Beginn des Kapitels berichteten und die zugunsten allgemeiner Niveauveränderungen des Meeresspiegels zu sprechen schienen?

Kehren wir zurück an das Ostufer des Ochotskischen Meeres. Wie Lindberg feststellte, weisen lokale Flüsse, obwohl sie voneinander durch Hunderte und aber Hunderte Kilometer des offenen Meeres getrennt sind, eine ähnliche Fauna von Süßwasserfischen auf. Jedoch gibt es eine Ausnahme: In Flüssen des westlichen Küstengebietes Kamtschatkas, aber auch in der Gishiga und der Penshina ist die Fischfauna eigenartig. Warum?

Es ist denkbar, daß sich die Ähnlichkeit der Fische des Amur und der Flüsse, die sich nördlich davon befinden, erklärt: einesteils mit der Absenkung des Meeresspiegels in der Eiszeit (um etwa hundert Meter) und mit gewissen Entsalzungen des Ochotskischen Meeres und zum andern mit der Einwirkung von Taifunen, die, wie wir wissen, fähig sind, das Wasser mit der Fischbrut und noch mehr mit dem Fischrogen in die Lüfte emporzuheben und auf Hunderte von Kilometern fortzutragen. Ob man damit nicht jene Rätsel erklären kann, auf die Lindberg verwies und zu ihrer Erklärung die Hypothese der gesamtweltlichen Fluten vortrug?

Fluten, über die Lindberg schrieb, sind prinzipiell möglich, aber sie sind nicht bewiesen.

Versteinerte Katastrophen

Jetzt bin ich tot.
Ich wurde zu Zeilen eines Buches
in deiner Hand.

M. WOLOSCHIN

Wer sich nur auf Gegenwärtiges, Heutiges stützt, wird das Gegenwärtige nicht begreifen.

SH. MITLE

Von der Vergangenheit zur Gegenwart

Die Methode des Aktualismus erschließt die Erkenntnis des Vergangenen aus der gegenwärtigen Position. Kann man aber das Gegenwärtige verstehen, ohne Vergangenes zu kennen?

Wir begeistern uns an den genialen Gedankengängen der alten Griechen oder Inder, an den astronomischen oder mathematischen Erkenntnissen der Chaldäer und Ägypter, an den technologischen und architektonischen Leistungen alter Völker. Seit vielen Jahrtausenden existiert der Bergbau. Man findet bei den Alten gute geographische Beschreibungen. Aber bis zum 18. Jahrhundert gehörte fast alles, was Berichte über die Erde und deren Leben betraf, weitgehend zum Bereich der Legenden, und die phantastischsten Legenden hatten nicht selten den größten Erfolg.

Das Hauptsächlichste, was den Fortschritt der Geologie behinderte, war das Fehlen einer Vorstellung über die geologischen Zeitmaße. Die Forscher wurden notgedrungen zu Aktualisten, unwissentlich. Jahrtausende schienen ihnen eine unermesslich lange Zeit, und als Zeitspanne der gesamten Erdgeschichte, eingezwängt in das Prokrustusbett der kirchlichen Dogmen, wurden einst 4000 Jahre berechnet.

Der Lehre über die geographische Zonalität war kein Jahrhundert mehr beschieden. Der Einfluß der menschlichen Tätigkeit auf die Landschaft wird mitunter bis in die Gegenwart unterschätzt. Und doch wurde das eine oder andere, wie es schien, offenkundig. Wenn wir die Verse der Dichter vergangener Jahrhunderte lesen, werden wir in ihnen kaum die Lobpreisung der Macht der Bäche finden, die tiefe Schluchten einzuschneiden vermögen. Und erst verhältnismäßig spät sagte der große spanische Dichter Garcia Lorca: „Die Phantasie ist arm, und

die poetische Phantasie ist es im besonderen. Die sichtbare Wirklichkeit ist unermesslich reicher, unermesslich poetischer als ihre Erkenntnis.

Das offenbart immer wieder der Widerstreit zwischen wissenschaftlicher Offenbarung und erdichtetem Mythos, der Kampf, in dem die Wissenschaft über die Ehrfurcht vor einem Gott siegt, tausendmal lyrischer, als es die Theogonie vermag.

Die Phantasie folgte der Logik, den Riesen das zuzuschreiben, was durch die Hände der Riesen geschaffen schien; aber die wissenschaftliche Realität, die an der Grenze der Poesie und außerhalb der Grenzen dieser Logik steht, bestätigte dem klaren Tropfen des unvergänglichen Wassers seine Bedeutung. Ja, unermesslich schöner ist es, die Höhlen gebildet zu sehen durch die geheimnisvolle Phantasie des einem ewigen Gesetz folgenden Wassers als durch die Laune der Riesen, die allein nur durch die Notwendigkeit geschaffen wurden, das Unbegreifliche zu erklären.“

Man kann dazu erklärend vermerken, daß die geheimnisvolle Phantasie des Wassers durch die Kraft der Tropfen hervorgerufen wird, multipliziert mit Tausenden von Jahrtausenden.

Die Gegenwart aber ist Vergänglichkeit, eine der flüchtigen Etappen im Dasein unserer Erde, ein wenig ähnlich den vorangegangenen, ein wenig ähnlich den ursprünglichen. Je tiefer wir in die Vergangenheit hineinblicken, um so klarer offenbart sich uns die Zukunft.

Wenn es einen gewissen Rhythmus klimatischer Änderungen, von Bewegungen der Erdkruste, von Vorstößen oder Rückzügen des Meeres oder letztlich von Weltkatastrophen gibt, so können wir, wenn wir das Geschehen von Hunderten von Jahren der Vergangenheit überblicken, Ereignisse voraussagen, die sich während einiger Jahrzehnte wiederholen; vermögen wir Jahrtausende zu überblicken, dann lassen sich schon Jahrhundertkatastrophen voraussehen. Bei einer Analyse von Jahrmillionen der Erdgeschichte aber können wir Ereignisse erkennen, die sich einmal in Zehntausenden oder Hunderttausenden von Jahren wiederholen.

Das Bedürfnis langfristiger Wettervorhersagen ist heutzutage sehr groß. Um die Möglichkeit solcher Prognosen zu erörtern, müssen wir eine kleine Reise in die geologische Vergangenheit unternehmen, sagen wir, eine halbe Milliarde von Jahren zurück.

Auf der Suche nach dem Schnee von gestern

Die Schichten der Gesteine sind erstarrte Geschichte unseres Planeten. Sie werden von Wissenschaftlern vieler Fachgebiete erforscht, insbesondere von den Paläogeographen, die versuchen, die Landschaften und Klimata der fernen Vergangenheit zu rekonstruieren.

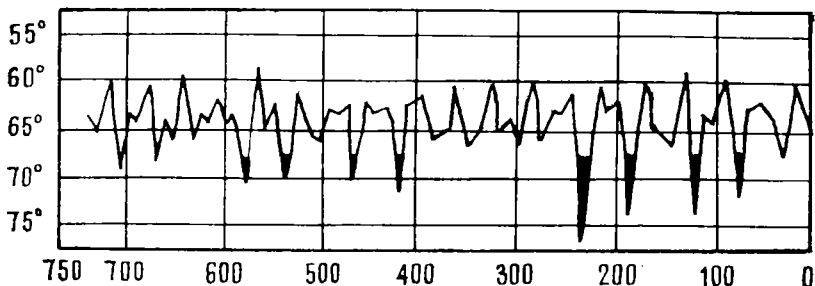
Einer der ersten Paläoklimatologen war George Cuvier. Er behauptete, daß auf der Erde periodisch **Katastrophen** auftreten, durch die das Leben in ausgedehnten Räumen vernichtet wird und durch die sich der Charakter der Sedimentation ändert. Die letzte derartige Katastrophe verband Cuvier mit einem plötzlichen Absinken der Temperatur, wodurch insbesondere die Mammuts zugrunde gingen, und mit der Sintflut. Bei aller Anfechtbarkeit der Hypothese Cuviers war darin auch ein nicht geringer Teil Wahrheit enthalten.

Die Realität der „Vereisungskatastrophe“ wurde in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts durch Arbeiten des schottischen Geologen John Geikie, des schwedischen Geographen Otto Torell und des hervorragenden russischen Gelehrten Pjotr Alexejewitsch Kropotkin überzeugend bewiesen. Am Ende des 19. Jahrhunderts errang die Eiszeittheorie allgemeine Anerkennung. Eine ihrer grundlegenden Thesen war der Schluß von der wiederholten Vergletscherung hoher und mittlerer Breiten der nördlichen Halbkugel in den letzten ein bis zwei Millionen Jahren (im Pleistozän, auch Eiszeitalter, Quartär oder Anthropogen, wie man diese Periode bezeichnet).

Schließlich kann nach unseren alltäglichen Zeitmaßen ein Ereignis, das Jahrzehntausende umfaßt, nicht als plötzlich, als katastrophal bezeichnet werden. Jedoch nach geologischen Maßstäben, wo mit Jahrmillionen gerechnet wird, erscheinen die pleistozänen Vereisungen in der Tat als **Katastrophen**.

Die Entwicklung der Paläoklimatologie erfolgte entsprechend den Anhäufungen der Fakten und der Entwicklung neuer Methoden der Klimarekonstruktion vergangener Zeiten. Heute steht den Paläogeographen eine ganze **Anzahl mehr oder weniger zuverlässiger geologischer Thermometer, Feuchtigkeitsmesser und auch Zeitmesser** zur Verfügung. Zum Unterschied von gewöhnlichen Geräten haben diese jedoch ein sehr verschiedenes Aussehen und andersartigen Charakter. Nach dem Verhältnis der Sauerstoffisotope in organischen Resten kann man über die Temperaturverhältnisse alter Meere urteilen, weil diese Isotope sich in den Schalen von Mollusken, die in diesen Meeren existierten, zu deren Lebzeiten bei verschiedenen Wassertemperaturen in unterschiedlichen Verhältnissen anhäuften. Andererseits kann man nach dem Mengenverhältnis der verbliebenen Zerfallsprodukte bestimmter radioaktiver Elemente das Alter der entsprechenden Gesteine beurteilen.

Ungeachtet der Erfolge der Radiogeologie ist bis jetzt in der Paläoklimatologie die Anwendung biologischer und lithologischer Methoden am bekanntesten. Versteinerte Reste von Tieren und Pflanzen helfen uns bei der Rekonstruktion von Landschaften vergangener Zeiten (welche zweifellos von den klimatischen Verhältnissen abhängig waren).



Klimaschwankungen für 65° n. Br. in den letzten 750 Jahrtausenden.
 Von links nach rechts: von der Vergangenheit zur Gegenwart; Vergletscherungs-
 epochen schwarz ausgelegt (nach Milankovič)

Unter anderem bilden sich auch Schichten von Gesteinen in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen verschiedenartig aus.

Außerdem finden sich in den Schichten manche Zeugnisse dieser oder jener flüchtigen Ereignisse der Vergangenheit: Narben einstiger Regentropfen, Wellenrippeln von Flüssen oder Flachmeeren, Spuren von Überschwemmungen oder Bränden, Fahrtenabdrücke von Lebewesen, Gletscherschrammen usw.

So haben die Wissenschaftler gelernt, die Klimata der geologischen Vergangenheit zu rekonstruieren. In Verallgemeinerung der vorhandenen Fakten zog der sowjetische Klimatologe M.I. Budyko folgende Schlüsse:

1. In den letzten wenigen hundert Millionen Jahren herrschten klimatische Bedingungen, die sich deutlich von den gegenwärtigen unterschieden. Im Verlaufe dieser Zeiten, mit Ausnahme der letzten verhältnismäßig kurzen quartären Periode, lag die Temperatur in den tropischen Breiten nahe der gegenwärtigen, aber in gemäßigten und höheren Breiten bei weitem höher als heute.
2. Ein bedeutender Temperaturkontrast zwischen Äquator und den Polen war vor ungefähr siebzig Millionen Jahren zu verzeichnen — am Beginn der Tertiärperiode —, und seit jener Zeit verstärkte er sich relativ langsam.
3. In der Quartärperiode sank die Temperatur in den höheren Breiten erheblich ab. Eine mehrfache Kontinentalvergletscherung, die sich auf der nördlichen Halbkugel ausbildete, nahm einige Male an Ausdehnung zu und erreichte gemäßigte Breiten, um sich jeweils wieder in höhere Breiten zurückzuziehen. Der letzte (Würm-) Vorstoß der Kontinentaleismassen in Eurasien endete vor ungefähr 10 000 Jahren.
4. In den letzten 10 000 Jahren veränderten sich die Temperatur-

bedingungen in höheren und gemäßigten Breiten weiter, was mit bedeutenden Schwankungen der Flächenausdehnung der polaren Eisbedeckung verbunden war.

5. Im letzten Jahrhundert hielten die Klimaschwankungen weiterhin an. In der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts stellte sich eine Erwärmung ein, die besonders in den 20er und 30er Jahren bemerkbar war. In den 40er Jahren wurde diese Erwärmung durch ein gewisses Absinken der Temperatur abgelöst. Die gegenwärtige Veränderung des Klimas zeigt sich am bedeutendsten in den gemäßigten und höheren Breiten der nördlichen Halbkugel.

Wir wollen diese Schlußfolgerungen etwas ergänzen. Ungesehen des Vorherrschens warmer Klimata im Laufe der Erdgeschichte ohne scharfe Kontraste zwischen den Polen und dem Äquator, wurden größere Vereisungen im Permokarbon (vor ungefähr dreihundert Millionen Jahren), im Wend (vor ungefähr sechshundert Millionen Jahren) und in noch früheren Zeiten festgestellt.

Die Spuren der ältesten Vereisungen finden sich gewöhnlich in Gebieten, die heute weit von den Polarzonen entfernt sind. (So umfaßte die permokarbene Vereisung Teile Südamerikas, Südafrikas, Indiens und Australiens.) Das wird unter anderem als wichtiger Hinweis für die Hypothese der Kontinentaldrift gewertet.

Wie sich aus paläogeographischen Karten, die für verschiedene Epochen zusammengestellt worden sind, erschließen läßt, erfuhr die Verteilung der Festländer und Meere bedeutende Veränderungen. Zeitweilig eroberten die Meere große Teile der Kontinente, zeitweilig verringerten sie ihre Ausdehnung (besonders in Epochen, die mit Heraushebungen der Festländer in Verbindung mit Vereisungsperioden gekennzeichnet waren).

Geologische Rekonstruktion des Erdbildes durch einige Forscher zeigen, daß es in der Geschichte der Erde offensichtlich Epochen erhöhter tektonischer Aktivität gab, in denen Gebirge beschleunigt aufstiegen, besonders mächtige Vulkane ausbrachen und die Erde insgesamt heftige Konvulsionen, Katastrophen, geologische Revolutionen erfuhr.

Die Auffassungen von geologischen Katastrophen der fernen Vergangenheit der Erde beziehen sich auf drei Gruppen: große Meerestransgressionen und -regressionen, Verstärkung der „innenbürtigen“ tektonischen Aktivität und die Auswirkung kosmischer Kräfte.

Die Paläoklimatologen, die die zu Stein gewordene Vergangenheit unseres Planeten studieren, und die Klimatologen, die die flüchtigen Kapriolen des Wetters registrieren, bewegen ähnliche Probleme. Und viele Gelehrte, insbesondere Geographen, versuchen eine Lösung zu finden, indem sie sich auf die Hypothese der klimatischen oder geo-

logischen Rhythmen stützen. Für die Klimatologen wird dieser Weg der Forschung durch das Licht der Sonne erhellt. Aber viele Paläoklimatologen und Geologen suchen die Geheimnisse der Rhythmen in den Tiefen der Erde.

Versteinerte Strophen

Schichten ähneln Gedichten.

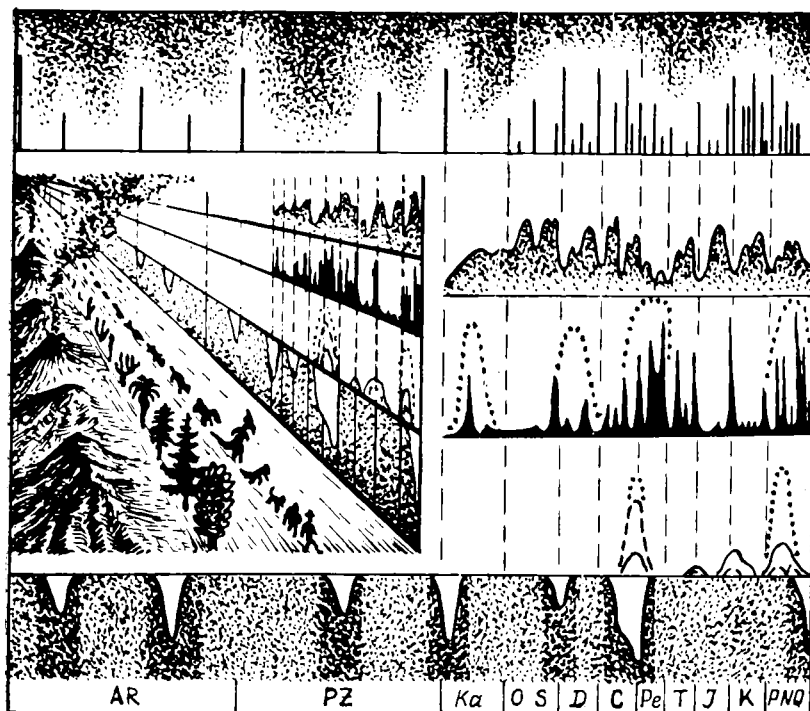
Jede Gesteinsschicht ist gleichsam eine Zeile.

Die rhythmische Aufeinanderfolge der Zeilen eines Gedichtes wechselt mit der Aufeinanderfolge der Reime, die die Strophen (den vollständigen Zyklus) bilden. Eine neue Strophe und ein neuer Zyklus wiederholen sich.

Die zyklische Aufeinanderfolge der Schichten ist in der Geologie üblich. Besonders charakteristisch ist sie für Kohlelagerstätten. Erstaunlich ähnliche Zyklen kann man in verschiedenen Lagerstätten bemerken: im Donbass, Kusnez, Illinois. Unten liegt eine Konglomeratschicht, dann folgen grobkörniger Sandstein, feinkörniger Sandstein, schluffige und tonige Gesteine und schließlich Kohle. Und wieder folgt ein analoger Zyklus.

Ähnliches wird in verschiedenartigen Ablagerungen vieler Gebiete der Erde angetroffen. Diese Rhythmen markieren sich ähnlich wie Gedichtzeilen: abab, abccba usw. (jeder Buchstabe entspricht einer Schicht). Ein scharfer Wechsel der Schichten in der Vertikalen und eine auffallende Rhythmizität, eine Wiederholung von Schichten und Zyklen führen zu der Vorstellung, daß sich ehemals, während der Anhäufung dieser Schichten, die natürlichen Bedingungen in strenger Ordnung, rhythmisch änderten und diese Gesetzmäßigkeit die Harmonie einer kosmischen oder planetaren Kraft widerspiegelt.

Nicht weniger erstaunlich ist ein anderer Fakt: Auf der ganzen Erde herrschten in verschiedenen geologischen Epochen bestimmte Gesteine vor und gaben Anlaß für die Bildung bestimmter Bodenschätze. So findet sich Steinkohle vorherrschend in der Steinkohlenperiode, aber fast nicht in Triasablagerungen; Steinsalzlager finden sich reichlich im Perm, selten aber in der Steinkohlen- und Triasperiode usw. Diese Gesetzmäßigkeit veranlaßte den Geologen L.W. Pustowalow zu einer Verallgemeinerung: „Bestimmte geologische Momente sind durch vorherrschende Akkumulationen bestimmter Ablagerungstypen charakterisiert, wobei sich eine äußerst intensive Bildung dieser Ablagerungstypen in der gesamten geologischen Geschichte der Erde wiederholt.“ W.E. Chain fügt hinzu: „Insgesamt ist die Zyklicität eine globale Erscheinung, und ihre Ursachen müssen ebenfalls globaler Art sein.“



Geologische Rhythmen der letzten 1100 Millionen Jahre (nach R. Brinkmann, ergänzt).

Von oben nach unten: Intensität der Gebirgsbildung, Schwankungen des Ozean-spiegelniveaus, Salzakkumulation, Kohleakkumulation, Vereisungen.

AR Archaikum, PZ Proterozoikum, Ka Kambrium, O Ordovizium, S Silur, D Devon, C Karbon, Pe Perm, T Trias, J Jura, K Kreide, P Paläogen (Altter-tiär), N Neogen (Jungtertiär), Q Quartär

Welcher Art aber sind diese Ursachen? Nach Meinung der Mehr-zahl der Geologen muß man „die Erklärung der Periodizität der Bil-dung der Sedimentgesteine . . . in erster Linie in der Rhythmizität der tektonischen Bewegungen“ suchen (L.B. Ruchin). Und schließlich ne-giert niemand den Einfluß des Klimas, der Reliefänderung (die im all-gemeinen von den tektonischen Bewegungen abhängig ist) und der Tätigkeit der Organismen.

Es dürfte eine offensichtliche Wahrheit sein: Hebt sich die Erdober-fläche, so werden die Berge zerstört, das Festland weithin eingeebnet, und Bruchstücke von Gesteinen werden angehäuft; dann transgrediert das Meer, und Meeressedimente werden abgelagert; später setzt von neuem eine Heraushebung ein, Lagunen bilden sich, erneut entstehen

Gebirge. Es wiederholt sich ein Zyklus der Bewegungen der Erdkruste — es wiederholt sich auch dieselbe Art der Sedimente. Unter ein und denselben geographischen Bedingungen aber werden auch ein und dieselben Gesteine gebildet.

Oder klimatische Änderungen: Bald herrschen auf dem Planeten Zonen erhöhter Feuchtigkeit vor, bald herrschen Wüsten, bald allgemeine Abkühlungen, die Vereisungen auslösen, bald allgemeine Erwärmungen, so daß Palmen dicht an die gegenwärtigen Polargürtel heranrücken.

Aber offensichtliche Wahrheiten, so lieb sie uns sind, sind gewöhnlich in der unendlich komplizierten Natur nicht realisiert.

Kommen wir zurück zu den Kohlenzyklen. Sie sind in der Tat untereinander ähnlich. Aber mit einer seltsamen Abweichung: In entsprechenden Schichtenverbänden werden nicht selten fossile Reste bald mariner, bald festländischer Organismen angetroffen. Und doch sollten tektonische Kräfte ganz unzweideutig wirken, in jedem Zyklus auf gleiche Weise Meer und Festland aufeinander folgen lassend.

Außer den Kohlenzyklen werden Zyklen der Salzzakkumulation als klassisch angesehen. Der deutsche Geologe F. Lotze formulierte sogar ein annähernd entsprechendes Gesetz: „Die Salzbildung verstärkt sich entweder gleichzeitig mit großen gebirgsbildenden Bewegungen oder unmittelbar danach.“

Jedoch die folgenden Definitionen machen auch diese Regel zunichte. „In Wirklichkeit“, konstatiert N.M. Strachow, „entstanden Salzschiefer nicht nur unter Bedingungen einer Regression (eines Meeresrückzuges), sondern auch unter Bedingungen einer Transgression (eines Meeresvorstoßes) und sogar bei stabilen Beckenverhältnissen.“

Und schließlich verhalten sich allgemeinirdische Zyklen mitunter ganz rätselhaft. Es scheint, daß sich Salze im trockenen Klima ablagern müssen, Kohle sich aber in feuchtem anhäuft. Aber in der Trias wurden verhältnismäßig wenig Salz als auch Kohle gebildet. Und aus dem Perm ist sowohl Salz als auch Kohlebildung bekannt. Und hier ist keinerlei offensichtliche und strenge Verbindung mit einer Aktivierung tektonischer Kräfte oder gesamtplanetaren Schwankungen des Klimas zu vermerken. Wird somit auch in diesem Falle dieselbe gesetzmäßige Aufeinanderfolge der Schichten verursacht?

Einige Geologen denken an gesamtirdische planetare Zyklen, die mit einer Epoche der aktiven Auffaltung und Heraushebung von Gebirgen — einer Epoche der „Orogenese“ — beginnen. Dann klingt die Orogenese ab, und Sedimente häufen sich an. Mit der Wiederholung einer aktiven Gebirgsbildung beginnt ein neuer Zyklus gesamtirdischer geologischer Prozesse, der gesamtplanetare oder großmaßstäbliche kontinentale Katastrophen verursacht. In der Folgezeit klingen die Kon-

vulsionen der Erde allmählich ab, bis ein neuer Zyklus beginnt. Ein solches Schema entwickelte der Geologe H. Stille.

Entsprechende Ideen begegneten heftigem Widerstand seitens vieler Spezialisten.

Die ungewöhnliche Kompliziertheit des geologischen Baues der Erdkruste, die Unbeständigkeit der Schichten sowohl in der Horizontalen wie in der Vertikalen, die zahlreichen und mannigfaltigen Falten und Brüche — alles das erlaubte, sich mit Erfolg Fakten auszuwählen, die gesamtplanetare Rhythmen und Zyklen bestätigten. Aber auch die „Antirhythmiker“ suchten ihrerseits nicht nach Mängeln im faktischen Material.

Sogar unter den Verfechtern gesamtplanetarer Rhythmen gibt es Mißklänge. Die einen erklären die Zyklicität in den Sedimentakkumulationen durch Schwankungen der Sonnenaktivität. Andere wieder verweisen auf Veränderungen der Geschwindigkeit bei der Drehung der Erde um ihre Achse (d.h. auf Rotationskräfte) oder auf ihrer Bahn um die Sonne. Dritte geben gravitativen Wechselbeziehungen den Vorzug (Wechselwirkungen im System Erde — Mond — Sonne). Die vierten berufen sich auf kosmische Einflüsse in der Kette der Kreisbewegung unserer Galaxis (galaktisches Jahr). Die fünften verweisen auf Ausbrüche neuer Sterne (Supernovae).

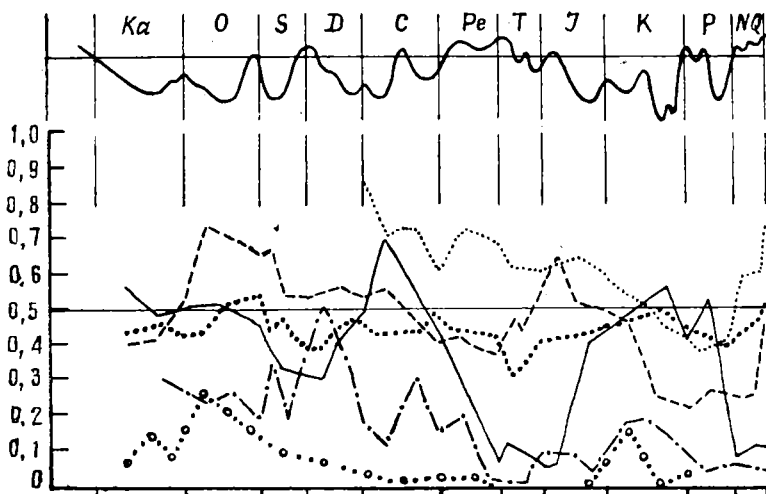
Noch heftiger offenbaren sich die Dissonanzen beim Vergleich der Anzahl der gesamtplanetaren orogenen Zyklen (der „kosmischen Impulse“ auf die Erde). Sowohl die Menge als auch die Dauer der planetaren Zyklen interpretiert jeder Forscher nach seiner Art, und seine Angaben stimmen gewöhnlich nicht mit denen seiner Kollegen überein.

Je genauer das Alter der Gesteine und je klarer die Bedingungen ihrer Lagerung bestimmt werden, um so schwieriger wird es, die Synchronität der planetaren Schwingungen der Erdkruste und die durch sie hervorgerufenen geologischen Zyklen zu beweisen.

Und trotz allem existieren geologische Zyklen offenkundig. Nicht nur feine, in Stein erhaltene, mit einem deutlich ausgeprägten Wechsel der Gesteinsschichten in definierten Gebieten. Es existieren auch planetare Zyklen, und dieser Fakt ist offenkundig, wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf einige Diagramme richten.

Das Diagramm der Verteilung der Kohlenvorräte auf die geologischen Perioden hat klare Peaks und klare Minima. Ähnlich charakteristische Diagramme gibt es für Steinsalz, Phosphorit und eine Reihe anderer nutzbarer Bodenschätze. Offensichtlich wurden auch Gesteine mit Vorherrschen bald des einen, bald des anderen Typs akkumuliert. Und das bedeutet, daß sich die Bildungsbedingungen der Gesteine von Epoche zu Epoche änderten.

Vor relativ kurzer Zeit konstruierte A.L. Janschin Diagramme, die



Anteil der Transgressionen und Regressionen in verschiedenen Regionen für die letzten 500 Millionen Jahre (nach A.L. Janschin).
Oben: Schema weltweiter Transgressionen und Regressionen. Erklärung der Buchstaben s. Abbildung auf S. 106

die Veränderungen der Flächenausdehnung von Land und Meer im Bereich verschiedener Kontinente zeigen. Es ergibt sich daraus, daß es keine Periode gab, in der alle Kontinente fast völlig unter dem Spiegel des Meeres begraben lagen oder mit einem Schlage universell auftauchten. Jedoch ist aus denselben Grafiken auch klar ersichtlich, daß es Epochen gab, in denen fast alle Kontinente erheblich von einem „mittleren Niveau“ über dem Meeresspiegel abwichen.

Müssen denn alle Kontinente und Ozeane auf äußere Einwirkungen einheitlich reagieren? Wohl kaum. Es gibt dafür keinerlei Begründung. Einige äußere Sphären der Erde sind asymmetrisch. Die Strahlungsgürtel der Erde sind von der Sonnenrichtung weg kräftig gedehnt, die Troposphäre ist an den Polen ungefähr zweimal dünner als am Äquator. Die Festländer konzentrieren sich auf der nördlichen Halbkugel, und die Ozeane herrschen auf der südlichen vor. Vulkanische Gürtel und Gebirgsgürtel sind an bestimmte Breiten oder globale Strukturen gebunden. (Zum Beispiel erstrecken sich Ketten, wenn auch unterschiedlicher Art, entlang der Küsten des Stillen Ozeans und meridional durch den Atlantischen Ozean.) Wenn man darüber hinaus die Dynamik der Atmosphäre und der Ozeane betrachtet, die kapriziösen Spiralen und Linien der ozeanischen Strömungen und der Zirkulationen der Atmosphäre, die Zonen der Bildung und Bewegungen der Tai-

fune, der Zyklonen, Antizyklonen usw., dann verbleiben praktisch kaum Möglichkeiten für gesamtplanetare Ereignisse vom gleichen Typus.

Nach Berechnungen B.L. Litschkows und I.I. Schafranowskis kann die Erdkugel (das Geoid) als kosmischer Körper auf äußere Einwirkungen nicht gleichartig reagieren. Spannungen müssen sich auf bestimmte „kritische Breiten“ konzentrieren; auf ähnliche Weise müssen sowohl Atmosphäre als auch Hydrosphäre reagieren. Der sowjetische Gelehrte G.N. Katterfeld präziserte die Gesetzmäßigkeiten der Bewegungen der Erdkruste, indem er eine Berechnung der Rotation des Planeten einbezog.

Selbst nach vereinfachten theoretischen Daten erweist sich die Reaktion der Erde auf äußere (oder innere) Kräfte so knifflig, daß man wahrscheinlich bestenfalls an eine komplizierte Harmonie der planetaren tektonischen Kräfte denken kann, weit entfernt von primitiver Synchronität und Einförmigkeit. Offensichtlich existierten in der Geschichte der Erde Epochen mit starken klimatischen Kontrasten, mit einem ziemlich scharfen räumlichen und zeitlichen Wechsel. Dabei nahm auch die Verschiedenheit der abgelagerten Sedimentgesteine zu. Zudem waren mit diesen Epochen möglicherweise bedeutsame marine Transgressionen und Regressionen verbunden. Mit anderen Worten: In der erdgeschichtlichen Vergangenheit sind Epochen mit „Katastrophen“ durchaus wahrscheinlich, obwohl ihr Ablauf nach unseren gewöhnlichen Maßstäben außerordentlich lang war.

Die Gesetzmäßigkeiten vieler Rhythmen in Schichtenfolgen lassen hoffen, daß die Wissenschaftler in nicht allzu ferner Zukunft auch diese rätselhaften Schriften, die uns von der Natur zurückgelassen wurden — Verse irdischer Elemente —, zu entziffern lernen und durch sie die Geschichte der Wandlungen der Klimata und ruhelosen Meere der Erde zu rekonstruieren vermögen. Doch vorläufig versuchen wir, kritisch den Grad der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der paläogeographischen Angaben zu werten.

Die geologische Unschärfe

Unter Katastrophen mögen allgemein natürliche Prozesse ungewöhnlicher, explosionsartiger Geschwindigkeit verstanden werden. Aber, um eine Geschwindigkeit zu bestimmen, muß man Uhren, Zeitmesser haben. Alle „geologischen Uhren“, die uns bekannt sind, haben eine sehr geringe Genauigkeit. Nur für die letzten Jahrzehntausende kann man die Intervalle mit einer Genauigkeit von Jahren an Schichten von Fluß- und Seeablagerungen und an Jahresringen von Bäumen messen. Nach der Zerfallsgeschwindigkeit radioaktiver Elemente und nach Isotopenverhältnissen verringert sich die Genauigkeit für die nächsten Jahr-

tausende auf Zehner und Hunderte von Jahren und weiter zurück in die Vergangenheit auf Millionen, Zehner und sogar Hunderte von Millionen Jahren.

Noch schwieriger sind die räumlichen Ausmaße geologischer Katastrophen zu rekonstruieren. Der Forscher ist gezwungen, mit Angaben von einzelnen Punkten, zwischen denen Zehner oder auch Hunderte von Kilometern liegen können, zu operieren. Welche Garantie ist dann gegeben, daß wir es mit derselben Schichtenfolge zu tun haben? Um wieviel mehr, wenn die Genauigkeit der Bestimmung von deren Alter Millionen von Jahren beträgt?

Eine andere Gruppe geologischer Unschärfen bezieht sich darauf, daß viele Schichten entweder „stumm“ oder vieldeutig sind. „Stumme“ Schichten sind entweder fossilfrei, d.h., sie enthalten keinerlei Spuren einstigen Lebens (oder auch anderer „geologischer Uhren“), die auf die Zeit und die paläogeographische Situation ihrer Bildung hinweisen. Die „vieldeutigen“ Schichten können verschiedenartige Entstehungsursachen haben. Zum Beispiel beziehen sich unsortierte tonige Gesteine mit Geröllen gewöhnlich auf Ablagerungen von Gletschern (Grundmoränen, gebildet durch Ausfall mitgeführten Gesteinsmaterials aus schmelzenden Gletschern und seiner Durchmischung durch Schmelzwässer). Jedoch werden Schichten ähnlichen Aussehens auch an Meeresküsten, in intramontanen Senken und auf Hängen sowie auch auf Böden von Meeren und Seen angetroffen.

Gewisse kieselige Sedimente zeugen nach der Meinung einiger Autoren von kaltem Klima, aber nach der Meinung anderer von Wärme und Trockenheit. Bei gegliedertem Relief können in den Tropen Tone im ersten, im Hydroglimmerstadium verbleiben, ebenso aber auch im kalten Klima. Vieles hängt von der Zusammensetzung jener Gesteine ab, die der Zersetzung und Abtragung unterworfen werden. Rotgefärbte Schichten sieht man gewöhnlich als charakteristisch für trockenes Klima an, obgleich sich ähnliche Ablagerungen auch in den feuchten Tropen bilden können.

Es ist allgemein üblich, Salze als typische Indikatoren für trockene Klimata anzusehen. Tatsächlich kann Steinsalz in halbabgeschlossenen kleinen Meeresrandbecken ausgeschieden werden. Aber für Kalisalze sind solche einfache Mechanismen offenbar nicht geeignet. In gegenwärtigen Becken scheidet sich Steinsalz in verhältnismäßig geringem Maße ab und Kalisalze äußerst selten. Die Wüsten und Halbwüsten unserer Zeit nehmen große Räume ein, und in den Epochen intensiver Salzanhäufung (im Devon, Perm und Paläogen) dürften die Wüsten kaum größer gewesen sein.

Die Paläoklimatologen beziehen sich auf die Geochemiker, die die Eindampfung der Salze bestätigen, und die Geochemiker — auf die

Paläogeographen, die auf die Verknüpfung der Salze mit der trockenen Zone verweisen. Der Kreis schließt sich, eine Illusion der Lösung des Problems erzeugend.

Eine beliebige paläogeographische Karte zeigt keine reale Landschaft eines konkreten Zeitabschnittes, sondern verallgemeinert für ein ziemlich unbestimmtes Intervall (mit einer Genauigkeit von Jahrmillionen!). In einer solchen Zeitspanne können wiederholt Meere auf diesem oder jenem Territorium vorstoßen oder zurückweichen, und das Klima kann sich erheblich ändern. Allein in der letzten Jahrmillion drangen ausgedehnte Gletscher einige Male bis in die mittleren Breiten der nördlichen Halbkugel vor, Klima und Landschaften erfuhren Umgestaltungen, riesige Gletscherseen entstanden und verschwanden.

Und trotz allem ist dabei doch wesentlich: Ungeachtet aller Schwierigkeiten erzielte die Paläogeographie in unserer Zeit glänzende Erfolge. Die Wissenschaftler überwandten geologische Unschärfen und stellten einen ganzen Komplex von Indikatoren zusammen, die von geologischen Bedingungen vergangener Zeiten zeugten: Zusammensetzung und Lagerungsbedingungen der Gesteine, spezifische Minerale, fossile Reste, Strömungsspuren, Wellenrippeln, Trockenrisse, Brandungsmarken, Gletscherspuren, Phasen und Besonderheiten der Verwitterung, radioaktive und isotopische Charakteristika u.a. Die Paläogeographen kommen zu überzeugenden Übereinstimmungen, zu Konvergenzen der Resultate. Doch verbleiben auch gewisse Unsicherheiten: in der Zählung der Intervalle der geologischen Zeit, in der Datierung der Schichten, in den Verallgemeinerungen von Charakteristika. Man muß sie entsprechend berücksichtigen, sich an sie erinnern und muß sich hüten, entsprechende Schlußfolgerungen in den Rang absoluter Wahrheiten zu erheben.

Lehren der Eiszeit

Die Geschichte der Erforschung der Geologie und Paläogeographie der quartären (pleistozänen, eiszeitlichen oder anthropogenen) Periode ist voller dramatischer Ereignisse, heißer Streitigkeiten, Irrtümer und bedeutender Entdeckungen. Die grundlegende geographische Besonderheit dieser Periode sind ungewöhnliche Änderungen des Klimas, die zu mehrfachen großen Vereisungen geführt haben oder, vielleicht richtiger, zur Voraussetzung großer Vereisungen, die zu mehrfachen Veränderungen der Klimata auf fast dem gesamten Planeten führten.

In der Nähe der Stadt Lichwin, am Ufer des Flusses Oka, wurden an einem Abhang bemerkenswerte Schichten freigelegt, auf die Forscher bereits im Jahre 1781 aufmerksam wurden. Das Studium der Lichwiner Schichten nimmt auch die Forscher in der Gegenwart noch in Anspruch. Man unterscheidet dabei sechs verschiedene Schichten. Zu-

unterst liegen Sande mit Geröllen. Gewisse Gerölle sind von der Halbinsel Kola herangetragen worden. Sie zeugen von kalten Zeiten, als Gletscher von den nördlichen Gebirgen herandrangen und Schmelzwässer über die gesamte Russische Ebene abflossen.

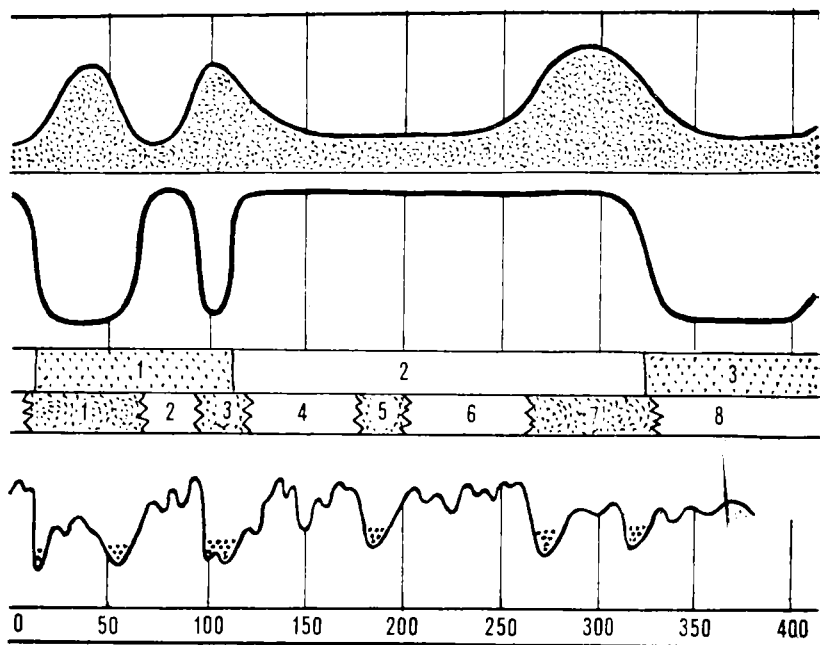
Höher folgen tonige Schichten, wie sie sich vorzugsweise in wärmeren Seen absetzen. Darin sind Abdrücke von Süßwasserfischen und Blättern der Buche, aber auch reichlich pflanzliche Pollen enthalten. Die folgende Schicht sind Tone mit Linsen von Sand, ein Überbleibsel einstiger Seen und Flüsse. Noch höher liegen schluffige Ablagerungen mit Knochen des Wollhaarigen Nashorns und des Mammuts. Sie werden überdeckt durch eine sandig-tonige Moräne, die durch einen Gletscher abgelagert wurde. Und auf der Moräne liegen Sande, Lehme und die gegenwärtigen Böden.

Eine solche Schichtenfolge spricht für einen ziemlich scharfen Wechsel der natürlichen Bedingungen, von der Eiswüste oder Tundra zu warmzeitlichen Laubwäldern, zu deren Zeiten die Jahresmitteltemperatur höher war als heute (um $+6^{\circ}\text{C}$) und höhere Feuchtigkeit herrschte. Und wieder trat eine starke Abkühlung ein, die Gletscher stießen erneut vor und lösten die Warmzeit ab.

Jedoch darf man nicht vergessen: Die Schwankungen der natürlichen Bedingungen dauerten ungefähr 200 000 Jahre. In den Schichten lassen sich gesetzmäßige Veränderungen der Pollenspektren erkennen: von einem Überfluß an Sporen von Tundrenpflanzen zu Pollen von Nadelwäldern, dann von Mischwäldern und schließlich zu breitblättrigen Laubwäldern, worauf die Änderungen wieder in umgekehrter Ordnung erfolgen. Schwerlich kann man hier irgendwelche Katastrophen vermuten. Keine Besonderheit der Schichten, keine Reste von Lebewesen weisen darauf hin.

Entsprechende Schichtenfolgen werden überall auf der Russischen Ebene, in Nordamerika, in Westeuropa und in Sibirien angetroffen. Zu Beginn unseres Jahrhunderts kamen die Alpenforscher A. Penck und E. Brückner zu dem Schluß, daß es Spuren von vier großen Vereisungen gibt. Eingenommen von dieser Idee, begannen Wissenschaftler verschiedener Länder, die Spuren der vielen Vereisungen zu suchen. Und schließlich wurden sie auch gefunden. Mit der Zeit wurden jedoch auch skeptische Bemerkungen an die Adressen von Penck und Brückner sowie ihre Anhänger gerichtet. Die einen Gelehrten kamen zu dem Schluß, daß es bedeutend mehr Vereisungen gegeben habe (bis dreizehn), andere rechneten mit weniger als vier (bis zu einer), und die dritten lehnten große Vergletscherungen überhaupt ab.

Besonderes Interesse für eine Begründung einheitlicher gesamtirdischer Rhythmen erweckten Mitteilungen über die Synchronität der Vereisungen auf verschiedenen Kontinenten. Messungen des Gehaltes an



Natürliche Rhythmen im Pleistozän:

Von oben nach unten: Schwankungen des Ozeanspiegelniveaus (nach H. Fick); Klimaschwankungen nach paläontologischen Daten, Kalt- und Warmzeiten (nach B.N. Ericson); Kalt- und Warmzeiten; Temperaturschwankungen nach dem Sauerstoffisotopen-Verhältnis (nach C. Emiliani)

radioaktivem Kohlenstoff in Holzresten aus Schichten, die einer gewissen Erwärmung in der Epoche der letzten Vereisung der nördlichen Halbkugel entsprechen, zeigen, daß das Alter dieser Schichten in Europa $64\,000 \pm 1100$ Jahren entspricht, die analoge Erwärmung in Amerika wurde mit $64\,000 \pm 2000$ und $67\,000 \pm 1000$ Jahren ermittelt. Sehr ähnlich sind auch auf diese Weise ermittelte Altersangaben für Schichten, die sich auf andere Interstadiale (Zeiten relativer Erwärmung) beziehen: $45\,300 \pm 1000$ Jahre für Europa und $47\,500 \pm 2500$ Jahre für Amerika sowie 25 000 bis 29 000 Jahre für Europa und $24\,600 \pm 1500$ bzw. $28\,200 \pm 1500$ Jahre für Amerika.

Es gibt gute Gründe anzunehmen, daß die Hauptetappen der Vereisungen auf verschiedenen Kontinenten der nördlichen Halbkugel (vermutlich war es auf Antarktika ebenso!) mehr oder weniger synchron verliefen. In diesem Falle hätten wir etwas Ähnliches wie „gesamtweltliche Katastrophen“ in Form gesamtplanetarer Pulsationen des Klimas. Wahrscheinlich fällt die Zahl der Hauptvereisungen oder

„Kaltzeiten“ und Zwischeneiszeiten, besser „Warmzeiten“, wie sie von der Mehrzahl der Erforscher der Quartärperiode für das westliche Europa (Alpenschema Pencks und Brückners), die Russische Ebene und Nordamerika angegeben werden, nicht zufällig zusammen:

Erste Vereisung:	Günz (Oka, Nebraskan);
Erste Warmzeit:	Günz-Mindel bzw. Cromer (Lichwin, Aftonian);
Zweite Vereisung:	Mindel (Dnepr, Kansan);
Zweite Warmzeit:	Mindel-Riß bzw. Holstein (Roslawl, Odinzowo, Yarmouthian);
Dritte Vereisung:	Riß (Moskau, Illinoian);
Dritte Warmzeit:	Riß-Würm bzw. Eem (Mginsk, Mikulino, Sangamoian);
Vierte Vereisung:	Würm (Waldai, Wisconsinian);
Vierte Warmzeit:	Das ist offensichtlich die Epoche der Erwärmung, in der wir leben und die man als Holozän bezeichnet.

Einige Alpenforscher schließen noch eine älteste Vorgünz-Kaltzeit ein (auch Donau-Vergletscherungsepoche, aus mehreren Vereisungen bestehend), der auf der Russischen Ebene eine Voroka-Kaltzeit entspricht (oder zwei).

Interessante Ergebnisse erhielt man bei der Untersuchung der Meerablagerungen im Atlantischen Ozean. Darin finden sich Reste von Muscheln. Ein in ihnen festgestellter bestimmter Gehalt des radioaktiven Kohlenstoffisotops 14 verweist auf das Alter der betreffenden Schicht. Gleichzeitig wurde das Verhältnis der beiden Sauerstoffisotope Sauerstoff 18 und Sauerstoff 16 bestimmt. Das Verhältnis dieser Isotope in den Muschelschalen ändert sich in Abhängigkeit von der einstigen Wassertemperatur. Je kälter das Wasser ist, um so mehr nehmen lebende Organismen vom Sauerstoffisotop 18 auf. Die Erniedrigung der Wassertemperatur um 1 K erhöht den Gehalt an Sauerstoff 18 um zwei Hundertstel Prozent.

Die Ergebnisse der Forschungen der Meeresgeologen zeigten, daß die Temperatur des Ozeans periodisch um 6 bis 8 K absank. Folglich befanden sich die klimatischen Schwankungen in bestimmter Harmonie mit den Schwankungen der Temperatur des Ozeans, und tatsächlich stimmen sie mit gewissen „allgemeinplanetaren Pulsationen überein“.

Jedoch muß man auch hier einen Tropfen Wermut in den Freudenbecher gießen. Erstens sind in den Meeren kalte und warme Strömungen bekannt, und die erhaltenen Angaben können auch von Richtungsveränderungen dieser Strömungen zeugen. Zweitens ist in Zeiten der Vereisungen der Kontinente eine Verringerung des Ozeanwassers

zu verzeichnen. (Es liegen Beobachtungen vor, daß der Spiegel des Weltmeeres Schwankungen mit einer Amplitude bis zu 200 m erfuhr.) Das bedeutet, daß sich der Salzgehalt verändert hat (er nahm zu!) und ebenso die Dichte des Ozeanwassers. Und diese Fakten, ebenso wie die Temperatur, hatten Einflüsse auf die Isotopenverhältnisse.

Nichtsdestoweniger kann man von einer nicht schlechten Übereinstimmung der auf verschiedene Weise erhaltenen Daten sprechen. Der entstehende Eindruck ist, daß für die Quartärperiode Pulsationen der Katastrophen charakteristisch sind, sowohl im großen, im Maßstab von Jahrhunderttausenden (Vereisungen, Warmzeiten und Verschiebungen der Klimazonen), als auch kleinere, im Maßstab von Jahrzehntausenden (Interstadialen entsprechend). Aus der Anerkennung dieser Fakten folgt logisch die Unvermeidlichkeit bedeutender Spiegelschwankungen des Weltmeeres (eustatische Schwankungen), die mit der Umverteilung des Wassers im System „Gletscher—Ozean“ verbunden sind. Es gibt guten Grund, in Verbindung mit den Vereisungen von periodischen Umstellungen der gesamten Hydrosphäre unseres Planeten zu sprechen, d.h. von der Gesamtheit des Wasserdampfes der Atmosphäre, des Oberflächen- und Grundwassers der Kontinente, des Wassers der Ozeanbecken und der Gesamtheit der planetaren Gletscher.

Man muß jedoch daran erinnern, daß Katastrophen dieser Art auf der Erde nach unseren gewöhnlichen Maßstäben (Jahre, Jahrzehnte) ungewöhnlich langsam ablaufen, praktisch unmerklich. Im Maßstab von Jahrmillionen ist das jedoch eine ungewöhnlich schroffe Umstellung, die mit fast „explosiver“ Geschwindigkeit vor sich geht. Davon zeugen rasche Wechsel der Ablagerungen, der Faunen und Floren und der Klimata der Quartärperiode, die im „Gedächtnis der Erde“, in den Gesteinsschichten und den fossilen organischen Resten fixiert sind.

In den Tiefen der geologischen Vergangenheit

Die gegenwärtige Periode der Vereisungen begann nicht plötzlich. Die Analyse der Paläotemperaturen zeigt, daß auf der nördlichen Halbkugel in den letzten zehn bis zwanzig Millionen Jahren eine allgemeine Abkühlung eintrat. Vordem gediehen in der Polarzone und auf den Inseln des Nördlichen Eismeres (das in damaliger Zeit kein Eismeer war) hunderte Millionen Jahre hindurch Wälder. Sie wandelten sich allmählich in eine kälteliebende Vegetation. Von einer plötzlichen Abkühlung kann offensichtlich keine Rede sein.

Für die geologische Vergangenheit ist ein absolutes Vorherrschen warmer Klimata charakteristisch. Nach der Meinung des amerikanischen Gelehrten E. J. Öpik existierten auf der Erde „abwechselnd zwei

Klimatypen: vorherrschend normales, warmes Klima mit einer mittleren Temperatur von ungefähr 22 °C (gegenwärtig sind es etwa 14 °C) und mit geringen Unterschieden zwischen den Klimazonen und andererseits verhältnismäßig kurze Vereisungsperioden mit kaltem Klima, mit Temperaturschwankungen von 2 °C bei größtem Ausmaß der Vergletscherungen bis 17 °C in einigen wärmeren Perioden, in denen die Gletscher zurückwichen und in denen zwischen den Klimazonen größere Unterschiede bestanden. Das Vorrücken oder Zurückweichen der kontinentalen Gletschermassen, besonders um die Pole herum, dient als grundlegendes Kriterium für die Unterscheidung zwischen diesen beiden Klimatypen.“

Das gibt genügend Grundlagen, diese Vereisungsperioden auf der Erde als katastrophal zu bezeichnen. Die Sache beruht also nicht nur auf der Kürze dieser Periode. Der klimatische Wandel auf dem Planeten wird begleitet von der Aktivierung atmosphärischer Prozesse. Es ändern sich die vorherrschenden Luftströmungen und mit ihnen auch die Meeresströmungen. Unter der Eislast wurden die Kontinente oder Teile davon in die Tiefe gedrückt, was einer relativen Erhöhung des Meeresspiegels entsprach. Das Abschmelzen der Eisbedeckung vergrößerte umgekehrt das Volumen des ozeanischen Wassers. Dabei ist es solchen Kontinentalblöcken, die ehemals unter Eismassen begraben lagen, noch nicht wieder gelungen, völlig herauszutauchen. (Sie „schwimmen“ auf dem dichten, zähen oberen Mantel, in den sie durch die Eislast etwas hineingedrückt wurden, wie Eisberge auf dem Meer.) Deshalb kann man die Epoche des Schmelzens der Gletscher (des „geologischen Frühlings“) als Zeit einer Allerweltsflut ansehen.

„Vor allem muß man bemerken“, schreiben die sowjetischen Geologen B.M. Keller und Ju.A. Lawruschin, „daß jede Vergletscherungsperiode mit Zeiten zusammenfällt, in denen bedeutende Bewegungen der Erdkruste aktiviert wurden, Faltungen und Gebirgsbildungen erfolgten. In solchen Zeiten weicht das Meer zurück, und es entstehen ausgedehnte Kontinentalmassive.“ (In der Tat werden nicht selten Meinungen vertreten, daß gerade die Vergrößerung von Kontinentalmassiven und allgemeine Relieferhöhungen Vereisungen hervorrufen.)

Nach Schätzungen einiger Gelehrter haben Gletscherkappen an den Polen und auf Kontinenten merklichen Einfluß auf die Rotationsgeschwindigkeit und auf Verlagerungen der Erdpole. Das aber führt wiederum zu tektonischen Bewegungen, Deformationen der Erdkruste und Heraushebungen von Bergketten. Die sich verstärkende Gliederung des Reliefs kompliziert und aktiviert die atmosphärische Zirkulation noch mehr.

Ältere Vereisungen waren offensichtlich grandioser als die gegenwärtige. Die Mächtigkeit alter Gletscherablagerungen (Tillite), die

durchsetzt werden von Sandsteinzwischenlagen, übersteigt manchmal 500 m (Ablagerungen der quartären Gletscher sind fünfzigmal geringer).

In gegenwärtiger Zeit haben die Paläogeographen in großen Zügen die Klimata unseres Planeten für dessen gesamte geologische Geschichte rekonstruiert. Auf der Grundlage einer Analyse der paläogeographischen Rekonstruktionen unterbreitete W. M. Sinizyn die folgende Klassifikation klimatologischer Rhythmen.

Ein Rhythmus erster Ordnung, der alle planetaren Prozesse umfaßt, hat eine Dauer von 200 bis 250 Millionen Jahre. Er bewirkt, daß ihre Entwicklung synchron, in einer Richtung und ausgeglichen verläuft und entspricht einem Umlauf des Sonnensystems um das Zentrum der Galaxis (dem galaktischen Jahr).

Ein Rhythmus der zweiten Ordnung (40—60 Millionen Jahre) entspricht gleichsam jenen Zeitabschnitten des galaktischen Jahres, in denen sich die feuchten und warmen Klimata in trockene ändern.

Ein Rhythmus der dritten Ordnung (Zehner bis Hunderter Jahrtausende) ist offenbar mit Schwankungen der Quantität und Zusammensetzung der Sonnenstrahlung verbunden, kommt nachhaltig zum Ausdruck durch die Aufeinanderfolge von Vereisungen in Eiszeiten.

Rhythmen vierter Ordnung (2000—1800, 600—400, 90—60, 22—11 Jahre) werden durch Schwankungen der Sonnenaktivität kleinerer Perioden hervorgerufen.

„Als niedrigste Ordnung der Periodizität natürlicher Prozesse und Klimata erweisen sich jahreszeitliche Veränderungen...“, schließt Sinizyn. „Je höher die Ordnung der Periodizität ist, um so länger ist die Dauer und um so größer die Ausdehnung des Bereiches der in sie einbezogenen Prozesse, um so größer die Amplitude der Veränderungen. Die Rolle der irdischen Faktoren periodischer Klimaänderungen ist nebensächlich.“

Leider ist eine so aufgestellte Klassifikation nicht unbestreitbar und befreit nicht von vielen Zweifeln. Einige davon wurden bereits geäußert, andere erwarten uns noch im folgenden.

Ein nicht unbedeutender Umstand soll noch hervorgehoben werden: Klimatische Rhythmen niederster Ordnung (zum Beispiel jahreszeitliche in mittleren Breiten) haben gewöhnlich eine größere Amplitude als Rhythmen höherer Ordnung. Die Mitteltemperaturen des Winters und Sommers weisen gewöhnlich eine Amplitude von 20 bis 30 K auf; die Menge der Niederschläge in trockenen und feuchten Jahreszeiten unterscheidet sich um das Zehn- oder auch Hundertfache. Und für eine neue Vereisung in den mittleren Breiten der nördlichen Halbkugel würde es genügen, daß die Jahresmitteltemperatur um 2 bis 5 K absinkt. Außerdem gibt es Meinungen, daß auch das gegenwärtige Wär-

meregime kein Hindernis für die Bildung großer Gletscher wäre, wenn das Aquatorium des Nördlichen Eismeeres frei vom Eis wäre und im Winter große Schneemengen anfielen.

Die jahreszeitlichen Wechsel nehmen hinsichtlich ihrer Kontraste wahrscheinlich den ersten Platz ein. Die darauf folgenden vieljährigen Rhythmen kommen unvergleichlich schwächer zum Ausdruck. Wiederum stärker ausgeprägt sind die Rhythmen der Vereisungsepochen.

Wahrscheinlich liegt die Hauptschwierigkeit der Aufdeckung der Rhythmizität natürlicher Prozesse gerade darin, daß ihre Klassifikation außerordentlich schwierig ist. Für jeden gewählten Indikator (Frequenz und Amplitude der klimatischen Schwankungen, Periodizität, räumliche Verknüpfungen, Ursachen, Existenzdauer usw.) ist eine neue Klassifizierung notwendig. Die Rhythmen erster Ordnung sind nach der Amplitude äußerst kontrastreich, nehmen aber nach der Frequenz den letzten Platz ein. Und der sehr beständige sogenannte elfjährige Rhythmus, der in Schichten fixiert ist, die in verschiedenen Perioden abgelagert worden sind, variiert hinsichtlich seiner Dauer erheblich.

Von Zeit zu Zeit gewinnt man den Eindruck, daß unser Planet — die Gesamtheit der Geosphären — einer vielsaitigen Harfe ähnelt, die empfindlich auf jeden Laut, Schlag oder Stoß antwortet. Zuerst tönen die einen Saiten, dann folgen ihnen die anderen. Sowohl die Stärke des Schalles als auch die Tonart und die Beharrlichkeit hängen von vielen Ursachen ab. Neue Einwirkungen rufen neuen Widerhall hervor, der sich den vorhergehenden Klängen überlagert, Dissonanzen oder Akkorde hervorruft, Schwingungen auslöscht oder verstärkt.

Wahrscheinlich ist es richtiger, jede der irdischen Sphären mit einem besonderen Instrument mit mehreren Saiten zu vergleichen, einem zusammengesetzten Resonator, der auf diese oder jene Einwirkung auf seine Art reagiert. Die Sphären der Erde antworten auf äußere Kräfte manchmal plötzlich, harmonisch, und in ihren Chor werden Rhythmen und Melodien aufgenommen. Es sind aber auch chaotische Töne, leise und laute Geräusche zu hören, obgleich wir manchmal auch darin — o Kraft der Phantasie! — komplizierte polyphone Harmonie finden.

Aus dem Chaos der Töne entnimmt der Komponist seine Melodie; der Bildhauer meißelt aus einem formlosen Block eine wundervolle Statue; der Poet formt Wörter zu wohlklingenden Zeilen; der Gelehrte sucht Rhythmen und Gesetzmäßigkeiten natürlicher Prozesse. Die schöpferische Tat, das ist die Suche nach unvermuteten Übereinstimmungen und Harmonien. Die Natur ist in ihren Erscheinungsformen so unendlich vielgestaltig, unerschöpflich kompliziert und bei all ihrem mosaikartigen Gefüge und stetigem Fluß einheitlich, da sich uns alle Möglichkeiten bieten für unendlich viele Entdeckungen, Präzisierungen und Irrtümer. . .

Sonnenrhythmen des Planeten

Die Verbindung der Erde mit dem Sonnensystem offenbart sich auf jedem Schritt.

W. I. WERNADSKI

Altertümliche Intuitionen und Vorurteile

Wenn die Rede auf die Ursachen schroffer Wetter- und Klimaänderungen oder katastrophaler Erscheinungen in der Atmosphäre oder Hydrosphäre kommt, so verweist die Mehrheit der Forscher sicherlich auf die Sonne. Natürlich bedeutet das noch nicht, daß unser „Tagesgestirn“ völlig verantwortlich zu machen ist für den gestrigen Regenguß oder den morgigen unerwarteten Schneefall. Da gibt es den Ausdruck „Wetterküche“. Das Wetter kommt durch viele Komponenten zustande, die in der Mehrzahl nicht unmittelbar mit der täglichen Strahlenquelle verbunden sind. Aber trotzdem wird der Sonne gewöhnlich die Rolle des Kochs in der Küche des täglichen Wetters auf der Erde zugeschrieben.

Auf S. 121 findet sich eine Tabelle des Zustroms von Energie zur Erdoberfläche (ohne Gravitationsenergie der Wechselwirkung mit Sonne und Mond und ohne die Energie aus chemischen Reaktionen).

Der größte Teil der zur Erde gelangenden Sonnenstrahlung wird in den Kosmos reflektiert. Jedoch können diese Verluste die Hegemonie der Sonne nicht erschüttern. Aber aus eigener Erfahrung wissen wir, daß die Sonne ihre Strahlen auf die Erde freigiebig, beständig und gleichmäßig liefert, aber ihre Verteilung wird durch die Besonderheiten des Planeten reglementiert (durch die Rotation, die Form, die Art der Oberfläche, die Ausbildung der Ionosphäre usw.).

Seit alters weiß man jedoch: Das Antlitz der Sonne ist nicht einwandfrei klar, auf ihm sind Flecke. Die Wissenschaftler haben weiterhin festgestellt, daß auf der Sonne von Zeit zu Zeit grandiose Katastrophen erfolgen. Von diesem Fakt verbleibt nur ein kleiner Schritt bis zur Anerkennung des „irdischen Echos solarer Stürme“. Unser Planet ist gleichsam ein Stäubchen in der grellen Sonnenkorona. Die offensichtliche Sonnen-Erde-Verbindung nährt, wie es scheint, die unbestreitbare Vorstellung einer Verknüpfung solarer und irdischer Katastrophen. Darüber schrieb überzeugend als einer der ersten der hervorragende sowjetische Gelehrte A.L. Tschishewski. Seit jener Zeit ist mehr

Quelle der Energie	Kapazität Joule/Jahr	Herkunft
Äußere Quellen		
Strahlungsenergie der Sonne, die der Erde zugute kommt	$5,65 \cdot 10^{24}$	B. P. Alissow
Korpuskularstrahlung der Sonne	$7,96 \cdot 10^{17}$	I. S. Astapowitsch
Energie der Meteoriten	$5,86 \cdot 10^{18}$	I. S. Astapowitsch
	$4,60 \cdot 10^{17}$	W. I. Baranow
Kosmische Strahlung	$5,02 \cdot 10^{17}$	I. S. Astapowitsch
	$8,38 \cdot 10^{17}$	W. I. Baranow
Innere Quellen		
Kernreaktionen im Erdinnern	$18,01 \cdot 10^{20}$	W. G. Chlopin
Gravitationsprozesse im Erdinnern	$4,18 \cdot 10^{20}$	E. N. Ljustich
Rotationsenergie	$4,18 \cdot 10^{20}$	N. N. Pariski
Konduktiver Wärmestrom durch die Oberfläche der Erde nach außen	$6,70 \cdot 10^{20}$	B. Gutenberg

als ein halbes Jahrhundert vergangen; aber die Ideen von Tschischewski erlangten unter Gelehrten verschiedener Spezialrichtungen große Popularität.

„Der Mechanismus der Einwirkung der veränderlichen Sonnenaktivität auf Prozesse in der Erdatmosphäre ist bis heute nicht geklärt“, schrieben die Ozeanologen und Klimatologen I.W. Maksimow, E.I. Saruchanjan und N.P. Smirnow, „jedoch muß man schon jetzt selbst den Fakt der Einwirkung zyklischer Änderungen der Sonnentätigkeit auf die Troposphäre der Erde als bewiesen anerkennen. Unklar ist auch der Mechanismus der Einwirkung der Sonnentätigkeit auf Prozesse, die sich im Ozean abspielen. Jedoch zeugen zahlreiche Fakten davon, daß solche Einwirkungen existieren.“

Natürlich ist auch bei diesem wissenschaftlichen Problem vieles unklar, und die Stimmen der Skeptiker ertönen, wenn auch nicht im einstimmigen Chor, so doch genügend heftig. „Die Popularität der solartroposphärischen Beziehungen“, schreibt der Meteorologe S.P. Chromow, „übertrifft in breiten Publikumskreisen fast noch die Popularität der Ankömmlinge aus dem Kosmos, Parapsychologie und andere Wunder unserer Zeit.“

Das Verhältnis der Menschen zur Sonne weist einen weiten Spielraum auf: von völliger Geringschätzung bis zum Kult.

Ursprüngliche Stämme, die als Jäger, Fischer und Sammler lebten, beteten bedeutend häufiger irgendeine beliebige Tiergestalt oder eine Pflanze als die Sonne an.

Als die Menschen sesshaft wurden und zum Ackerbau übergingen, erreichte die Verehrung der Sonne den Höhepunkt. Der Landmann begann die Anzeichen, Vorzeichen und die geheimnisvollen Wechselbe-

ziehungen der Naturerscheinungen zu beobachten. Die Priester erkannten die Gesetze der Bewegungen der Himmelskörper. Der menschliche Verstand strebte danach, in der Umgebung etwas Wesentliches, Bestimmbares zu ermitteln. In alten indischen Hymnen verkörpert die Sonne die Einheit der Welt.

Der Sonnenkult des Helios und Phöbus erhielt sich lange in Griechenland und Rom. Die alten Inka brachten dem großen Sonnengott menschliche Opfer. Der höchste Sonnenkult aber bildete sich in Ägypten heraus. Hier ist eine altägyptische Hymne, die nicht früher als vor dreieinhalb Jahrtausenden entstanden ist:

Prächtig ist deine Erscheinung am Horizont,
Verkörperter Aton, Lebensschöpfer!
Du — in der Ferne, aber deine Strahlen hier auf der Erde.
Auf die Antlitze der Menschen fällt dein Licht...
Du — einziger Schöpfer, dem keine Gottheit gleicht!
Du schufest die Erde nach deiner Art.

W.I. Wernadski schrieb: „Die altertümlichen Intuitionen großer religiöser Schöpfungen der Menschheit über die Geschöpfe der Erde, insbesondere über die Menschen als Kinder der Sonne, stehen der Wahrheit wesentlich näher, als jene meinen, die in den Geschöpfen der Erde nur vergängliche Gebilde blinder und zufälliger Umbildungen des irdischen Stoffes und irdischer Kräfte sehen. Die Geschöpfe der Erde erweisen sich als Ergebnisse komplizierter kosmischer Prozesse, als ein notwendiger und gesetzmäßiger Teil des harmonischen kosmischen Mechanismus.“

Vom Rhythmus der Wiedergeburt der Ideen

Die einstige Sonnenverehrung war nicht nur eine Angelegenheit der Religion. Schon die Denker im alten Griechenland (unter ihnen insbesondere der „Vater der Medizin“, Hippokrates) stützten sich nicht auf religiös-poetische Weltanschauungen, sondern gingen von der logischen Analyse beobachteter Erscheinungen auf der Grundlage tiefsinnigen philosophischen Nachdenkens über den Kosmos und dessen irdische Offenbarungen aus.

Später, im Mittelalter, triumphierte das geozentrische Weltbild (dessen bedeutendster Verfechter Ptolemäus war). Die Erde wurde als Zentrum des Weltalls verkündet, und die Sonne zeichnete sich hinsichtlich ihrer kosmischen Bedeutung unter den Planeten und dem Erdtrabanten, dem Mond, nicht besonders aus.

Die Epoche der Renaissance führte zur Herausbildung der Wissen-

schaften, zur Einführung präziser instrumenteller Methoden der Naturforschung und zum freien Denken (natürlich nicht des absoluten) bei Verallgemeinerung der Fakten und Entwicklung von Hypothesen und Theorien. Als „Herrin der Welt“ wurde die Sonne von neuem auf den Thron gesetzt — innerhalb des Sonnensystems. Myriaden von Sternen wurden zu Zentren ähnlicher Welten erklärt. Der Geozentrismus wurde aus der Philosophie und sogar der Religion herausgelöst.

In der Folge, nach der Berechnung der Ausmaße der Sonne und der Planeten, der kosmischen Entfernungen und unvorstellbaren Tiefen der geologischen Vergangenheit, begannen die Menschen, vor allem den kosmischen Körper, auf dem sie geboren werden und leben, die sie umgebende Welt und sich selbst zu erforschen. Von Tausenden von Wissenschaften sind nur einige der Sonne selbst gewidmet oder mit ihrem Studium verbunden. In den Augen der Menschen rückte die Sonne allmählich auf den zweiten Platz, trübte sich die grelle Sonnenkorona etwas ein.

Und plötzlich kam eine neue (gleichsam vierte) moderne Welle der „Sonnenverehrung“! Das Tagesgestirn wurde mit solchen Erscheinungen in Verbindung gebracht, die vorher als höchst irdisch angesehen wurden: mit Krankheiten und Tod, mit der Hochstimmung oder Niedergeschlagenheit lebender Wesen, mit dem Verlauf chemischer Reaktionen, mit Änderungen des Klimas oder Wetters, mit schwingenden Bewegungen der Erdkruste und sogar mit einer Unregelmäßigkeit der Rotationsgeschwindigkeit unseres Planeten.

Besonders häufig aber wird die Urheberschaft der Sonne an vielen Katastrophen auf der Erde hervorgehoben: sowohl als unmittelbarer Hauptbeteiligter (in einem direkten Zusammenhang zwischen Schwankungen der Strahlung und Schwankungen des Wetters) als auch als Mitbeteiligter, die allgemeine Labilität der atmosphärischen Prozesse verursachend und eine mehr als wahrscheinliche erhebliche Abweichung von der Norm hervorruhend (Überschwemmungen, Regenwetter, Orkane).

Man darf natürlich nicht unberücksichtigt lassen, daß gewisse Ideen von Zeit zu Zeit in Mode kommen. Gewöhnlich deutet das nicht so sehr auf ihre Beweiskraft hin, sondern eher auf ein unkritisches Verhalten ihnen gegenüber. (In der Mehrzahl beruhen sie auf einem Glauben.)

In den am höchsten zivilisierten Staaten kann man einen gewissen Rhythmus des Aufloderns vorherrschender Vorstellungen über solar-irdische Zusammenhänge feststellen:

- der Sonnenkult in der Religion (ungefähr im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung);
- das philosophische heliozentrische Weltbild (kurz vor Beginn unserer Zeitrechnung);

— der wissenschaftliche „klassische“ Heliozentrismus (16.—17. Jahrhundert);

— die gegenwärtige Lehre über solar-irdische Zusammenhänge, die in unserem Jahrhundert eine weite Verbreitung erlangt hat.

Annähernd mit denselben Epochen ist eine periodisch auflebende Popularität der Ideen über eine Allerweltsflut und andere Katastrophen auf der Erde verbunden. Und eine ähnliche Periodizität (mit Ausnahme der Gegenwart) wird nicht selten auch für reale Klimaschwankungen auf der Erde und für das Wüten irdischer Elemente vermutet (1800jähriger Rhythmus). Was ist das? Eine bedeutsame Korrelation oder ein verdächtiges Zusammenfallen? Ob sich eine solche scharf ausgeprägte Äußerung solar-irdischer Zusammenhänge in einer Epoche von „Katastrophen“ im Bewußtsein der Menschen widerspiegeln würde? Ob die geistige Entwicklung der Menschheit etappenweise, rhythmisch, mit unvermeidlicher Wiederbelebung auf neuer Basis und mit neuen Formen früherer Ideen und Vorurteile verläuft? Was zeigt sich hier schärfer: äußere Faktoren, einwirkend auf eine beliebige Zivilisation, oder innere Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung der Zivilisationen?

Gibt es einen Dirigenten des irdischen Wetters?

Um faktische und mögliche solare Einflüsse auf die Erde zu erörtern, wollen wir die Geosphären, die diesen Einflüssen unterworfen werden, kurz charakterisieren: die Strahlungsgürtel mit der Ionosphäre, die Atmosphäre, die Hydrosphäre (Wasserhülle der Erde) und die Lithosphäre (die Gesteinshülle der Erde).

Die Strahlungsgürtel des Planeten und die Ionosphäre — ein sehr verdünnter äußerster planetarer Bereich — erstrecken sich von der Erdoberfläche aus auf viele tausend Kilometer in den Raum und gehören im Grunde genommen ebenso zur Sonne wie zur Erde. In diesem Bereich werden Ströme von Sonnenteilchen (Ionen, Elektronen, Protonen usw.) durch das Magnetfeld der Erde aufgewirbelt, angezogen, in ihren Bahnen abgelenkt, und er reichert sich mit Teilchen an, die aus der Atmosphäre des Planeten aufsteigen.

Die Atmosphäre wird völlig von den Sonnenstrahlen durchdrungen. Ein Teil der Strahlung — elektromagnetische Wellen bestimmter Länge — wird aufgehalten oder zurückgestrahlt. (Es ist bekannt, daß das von uns gesehene Licht nur aus einem kleinen Teil des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung der Sonne besteht.) Eine Ozonschicht der Atmosphäre hält die ultraviolette Strahlung auf und schwächt sie ab. Mit dem Verschwinden dieser Schicht würde den Lebewesen auf

der Erde der Untergang drohen, denn eine stärkere Bestrahlung durch ultraviolette Strahlen wäre für sie tödlich.

Für die Hydrosphäre ist die Wärmewirkung der Sonne besonders bedeutsam. Wie bekannt ist, erhöht sich mit zunehmender Temperatur die Verdunstung des Wassers. Beim Absinken der Temperatur unter den Gefrierpunkt aber beginnt sich das Wasser zu verfestigen. Ohne die Wärmewirkung der Sonne könnte eine bewegliche Wasserhülle nicht existieren: Auf die Oberfläche der Erde strömt von der Sonne einige tausendmal mehr Energie zu als aus dem Erdinnern.

Der weitaus größte Teil der Sonnenstrahlung dringt nicht tiefer als einige Zentimeter in die Erde ein. Die Sonnenwärme dringt auf Zehner von Metern ein. Es scheint, daß tiefer die Bereiche beginnen, die hauptsächlich den inneren Kräften des Planeten unterworfen sind. Jedoch trifft das nicht völlig zu. Die Erdkruste existiert einige Milliarden Jahre. Während dieser Zeit senkte sie sich mehrfach ein. Gesteine, die sich an der Oberfläche gebildet haben, wurden bisweilen auf Zehner von Kilometern begraben. So verteilte sich die Sonnenenergie, die in den Gesteinen an der Oberfläche akkumuliert wurde, während der geologischen Geschichte in der gesamten Erdkruste. Man könnte sagen, daß die Erdkruste in den Zeitmaßen der geologischen Geschichte von der Sonnenstrahlung durchdrungen wurde.

Auf den zum Teil nur 15, zum Teil aber auch bis 80 km unter der Erdoberfläche beginnenden Erdmantel und den noch wesentlich tiefer (unterhalb 2900 km) beginnenden Erdkern hatte die Sonnenstrahlung praktisch keinen Einfluß. Indirekt können sich jedoch auf der Oberfläche des Mantels Prozesse widerspiegeln, die ihren Ursprung in der Erdkruste haben. Die äußeren elektromagnetischen Felder der Erde dringen bis zum Kern ein. Jedoch ist ihre Energie zu gering, als daß sie die „Ruhe“ der steinernen Tiefen stören könnten, und sie beruhigen sich unter den kolossalen unterirdischen Drücken.

Die für den Menschen und seine Geräte zugänglichen Gebiete sind relativ gut erforscht. Das betrifft vor allem die oberflächennahen Bereiche des Planeten (die obere Lithosphäre und Hydrosphäre, die tiefere Atmosphäre). In den letzten Jahrzehnten gelang es, mit Hilfe der Raketen wertvolle Daten über die Dynamik der mittleren und höheren Schichten der Atmosphäre zu sammeln und weitere Hüllen des Planeten zu entdecken: die Strahlungsgürtel. Alle diese Angaben sind noch zu unvollständig, und die Zeit, in der sie gewonnen wurden, ist noch zu kurz, um diese oder jene Erscheinung, die sich hoch über unseren Köpfen abspielt, zu erfassen und noch weniger zu beweisen.

Von der Oberfläche der Sonne zur Erde (150 Millionen km) bewegt sich unaufhörlich ein Strahlungsstrom, dessen Energiemenge von 1 cm² der Oberfläche der Sonne 6470 W beträgt. Das wäre einer Lei-

stung äquivalent, die von einem Elektromotor von $6470 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$ Sonnenoberfläche erbracht würde. Ungefähr 70 % dieser Energiemenge werden zerstreut und gelangen nicht bis zur Oberfläche des Planeten. Die verbleibende kolossale Energie verteilt sich auf der Erdoberfläche unregelmäßig in Abhängigkeit von dem Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche auftreffen, und von der Entfernung Sonne — Erde (die sich im Laufe eines Jahres um 4,8 Millionen km verändert, was einer Änderung der zufließenden Sonnenenergie um ungefähr 7 % entspricht) und einigen anderen, weniger bedeutenden Ursachen.

Von Zeit zu Zeit, im Mittel von elf Jahren (und in Wirklichkeit von sieben bis siebzehn Jahren), nimmt die Sonnenaktivität zu und fällt wieder ab. Diese Schwankungen sind mit dem Auftreten von Sonnenflecken verbunden — mit verhältnismäßig dunklen Gebieten, in deren Bereich gewöhnlich mächtige Protuberanzen aufwirbeln. Auf Grund der Anzahl der Flecken (unter Umrechnung auf die Wolfschen Zahlen, Flecken-Relativzahlen, benannt nach einem Astronomen, der als erster diese Größe eingeführt hat) kann man über die Ausmaße der Schwankungen der Sonnenaktivität urteilen.

In einer Periode maximaler Aktivität erhöht sich die Stärke der Sonnenstrahlung um weniger als 1 %. Geht man von der Menge des Gesamtstroms der Sonnenenergie aus, so muß man die Sonne als einen unveränderlichen Stern einstufen.

In einer Periode erhöhter Sonnenaktivität nimmt jedoch die Stärke der Ultraviolett-, Röntgen- und Radiostrahlung erheblich zu. Wenn man nach diesen Arten der Strahlung urteilt, dann muß man die Sonne als veränderlichen Stern ansehen.

Natürlich dürfen wir nicht vergessen, daß wir die Sonne selbst in die Betrachtung einbeziehen. Und wenn wir ihren Einfluß auf die Erde zu beurteilen trachten, so ist die Sonnenstrahlung für einen beliebigen Punkt unseres Planeten äußerst veränderlich: vom Tag zur Nacht, von trübem zu klarem Wetter, vom Winter zum Sommer usw. Das ist die „relative Veränderung der Sonne“ (vom irdischen Standpunkt). Sie bestimmt im wesentlichen das Ausmaß der Verschiedenartigkeit und Kompliziertheit der Prozesse, die sich in der äußersten Gesteinsgeosphäre abspielen.

Die Strahlungsgürtel reagieren wesentlich auf Schwankungen der Sonnenaktivität. Auf der von der Sonne beleuchteten Seite der Erde reichen die Strahlungsgürtel bis zu einer Höhe von acht bis dreizehn Erdradien (größenordnungsmäßig etwa 60 000 km), und auf der dunklen Seite der Erde vergrößert sich diese Entfernung bis auf zweiundzwanzig Erdradien und darüber hinaus.

Die Strahlungsgürtel werden durch das Magnetfeld der Erde ver-

ursacht — einer Falle, einem Beschleuniger der Sonnenkorpuskeln. Mit Hilfe der Sputniks konnte festgestellt werden, daß sogar relativ geringe Ausbrüche auf der Sonne merklichen Einfluß auf die Strahlungsgürtel zeigen. Ein stärkerer Strom von Teilchen höherer Energie — Protonen — wird schon einige Stunden nach dem Ausbruch registriert. Nach Zehnern von Stunden kommen verspätet die Teilchen geringerer Energie an. Ströme und Wirbel der Teilchen verursachen magnetische Stürme.

Die Strahlungsgürtel werden durch die Wechselwirkung der von der Sonne abgestrahlten Korpuskeln und des elektromagnetischen Feldes der Erde hervorgerufen. Zugleich aber haben sie auch merklichen Einfluß auf das geomagnetische Feld selbst. Das läßt sich auf Grund der klaren direkten Abhängigkeit der Schwankungen des magnetischen Feldes der Erde von der Sonnenaktivität beurteilen. Nicht ohne Grund erklärte der englische Gelehrte S. Chapman: „Wir leben in der Sonnenatmosphäre.“

Es ist bekannt, daß ein Sturm am heftigsten auf der Oberfläche des Meeres wütet. Nach der Tiefe zu läßt seine Kraft nach und geht schließlich gegen Null. Dasselbe trifft auch für die Atmosphäre zu. Mächtige magnetische Stürme machen sich am heftigsten in der höchsten Atmosphäre — in der Ionosphäre — bemerkbar. Durch die Kraft der Sonnenstrahlung verlieren die Atome hier ihre Elektronenhülle und werden in Ionen umgewandelt. Mit der Verstärkung der Strahlung wird auch der Prozeß der Ionisation verstärkt und in Verbindung damit die elektrischen Eigenschaften der Ionosphäre, die Dichte und die Temperatur. Die Schichten der Ionosphäre reflektieren teilweise die Radiowellen (was weitreichende Radioübertragungen erlaubt). In Zeiten magnetischer Stürme werden jedoch infolge der heftigen Veränderungen der Ionosphäre ferne Radioübertragungen gestört. Dafür leuchten in solchen Perioden an den Polen am nächtlichen Himmel perlmutterartige Polarlichter auf. Erste Anzeichen solcher Stürme sind Geräusche und knisternder Radioempfang.

Auf der Erde treten pro Jahr gewöhnlich etliche magnetische Stürme auf. In Jahren erhöhter Sonnenaktivität können es dreißig bis vierzig sein. „Die Sonnenausbrüche erweisen sich als bedeutendste Ereignisse der Sonnenaktivität, die auf die Ionosphäre einwirken“, schreiben die amerikanischen Geophysiker R. Witten und I. Poppow. „Ein großer Sonnenausbruch, das ist ein dramatisches Ereignis für die unterste Ionosphäre, das umfangreiche Folgen nach sich zieht, die sich sowohl sofort als auch mit geringer Verzögerung einstellen.“ Besonders heben sie die Sonnenstrahlung hoher Energie (Röntgenstrahlung) hervor, die „unsichtbaren Dolche“, die die Ionosphäre des Planeten verletzen und tief in deren aufgelockerten Bereich eindringen.

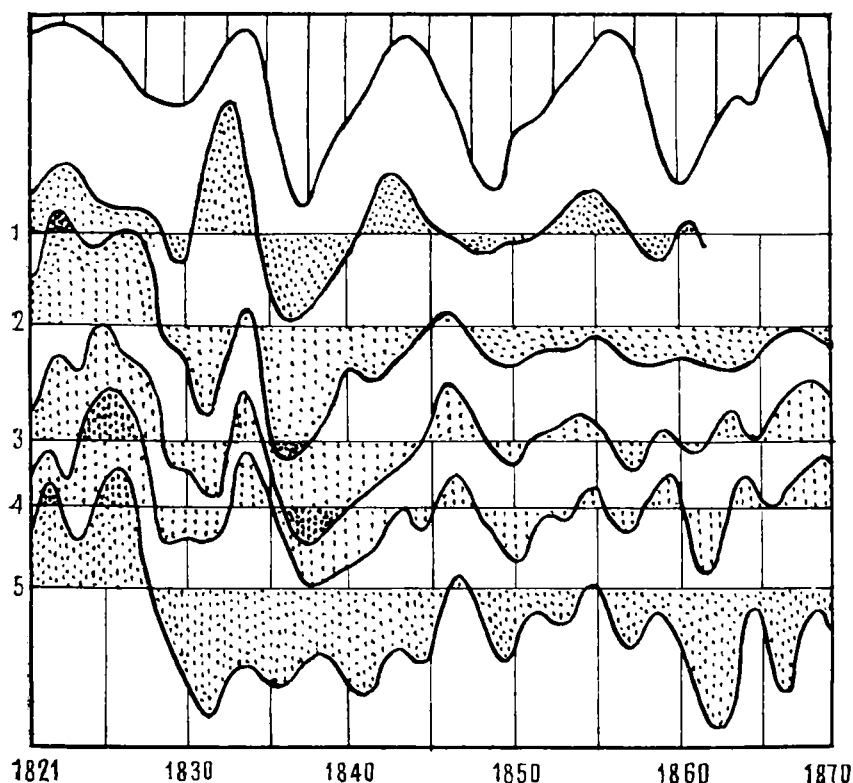
So wird die Harmonie der höheren „Himmelssphären“ der Erde durch die Sonne gelenkt, wobei sie sich als Komponist und Dirigent dieser unaufhörlichen Symphonie erweist, unhörbar für uns, aber wahrnehmbar durch empfindliche Geräte. Die Lebewesen (und wir unter ihnen) empfinden diese launenhafte Melodie nicht mit dem groben Gehör, sondern mit ihrem ganzen Wesen, mit den Verflechtungen der feinsten und zartesten Nervenfasern.

Aber in der tiefsten Atmosphäre, in der Troposphäre, ist es, als würde sich die Sonnenwirkung verdoppeln. Die Strahlen der Sonne werden von der Erdoberfläche oder der Wasseroberfläche reflektiert. Es kommt zu einer Anzahl spezifisch „irdischer“ Prozesse: Absorption der Sonnenstrahlen, Verdunstung des Wassers, ungleichmäßige Erwärmung des Festlandes und des Meeres usw. Die Atmosphäre rotiert gemeinsam mit dem Gesteinskörper des Planeten, wird periodisch durch die Sonne erwärmt und kühlt sich im Schatten ab. Alles das kompliziert die Bewegung der Luftströme nahe der Erdoberfläche erheblich. Die Sonne bringt den ganzen Mechanismus der Atmosphäre in Bewegung und gibt ihm Energie dafür. Man kann sogar sagen, daß die tiefsten Teile der Atmosphäre mit dieser Energie übersättigt sind. Bald hier, bald dort flammen Blitze auf — entlädt sich der „atmosphärische Akkumulator“. Es entstehen gigantische Wirbel, Zyklonen und Antizyklonen, die Energie konzentrieren, tausendmal die Energie der mächtigen Wasserstoffbomben übertreffend.

Aber es ist auch bekannt, daß die Sonnenstrahlung in einem bestimmten Wellenbereich veränderlich ist: Gut bemerkbar ist ein elfjähriger Rhythmus und, offenbar, ein hundertjähriger. Wie wirken sie auf das Leben in der unteren Atmosphäre ein?

Leider bleibt eine Antwort auf diese Frage in vielem unklar. Die unteren Atmosphärenbereiche (insbesondere die Troposphäre) sind verhältnismäßig dicht und deshalb auch träger als die höheren, dünneren Bereiche. Sie bieten Schutz vor gewissen Arten der Sonnenstrahlung dank der abschirmenden Eigenschaften des geomagnetischen Feldes und höherer Schichten der Atmosphäre, aber die Bewegung der Luftströme ist durch das Relief der Erde und durch andere Faktoren sehr kompliziert. Die Schwankungen der Sonnenaktivität, bei denen sich die Gesamtenergie der Sonne nur geringfügig ändert, müssen unbedingt in der unteren Atmosphäre zum Ausdruck kommen, um so mehr in einfacher, offensichtlicher Abhängigkeit von den Wolfischen Zahlen.

Und trotz allem gibt es triftige Fakten, die für Zusammenhänge des Wetters (Schwankungen der Feuchtigkeit, des Luftdrucks, der Geschwindigkeit und Richtung der Winde, der Lufttemperatur) mit Veränderungen der Sonnenaktivität sprechen. In einigen Fällen gelingt es, diesen Zusammenhängen ziemlich deutlich nachzuspüren. So wurden



Häufigkeit von Sonnenflecken (oben) und Jahresmitteltemperaturen von der Tropen- bis zur Polarzone der nördlichen Halbkugel (nach Ju. Gann). Durch Analysieren dieser Diagramme kam Gann zu dem Schluß: Auf der Basis dieser Beziehungen zwischen Sonnenflecken und Wetter, die in der gegenwärtigen Zeit wahrscheinlicher wurden, kann man auf keinen Fall selbst den allgemeinen Charakter des Wetters des kommenden Jahres voraussagen.

1 Tropenzone, 2 subtropische Zone, 3 feuchtgemäßigte Zone, 4 boreale Zone, 5 subpolare Zone

im Jahre 1955 gegen vierzig meteorologische Katastrophen registriert und zwei Jahre später dreimal mehr. Gleichzeitig vergrößerte sich auch die Sonnenaktivität. Die Katastrophen wurden in verschiedenen Teilen der Erde registriert. In Uruguay hielt eine noch nie dagewesene Hitze lange an, und die subtropische Zone Grusiniens durchzog ein Schneesturm. In Amerika wüteten Orkane. Im europäischen Teil der Sowjetunion gab es einen verhältnismäßig warmen Sommer, dagegen litten die Bewohner von Taschkent und Alma-Ata zur gleichen Zeit unter Frost. Im Jahre 1961 beruhigte sich die Sonne, und das Wetter stabilisierte sich ebenfalls.

Der sowjetische Gelehrte L.A. Witels stellte ein Diagramm tiefer Zyklonen zusammen. Die dabei erhaltene Kurve deckt sich ziemlich genau mit der Kurve der Lebensdauer von Sonnenflecken. Klimatologen entdeckten analoge Abhängigkeiten zwischen Schwankungen der mittleren Lufttemperatur in verschiedenen Gebieten der UdSSR und den jährlichen Gesamt mengen der Niederschläge in der Steinsteppe usw.

Durch die Meteorologen wurde ein ganzes System mathematischer Kennziffern der Veränderungen des Wetters — der Typen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation — ausgearbeitet. Überall auf der Erde treten periodische Änderungen der Typen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation ein (zum Beispiel ändert sich die vorherrschende Bewegung der Zyklonen und Antizyklonen, arktische Kaltluftmassen brechen ein u.a.). Diese Veränderungen zeigen eine Abhängigkeit von der Sonnenaktivität.

„Weite Kreise der Klimatologen beginnen zu verstehen, daß die Grundursache großer, gegenwärtiger Klimaschwankungen die Sonnenaktivität ist“, schrieb im Jahre 1963 M. S. Eigenson, ein bekannter sowjetischer Heliophysiker. Er behauptete weiter: „Die Sonnenaktivität beschleunigt das Tempo, und entsprechend ändert sich die Arbeitsweise der irdischen Zirkulationsmaschine, d.h. des ganzen komplizierten Systems des vertikalen und horizontalen, großen und kleinen Räderwerkes der Zirkulation.“

Man darf jedoch nicht die Möglichkeit der Übertreibung der solaren Bedingtheit klimatischer Änderungen übersehen. Auf jeden Fall muß der elfjährige Zyklus der Sonnenaktivität nicht gleichermaßen deutlich das Klima auf dem Planeten alle elf Jahre (im Mittel) ändern. Das behindert schon die Trägheit der bodennahen Schichten der Atmosphäre. Es treten tatsächlich sehr viele kurzzeitige und verhältnismäßig schwache Ausbrüche auf, sogar in den Jahren der „unruhigen Sonne“.

Man kann eine schwere Schaukel nicht in kräftige Bewegung bringen, wenn man sie durch häufige kurze Stöße anstößt. Die Schaukel wird nur zittern. Um sie zu bewegen, ist ein besonderer Rhythmus der Stöße notwendig, der der Schwingungsperiode der Schaukel entspricht. Kurze solare Stöße würden ein Vibrieren der Klimata der Erde verursachen. Aber längst nicht alle diese Stöße fallen mit den „Eigenschwingungen“ des Klimas zusammen. In bestimmten Momenten, in einzelnen Zeitabständen, können solche Übereinstimmungen auftreten. Aber früher oder später beginnen sie zu verschwinden.

Die Gelehrten, die diese oder jene Naturerscheinung erforschen, sind nicht immer unvoreingenommen. Deshalb findet man in der einen Gruppe von einschlägigen Büchern Hinweise über zahlreiche Übereinstimmungen solarer und klimatischer Rhythmen, in einer anderen wer-

den zahlreiche Nichtübereinstimmungen hervorgehoben. Wenn beide Standpunkte richtig sind, dann kann man mit aller Offensichtlichkeit sowohl Zusammenhänge zwischen Schwankungen des Klimas und der Sonnenaktivität beobachten (insbesondere für einzelne Zeitabschnitte in bestimmten Gebieten) als auch nicht. Aber insgesamt zu urteilen, sind sie trotz allem wohl häufiger festzustellen als nicht.

Der sowjetische Klimatologe B.L. Dserdsejewski, einer der autoritärsten Erforscher der Dynamik der Erdatmosphäre, stellt fest: „Die Auffassung über bestehende Zusammenhänge kurzperiodischer Klimaschwankungen mit veränderlicher Einwirkung der Sonnenaktivität kann man als allgemeingültig ansehen.“ Und trotz allem ist es von Interesse zu wissen, wie das unbedeutende Schwankungen der Sonnenaktivität vermögen, selbst wenn man von den enormen, sehr trägen Mechanismen der unteren Atmosphäre absieht. Ähneln das nicht dem Kraftaufwand eines Menschen, der sich bemüht, einen vieltonnigen Waggon anzuschieben und ins Rollen zu bringen?

Der Mensch ist fähig, einen solchen schweren Waggon mit Hilfe von Hebeln zu schieben. Ob es nicht etwas Entsprechendes zu diesen Hebeln in der Atmosphäre gibt? Das solare „Flackern“ bestimmt und stört erheblich das Gleichgewicht der oberen Atmosphäre. Und doch ist die gesamte Atmosphäre, wie wir wissen, durchdrungen und gesättigt mit Sonnenenergie. Ob nicht die atmosphärischen Stürme jenen ersten Steinen ähneln, die durch ihr Abstürzen in den Bergen gewaltige Steinlawinen auslösen? Lawinenprozesse in der labilen Atmosphäre sind durchaus möglich, obgleich uns darüber leider wenig bekannt ist.

Relativ unlängst wurde die Vermutung geäußert, daß sogenannte Zentren atmosphärischer Wirksamkeit, mit denen anomale atmosphärische Drücke und mächtige tropische Zyklone und Orkane verbunden sind, sich in der Stratosphäre zu einem einheitlichen Ganzen vereinigen, sich in ozeanischen Gebieten bis zum Meeresspiegel absenken und in ozeanische Wirbel übergehen. Jedoch klappt auch in dieser Hypothese ein erheblicher Riß zwischen dem Faktenmaterial und der verallgemeinernden Vorstellung. Dafür erscheint die Eigentümlichkeit der Geosphären zu groß. Die elektrisch aktive hochgespannte Ionosphäre wirkt ähnlich einer straff gespannten Saite, die durch die Berührung von den Sonnenstrahlen zum Tönen gebracht wird. Die verhältnismäßig dichte und zähe elektrisch passive Atmosphäre erinnert eher an ein Kissen, das die „Sonnentöne“ dämpft und nicht als Resonator wirkt. Auch der Ozean ist ihr ähnlich.

Zum Unterschied von der brodelnden, kochenden Kugel des Sonnenplasmas, dessen Wirbel an der Oberfläche des Himmelskörpers Zehner und Hunderte von Kilometern in der Sekunde erreichen, ist die

Erde unvergleichlich fester, und die Prozesse auf ihr spielen sich in einem anderen, verzögerten Zeitmaß ab. Das „Flackern“ der Sonne kann nur in den „kosmischen Sphären“ der Erde eine merkliche Resonanz finden, die in Richtung zur Oberfläche des Planeten völlig verlischt.

Ähnliche Erwägungen betreffen die kurzzeitigen und bestbekannten Perioden der Sonnenaktivität, hauptsächlich den elfjährigen Zyklus. Es gibt gute Gründe, auch die Existenz anderer, längerer Zyklen (z.B. säkularer) anzunehmen; in bestimmten unteren atmosphärischen Bereichen äußern sie sich sensibel, synchron. Tatsächlich ist durch direkte astronomische Sonnenfleckensbeobachtung seit Galileis Zeiten (insgesamt aber nur 350 Jahre) ein Jahrhundertrhythmus der Sonnenaktivität festgestellt worden. Rhythmen größerer Perioden verbleiben problematisch.

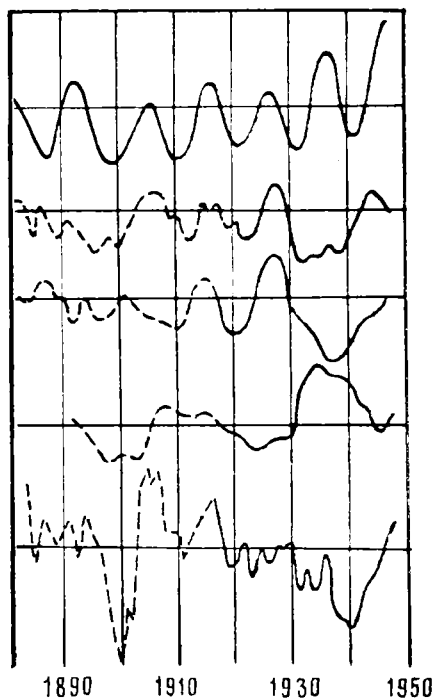
Sonne, Luft und Wasser

Vergleicht man die Wasserhülle des Planeten mit der Lufthülle, so stellt man fest, daß erstere dichter, stabiler, träger und weitgehend unterbrochen ist. Je kleiner das Wasserbecken ist, um so nachhaltiger wirken äußere Faktoren darauf ein (unter denen die Sonne den ersten Platz einnimmt).

Lachen trocknen nach Gewittern schnell aus. Kleine Seen reagieren sensibler auf die Niederschlagsmenge oder auf Grundwasserschwankungen. Bei großen Seen machen sich jährliche oder — häufiger — vieljährliche Schwankungen der Wasserführung der Flüsse und der Niederschlagsmenge (auf größeren Territorien, die zum Einzugsgebiet des Sees gehören) bemerkbar. Aber für die Ozeane sind auch diese Änderungen unbedeutend. Für sie erlangen vor allem sehr langsame, aber nach ihren Ausmaßen gigantische Schwankungen der Erdkruste, Klimaänderungen in geologischen Zeiten, die Jahrtausende und Jahr-millionen umfassen, und die Akkumulation von Kontinentalgletschern sowie ihr Abschmelzen Bedeutung.

Vergleichsweise kleine und häufige Schwankungen der Sonnenaktivität, wie man es vermuten kann, müssen keinen merklichen Einfluß auf den Weltozean haben. Aber auf kleinere Wasserbecken kann die Einwirkung der Sonnenaktivität bedeutend sein.

Anders ist es mit den Flüssen. Ihr ruheloses Dasein wird durch atmosphärische Prozesse bestimmt und gelenkt: hauptsächlich durch Schwankungen der Niederschläge und Verdunstung, des Tauens des Schnees und der Gletscher. Deshalb werden die Flüsse im allgemeinen alle Änderungen der atmosphärischen Zirkulation mit nur geringer Verzögerung wiederholen.

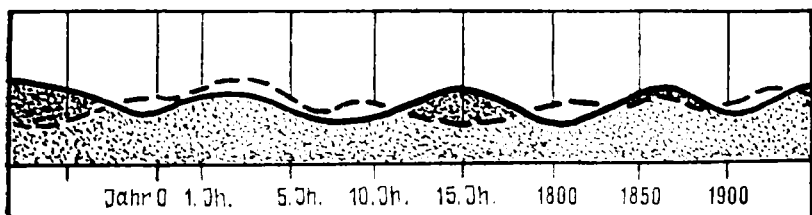


Von unten nach oben: Schwankungen des Abflusses von Flüssen der gesamten nördlichen Halbkugel, Angara, Wolga und des Mississippi; Wolfsche Zahlen nach gleitenden Jahrfünften (nach G. P. Kalinin)

Das ist ein spekulatives Schema. Wie genau trifft es in Wirklichkeit zu?

„Ungeachtet der großen Zahl von Untersuchungen des zyklischen Abflusses gibt es vorläufig keine allgemeingültigen Auffassungen über den Mechanismus vieljähriger Abflußschwankungen und dessen Erforschungsmethodik“, behauptet der bekannte Hydrologe G.P. Kalinin. Und trotzdem, indem der Wissenschaftler die jährlichen Abflußschwankungen verschiedener Flüsse der Erde gegenüberstellte, kam er zu dem Schluß: „Vor dem allgemeinen Hintergrund charakteristischer Zyklen zeigt sich vergleichsweise klar die Tendenz von 2—3-, 5—7- und 10—12jährigen Zyklen.“

Ob sich entsprechende Schwankungen synchron für die Mehrzahl der Flüsse auf dem gesamten Planeten bemerkbar machen? Auf diese Frage antwortet Kalinin: „Der Abflußcharakter der Flüsse Europas und zum Teil der USA ist dem Charakter der Abflußschwankungen der Flüsse Asiens und Afrikas entgegengesetzt. Das läßt sich durch eine Änderung des Charakters der atmosphärischen Zirkulation erklären ...



Schwankungen des Klimas der Krim für die historische Zeit (nach A. A. Borissow).

----- Jahresmittel der Niederschläge, ——— Jahresmittel der Temperaturen.
Mittel der Linien: 10 °C und 350 mm/Jahr

Wenn man zustimmt, daß ein elfjähriger Zyklus der Wasserstandsschwankungen existiert und sich die Sonnenaktivität als verursachende Kraft erweist, dann zeigt sich, daß sich deren Widerspiegelung in hydrologischen Prozessen verschiedenartig und mit unterschiedlicher Phasenverschiebung in verschiedenen Gebieten der Erde äußert.“

Das Vorhandensein von kürzeren Rhythmen als dem elfjährigen verweist möglicherweise auf einen wesentlichen Einfluß heftiger Schwankungen (Anwachsen oder Abschwächung) der Sonnenaktivität, die gewöhnlich zwei- bis dreimal während eines elfjährigen Zyklus auftreten.

Interessante Gesetzmäßigkeiten wurden bei Studien der Dynamik des Spiegels abflußloser Seen und unterirdischer Wässer entdeckt.

A.W. Schnitnikow stellte ein Diagramm der Änderungen des Grundwasserspiegels in der Steinsteppe für das letzte halbe Jahrhundert zusammen. Dabei erwies sich, daß die erhaltene Kurve fast genau die Kurve der Änderungen der Wolfschen Zahlen kopiert. Fünf Wellen des Spiegelanstieges folgen eine nach der anderen kaum verzögert der entsprechenden Zunahme der Sonnenaktivität. Ein zufälliges Zusammenfallen ist hier fast ausgeschlossen. Nach Angaben eines anderen sowjetischen Forschers, A.G. Gajel, läßt sich eine solche Abhängigkeit auch für andere Gebiete der UdSSR nachweisen.

Die Abflußmenge einiger Flüsse Mittelasiens (Syrdarja, Amudarja, Tschirtschik) befindet sich in umgekehrter Abhängigkeit von der Sonnenfleckenzahl, aber die Vereisung der Barentssee in direkter.

Schnitnikow verweist auf die Synchronität der Wasserspiegelschwankungen einer ganzen Reihe von Seen des nördlichen Kasachstans, des westlichen Sibiriens und Nordamerikas, die er mit Schwankungen der Sonnenaktivität in Verbindung bringt. Eine analoge Abhängigkeit konnte für Seenspiegel- und Grundwasserstände Polens sowie auch für Viktoria- und Albertsee in Ostafrika nachgewiesen werden.

Noch im vergangenen Jahrhundert entdeckte E. Brückner die (im

Mittel) 35jährige Periode der Klimaschwankung (der Temperatur, der Niederschläge, des Luftdrucks, der Seenspiegelschwankungen), indem er entsprechende Angaben für das 18. und 19. Jahrhundert einer Analyse unterzogen hatte.

Die Richtigkeit dieser oder jener Verallgemeinerung bestimmt die Genauigkeit einer Prognose. Wenn die Astronomen Sonnen- oder Mondfinsternisse mit einer Genauigkeit von Minuten voraussagen können, dann vertrauen wir auf die Richtigkeit der durch sie aufgefundenen Gesetze der Bewegung der Planeten. Wenn uns jedoch der Wetterdienst schönes und trockenes Wetter voraussagt und es beginnt in Strömen zu gießen, dann haben wir allen Grund zu zweifeln, daß die Meteorologen die Gesetze des Wetters richtig erfaßt haben.

Gemäß dem Brückner-Rhythmus war um das Jahr 1913 ein Maximum der Niederschläge in Eurasien zu erwarten, und tatsächlich kam es auch so. Jedoch das folgende Datum (eine Dürre der Jahre 1927 — 1929) bestätigte sich nicht.

L. S. Berg, der die Niederschlagsmengen von St. Petersburg für die Jahre 1831 — 1928 untersuchte, entdeckte auch nicht die geringste Spur der 35jährigen Brücknerschen Perioden: „Schwankungen gibt es tatsächlich, aber für den genannten Zeitraum ergeben sich Periodizitäten von 22 — 29 Jahren.“ Indem er zahlreiche Fakten verallgemeinerte, schloß Berg, daß klimatische Rhythmen einige Zeiten hindurch aushalten, dann aber aussetzen.

In Salzseen oder Buchten führen Veränderungen des Klimas zu einer Änderung der chemischen Zusammensetzung der Sedimente: In trocken-heißen Perioden scheidet sich Steinsalz ab, in trocken-kalten Natriumsulfat, aber in feuchten Perioden Ton.

Die Meinung eines Sedimentationsforschers, des sowjetischen Geologen G.F. Lungershausen, ist folgende:

1. Schwankungen des Klimas erfolgten im wesentlichen synchron und umfaßten riesige Räume der Erde (hatten planetaren Charakter).
2. Die allgemeinen Gesetze der Klimaschwankungen gelten für die gesamte geologische Zeit.
3. Veränderungen des Klimas verlaufen in Form von Rhythmen oder Zyklen verschiedener Dauer. Kürzere Perioden klimatischer Schwankungen sind in Ablagerungen aller geologischen Zeiten klar ausgeprägt.
4. Von den Geologen entdeckte Perioden klimatischer Schwankungen zeigen oft ein bemerkenswertes Zusammenfallen mit Periodizitäten kosmischer Erscheinungen, die von Astronomen in erster Linie mit periodischen Änderungen der Intensität der Sonnenstrahlung in Zusammenhang gebracht werden.

Jedoch sind diese Schlüsse längst nicht allgemeingültig. Selbst wenn sie im allgemeinen richtig sind, darf man die Präzisierung Bergs nicht vergessen, daß sich klimatische Rhythmen zeitweise klar zeigen, aber bisweilen auch ganz ausfallen oder sehr undeutlich in Erscheinung treten.

Gibt es einen Sonnenimpuls in der Biosphäre?

Die am Grunde der Atmosphäre befindliche Erdoberfläche wird von einer dünnen „Haut“ des Lebens bedeckt. Unaufhörlich erneuert sie sich von selbst, ist in Bewegung und nimmt im Laufe der Zeit neue Formen an — entwickelt sich. Die lebende Materie empfängt unaufhörlich die Sonnenstrahlen. Die kosmische Hauptrolle des Lebens besteht offensichtlich darin, die Strahlungsenergie der Sterne aktiv zu verarbeiten und sie in den Kreislauf der planetaren chemischen Umwandlungen einzubeziehen.

Wir alle, lebende Materie, sind Kinder der Sonne. „Um uns herum, in uns selbst, weit und breit, ununterbrochen, ewig wechselnd, zusammen treffend und verschmelzend, breiten sich Strahlungen verschiedener Wellenlänge aus — von Wellen, deren Länge den zehnmillionsten Teil eines Millimeters aufweist bis zu Längen von Kilometern.“ (W.I. Wernadski)

Und in uns selbst sowie in allen lebenden Organismen entstehen und erlöschen ebenfalls elektromagnetische Felder oder werden ununterbrochen hervorgerufen. Besonders intensiv ist die elektromagnetische Aktivität des Gehirns und des Nervensystems. Dabei ist die Frage denkbar: Wäre es möglich, daß wir als „Kinder der Sonne“ Marionetten ähneln, von denen jedes Wesen mit funkelnden goldenen Fäden umstrickt ist, und daß die Schwingungen dieser Fäden uns Aktivität verleihen, die gesamten Bewegungen des lebendigen Stoffes aufeinander abstimmen, sie zur Tätigkeit anregen und letztlich die Schicksale entscheiden?

Wenngleich auch die Stellung einer solchen Frage phantasievoll anmutet, scheint sie durch viele Fakten nicht unberechtigt zu sein. Hier sind einige von ihnen.

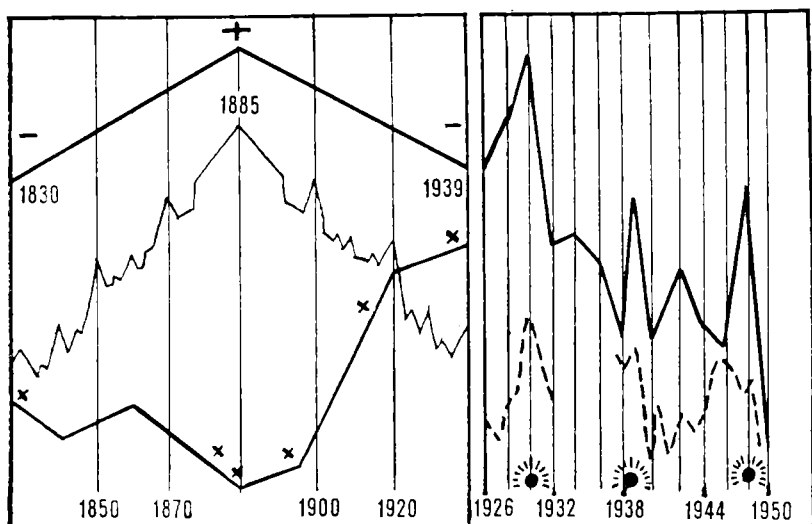
Nach Mitteilungen italienischer Wissenschaftler gibt es eine Abhängigkeit der Fruchtbarkeit der Kühe von den Wolfischen Zahlen. Diphtheriebakterien scheinen in Jahren der maximalen Sonnenaktivität weniger bösartig zu sein. Bei bedeutender Abschwächung des natürlichen Magnetfeldes vermehren sich die Bakterien (bei Unterbringung in besonderen Kammern, die das magnetische Erdfeld abschirmen) um

einige Male langsamer als gewöhnlich. Charakteristische Veränderungen werden bei Lebewesen beobachtet, wenn sie durch Pflanzen ernährt werden, die in abgeschirmten Kammern gezüchtet worden sind: Bei Kühen verringert sich das Fett der Milch, der Stickstoffaustausch wird herabgesetzt. Andererseits verringert Wasser, das mit niederfrequenten elektromagnetischen Feldern behandelt wurde, die Gewichtszunahme von Mäusen, Kücken und Meerschweinchen und vergrößert den Wassergehalt in einer Reihe von Organen (im Herz, in der Milz usw.). Wenn schon unbedeutende Veränderungen elektromagnetischer Felder auf solche verschiedenartigen Prozesse in den Organismen Einwirkungen zeigen, um wieviel mehr erst müssen mächtige Wellen kurzweiliger Strahlung der Sonne und mächtige Schwankungen des geomagnetischen Feldes die Biosphäre beunruhigen! Jedoch sind heftige, katastrophenartige und allgemeine Veränderungen in der belebten Natur, die durch Schwankungen der Sonnenaktivität hervorgerufen werden, bis heute nicht zuverlässig aufgedeckt.

Es gibt Hinweise dafür, daß in einer ganzen Anzahl von Gebieten der Erde (besonders in der Zone gemäßigten Klimas) sich in Jahren der aktiven Sonne der Holzzuwachs der Bäume vergrößert (was sich durch Verdickung der Jahresringe auf Stammschnitten bemerkbar macht). Doch eine Reihe von Gelehrten ist mit solchen Schlußfolgerungen nicht einverstanden und verweist auf andere Einflüsse auf das Holzwachstum, die sie für wesentlicher ansehen (Schwankungen des Grundwassers, allgemeine Lichtintensität, Bewölkung usw.). Effekte unbedeutender Änderungen der Sonnenstrahlung würden untergehen, sie verschwinden vor dem Hintergrund großer Schwankungen klimatischer Faktoren: Temperatur, Feuchtigkeit, Niederschlagsmenge u.a. Zwar lassen diese Faktoren manchmal eine Verbindung mit der Aktivität der Sonne erkennen, jedoch ist es nicht sinnvoll, hier von irgendwelchen deutlichen und beständigen Gesetzmäßigkeiten zu sprechen.

Gleichermaßen wertvoll für die Wissenschaft sind sowohl Fakten, die irgendwelche Gesetzmäßigkeiten bestätigen, als auch solche, die diesen widersprechen. Anhänger bestimmter Standpunkte sammeln meist ungehemmt oder auch unfreiwillig Fakten, die ihren Ansichten entsprechen. Damit ist jedoch nichts anzufangen.

Rhythmizität ist in der Natur so weit verbreitet, daß man sie als eine allgemeine Eigenschaft aller Prozesse ansehen kann, die im Universum ablaufen. Es gibt eine Unzahl von Rhythmen, insbesondere in der Biosphäre und bei der belebten Materie. Es ist nicht schwierig, aus dieser Fülle eine Auswahl zu treffen, etwa einen elfjährigen Rhythmus. Die Ursachen können verschiedenartig sein und sich als rein äußerlich erweisen. Solare Bedingtheit einiger (oder vieler?) Prozesse in der Bio-

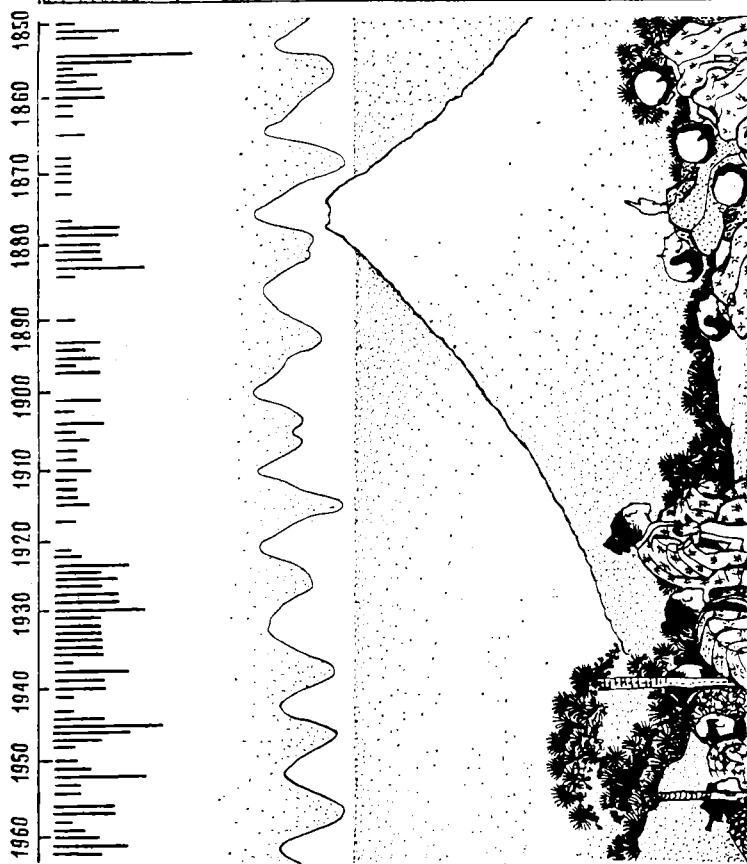


Links, von oben nach unten: Änderungen der Lufttemperatur, Spitzen des hundertjährigen Flutverlaufes, Änderungen der Erdrotation; hohe Heringsfänge in Norwegen (+), niedrige Fänge (—), Erdbeben (×) (nach B. L. Litschkow). Rechts: Lachsfang und Niveau des Wasserspiegels bei Chabarowsk (- - - -), Jahre der Sonnenaktivität sind hervorgehoben (nach I. B. Biermann)

sphäre ist sogar wahrscheinlicher als in der Atmosphäre. Denn lebendige Materie, wenn man von Reaktionen auf Veränderungen des Klimas und Wetters absieht, assimiliert mittels der Sonnenstrahlung und hat so eine unmittelbare Verbindung mit unserem strahlenden Himmelskörper. A.L. Tschishewski, der Begründer der Heliobiologie, äußerte die Vorstellung von einer spezifischen biologisch aktiven Strahlung der Sonne.

Es gibt Überlegungen, mit der Sonnenaktivität nicht nur die Dynamik der äußeren Geosphären in Verbindung zu bringen, sondern auch die des Erdinnern. So finden einige Wissenschaftler eine Rhythmizität der vulkanischen Tätigkeit mit derselben elfjährigen Regelmäßigkeit. Sie verweisen darauf, daß für Ausbrüche abnehmende Sonnenaktivität die günstigste Zeit sei.

Wenn man ein Diagramm der Vulkanausbrüche vergangener Jahre, sagen wir der Kurilen-Kamtschatka-Zone, betrachtet, so kann man bemerken, daß sich die Ausbrüche bestimmten Intervallen einfügen und sich in einzelnen Jahren der Null nähern. Aber läßt sich tatsächlich eine bestimmte Periodizität des Ansteigens und Abfallens der vulkanischen Aktivität der Kurilen und Kamtschatkas erkennen? In den Jahren 1895, 1930 und 1940 fiel das Maximum der Wolfschen Zahlen



Oben: Vulkanische Ausbrüche auf Kamtschatka und den Kurilen (nach E. K. Marchinin und A. N. Sirin) und Schwankungen der Sonnenaktivität von 1850 bis 1960.
 Unten: der heilige Vulkan Fudschii (nach einer Zeichnung von Hokusai).
 Rechts sind Ausmaße vulkanischer Katastrophen dargestellt; oben Konturen der Besymjannaja Sopka auf Kamtschatka vor und nach dem Ausbruch vom 30. März 1956; unten Schnitt durch den Vulkan Krakatau vor und nach dem Ausbruch 1833 (nach A. Verbeek)

mit dem Maximum der Ausbrüche zusammen, in den letzten zwei Jahrzehnten aber scheint keine Korrelation zwischen diesen beiden Größen bestanden zu haben.

Die Ausbrüche der Vulkane werden von heftigen elektromagnetischen Prozessen begleitet, die sich durch unzählige Blitzenentladungen äußern. Aber das ist eher eine Folge des Vulkanismus als eine Ursache. Es dürfte schwierig sein, eine Möglichkeit von Bewegungen der Millionen Tonnen geschmolzenen zähen Magmas mit den schwächeren solaren Aktivitätsschwankungen in Verbindung zu bringen.

Natürlich ist es nicht ausgeschlossen, daß wir nur noch nicht fähig sind, ursächliche Zusammenhänge vulkanischer Ausbrüche mit kosmischen Kräften zu erkennen. Vulkane reagieren ja mitunter sensibel auf sehr schwache äußere Einwirkungen. Zum Beispiel machen sich seit ältesten Zeiten Aktivitätssteigerungen des nördlich von Sizilien gelegenen Inselvulkans Stromboli vor Stürmen, bei Verringerung des atmosphärischen Druckes, bemerkbar.

Können wir nun, nachdem wir den Wegen des möglichen Einflusses der Sonnenaktivität auf irdische Prozesse nachgespürt haben, zuversichtlich der Sonne die Verantwortung für Katastrophen, die sich auf der Erde ereignen, anlasten? Läßt sich durch Sonnenrhythmen die Rhythmizität gesamtweltlicher Katastrophen erklären?

Ungenügend sind uns auch die vielhundertjährigen Schwankungen der Sonnenaktivität und die vielhundertjährigen irdischen Klimaschwankungen bekannt, insbesondere planetare Katastrophen. Wir beobachten die Sonne für einen noch zu kurzen Zeitraum. Und die Beobachtungsergebnisse für diese Periode darf man nicht auf die Tiefe der Vergangenheit extrapolieren (ebensowenig in die Ferne der Zukunft). Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich die Sonne als ein veränderlicher Stern, aber mit Schwankungen in der Aktivität in einem tausendjährigen Zeitmaß offenbart. Dann könnten wir über die Realität solcher Veränderungen nur nach ihren Spuren urteilen, die in der steinernen Chronik der Erde, in den Gesteinsschichten, zurückgeblieben sind. Aber in diese Chronik wurden so viele irdische und kosmische Kräfte „hineingemischt“, daß es bis heute nicht gelungen ist, die Spuren jeder einzelnen dieser Kräfte überzeugend zu entziffern. Um so schwieriger ist es, die Synchronität geologischer Ereignisse nachzuweisen.

Zum Beispiel gibt es eine Hypothese von D. Simpson, mit der die periodische Erscheinung gigantischer Kontinentalvergletscherungen durch Schwankungen der Sonnenaktivität erklärt wird. Bei Erhöhung der Aktivität steigen die Jahresmitteltemperaturen der Luft an und gleichzeitig damit die Menge der Niederschläge, besonders im Winter.

Reichliche Schneemengen, die sogar auf niedrigeren Bergen nicht genügend abtauen können, häufen sich von Jahr zu Jahr immer stärker an und führen letzten Endes zu Festlandsvergletscherungen. Durch weitere Steigerung der Sonnenaktivität erhöht sich die Lufttemperatur jedoch so sehr, daß die Gletscher zu schmelzen beginnen. Jedoch später, bei erneutem Abfall der Sonnenaktivität, treten wiederum günstige Zeiten für Vergletscherungen ein.

Simpson postuliert für die letzte Jahrmillion zwei Wellen der Sonnenaktivität, durch die vier Vergletscherungsepochen hervorgerufen wurden ... Übrigens kann man vier Wellen der Abschwächung der Sonnenaktivität annehmen. Es ist sehr verlockend, etwas Derartiges auszu-denken, was das Problem sehr vereinfacht. Aber die Wissenschaft fordert Beweise und nicht nur Hypothesen.

Schwierig ist es, die Vorstellung solar-irdischer Verbindungen abzulehnen, denn sie sind durch eine umfangreiche Faktenmenge bestätigt. Jedoch bleibt diese Vorstellung so lange in der Kategorie der Hypothesen, solange es nicht gelingt, die Ursachen der Wechselbeziehungen und Gesetzmäßigkeiten aller planetaren Rhythmen aufzudecken, die ihre Unbeständigkeit und Veränderlichkeit erklären. Dann würde die Hypothese den Rang einer wissenschaftlichen Theorie annehmen.

Die Strahlungsenergie der Sonne dringt durch die schichtige Masse der durchsichtigen Geosphären hindurch bis zur Erdoberfläche. Jede Schicht reflektiert, absorbiert und läßt nur ein bestimmtes Spektrum der elektromagnetischen Wellen hindurch, als würden diese Schichten ein System von Lichtfiltern bilden. Dieses System reguliert empfindlich, und alle Schichten stehen in enger Wechselwirkung. Zum Beispiel verhindern die im allgemeinen geringfügigen Konzentrationen von Ozon in der Ozonschicht der Stratosphäre das Hindurchdringen der kurzwelligen Sonnenstrahlung, die schädlich für die irdischen Lebewesen ist, zur Erdoberfläche. Auf die Dichte und Unversehrtheit der Ozonschicht können Ströme kosmischer oder solarer Strahlung und Korpuskeln oder sogar von der Erdoberfläche reflektierte Sonnenstrahlung Einfluß nehmen. Kleine Veränderungen können ziemlich ernste Folgen nach sich ziehen. Lokale Verstärkung oder Abschwächung der Sonnenstrahlung unter Bedingungen übersättigter Energie der Atmosphäre führt zu Bewegungen riesiger Luftmassen mit unvermeidlichen Wirbeln und Orkanen.

Die Neuverteilung der Luftmassen hat nicht nur Einfluß auf die Dynamik der Hydrosphäre, sondern auch auf die Geschwindigkeit der Planetenrotation und folglich auf die Form des Geoids, die Bewegungen der Erdkruste usw.

Anscheinend gibt es außer der Ozonschicht nicht wenige Regulatoren in den Geosphären. (Unter anderem gibt es auch Mitteilungen

darüber, daß die Flüge überschneller Flugzeuge merklichen Einfluß auf die Ozonschicht ausüben.) Entsprechende Effekte sind in der Lage, in den Geosphären Lawineneffekte hervorzurufen, die sich in allmählichem Anwachsen, in der Verstärkung kleinerer äußerer Einwirkungen äußern. Indem die Sonne die irdische Energie nährt, ergibt sich mitunter die Möglichkeit, mittels energetisch schwacher Einwirkungen bedeutende Schwankungen im subtilen Gleichgewichtsmechanismus der Geosphären auszulösen.

Im Labyrinth der Ideen und Fakten

Der Keim, der sich zur Sonne reckt,
findet immer den Weg zwischen den
Steinen. Wenn keinerlei Sonne die
Urzelle der Logik heranzieht, verwickelt
sie sich im Chaos der Probleme.

A. DE SAINT-EXUPÉRY

Die Solarkonstante

Die existierenden Hypothesen und Theorien der Rhythmizität periodischer Prozesse und katastrophenartiger Erscheinungen auf der Erde darzulegen, ist ein außerordentlich schwieriges Unternehmen. Viele von ihnen entbehren der festen Stützen und gehören in das Reich der Phantasie. Sich vertragende und in Widerspruch geratende Ideen verflechten sich in wunderlicher Weise und schöpfen ihre Kräfte aus verschiedenartigen Wissenschaften: Geologie und Geographie, Ozeanologie und Astrophysik, Geschichte und Archäologie... Will man sich in diesem Labyrinth irgendwie Klarheit verschaffen, so ist es erforderlich, eine Klassifizierung der Ideen vorzunehmen, wobei eine Vereinfachung unvermeidlich ist.

Katastrophenartige planetare Erscheinungen sind mit folgenden Faktoren verbunden: mit kosmischen, solaren, mit Tiefenprozessen im Erdinnern, mit der Dynamik der Atmosphäre und Ozeane.

Kehren wir zurück zum Problem der solar-irdischen Verbindungen. An und für sich verbleiben solare (fleckensbildende) Rhythmen in vielem rätselhaft. Bei ihnen entdeckte Gesetzmäßigkeiten sind periodische Abschwächung und Aktivierung, Verlagerungen zum Äquator des Himmelskörpers usw. Aber eine Verbindung aller damit zusammenhängenden Theorien ist bisher nicht gelungen. Eine Prognose der Sonnenaktivität ist vorerst weniger genau als die des Wetters.

Es besteht die Ansicht, daß die Sonnenflecken mit der Bewegung der Planeten zusammenhängen. Zeitweilig ordnen sich die Planeten in einer Linie entsprechend einem Sonnenstrahl an, wobei sich ihre gravitativen Kraftwirkungen auf die Sonne summieren. Nach einem kombinierten Diagramm zu urteilen, das die zeitlichen Veränderungen der Sonnenaktivität und die Konstellation der Planeten zeigt, reagiert das

Sonnenplasma empfindlich auf das äußere gravitative Feld. Wenn das so ist, dann würden auch die Vorurteile der Astrologen, die versuchen, aus der Konstellation der Planeten am Himmelsgewölbe diese oder jene Ereignisse vorauszusagen, einen neuen Sinn erhalten. Mit gutem Grund bemerkte der englische Philosoph John Stuart Mill: „Wenn die Menschen veranlaßt würden, beide Seiten anzuhören, dann bestände Hoffnung, daß sie die Wahrheit erkennen. Aber wenn sie nur eine Seite hören, dann fassen die Irrtümer Fuß, verwandeln sich in Vorurteile, dann büßt die Wahrheit selbst alle Eigenschaften der Wahrheit ein, und als Folge der Übertreibung entsteht die Lüge.“ Deshalb überlassen wir das Wort den Kritikern:

„Die Beziehungen zwischen der Sonnenaktivität und den Erscheinungen des Wetters und Klimas“, sagt S.P. Chromow, „werden statistisch und in den meisten Fällen ohne die erforderliche Schärfe untersucht. Diese Beziehungen erweisen sich zeitlich und räumlich als labil und können nicht zur Prognose des Klimas dienen. Es gibt keinerlei reale Begründungen für Ursachen, die für Beziehungen der Sonnenaktivität und des Klimas sprechen . . .

Zahlreiche Zyklen, die in den Erscheinungen des Wetters und Klimas aufgefunden werden, bedürfen strenger, kritischer Prüfung, um mögliche reale Zyklen aus einer bei weitem größeren Menge scheinbarer auszusondern, die nur als Frucht statistischer Operationen oder als Phantasien erscheinen . . . Sogar wenn solar-klimatische Verbindungen existieren, können sie nicht als ‚Hauptursachen‘ klimatischer Änderungen betrachtet werden . . . In der Frage über helioklimatische Verbindungen ist alles zweifelhaft und unklar und alles mutmaßlich, sogar auch das, was durch die einen oder anderen Autoren lautstark als zweifelsfrei, unbestreitbar, offensichtlich, zuverlässig, sicher bewiesen, unumstößlich . . . erklärt wird.“

Man muß hinzufügen, daß die berühmten Wolfschen Zahlen ziemlich abstrakte Größen sind, die keinen exakten physikalischen Inhalt haben und von verschiedenen Forschern mit gewissen subjektiven Anteilen ermittelt werden.

Für skeptische Einstellungen zum Problem der solar-irdischen Verbindungen würde es genügend Begründungen geben. Und gerade hier sind Ereignisse eingetreten, die die Position der Skeptiker erheblich erschüttert haben. Wie bekannt ist, zeigte sich der Sommer 1972 auf dem europäischen Teil der UdSSR außergewöhnlich trocken. Brunnen versiegten, Torflager und Wälder brannten. Langfristige Wetterprognosen, die nach traditionellen Methoden ausgeführt wurden, sahen entsprechende Erscheinungen nicht voraus. Und nur ein Meteorologe aus Gornaja Schorija, A.W. Djakow, gab eine sichere langfristige Prognose. In der Presse erschienen Mitteilungen darüber, daß die Prognosen Dja-

kows für die Dekade in 90 — 95 % der Fälle eintrafen und für einen Monat — und sogar für drei Monate im voraus — präzise in 80 — 85 % der Fälle. Djakow kündigte rechtzeitig über fünfzig Naturkatastrophen in Europa, Indien und auf Kuba an.

Was ist das nun: ungewöhnliches Glück oder präzise wissenschaftliche Berechnung? Wahrscheinlich kann, wenn die Prognosen so oft eintreffen, von Glück keine Rede sein. Nach Meinung Djakows rufen Sonnenausbrüche Resonanzerscheinungen in der Atmosphäre hervor, eigentümliche „Wetterwellen“. Eine Steigerung der Sonnenaktivität vergrößert die Kontraste des irdischen Wetters, trägt zur Entstehung von Stürmen und Orkanen bei. In Zonen, in denen mächtige Zyklonen wirken, erhöht sich die Menge der Niederschläge, und in Regionen von Antizyklonen herrscht heißes, trockenes Wetter. Abschwächung der Sonnenaktivität führt zur Stabilisation der atmosphärischen Prozesse und zur Änderung der Bewegungen der Zyklonen und Antizyklonen. Stabilität der Sonnenstrahlung trägt zu stabilem „normalem“ Wetter bei.

Wenn solche Abhängigkeiten für verhältnismäßig unbedeutende Schwankungen der Sonnenaktivität zu verzeichnen sind, dann kann man sich vorstellen, welche Katastrophen sich auf der Erde ereignen müssen, wenn sie zehner- oder gar hundertmal mächtiger sind als gegenwärtig! Es gibt wohl keinen Grund, eine größere Heftigkeit eines solchen „Sonnenflackerns“ in der Vergangenheit zu bestreiten, was zu ungewöhnlichen Stürmen, Taifunen oder „Sintfluten“ geführt haben mag.

Aber hängen Rhythmen des irdischen Wetters nicht tatsächlich auch von vielen anderen Faktoren ab außer von der Sonnenaktivität? Was würde geschehen, wenn die Sonne in allen Bereichen der Strahlung ein beständiger Stern wäre? Wahrscheinlich würde keinerlei merkliche klimatische Stabilisation erfolgen.

Selbst das Wort „Klima“ (griechisch $\triangle$ Neigung) nimmt seinem Wesen nach und auch in voller Übereinstimmung mit der Natur eine Abhängigkeit der irdischen Bedingungen in erster Linie vom Winkel des Auftreffens der Sonnenstrahlung, d.h. von der geographischen Breite, der Örtlichkeit, an. Infolge der Neigung der Rotationsachse der Erde in bezug auf die Erdbahn tritt in mittleren und höheren Breiten ein scharfer Wechsel der Jahreszeiten auf, durch den regelmäßige und vorübergehende (einige Monate andauernde) winterliche „Vereisungen“, Bedeckungen ausgedehnter Territorien mit Schnee, verursacht werden. Die Temperaturunterschiede in äquatorialen und polnahen Zonen erklären die Aktivität der atmosphärischen und ozeanischen Strömungen. Infolge der Rotation des Planeten verlagern sich die Ströme und bilden örtlich gewaltige Wasserstrudel und „Luftstrudel“.

Diesem allgemeinen Hintergrund lagern sich lokale Effekte auf: Besonderheiten des Reliefs, der Erdoberfläche und des Meeresbodens,

der Verteilung der Festländer und Meere, des vorherrschenden Vegetationstyps, die Einflüsse der Böden, der Gesteine, der Pflanzen und vieles andere. Es entstehen örtliche Ströme und Wirbel, Zirkulationskreise, die sich, fast wie im Uhrenmechanismus, durch ihre Ausmaße und Geschwindigkeiten des Ganges unterscheiden, aber beständig wechselweise gekoppelt sind und wie ein einheitliches Ganzes wirken.

Der jugoslawische Geophysiker Milankovič berechnete den Gang der Änderungen der Position der Erde relativ zur Sonne in seiner Abhängigkeit von Schwankungen der Neigung der Erdachse von $21^{\circ}58'$ bis $24^{\circ}36'$ für 40 000 Jahre (mit der Vergrößerung der Neigung erwärmen sich die polnahen Gebiete). Außerdem berücksichtigte er die Veränderungen der Erdbahn und des Abstandes der Erde von der Sonne. Nach seinen Berechnungen muß in einer Periode eines klimatischen Maximums die mittlere Julitemperatur bei 65° nördlicher Breite um 5,5 K höher liegen als gegenwärtig und die mittlere Januartemperatur um 4 K niedriger. Die Schlüsse Milankovičs decken sich im allgemeinen gut mit den Angaben, die uns die Quartärgeologie und -paläogeographie liefert. Auf jeden Fall sind Zusammenhänge zwischen den von Milankovič berechneten Kurven und rhythmischen Klimaschwankungen schwer zu bestreiten. (Wir erinnern uns: Klima $\triangleq$ Neigung.)

Aber das ist noch nicht alles. Die Pole der Erde erfahren gewisse Verlagerungen, die durch direkte Beobachtungen gemessen werden. Noch bedeutsamer sind gravitative Wirkungen des Mondes und der Sonne, die die Meeresgezeiten hervorrufen, aber auch Gezeitenwellen in der Atmosphäre und in der Erdkruste. Durch die räumliche Anordnung der Erde, des Mondes und der Sonne zueinander werden die Kräfte der Gezeiten reguliert, insbesondere auch ihre periodische Verstärkung und Abschwächung.

In der Astronomie und Kosmologie wird gegenwärtig der „Katastrophismus“ wiederbelebt, nicht unmotiviert, sondern auf Fakten beruhend, auf dem Studium des Kosmos und der modernen Technik. Explosionen von Sternen wurden bekannt, von schwachen, vergleichbar heftigen Sonnenausbrüchen bis zu Explosionen, bei denen die Hülle eines Sterns berstet, sich losreißt, völlig fortgetragen wird in den Raum, sich sphärisch erweiternd. Ein in einem solchen „Aufruhr“ befindlicher Stern kann lange benötigen, um sich zu „beruhigen“, um seine Helligkeit zu ändern.

Bisweilen flammen völlig neue Sterne der Leistung von vielen Millionen Sonnen auf. In Chroniken des Jahres 1054 wird ein ungewöhnlich greller Stern erwähnt, der sogar am Tage zu sehen war. Nach den Beschreibungen zu urteilen, befand er sich an jenem Teil des Himmels, wo heute der Krebsnebel ist. Man hat festgestellt, daß sich dieser Nebel gegenwärtig ausdehnt. Wenn er sich auch vorher in derselben Weise

ausdehnte, dann müßte er vor ungefähr 900 Jahren ein grell aufflammender Stern gewesen sein. Supernovae explodieren relativ oft, einmal in hundert bis tausend Jahren (in einer Galaxis). Ihre Explosionen wirken sich anscheinend merkbar auf den umgebenden kosmischen Raum aus. Nach Meinung des sowjetischen Astrophysikers I. S. Schklowski können entsprechende Explosionen in relativer Nähe zum Sonnensystem periodische Katastrophen auf der Erde bewirken, sowohl klimatischer als auch biologischer Art (etwa das Aussterben vieler Gruppen von Lebewesen).

Noch grandioser sind Erscheinungen, die erst in neuerer Zeit entdeckt wurden, und zwar Ausflüsse von Plasma aus den Zentren der Galaxien. Im Vergleich zu ihnen erscheint die Sonne als ein Sandkörnchen in einem Wirbel. Leider können wir das Zentrum der eigenen Galaxis wegen gewisser Äußerungen von dessen Aktivität nicht einsehen. Es ist durchaus möglich, daß das „Herz“ unserer Galaxis pulsiert und sich dort periodisch Konvulsionen und Explosionen abspielen, über deren Folgen man nur Mutmaßungen anstellen kann.

Die Nichtstationarität der Sterne und Galaxien (sogar bei möglicher völliger Beständigkeit unseres Heimatsterns) muß sich offensichtlich merklich auf die Schicksale der Planeten auswirken. Heftige Vergrößerung der kosmischen Strahlung verursacht in erster Linie eine Veränderung der Strahlungsgürtel, was dann unausweichlich zu Stürmen in der Ionosphäre, der höheren Atmosphäre und schließlich an der Erdoberfläche führt. Jedoch so überzeugend auch solche allgemeine Erwägungen sind, besitzen sie noch keine Begründung durch Faktenmaterial der Geologie und Geographie.

Glaubwürdiger erscheint eine Hypothese, die B.L. Litschkow angeboten hat, der den kritischen Zustand der Erde in Abhängigkeit von Veränderungen ihrer Rotationsgeschwindigkeit und der Einwirkung äußerer gravitativer Felder (für das Sonnensystem) sieht. Der Quartärperiode erkannte Litschkow den Rang einer besonderen Epoche mit erhöhter Rhythmizität geologischer Prozesse zu. Ein planetarer geologischer Zyklus beginnt nach seiner Meinung mit einer entsprechenden Vergletscherungsepoche, zu der noch eine gemäßigte und schließlich eine trockene Phase gehört (mit letzterer verband Litschkow ein Massenaussterben von Tieren). Er sonderte sechs entsprechende Zyklen mit einer Dauer von sechzig bis hundert Millionen Jahren aus und schloß, daß die kreisähnliche Drehung des Sonnensystems um das Zentrum der Galaxis Einfluß auf deren Periodizität ausübt (eine Umdrehung des Sonnensystems dauert ungefähr dreihundert Millionen Jahre).

Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit der Erde (instrumentell gemessen) geben eine bedeutende Energiemenge frei. Dabei ändert sich die Form der Erde ein wenig: Wie bekannt ist, hat der Gesteinskörper

unseres Planeten unter dem Einfluß der Anziehungskraft eine kugelähnliche Gestalt und reagiert auf langfristig wirkende äußere Einflüsse wie eine zähe Flüssigkeit. Entsprechende Deformationen zeigen sich besonders stark im Rayon der vierziger und sechziger Breiten. Litschkow verweist auf das einheitliche Verhalten der drei Sphären: der Luft-, Wasser- und Gesteinssphäre. „In der Einwirkung der Sonne und des Mondes auf Lithosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre nehmen für alle drei Hüllen der Erde der 35. und 61. Breitengrad einen besonderen Platz ein . . . Bei Einwirkung auf die Lithosphäre zeigt sich eine mechanische Wirkung, aber bei Einwirkung auf Atmosphäre und Hydrosphäre sind es zusätzliche physikalische Wirkungen, sogar verbunden mit thermalen Einwirkungen seitens der Sonne.“

Klimatische Änderungen müssen durchaus nicht unbedingt auf äußere kosmische Ursachen zurückgehen (Strahlung, Gravitation u.a.).

Viele Geographen sind der Auffassung, daß vulkanische Ausbrüche einen wesentlichen Einfluß auf das Klima haben. Für eine solche Annahme gibt es seriöse Begründungen. Der katastrophale Ausbruch des Krakatau (Indonesien 1883) wurde durch den Ausstoß staubartiger vulkanischer Asche begleitet, die sich in der gesamten irdischen Atmosphäre ausbreitete. Man erinnert sich, daß nach diesem großen Ausbruch fast überall einige Tage hindurch ungewöhnlich prägnante Sonnenuntergänge beobachtet wurden, und die direkte Sonneneinstrahlung wurde in Verbindung mit der Verunreinigung der Atmosphäre um etwa 20 % verringert. Gleiches erfolgte nach dem Ausbruch des Vulkans Katmai (Halbinsel Alaska 1912). Die Verringerung der Sonneneinstrahlung wurde natürlich von einer Abkühlung begleitet.

Auch Rauchnebel großer Brände können die Atmosphäre verunreinigen. Im Jahre 1912 brannte die sibirische Taiga, was ungewöhnlich dichte Nebel hervorrief und Ursache eines kühlen Sommers war. Nicht ausgeschlossen ist ein analoger Effekt durch industrielle Stäube. Am Ende der 60er Jahre schrieb M.I. Budyko: „Die heute in der Atmosphäre existierenden Staubmengen sind verhältnismäßig hoch, so daß sie zu merklich erniedrigten Werten der zur Erde kommenden direkten Strahlung führen. Unter Berücksichtigung der verhältnismäßig langen Dauer des Ausfalls des Staubes, der sich in der Stratosphäre befindet, und in Anbetracht der thermischen Trägheit der Erde kann man annehmen, daß sich die existierende negative Temperaturanomale der Erde in den nächsten Jahren erhält.“

Nicht weniger eindrucksvoll ist auch die Auswirkung anderer irdischer Ursachen. Wie bekannt ist, befindet sich die Erdoberfläche in ständiger Bewegung. Sie hebt oder senkt sich mit Geschwindigkeiten von Bruchteilen eines Millimeters bis zu ein bis zwei Zentimeter im Jahr, verschiebt sich aber auch in horizontaler Richtung. Diese Bewegungen

verstärken sich bei Erdbeben. Im Ergebnis heben sich in einigen Gebieten Gebirgsketten oder Hügel heraus, in anderen senkt sich die Erdoberfläche unter den Meeresspiegel. Alles das kann sich auch auf Meeres- oder Luftströmungen auswirken. Umfassendere Heraushebungen des Festlandes tragen zur Absonderung klimatischer Zonen bei, mit scharfen klimatischen Unterschieden, mit Abkühlung oder sogar kontinentaler Vereisung.

Nach einer Berechnung von C.E.P. Brooks erhöht sich bei einer Verringerung des Festlandes um 10 % die Jahresmitteltemperatur um 1 K. Der sowjetische Geologe Ju.M. Malinowski wies darauf hin, daß man mit Hilfe fossiler Muschelschalen Aussagen über periodische Temperatursteigerungen auf der Erde in Epochen großer Meeresstransgressionen, der Meeresherrschaft, machen kann.

Außer ähnlichen irdischen Ursachen wird nicht selten darauf verwiesen, daß kosmische Kräfte (außer der Sonne) planetare Katastrophen hervorrufen können.

Auf seinem ewigen kosmischen Flug quert unser Sonnensystem verschiedene Gebiete unserer Galaxis, wird gravitativen Feldern ausgesetzt, kosmischen Strahlungen, interstellarem Milieu und wahrscheinlich Strahlungen oder Ausbrüchen aus dem Zentrum der Galaxis. Von solchen äußeren Einwirkungen werden alle Planeten betroffen. Jedoch wird ihr Einfluß nicht gleichmäßig auf die Oberfläche der Erdkugel verteilt. Deshalb läßt sich in manchen Fällen nicht leicht sagen, ob Katastrophen durch lokale, irdische oder kosmische Kräfte hervorgerufen werden. Litschkow hat Breiten bezeichnet, wo mächtige klimatische und ozeanische Störungen am wahrscheinlichsten sind. Dort sind unter anderem Legenden über Allerweltskatastrophen besonders weit verbreitet.

Und schließlich muß man Meteoritenexplosionen erwähnen. In letzter Zeit haben sowohl Astronomen als auch Geologen begonnen, intensiv im Antlitz unseres Planeten nach Narben meteoritischer Explosionskrater auszuspähen, wie sie auf dem Mond deutlich zu sehen sind und jetzt mit Hilfe der Sputniks auch auf dem Mars. Der amerikanische Wissenschaftler R. Bolduin stellte ein Diagramm der Abhängigkeit der Durchmesser planetarer Krater und Bombentrichter von ihrer Tiefe zusammen; die dichten Punkthäufungen weisen auf eine ähnliche Entstehung dieser Bildungen durch Aufschläge und Explosionen hin.

Auf der Erde sind nicht wenige Meteoritenkrater bekannt (sie werden auch als Astrobleme oder Kryptoexplosionsstrukturen bezeichnet) — große und kleine, alte und relativ junge, offenbare und zweifelhafte. Nach Ausweis des „Meteoritenkatalogs“ des Britischen Museums waren im Jahr 1966 115 Meteoritenkrater mit einem Durchmesser von 9 m bis 440 km und einer Tiefe bis 6 km bekannt.

Bei Meteoritenexplosionen wird eine gigantische Energie freigesetzt

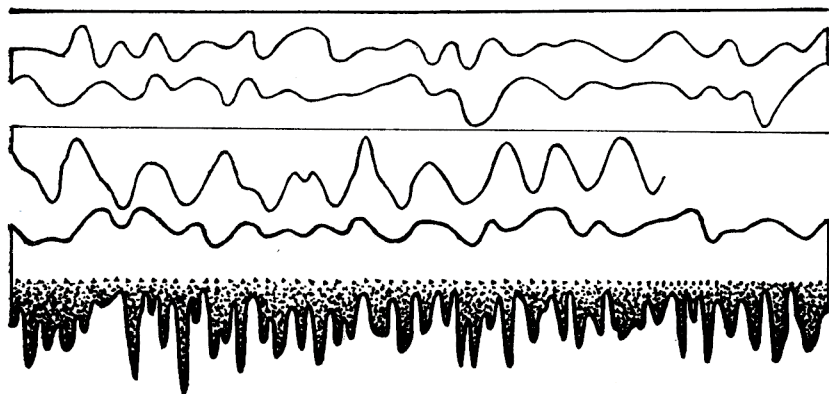
(nach Berechnungen von 10^{14} bis 10^{21} J), und es entsteht eine Stoßwelle mit einem Druck bis 10^9 Pascal. Und zwar sind solche Drücke notwendig für die Synthese von Diamanten und Coesit, die in den Kratern angetroffen werden. Zum Vergleich: Bei der gigantischen Explosion des Vulkangipfels des Besymjanny auf Kamtschatka wurde nach überschlägiger Berechnung ein Druck von $3 \cdot 10^8$ Pa erreicht und eine Energie von $4 \cdot 10^{18}$ J freigesetzt. Das ist eine tausendmal geringere Größe als bei gewissen Meteoritenexplosionen.

Die katastrophalen Folgen des Aufsturzes gigantischer Meteoriten auf die Erde sind offenbar: mächtige Erdbeben, Explosionswellen und ungewöhnliche Tsunamis beim Sturz ins Meer, staubige Schleier über dem Planeten. „... Es ist möglich, daß der Aufsturz eines Meteoriten manchmal als Auslösungsmechanismus vulkanischer Tätigkeit wirkt“, äußerte der amerikanische Wissenschaftler L.B. Ronca (und nicht nur er allein). Mächtige Explosionen sind anscheinend fähig, viele Vulkane aus dem Schlummer zu wecken.

Meteoritenkatastrophen sind kaum als selten anzusehen. Nach Berechnungen des polnischen Astronomen Jan Gadowski fallen im Mittel alle 100 000 bis 200 000 Jahre Meteoriten auf die Erde, die fähig sind, eine große Stadt zu vernichten, und einmal in 250 bis 300 Millionen Jahren solche, die fähig sind, halb Europa zu zerstören. Die Berechnungen beziehen sich auch auf Kometen oder deren Schweif und sogar auf Gezeitenwellen, die über die Erdkugel dahinrollen, verursacht durch einen nahe daran vorbeifliegenden großen Asteroiden. Es gibt Hinweise auf eine bestimmte Rhythmizität meteoritischer Aktivität.

Es wurde sogar der Gedanke geäußert, daß der Tod der Saurier am Ende der Kreideperiode hervorgerufen wurde ... durch Meteoritenregen, vergleichbar einem kosmischen Bombardement. In der Tat hat das den Anschein eines Wunders: Die Säugetiere blieben ja unversehrt und gelangten später zur Blüte, aber das Aussterben der Saurier, eines Teiles der Reptilien, zog sich Millionen von Jahren hin. Ob der Meteoritenregen nicht viel zu lange andauerte?

Es ist ganz offensichtlich, daß auch bei völlig ruhiger Sonne auf der Erde keine Ruhe sein kann: Klima und Wetter weisen Schwankungen verschiedener Amplitude und Periodizität auf; unausbleiblich sind katastrophenartige Drücke, hervorgerufen entweder durch kosmische oder irdische Ursachen oder durch das Zusammentreffen einiger „gleichgerichteter“ Faktoren. Die klimatischen Rhythmen Milankovičs werden sich kosmischen gravitativen Einflüssen, mächtigen ozeanischen Gezeiten, mit denen Aktivierungen seismischer Bewegungen und Vulkanismus zusammenfallen, u.a. auflagern. In einer solchen „verhängnisvollen Ära“ wandert eine Welle (oder einige Wellen) von Katastrophen fast über die gesamte Erde.



Von oben nach unten: zwei Kurven zufälliger Zahlen; Kurve gemittelter Werte der Wolfschen Zahlen für die Periode von 1745 bis 1960 und die Anzahl der Buchstaben in Worten aus einem Zitat von S. P. Chromow; dieselbe Grafik ohne Mittelung

Gesetzmäßigkeiten der Zufälle

Wir analysieren einige auf einer Zeichnung dargestellte Kurven. In ihnen sind geglättete und gemittelte Angaben für drei nebeneinander gestellte Wertfolgen aufgetragen. Tatsächlich verhalten sich Perioden und Amplituden nicht sehr diszipliniert. Kleinere Rhythmen werden begleitet durch größere, die auf der gemittelten Kurve klar erkennbar sind. Die Dauer der Rhythmen variiert von 5 bis 15 Einheiten bei merklichem Vorherrschen von 6 und 12 und als Mittel der Werte etwa 9.

Die aufgeführten Kurven ähneln Diagrammen der Wasserstandsschwankungen der Flüsse, der Niederschlagsmengen, der Veränderung der Temperatur usw. Aber die Ähnlichkeit ist rein äußerlich. Zwei der Kurven sind nach zufälligen Zahlen zusammengestellt: Aus einer Spalte einer Lotterietabelle wurden die letzten Ziffern entnommen (erste Kurve) sowie die Differenz zweier benachbarter Ziffern. Die dritte Kurve zeigt etwas ganz anderes. Hier findet sich dasselbe Vorherrschen der Rhythmen 6 und 9 (von 6 bis 15) mit einem Mittelwert von 9,5. Man könnte wahrscheinlich von einer leidlichen Korrelation aller drei Grafiken sprechen. Jedoch ist in der vierten die Menge der Buchstaben in den Wörtern (des russischen Originaltextes!) aus dem Zitat S.P. Chromows verwendet, das an früherer Stelle angeführt wurde („Die Beziehungen zwischen der Sonnenaktivität und den Erscheinungen des Wetters und Klimas“).

Natürlich könnte unsere gelungene Suche zweifelhafter Analogien noch durch einen vollen Triumph gekrönt werden, wenn wir nicht, wie im gegebenen Falle, drei Reihen zufälliger und voneinander unab-

hängiger Größen wählen würden, sondern annähernd gleichartige aus einigen ähnlichen Reihen. Doch Verfechter synchroner Rhythmen der Erde und des Kosmos suchen nicht selten nach korrelierbaren Kurven, ohne dabei zu berücksichtigen, daß es eine Menge nicht in den Zusammenhang passender gibt.

Das bedeutet natürlich nicht, daß die Suche nach miteinander in Verbindung stehenden Rhythmen eine sinnlose Betätigung ist. Im Gegenteil, Zusammenhänge zwischen planetaren und kosmischen Rhythmen gibt es ohne Zweifel. Jedoch sind sie sehr komplex, in vielem noch nicht geklärt und erfordern ein vorsichtiges, kritisches Herangehen.

In diesem Zusammenhang sei die von Schnitnikow entwickelte Idee von einem 1850jährigen Rhythmus der Feuchtigkeitsschwankung auf der nördlichen Halbkugel erwähnt. Wenn man für diese zeitliche Größenordnung den Grad der „geologischen Unschärfe“ berücksichtigt, so muß man konstatieren, daß es nach historischen Dokumenten für diesen Rhythmus keine gesicherten Grundlagen gibt. Die Genauigkeit archäologischer, geologischer und ähnlicher Datierungen ist im allgemeinen nicht groß. Sie beträgt meist einige Jahrhunderte oder sogar Jahrtausende. Es ist natürlich möglich, daß die Rhythmen Schnitnikows tatsächlich existieren. Aber für ihren Beweis müßten überzeugendere Fakten erbracht werden. Es wäre nichts einzuwenden, wenn die Unschärfe des Rhythmus bis fünfzig Jahre betragen würde.

Die babylonische (sumerische, biblische) Flut — falls es sie wirklich gab — fügt sich nicht in den Rahmen des Schnitnikowschen Rhythmus ein. Wiederholte sich doch die Katastrophe weder im 5. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung noch in unserer Ära. Große Überschwemmungen des Tigris treten auch jetzt auf. Bisweilen vereinigen sich bei Hochwasser sogar die Wasser des Tigris und Euphrat, einige Male die mittlere vieljährige Hochwassermenge übersteigend. Aber solche Ereignisse würde niemand mit der legendären Flut vergleichen.

Unter anderem werden bis heute Legenden über die Flut und Atlantis in wissenschaftliche Diskussionen einbezogen. Der Historiker L.N. Gumilew betitelte eine Rezension auf das Buch E.W. Maksimows „Das Problem der Vereisung der Erde und Rhythmen in der Natur“ so: „Entweder Untergang von Atlantis oder Rhythmen in der Natur“. In der Rezension wurde die Idee des 1850jährigen Rhythmus kritisch betrachtet.

„Im 16. Jahrhundert“, erinnert Gumilew, „betrifft eine strenge vieljährige Dürre sowohl die (ariden) Steppenzonen als auch die (humiden) Waldzonen. Die am Aralsee wohnenden usbekischen Nomaden verließen die heimatlichen Steppen und drangen nach Mittelasien ein... Der Spiegel des Kaspischen Meeres fiel um 10 Meter und gelang-

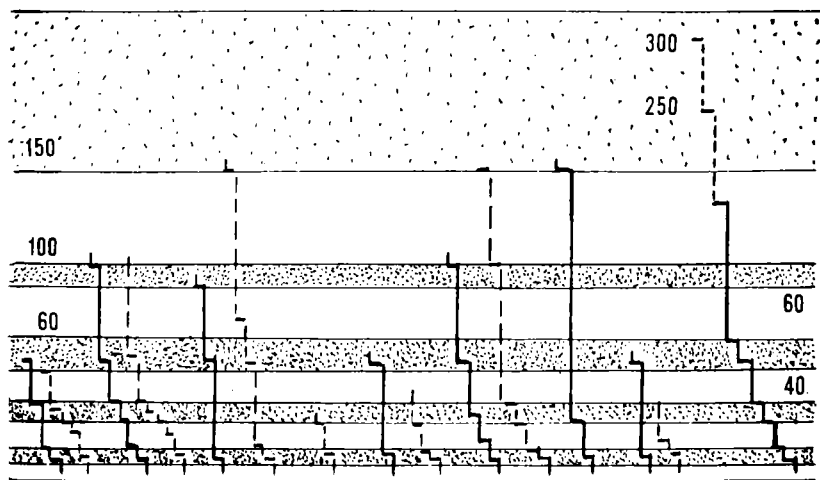
te bis zum Niveau des Jahres 1960 ... Gemäß der Konzeption A.W. Schnitnikows müßten analoge Bedingungen im 3. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung geherrscht haben, aber tatsächlich traten sie im 10. Jahrhundert unserer Zeitrechnung ein, als die Trockenheit aus den Steppen des gegenwärtigen Kasachstans Petschenegen und Seldschuken verdrängte. Eine noch grausamere Trockenheit herrschte im 3. Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Damals verließen die Hunnen und Sjangjanbizen die Große Steppe ... Dafür gab es, entgegen der Konzeption A.W. Schnitnikows, vom 3. bis 4. Jahrhundert unserer Zeitrechnung in der Steppenzone Mittelasiens reichlich Feuchtigkeit ... Die Hunnen durchquerten die Wüste Gobi mit Pferdewagen, bei denen als Räder Scheiben von Baumstämmen mit durchgebrannten Löchern für die Achsen verwendet wurden.“

Neben den kritischen Bemerkungen macht Gumilew jedoch eine wesentliche Einschränkung: „Nichtsdestoweniger nehmen wir die Konzeption der ‚Rhythmen‘ in den Naturerscheinungen durchaus ernst.“

Folglich, wenn wir uns zum Diagramm der Zufallszahlen zurückwenden, kann man mutmaßen, daß Flutepochen auf der Erde, wenn es sie gab, keine gesetzmäßige Aufeinanderfolge, keine klaren Rhythmen zeigen. Um so mehr erweckt die Methodik des Suchens entsprechender irdischer Prozesse mittels der Wolfschen Zahlen Zweifel. Das weit verbreitete System mathematischer Operationen mit den Wolfschen Zahlen kann zur Aufstellung scheinbarer Rhythmen führen, ohne Realität. Diese Zahlen gehen zurück auf das irdische Jahr, auf die Periode des Umlaufes der Erde um die Sonne; aber für die Sonne hat ein solches Intervall keinerlei physikalische Bedeutung. Schon mit einer Zahl davon schaffen wir eine künstliche Ordnung in den Zahlenreihen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß damit die Wahrheit verschleiert wird. Vielleicht ist es zweckmäßiger, die Wolfschen Zahlen gemäß den Jahreszeiten zu berechnen und sie mit den jahreszeitlichen atmosphärischen Zirkulationen zu vergleichen. Es erscheint logisch, daran zu denken, daß sich kurzzeitige Sonnenaktivitätsschwankungen bemerkbarer im Maßstab von Monaten und nicht von Jahren offenbaren. Ob dafür nicht die von Djakow gegebenen gelungenen Wetterprognosen sprechen?

Terrassenfolgen

Legenden über große Katastrophen sind besonders in Küstenländern weit verbreitet. Auch die klassische babylonische Version setzt offensichtlich eine ungewöhnliche Meeresflut voraus. Kann nicht der Ozean, der sich über große Teile der Erdoberfläche ausbreitet und in Flut- und Ebberhythmen pulsiert, der Urheber von Allerweltskatastrophen



Niveaus der Meeresterrassen auf den Kurilen (nach P. A. Kaplin und W. F. Kanajew). Höhenskala in Metern

sein? Die Geographen P.A. Kaplin und L.G. Nikiforow berichteten über einstige Anstiege des Ozeanspiegels und äußerten die Vermutung: „Es ist möglich, daß entsprechende Erscheinungen auch der Anlaß für die biblische Sintflutsage waren.“ In der Tat ist so manches über mächtige, fast katastrophenartige Schwankungen des Ozeanspiegels in den letzten Jahrzehnten- und Jahrhunderttausenden bekannt geworden.

Durch die Geographen ist eine erstaunliche Gesetzmäßigkeit seit langem bekannt geworden: Viele Meeresküsten steigen in gigantischen Stufen zur Strandlinie hinab, gleichsam als hätten Riesen flache Terrassen in verschiedenen Höhen und auf riesige Erstreckung nivellierend ausgearbeitet. An der algerischen Küste sind Terrassen in einer Höhe von mehr als 300 m zu verzeichnen. Meist aber übersteigt die Höhe der Terrassen nicht mehr als 150 m über dem Meeresspiegel.

Über die Entstehung solcher Bildungen gibt es keine Meinungsverschiedenheiten. Sie werden allgemein als Spuren der zerstörenden Tätigkeit des Meeres anerkannt. Und gegenwärtig kann man an den Küsten überall flache Strandterrassen sehen, die sorgfältig und ununterbrochen durch Brandung und Gezeiten ausgearbeitet werden.

Auf Terrassenstufen ließ das Meer viele Zeugnisse seiner Arbeit zurück: Meeressedimente, Muschelschalen, Skelettreste von Meereslebewesen, Brandungshohlkehlen. Auf einigen Terrassen werden Reste archäologischer Stationen — vorzeitlicher Menschen — angetroffen, die von marinen oder kontinentalen Ablagerungen überdeckt sind.

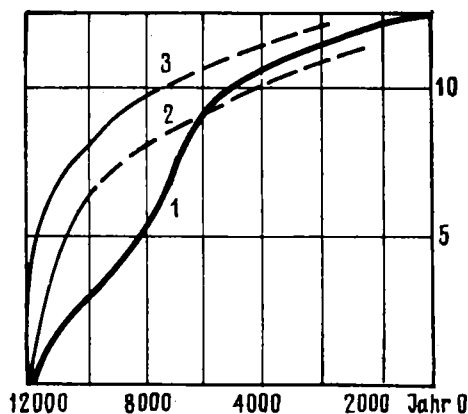
Das Vorhandensein klar ausgeprägter Terrassen und das Fehlen allmählicher Übergänge von einer zur anderen Stufe weisen darauf hin, daß Schwankungen des Meeresspiegels (oder Hebungen des Festlandes) relativ schnell erfolgten, Zwischenzustände schnell durchliefen und für längere Zeit auf bestimmten Niveaus fixiert wurden.

Terrassenstufen werden auch unter dem gegenwärtigen Ozeanspiegel beobachtet. Das Studium solcher ertrunkener Terrassen ist jedoch nicht leicht. Ihre Kartierung bereitet bis jetzt nicht geringe Schwierigkeiten. Über solche Terrassen ist relativ wenig bekannt.

In den Schelfzonen der Nordsee, des Japanischen Meeres und der atlantischen Küste Nordamerikas werden bis in hundert Meter Tiefe begrabene Torfmoore angetroffen, deren Alter (auf Grund radiometrischer Bestimmung mittels des Kohlenstoffisotops 14) auf 6000—16 000 Jahre datiert wird. An verschiedenen Stellen wurden am Meeresboden Stationen des prähistorischen Menschen und Reste von Landtieren und -pflanzen gefunden. Alle diese ertrunkenen Territorien waren folglich einst Festland.

Die Höhen der Terrassen erstrecken sich über alle Bereiche zwischen —100 und +420 m, gruppieren sich aber um bestimmte Werte. Darauf wendeten viele Forscher ihre Aufmerksamkeit. Eine entsprechende Übereinstimmung der Uferterrassentreppen führte auf den Gedanken von synchronen Meeresspiegelschwankungen auf der gesamten Erdkugel. G.U. Lindberg verallgemeinerte ein umfangreiches Faktenmaterial und kam zu dem Schluß: „Biogeographische Daten . . . erlauben die Vorstellung zu äußern, daß sich für die Quartärperiode nicht nur Vereisungen und mächtige Heraushebungen von Gebirgsketten als charakteristisch erweisen, sondern auch mächtige geohydrokratische Schwankungen des Ozeanspiegels planetaren Ausmaßes, in deren Ergebnis sowohl der Festlandssockel entblößt wurde, als auch ausgedehnte flache Teile des Festlandes der Einwirkung von Transgressionen unterworfen wurden. Dabei erfolgte eine Anhebung des Meeresspiegels gleichzeitig mit Vergletscherungen der Gebirgsregionen, in bedeutendem Maße diese Vergletscherungen verursachend.“

Man kann viele überzeugende Beispiele der Existenz mächtiger „Atemzüge“ des Weltozeans anführen. Wählen wir einige davon aus. Nach einer Mitteilung des englischen Gelehrten J.C. Schofield fallen Terrassenfolgen der neuseeländischen Küste mit einer Reihe der skandinavischen zusammen. Und dort wie hier lag der Spiegel des Meeres vor 10 000 Jahren 35 m unter dem gegenwärtigen, den er nach 4000—5000 Jahren erreichte; nach weiteren 1000 Jahren übertraf er ihn (Maximum im 3.—2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung, annähernd in der „Epoche der großen Flut“), und danach sank er wieder etwas ab. Solche sich entsprechende Angaben zweier weit voneinander ent-



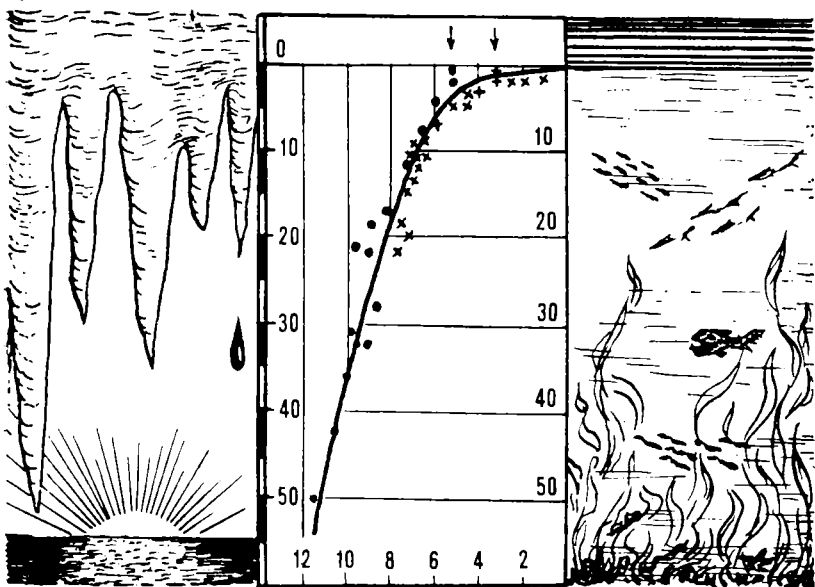
Heraushebung der Halbinsel Kola (nach A. D. Armand und L. Ja. Samsonowa) (1), desgl. vom Franz-Josef-Land (2) und von Spitzbergen (nach M. G. Großwald) (3) für die letzten 12 000 Jahre. Höhen in Metern

fernter Rayons, die auf verschiedenen Erdhalbkugeln liegen (fast antipodisch), vermögen auf gesamtplanetare Ozeanspiegelschwankungen hinzuweisen (oder auf gleichartige Erdkrustenbewegungen in antipodischen Gebieten der Erde), die kaum mit spezifisch örtlichen Bedingungen verbunden sind.

Forscher, die im Delta des Nils, auf dem vergletscherten Spitzbergen, in Südindien, an den marokkanischen Küsten, in Südafrika und Südastralien oder in gewissen Küstengebieten Amerikas gearbeitet haben, stellten ohne vorherige Koordinierung Terrassenstufen auf annähernd einheitlichen Niveaus fest: 2 — 4, 5 — 10, 15 — 20, 30 — 40, 50 — 60, 80 — 100 m.

Die allgegenwärtigen Skeptiker fanden auch in diesem Problem Nahrung für Zweifel, zum Beispiel genügend bei der Verfolgung gegenwärtiger vertikaler Bewegungen des Ozeanspiegels oder von Küstenterritorien. Es scheint da keinerlei Übereinstimmung zu herrschen. Wenn Skandinavien sich heraushebt (der Spiegel des Meeres sich relativ zum Festland senkt), dann geschieht nicht sehr weit davon, bei Holland, das genaue Gegenteil: Das Meer rückt beharrlich gegen das Festland vor, die Menschen leben seit je auf einem unter dem Meeresspiegel gelegenen Territorium. Vor den eingedeichten Ufern ziehen die Schiffe höher als die Dächer der Häuser dahin.

Man muß sich vergegenwärtigen, daß man an tausend und aber tausend Kilometern sich bewegender Küstenstrecken Hunderte von Beispielen synchroner Terrassenreihen finden kann, aber ebenso viele Beispiele ihrer Unähnlichkeit. Bei dem natürlichen Streben, in die beobach-



Änderungen des Spiegels des Weltozeans für die letzten 12 000 Jahre in Metern
(nach Kohlenstoffisotopen-Datierungen verschiedener Autoren)

teten Fakten Ordnung zu bringen, führt uns ihre Systematisierung freiwillig oder unfreiwillig dahin, Übereinstimmungen hervorzuheben und „untypische Fakten“ zu eliminieren. Wir kommen dabei zur Anwendung eines Filters, der nur einen Teil der Informationen hindurchläßt. Die verbleibenden Fakten werden willfähriger und erlauben, mit ihnen eine ganze Reihe von Manipulationen auszuführen, insbesondere mathematische Verarbeitungen und Reduktionen zu einfachen oder komplizierteren Formeln. Das Unheil ist nur, daß ausgewählte Informationen nicht selten Desinformationen sind und nicht als Grundlagen für wissenschaftliche Theorien dienen können.

Kompliziert und ungelöst ist das Problem der submarinen Terrassen. So sind zum Beispiel vier solcher Stufen an der südwestlichen Küste der japanischen Halbinsel Kii in Tiefen von 10—15, 25—35 und 50—100 m bekannt. Außerdem wurden hier bis zur Tiefe von 50 m in den Fortsetzungen der Flußläufe Cañons festgestellt. Wahrscheinlich waren die gegenwärtigen Schelfe einst trockengefallen, und auf ihnen strömten Flüsse, die jene Täler einschnitten, die wir heutzutage als submarine Cañons ansehen. Jedoch wenn unsere Zweifel nicht begründet sind, werden sie von vornherein zerstört und nicht genährt. Übertriebene Negierung schließt das Problem früher ab, als es gelingt, es genügend gut zu formulieren. Und doch ist uns sehr daran gelegen, eine

Lösung zu finden, mag sie auch nicht endgültig oder nicht sehr präzise sein.

Nach Angaben von R. Fairbridge und F. Shepard stieg der Spiegel des Ozeans in den letzten 15 000 Jahren unablässig mit geringer Dämpfung bis zum gegenwärtigen Stand an. Vor dem Hintergrund dieser allgemeinen Tendenz zeichnen sich kleinere Schwankungen und Rückläufigkeiten ab. Dabei ist ein verhältnismäßig kräftiger Anstieg im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung zu verzeichnen, nachdem sich die Schwankungen zum mittleren (gegenwärtigen) Niveau einpendelten. Nach einem zugehörigen Diagramm gab es keinerlei strenge Periodizität der Schwankungen, nur aufgesetzte Wellen verschiedener Amplitude traten auf.

Was beunruhigt Neptun?

Wodurch denn werden die Unruhen der gigantischen planetaren Wasserreservoirs hervorgerufen? Wie zu erwarten ist, existieren auch in dieser Hinsicht nicht wenige Meinungen. Aber bedeutende Unterschiede gibt es wohl nicht.

Verglichen mit der Atmosphäre, ist der Ozean bedeutend widerstandsfähiger und träger. Sogar jene anscheinend instabilen Gebilde wie die ozeanischen Strömungen — gleichsam gigantische Flüsse im Wasser — zeigen eine merkwürdige Beständigkeit. Beim Kuro-Shio und Golfstrom sind wohlausgeprägte Mäander bezeichnend, die die Ähnlichkeit der ozeanischen Strömungen mit festländischen Flüssen unterstreichen.

Als Ursachen gesamtplanetarer Veränderungen des Ozeanspiegels kann man nicht viele anbieten, hauptsächlich zwei: Veränderungen der Gesamtmasse des ozeanischen Wassers und Veränderungen des Volumens der Ozeanbecken. (Möglich sind Veränderungen der Form des irdischen Geoids bei Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit, jedoch verursacht dabei die Umverteilung des ozeanischen Wassers in den einen Breiten einen Anstieg, in den anderen einen Rückgang.)

Wie aber kann sich die Gesamtmasse des Ozeanwassers verändern? Dem Ozean fließen Tiefenwässer aus Vulkanen, Fumarolen und aus Quellen aufsteigender unterirdischer Wässer zu. Nach einer Berechnung von Lindberg macht das Volumen dieser plutonischen Wässer, die der Hydrosphäre zufließen, ungefähr $15 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$ pro Jahr aus, was für 100 000 Jahre $15 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$ ausmacht. Dabei müßte sich der Spiegel des Weltmeeres um einige Meter erhöhen. Wenn man die Möglichkeit einer Aktivierung des Vulkanismus und einer Vergrößerung der Gesamtmenge der Vulkane und unterirdischen Quellen in vulkanischen

Zonen einkalkuliert, dann wächst das Volumen des Wassers, das in die Hydrosphäre eintritt, um die Größenordnung von Zehnern an, und der Spiegel des Ozeans würde um Zehner von Metern ansteigen.

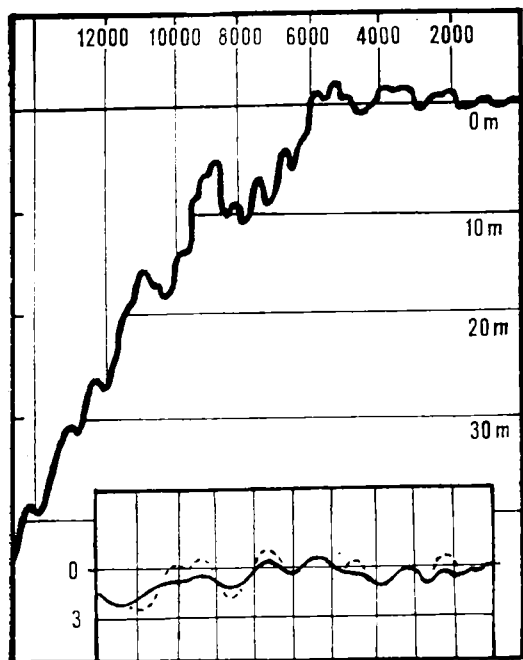
Allerdings sind die Berechnungen von Lindberg durchaus nicht unbestreitbar. Aber es ist nicht nur eine Angelegenheit merklicher Übertreibung bestimmter Größen. Die gegenwärtigen Vulkanologen sind in der Lage, die Herkunft unterirdischer Wässer nach dem Verhältnis der in ihnen enthaltenen Isotope zu bestimmen. Nach diesen Angaben haben die plutonisch ausgestoßenen Wässer die Erdoberfläche bereits mindestens einmal aufgesucht. In unterschiedlicher Weise wurden sie von den Gesteinen aufgenommen — in Rissen und Poren, in Kristallstrukturen, in den Molekülen der Minerale. In großen Tiefen erfolgt unter dem Einfluß hoher Temperaturen und hoher Drücke eine Umkristallisation der Gesteine, ihre Aufschmelzung, Abscheidung von Gasen und Wasserdampf. Es ist nicht ausgeschlossen, daß entsprechende physikalische und chemische Umwandlungen die vulkanische Aktivität stimulieren. Die vulkanischen Herde sind im allgemeinen oberflächennahe Magmenkammern, die bis in eine Tiefe von Zehnern und den ersten Hunderten von Kilometern reichen (Hundertstel des Erddurchmessers).

Es erscheint vernünftig, sich der Meinung W.I. Wernadskis anzuschließen, der damit rechnete, daß das Gesamtvolumen des ozeanischen Wassers in der geologischen Geschichte keine große Veränderung erfuhr. Wässer, die aus dem Erdinnern aufsteigen, vermögen dieses Volumen nur wenig zu vergrößern, in den frühen Etappen der geologischen Geschichte weit mehr als in den letzten Hunderten von Jahrmillionen.

Es gibt jedoch einen Vorbehalt: Nur in „normalen“ geologischen Epochen ist das Volumen des ozeanischen Wassers unveränderlich. In einem Zeitabschnitt der Katastrophen mit großen Vereisungen erfolgt eine Umverteilung des Wassers: Große Gletschermassen, die sich über ausgedehnte Territorien ausbreiten, nähren sich letzten Endes auf Kosten des ozeanischen Wassers. Es verdunstet und wandert in Form von Wolken zu den Kontinenten, wo es sich nach seiner Ausfällung in den Gletschergebieten als Schnee, Firnis usw. akkumuliert.

Das Volumen der kontinentalen Eismassen ist auch gegenwärtig bedeutend: Wenn die Gletscher der Antarktis und Grönlands schmelzen würden, würde der Spiegel des Ozeans um Zehner von Metern ansteigen. Ausgedehnte Territorien meeresnaher Niederungen würden ertränkt werden.

Nach Berechnungen von K.K. Markow und I.A. Sujetow nahmen die Gletscher vor 300 000 Jahren bis 23 % der Fläche der Kontinente ein (maximale Vereisung). Aus dem Weltozean waren Millionen Kubik-



Eustatische Schwankungen des Ozeanspiegels für die letzten 12 000 Jahre, hervorgerufen durch das Abschmelzen der Gletscher der letzten Vereisung; im unteren Teil desgl. für 2000 Jahre u.Z. (nach R. Fairbridge)

meter Wasser entnommen und in die feste Phase überführt worden. Der Spiegel des Ozeans mußte sich, falls andere Faktoren beständig blieben, um annähernd hundert Meter erniedrigt haben. Die Verringerung der grönländischen und antarktischen Gletscherschilde, die, wie die jüngsten Angaben zeigen, gleichzeitig mit dem Abschmelzen der großen eurasiatischen und nordamerikanischen Gletschermassen erfolgte, konnte den Spiegel des Ozeans in den Warmzeiten zwischen den Vereisungen um 20 — 30 m und bei der letzten Erwärmung vor ungefähr 5000 Jahren auf etwa 5 — 10 m über den heutigen Stand erhöhen.

So mag es sein, daß die Schwankungen des Ozeanspiegels durch Veränderungen des Gesamtvolumens des Wassers (die als eustatisch bezeichnet werden) hervorgerufen wurden und zur Bildung der Terrassenfolgen an den ozeanischen Küsten führten.

Jedoch kennen wir quartäre Terrassen in einer Höhe von einigen hundert Metern über dem Meeresspiegel und ertränkte Terrassen in einer Tiefe von mehr als hundert Metern. Die Amplitude der Schwankungen ist **sehr groß!**

Man kann annehmen, daß so bedeutende Höhenunterschiede der Terrassenniveaus durch örtliche Ursachen hervorgerufen werden: durch Heraushebungen und Senkungen von Küstenterritorien unter dem Einfluß tektonischer Kräfte. Es ist bekannt, daß tektonische Bewegungen der Erdkruste in manchen Gebieten nach oben, in anderen nach unten gerichtet sind. Hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit stehen sie den eustatischen Bewegungen merklich nach. Jedoch macht es die Nichtübereinstimmung dieser Geschwindigkeiten sehr wahrscheinlich, daß außer eustatischen Bewegungen des Ozeanspiegels und tektonischen Bewegungen küstennaher Gebiete noch andere Faktoren existieren, die zur Bildung der Terrassenreihen beitragen.

Tektonische Bewegungen zeichnen sich an der gesamten Erdoberfläche als charakteristisch ab: sowohl auf dem Boden der Ozeane als auch auf dem Festland. Diese Bewegungen ähneln Schwingungen ungewöhnlich verzögerter Meereswellen (nach der Amplitude tausende und nach der Geschwindigkeit hunderttausende Male geringer).

Eine Hebung des einen Rayons wird kompensiert durch die Absenkung des benachbarten. (So wird die Heraushebung von Gebirgsketten durch ihnen benachbarte Randsenken begleitet.) Anscheinend kann sich auch jeder Kontinent insgesamt herausheben als auch absenken in Verbindung mit entgegengerichteten Hebungen oder Senkungen des Ozeanbodens. Dabei werden Form und Volumen der ozeanischen Becken bedeutsam verändert. Mit deren Vertiefung würde sich die Fläche des Weltozeans verringern, und die Schelfe — jetzt durch Flachmeere überflutete Randbereiche der Kontinente — würden trockenfallen. Demgegenüber würden Anhebungen des ozeanischen Bodens durch ausgedehnte marine Transgressionen begleitet werden.

Vertikale Schwankungen des Ozeanspiegels können durch aktiveren Eintritt ober- oder unterirdischer Wässer des Festlandes in den Ozean in einer Periode festländischer Heraushebung etwas verschleiert werden. Jedoch ist das Volumen dieser Wässer verhältnismäßig gering, und sie vermögen den Spiegel des Ozeans kaum um mehr als einige Meter anzuheben.

Erkenntnisse aus der historischen Geologie bestätigen gleichsam beständige vertikale Bewegungen der Kontinente, die durch das Vorherrschen bald des Meeres, bald des Festlandes im kontinentalen Bereich begleitet werden. (Fast alle Meere, die sich auf kontinentalem Untergrund erstrecken, weisen, wie bekannt ist, zum Unterschied von den Ozeanen, eine verhältnismäßig mächtige Erdkruste auf.) Und wenn A.L. Janschin allgemeine Hebungen und Senkungen der Kontinente negiert, so verneint er nicht bedeutende Auf- und Abwärtsbewegungen jedes Kontinents im einzelnen.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß in einer bestimmten Periode

fast alle Kontinente vertikale Bewegungen in einer Richtung erfahren, die durch entgegengesetzte Bewegungen des ozeanischen Bodens begleitet wurden und zu bedeutenden Niveauveränderungen des Meeresspiegels führten.

Entsprechende synchrone planetare Prozesse sieht zum Beispiel die Hypothese B.L. Litschkows und I.I. Schafranowskis vor. Ihr Wesen besteht darin, daß die Form des Erdgeoids als eine Kombination des Rotationsellipsoides und eines geglätteten Oktaeders (Achtflächner) angesehen wird. Nach Meinung der Autoren entspricht eine solche Form des Planeten am besten gewissen geographischen Besonderheiten: dem Vorherrschen der Kontinente auf der nördlichen und der Ozeane auf der südlichen Hemisphäre; der dreieckigen Form der Kontinente; der Antipodizität der Kontinente und Ozeane. (Rollt man einen Globus auf einem Tisch und es befindet sich auf seinem höchsten Punkt Festland, dann befindet sich der den Tisch berührende Punkt fast immer im ozeanischen Bereich.) Bei Verzerrungen der Form des Geoids in Zeiten der Verlangsamung oder Beschleunigung der Rotation der Erde oder der Einwirkungen äußerer Schwerefelder müssen antipodische Flächen des Oktaeders verschieden gerichtete Bewegungen erfahren, die bedeutsame Niveauveränderungen des Ozeanspiegels verursachen.

Nach Meinung Lindbergs kann „der Eintritt riesiger Mengen von Magma in den Ozean, das aus Spalten an seinem Boden überfließt“, merklichen Einfluß auf Veränderungen der Form des ozeanischen Beckens haben. Es ist jedoch schwer, dem beizupflichten. Bei magmatischen Ausbrüchen wird eine Akkumulation der Laven zu vulkanischen Bergen, Ketten oder Plateaus von kompensierenden Absenkungen umgebender Territorien begleitet werden. Das Relief des Ozeanbodens verändert sich aber auch ohnedies. Eine gewisse Absenkung des Ozeanspiegels infolge Auskühlung der Ausbruchsmassen hat kaum wesentliche Bedeutung.

Außer vertikalen Schwankungen des Niveaus des Weltozeans könnten „Modulationen“ der ozeanischen Wassermassen Einfluß auf die Formierung der Terrassen ausgeübt haben, d.h. auf die Umverteilung des Wassers auf dem Planeten in Verbindung mit periodischen relativ kurzzeitigen Veränderungen der Form des Geoids. I.W. Maksimow unterscheidet zwei kosmische Kräfte, die solche Veränderungen hervorzubringen vermögen:

1. Gezeitenkräfte, die auf die Erde einwirken. Sie sind äußerst komplex. Einige von ihnen wirken mit einer zwölfstündigen Frequenz, andere mit vierundzwanzigstündiger, siebentägiger und so weiter bis zu hundertjährigen Rhythmen. Alle diese Rhythmen sind durch veränderliche Größen der Perioden und Amplituden charakteri-

siert. Gezeitenkräfte wirken auf alle Hüllen der Erde, insbesondere auf den Weltozean. Alle komplexen Systeme der Gezeitenkräfte wirken aktiv als Impuls bei der allgemeinen Veränderlichkeit der ozeanischen Wasser und ursächlich bei allen Erscheinungen, die auf die eine oder andere Weise mit dem irdischen Ozean verbunden sind.

2. Änderungen der Sonnenaktivität. Die großen ozeanischen Strömungen empfangen von der Sonne — durch die Atmosphäre der Erde oder unmittelbar — gleichsam mächtige Impulse. Sie beschleunigen oder — im Gegenteil — verlangsamen die meridionalen Strömungen im Ozean. Sie ändern selbst das Regime solcher Strömungen wie Golfstrom oder Kuro-Shio. Es ändert sich auch die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre . . .

Nochmals sind wir zurückgekommen auf jenes Problem, mit dem wir diesen Abschnitt begannen. Ist es nun trotz allem möglich zu sagen, ob Schwankungen der Sonnenaktivität fähig sind, auf klimatische oder darüber hinaus auf ozeanische Prozesse einzuwirken oder nicht?

Sogar wenn die Aktivität der Sonne völlig beständig bliebe, die Kraft ihres Einflusses auf die Hydrosphäre würde sich infolge periodischer Veränderungen des Abstandes der Erde von der Sonne und Schwankungen der Rotationsachse der Erde (Kurven von Milanković!) ändern. Solche Veränderlichkeit im Zustrom von Sonnenenergie zur Erde verursacht unbedingt eine ganze Reihe periodischer und in ihrer Stärke verschiedenartiger Störungen der Atmosphäre und des Ozeans. Ob man vor diesem dominierenden Hintergrund einen Effekt der Änderung der Sonnenaktivität zu erkennen vermag?

Das Pariser Observatorium berichtete einmal darüber, daß es mit Hilfe moderner Geräte gelungen ist, den Einfluß einer Sonneneruption auf die Rotationsgeschwindigkeit der Erde aufzudecken. Litschkow verwies auf diesen Fakt und verband Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit der Erde mit den sogenannten säkularen Gezeiten des Ozeans, die von vielen Wissenschaftlern postuliert werden, aber auch mit Veränderungen des Klimas und Schwankungen der Produktivität der Ozeane.

Es gibt eine andere Hypothese, die durch den amerikanischen Geophysiker E.R. Sykes entwickelt wurde. Nach seiner Meinung beeinflußt die Sonnenaktivität, indem sie die Richtung des elektrischen Feldes der Erde ändert, in irgendeiner Weise die Gravitationskonstante (Anziehungskraft) der Erde. Eine Bestätigung dieser Hypothese würde am meisten auf die gegenwärtige Physik einwirken, indem sie unsere Vorstellungen über die Gravitation ändern würde.

I.W. Maksimow und N.P. Smirnow verglichen nach ihrer Meinung höchst charakteristische (6-, 11-, 16-, 34-, 46-, 85- und 167jährige)

klimatische Schwankungen auf der Erde mit (6-, 11-, 15-, 34-, 46-, 83- und 171-jährigen) beobachteten Rhythmen der Sonnenaktivität und verwiesen auf ihre erstaunliche Ähnlichkeit untereinander als auch mit periodischen Gezeitenerscheinungen auf der Sonne, die nach einer Hypothese von E. Brown durch Einwirkungen der Planeten Jupiter, Uranus und Neptun hervorgerufen werden (entsprechend 6- und 12-, 15- und 30-, 42- und 84-, 82- und 165-jährig). Daraus wird der Schluß gezogen, daß eine solche Ähnlichkeit unmöglich zufällig sein kann: „Vieljährliche Änderungen der Sonnenaktivität sind ursächlich eng verbunden mit Gezeitenkräften der Planeten des Sonnensystems, die auf die Sonne wirken.“

Die angeführten Übereinstimmungen sind eindrucksvoll, jedoch verbleibt auch hier eine Hintertür für einen „gesunden Skeptizismus“. Erstens ist nicht unbedingt mit einer unveränderlichen Gravitationskonstante zu rechnen. Wahrscheinlich ist es richtiger anzunehmen, daß es eine Verbindung solarer Prozesse mit irdischen über das Magnetfeld und induktive Einwirkungen auf die Rotationsgeschwindigkeit des Planeten gibt. Zweitens ist es, wie wir schon wissen, nicht schwierig, unter der Menge von Rhythmen klimatischer Art verschiedener Periodizität solche zu finden, die mehr oder weniger der angegebenen Reihe von Zahlen entsprechen. Drittens ist es nicht ausgeschlossen, daß gravitative Effekte gemeinsamer Einwirkungen der Sonne und der Planeten unmittelbaren Einfluß auf die Erde haben und Deformationen verursachen können.

So existieren offensichtlich nicht wenige irdische und kosmische Kräfte (reale oder problematische), die fähig sind, bedeutende Veränderungen des Niveaus des Ozeanspiegels und Klimaschwankungen hervorzurufen. Diese Kräfte können einzeln oder gemeinsam wirken, sich in den verschiedenen Varianten vereinigend, gleich- oder entgegengerichtet. Sehr wesentlich ist dabei, daß sie fähig sind, eine ganze Reihe katastrophenartiger Erscheinungen zu verursachen, besonders in Vereinigungsepochen. Und letztlich leben auch wir in einer Eiszeit!

Hierarchie der Rhythmen

Die Veränderlichkeit der atmosphärischen Bedingungen ist sehr groß (zum großen Verdruß des Wetterdienstes). Die Wasserhülle ist träger, aber trotzdem gibt sie gut und gern atmosphärischen Einflüssen und anderen äußeren Einwirkungen nach. Die Erdkruste, unsere uralte Feste, führt sich manchmal auch störrisch auf (wer einmal ein Erdbeben erlebte, weiß das), obgleich sie, sozusagen, für unser kurzes Jahrhundert nicht die Zeit findet, sich wesentlich zu verändern.

Ganz anders ist es bei einem tausendjährigen Maßstab. Die Atmo-

sphäre erscheint dann, als wäre sie unbeweglich. Ihre schnellen Veränderungen werden unmerklich, einen gewissen mittleren Zustand zum Ausdruck bringend. So ist in dem Chaos der Atome, die einen Wassertropfen bilden, beständige Aufwallung, Zusammenstoß der wirbelnden Teilchen, ein Durcheinander verschiedener Bewegungsgeschwindigkeiten. Im Maßstab des Tropfens aber gleicht sich das alles aus.

Dafür stellen sich während eines Jahrtausends sehr wesentliche Veränderungen der Wasserhülle, der Hydrosphäre, ein, insbesondere der unterirdischen Wässer, der Oberflächenwässer, aber auch der ozeanischen Strömungen.

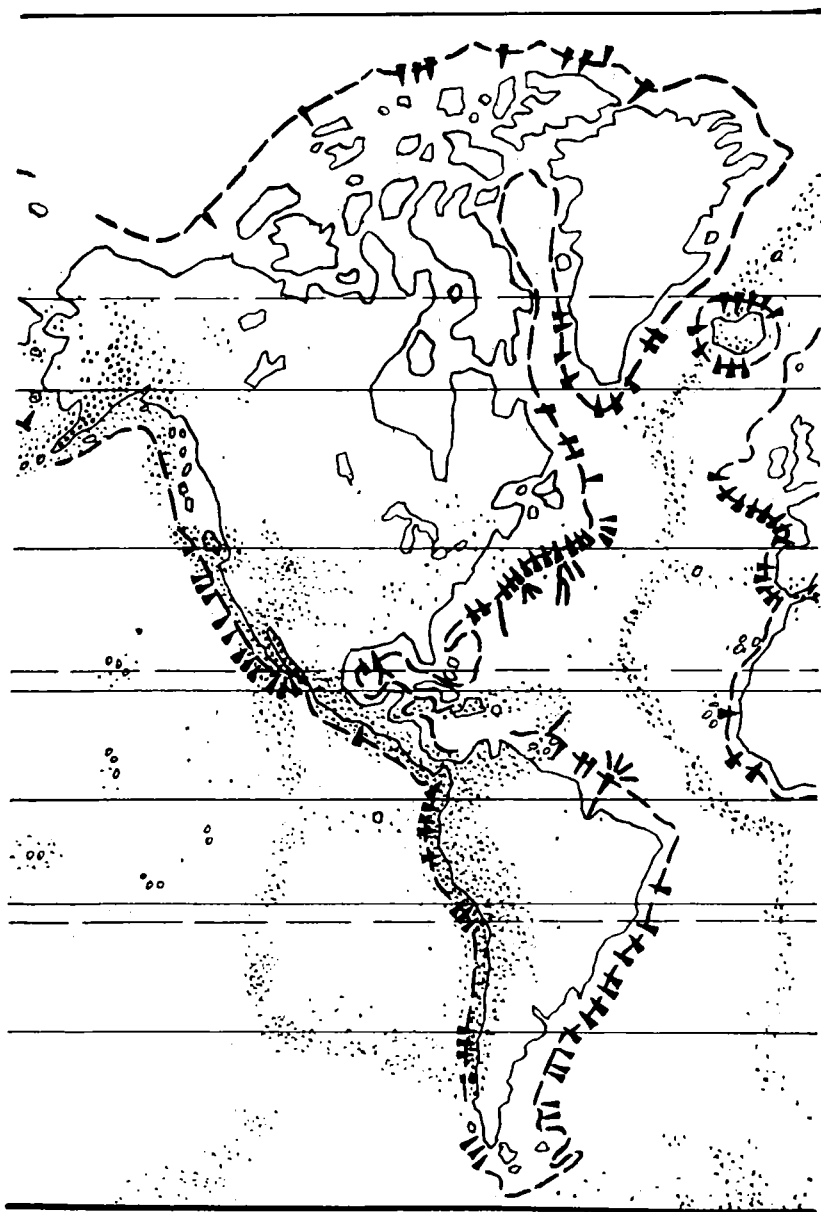
Und für Millionen Jahre stellt sich selbst die Erdkruste dar, als wäre sie fließend. Es zeichnen sich deutliche Wellen ab, die über die Erdoberfläche dahinwandern, Zonen der Zusammenpressung und der Dehnung, der Senkung und der Hebung. In diesem Zeitmaßstab beginnt auch die Masse der ozeanischen Wässer im Zusammenspiel kosmischer und irdischer Kräfte zu pulsieren. Der Weltozean wird sich ausdehnen und verkleinern, er wird seine „Fühler“ auf das Festland ausstrecken und gleich einer riesigen Amöbe die Festlands Oberfläche überspülen.

Es ist eine sehr schwierige Angelegenheit, sich in der Hierarchie der verschiedenartigen Rhythmen, die sich auf der Erde entwickeln, klar zu werden, und übersteigt wahrscheinlich zur Zeit unsere Fähigkeiten. Jedoch kann man sich vorstellen, wie sich eine Wechselwirkung der Geosphären in verschiedenen Rhythmen abspielen könnte. Das wäre keine Hypothese, sondern eine phantasievolle Schlußfolgerung, die aber auf Faktenmaterial beruhen würde.

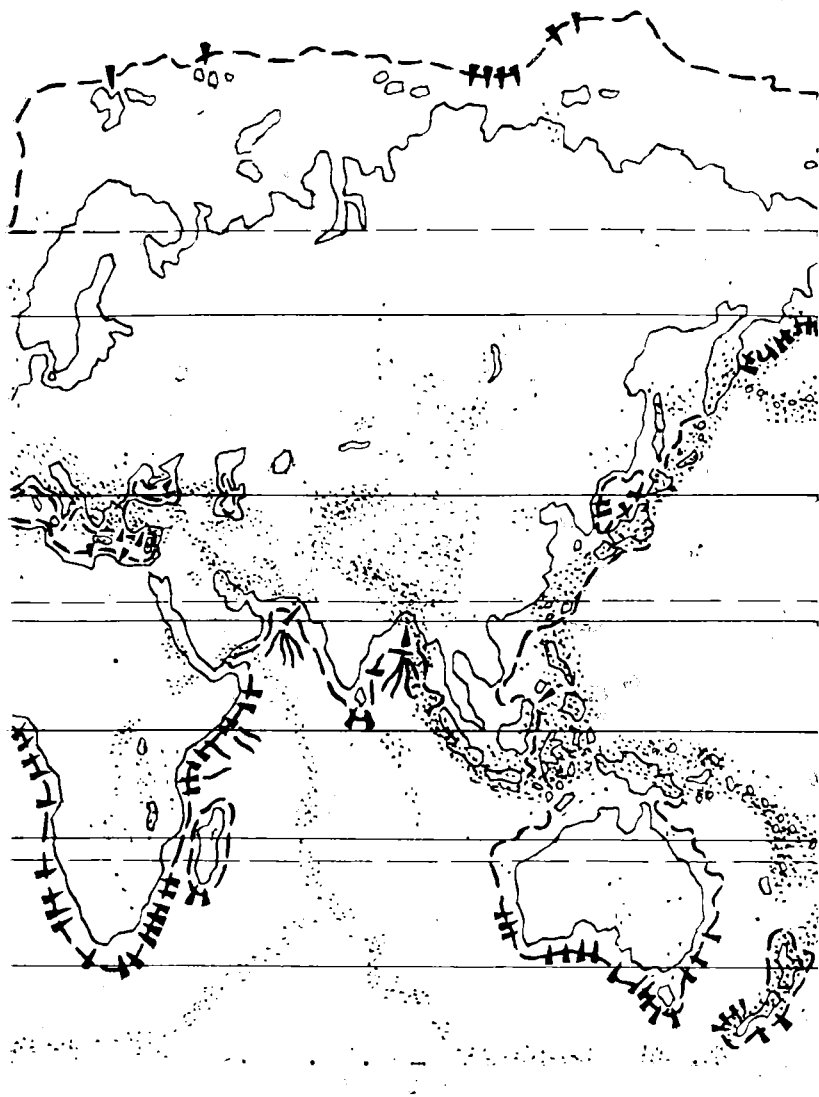
Vor allem stimmen wir zu, daß in der Erdgeschichte Perioden relativ ruhiger Entwicklung charakteristisch sind, ohne scharfe klimatische Zonalität und heftige Klimaschwankungen und ohne kräftige „Atemzüge“ des Ozeans und dessen katastrophenartige Einbrüche auf das Festland.

Aber es gibt Zeiten des Diastrophismus, der Katastrophen, die praktisch alle äußeren Hüllen des Planeten erfassen und ihre Stabilität stören. Die großen und kleinen „Kreisläufe“ der Atmosphäre und des Ozeans beschleunigen in solchen Zeiten ihre Bewegung mit häufigen Unterbrechungen.

Die Zeit, in der wir leben, gehört zu einer Periode des instabilen Zustandes unseres Planeten. Große Gletscher breiteten sich periodisch über riesige Räume der nördlichen Hemisphäre aus (auf Antarktika blieben sie mit geringen Veränderungen erhalten). Eine vollständige und überzeugende Rekonstruktion der Klimaschwankungen und Änderungen des Niveaus des Ozeanspiegels haben wir aber vorläufig noch nicht. Jedoch kann die Existenz und das Verschwinden kontinentaler



Grenze des Schelfs (---), submarine Cañons und bedeutendste submarine Flußbetten von Trübestömen (nach O. K. Leontjew und G. A. Safjanow)



sowie Schema „des seismischen Klimas“ der Erde: Die Vergrößerung der Punktdichte entspricht der Vergrößerung der Erdbebenmenge

Vergletscherungen eine ganze Reihe „katastrophenartiger“ Auswirkungen im planetaren Maßstab haben: eustatische Schwankungen des Ozeanspiegels, das Begraben und Wiederauftauchen von Kontinenten oder ihrer Teile unter Gletscherbedeckung, Transgressionen oder Regressionen der Ozeane, die mit Veränderungen der Form der ozeanischen Becken verbunden sind.

Im Zusammenhang damit müssen sich die Verschiebungen riesiger Wasser- und Eismassen merklich auf die Rotationsgeschwindigkeit des Planeten auswirken, die sich in Vereisungszeiten erhöhen und in Warmzeiten zwischen den Vereisungen verringern wird. Die Freisetzung kollossaler Rotationskräfte des Planeten muß zusätzliche Effekte hervorrufen: Verzerrungen der Form des Erdgeoids, Umverteilung des natürlichen Wassers der Erde, atmosphärische Gezeiten, wellenartige Bewegungen der Erdkruste und möglicherweise Aktivierung sowie Abklingen des Vulkanismus und seismischer Erscheinungen. Was mag sich ereignet haben beim Verschwinden der letzten großen Gletscher in Eurasien und Nordamerika? Das Abschmelzen der Gletscher erfolgte ungleichmäßig, mit Pulsationen, rekonstruierbar durch eine Folge von Endmoränen, Gletscherseen und andere Anzeichen. Schwankungen der Ränder großer Gletscher spiegeln Veränderungen des Volumens der Eismassen wider und wirken sich gleichzeitig auf das Niveau des Ozeanspiegels aus. Ozean und Gletscher pulsieren in entgegengesetztem Sinn: Wenn sich die Gletscher ausbreiten, erniedrigt sich der Spiegel des Ozeans.

Gleichzeitig erfolgte eine weitgehende Umgestaltung der Klimazonen. Die Pulsationen der Gletscher lösten Wellen des Klimas verschiedener Intensität aus. Sie glitten, über einige Jahrtausende zunehmend, heran und erreichten ein Maximum im 4. — 2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung, nachdem sich sowohl der Ozean als auch das Klima auf dem Planeten stabilisierte, sich dem gegenwärtigen nähernd. Demnach wurde der Puls der Naturkräfte unter periodischen Krämpfen schwächer.

In der kritischen Zeit der „Gesamtweltfluten“ (mariner wie atmosphärischer), die durch die Aktivierung von Erdbeben und Vulkanismus begleitet wurden, kam es möglicherweise zur Überlagerung der Bedingungen, als wenn gleichsam einmal oder einige Male die Amplituden der wellenartigen Prozesse in den Geosphären übereinandergestapelt würden. Wenn man berücksichtigt, daß in jenen Zeiten die Menschen fast ausschließlich die Täler großer Flüsse und die an das Meer angrenzenden Gebiete bewohnten, dann muß man entsprechende Katastrophen in der Tat als gesamtweltlich ansehen (vom Standpunkt der damaligen Menschheit). Offenbar nicht zufällig wird in einigen Legenden das gemeinsame Wüten einiger Naturkräfte erwähnt: Regen,

Sturm, Überschwemmungen durch das Meer oder durch Flüsse, ungewöhnliche Gezeitenfluten, Erdbeben.

Indem er die seinerzeitigen aktiven Bewegungen der Erdkruste im Zweistromland beschrieb und sie mit Zyklen des Vorstoßes und Rückzuges des Meeres verglich, kam der amerikanische Wissenschaftler J.M. Lees zu dem Schluß, daß „diese Wiege in den Kinderjahren der Menschheit leicht geschaukelt wurde und Restbewegungen noch lange anhielten, als die Zivilisation ihre Reife erreichte“. Man könnte hinzufügen, daß die Wahrscheinlichkeit ähnlicher Schaukelbewegungen für fast alle Wiegen der Menschheit nicht auszuschließen ist: für das Mittelmeer, Südasien, Amerika...

Das Leben des Unlebten

Wir wollen nun unseren Planeten betrachten, als würden wir ihn aus dem Kosmos sehen. Die konzentrischen Hüllen — Ionosphäre, Atmosphäre, Erdkruste und andere — verdecken, aufeinander folgend, den Kern der Erde.

Reale Grenzen der Geosphären sind nicht deutlich erkennbar. Die Gase dringen sowohl in das Wasser als auch in die obere Erdkruste ein; Wasser schwebt in der Atmosphäre und sickert in unterirdische Risse und Poren. Mineralteilchen sind auch in den natürlichen Wässern und in der Luft enthalten. Die Erde aber, unbeschene der verschiedenen sie zusammensetzenden Geosphären, wirkt als einheitliches Ganzes, einem runden Kohlkopf gleichend.

Das ist ein starres Bild. Es verändert sich merklich, wenn man sich die Bewegung der Geosphären „im Laufe der Zeiten“ vorstellt. So unterscheidet sich die äußere Gestalt eines Menschen, die auf einer Fotografie festgehalten ist, wesentlich von der lebenden Persönlichkeit, sogar merklich anders auch in Ruhe, indem sie auf alle Änderungen in ihrer Umgebung reagiert, ihr inneres, persönliches Leben widerspiegelnd. Besonders merklich offenbart sich das im Äußeren in Perioden seelischer Aufregungen durch Wut oder Kummer, Freude oder Nachdenklichkeit.

Liebhaber einer Statistik könnten auch in der lebendigen Ausdrucksform einen mittleren Zustand errechnen. Höchstwahrscheinlich würde er sich als wenig ausdrucksvoll, als ein Dämmerzustand zwischen Tag und Nacht erweisen. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen erfolgt nicht selten ähnliches. Wir haben uns daran gewöhnt, Daten zu mitteln, um sie von untypischen Zuständen zu lösen, und führen auf Diagrammen mittlere Linien durch eine ganze Wolke von Punkten hindurch.

Gehen wir zum Antlitz unseres Planeten über, so müssen wir zuge-

ben, daß wir uns immer noch nicht im klaren darüber sind, wo, wann und in welchem Grade ein mittlerer Zustand anzunehmen ist. Ob Abweichungen vom mittleren Zustand existieren oder ob gerade sie das Wesen der Erscheinungen charakterisieren?

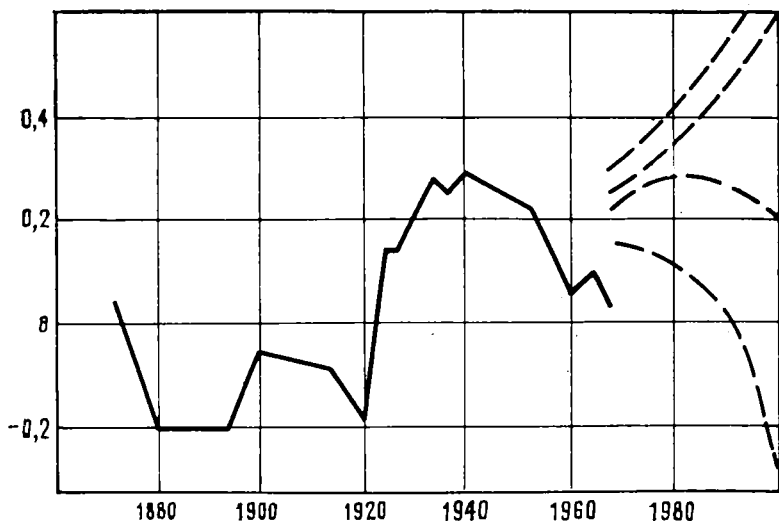
Am meisten interessiert uns die „geographische Hülle“, der Bereich des Lebens, der Platz der Wechselwirkungen und des gegenseitigen Durchdringens von Erdkruste, Hydrosphäre und Atmosphäre; der Bereich, der von Sonnenstrahlen und kosmischen Strahlen durchdrungen und heutzutage weitgehend vom Menschen angeeignet und umgestaltet ist. Er lebt aktiv und verändert sich. Das zeigt schon ein allgemeiner Blick auf ihn: Von den Polen zum Äquator ändern sich die Klimata, folgen die geographischen Zonen aufeinander, Landschaften ziehen mit kaleidoskopartiger Geschwindigkeit und Lebhaftigkeit vorüber. Und im Laufe der Zeit wechseln die Jahreszeiten, ändert sich das Klima, machen sich die säkularen Schwankungen des Niveaus des Ozeans bemerkbar.

Die Fülle der Verknüpfungen von Ursachen und Wirkungen, die für Prozesse, die in der geographischen Hülle ablaufen, charakteristisch sind, erlauben den Wissenschaftlern bis heute nicht, eine endgültige Formalisierung durchzuführen und das Leben auf der Erde mit aller Fülle und aller Unbestreitbarkeit mit Hilfe von Formeln, Tabellen und Diagrammen darzustellen. Langfristige geographische Prognosen befinden sich in auffallendem Widerspruch zu astronomischen Prognosen, die mit ungewöhnlicher Präzision eintreffen.

Prozesse in den kosmischen Sphären (griechisch Kosmos $\triangleq$ Ordnung) wirken ähnlich wie ein hervorragend regulierender Uhrenmechanismus. Die Sphären der Erde sind in ihrem Verhalten lebenden Organismen ähnlicher als Maschinen. Die komplizierteren Wechselwirkungen der Geosphären, die die geographische Hülle umfaßt, unterscheiden sich von einem Mechanismus, wo alles bis zum letzten Schraubchen reguliert ist und wo man auf jede äußere Einwirkung eine ganz bestimmte, genau vorherzusehende Reaktion erwarten kann.

Übrigens erfolgt der Wechsel der Jahreszeiten im allgemeinen regulär. Aber auch hier geht es nicht ohne Überraschungen ab. Abweichungen vom Mittel, die manchmal sehr hoch sein können, erinnern uns daran, daß den irdischen Sphären die astronomische geordnete Harmonie, die für die himmlischen Sphären charakteristisch ist, fehlt.

Doch wieso können wir Sonnenfinsternisse ein Jahrhundert im voraus prophezeihen, während uns ein Orkan überraschend trifft? Das ist die Antwort des Begründers der Kybernetik, Norbert Wiener: „Das Wesen liegt vor allem darin begründet, daß das meteorologische System eine große Anzahl annähernd gleicher Teilchen enthält, wobei einzelne von ihnen untereinander sehr eng verbunden sind. Im Gegen-



Langjährige Änderung der Jahresmitteltemperatur auf der nördlichen Halbkugel und ihre Prognosen für die Zukunft: obere Kurve unter Berücksichtigung des Einflusses nur der Kohlensäure technischer Herkunft, die übrigen auch des Staubes technischer Herkunft; die höchste Wahrscheinlichkeit hat die untere Kurve (nach S. Singer). Temperatur in °C

satz dazu enthält das astronomische System, insbesondere das Sonnensystem, nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Teilchen, die außerdem ganz verschiedene Ausmaße haben und nur schwach untereinander verbunden sind ... In der Meteorologie ist die Anzahl der zu berücksichtigenden Teilchen so groß, daß eine genaue Darstellung ihrer Ausgangslagen und Geschwindigkeiten völlig unmöglich ist, und wenn sogar noch die künftigen Lagen und Geschwindigkeiten aller Teilchen darzustellen und zu berechnen sind, dann erhalten wir nur eine unübersehbare Menge von Ziffern, welche von Grund aus uninterpretiert werden müßten, ehe wir sie verwerten könnten.“

Schwierigkeit bedeutet aber noch nicht Unmöglichkeit. Wenn ein Problem durch ein Übermaß an Fakten kompliziert wird, so kann man sich ein System schnell arbeitender Maschinen vorstellen, das fähig ist, mit entsprechenden Berechnungen fertig zu werden. Die geographische Hülle ist im Grunde genommen vergleichbar einem Mechanismus, selbst sehr kompliziert, mit einem komplizierten System wechselgekoppelter Räder und Hebel.

Schließlich löst auch die Kenntnis der Ausgangslage und der Geschwindigkeit der Teilchen allein die Angelegenheit nicht. Man muß auch die Größe, die Richtung und die Dynamik der Kräfte klären, die auf die geographische Hülle wirken: Variationen der auf die Erde auf-

treffenden Strahlung der Sonnenenergie, gravitative Einwirkung benachbarter kosmischer Körper, rein irdische Faktoren und Einflüsse ferner Sterne und Galaxien.

Das Problem kompliziert sich also. Aber wie dem auch sei, es wäre prinzipiell lösbar. Auf die geographische Hülle einwirkende Kräfte kann man klassifizieren, in ein System eingliedern: nach der Energiekapazität, Periodizität, Veränderlichkeit, nach Wechselbeziehungen mit anderen Kräften. Nehmen wir an, daß alle mehr oder weniger bedeutenden Kräfte, die auf die äußeren Geosphären wirken (die nicht tief in die Erdkruste eindringen), bekannt und systematisch geordnet sind. Ob wir in diesem Fall überzeugend, sagen wir, die meteorologischen Kennziffern für ein konkretes Gebiet (oder für den gesamten Planeten) berechnen könnten, und wenn, ob auch auf ein Jahr im voraus?

Natürlich nicht. Es ist erforderlich, einen „Hebeleffekt“ einzubeziehen, worunter das Ansetzen der Kraft an einer bestimmten Stelle zu verstehen ist. So reagiert zum Beispiel auf eine Sonneneruption das eine Gebiet, auf die Änderung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde ein anderes.

Wenn wir über irgendeinen Faktor nicht absolut alles genügend gut wissen, dann versuchen wir es mit einer wahrscheinlichen Annäherung. Wir berechnen die Dynamik eines Systems für einige Fälle und überschlagen die Wahrscheinlichkeit dieses oder jenes Herangehens.

Jedoch haben wir eine der Hauptschwierigkeiten noch nicht berücksichtigt. Jede der Geosphären (Ionosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre, Erdkruste), aber auch ihre Gesamtheit (die „geographische Hülle“), besitzt ihre Besonderheiten, sozusagen ihre persönlichen Eigenschaften, auf Grund der sie sehr eigenständig auf äußere Einwirkungen reagieren. Erinnern wir uns zum Beispiel an die Resonanzerscheinungen, die Djakow hervorhob ... Übrigens lassen auch sie sich wahrscheinlich rechnerisch einbeziehen: in die Klassifikation der Kräfte, die auf die Geosphären wirken und die entsprechend in eine Rubrik „Resonanzeffekt“ einzufügen wären.

Die äußeren Hüllen der Erde sind an Energie gesättigt, die von außen her (hauptsächlich von der Sonne) zuströmt, und sie wird nicht nur akkumuliert, sondern auch in riesigen Mengen wieder ausgestrahlt. Sie verhalten sich, als wären sie in überspanntem Zustand bei immer unbeständigem Gleichgewicht.

So sind Analogien mit lebenden Wesen wahrscheinlich völlig gerechtfertigt. Denn auch das Leben ist ein ununterbrochener Austausch von Stoffen (von Energie) sowohl innerhalb des Organismus als auch zwischen dem Organismus und dem umgebenden Milieu. Im lebenden Stoff konzentriert sich eine bedeutende Menge „freie“, „eigene“, biochemische Energie, die erlaubt, heftig zu reagieren, sogar auf ein sehr

schwaches Signal (der Energie nach), und andererseits ganz und gar nicht auf bedeutend mächtigere Einwirkungen. Ein Tier wird erschreckt durch das Geräusch der Schritte des Jägers, aber stört sich nicht am Gedröhn eines Wasserfalls; es läuft davon, wenn es den Blitz eines Gewehrs wahrnimmt, bewegt sich aber nicht fort unter den grellen Strahlen der Sonne.

In den Geosphären erfolgt beständig eine Umverteilung der von außen einlaufenden Energie (innerer Austausch, Stoffkreislauf). Die Stärke der Reaktionen der Geosphären auf äußere Einwirkungen hängt in vielem von dem ständig veränderlichen, labilen, gespannten inneren energetischen Zustand ab. Bei den Tieren besteht eine gewisse ständige Aufnahme von Signalen, die unter bestimmten Bedingungen diese oder jene Reaktion hervorrufen (Anzeichen der Gefahr, Geruch der Nahrung, Schrei des Feindes u.a.). Für die Geosphären kann man nicht immer entsprechend schwache Einwirkungen, die heftige Störungen, ja Katastrophen hervorrufen, im voraus erkennen. Als solche Einwirkungen erweisen sich unter bestimmten Bedingungen Sonneneruptionen, in anderen Fällen mächtige vulkanische Ausbrüche oder die Anziehungskräfte des Mondes.

Die vielen aufgeführten Schwierigkeiten, die sich beim Vergleich der geographischen Hülle mit einem Mechanismus zeigen, führen zu dem Schluß: In absehbarer Zeit wird es kaum möglich sein, gewisse Prozesse, die in den Geosphären ablaufen, zuverlässig zu prognostizieren. Dabei ist letztlich nicht die Rede von mittleren Kennziffern, die sich mehr oder weniger für ein gegebenes Gebiet für eine genügend lange Periode ermitteln lassen, sagen wir für das Jahresmittel der Temperatur, der Niederschläge, der Windgeschwindigkeiten.

Uns interessiert in erster Linie nicht die Norm, sondern Abweichungen von ihr. Wir wollen Kenntnis erhalten von einem „untypischen“ Orkan, weil er, wenn er über uns hereinbricht, unendliches Unheil mit sich bringt; wir wollen künftige Trockenheiten oder künftige Fluten voraussehen, weil gerade sie unsere Wirtschaft besonders stark gefährden.

Die Entwicklung einer allgemeinen Theorie der geographischen Hülle ist ohne Zweifel nicht einfach. Aber auch die Kenntnis der Lebewesen ist mit enormen Schwierigkeiten verbunden. Jedoch erlauben offensichtliche Erfolge der biologischen Wissenschaften nicht nur das Wesen des Lebens zu begreifen, sondern auch die Produktivität der Biosphäre zu erhöhen, Krankheiten zu bekämpfen, das Leben des Menschen zu verlängern, das umgebende Milieu zu erhalten. Wir wollen nicht vergessen: Schwierigkeit bedeutet nicht Unmöglichkeit.

Das Übermaß an Hypothesen und speziellen Theorien, die die Dynamik und Wechselwirkung der Geosphären beschreiben, kompliziert

die Ausarbeitung einer allgemeinen Konzeption, die alle bekannten Wissenschaften, Ideen und Fakten umfaßt, außerordentlich. Übrigens werden in der Mathematik und Kybernetik Theorien ausgearbeitet, die erlauben, bei einem Mangel an Informationen zu äußerst zuverlässigen Lösungen zu gelangen (zum Beispiel die Spieltheorie). Mit der Zeit mögen sie auch in die Geographie eindringen.

Wie kompliziert auch die Dynamik der Geosphären sein mag, wie heftig, krampfartig und unbeständig der Pulsschlag der Naturgewalten, wir bemühen uns, ihn ohne Anspruch auf das Erreichen der absoluten Wahrheit zu begreifen, aber trotzdem vollständiger als gegenwärtig. Das ist eine faszinierende wissenschaftliche Aufgabe und — was wichtiger ist — ein dringliches praktisches Bedürfnis.

Klima und Zivilisation

Die Jagd nach dem Unerforschten — das ist das Los der Wissenschaftler, die danach streben, bisher unerkannte Zusammenhänge aufzudecken. Der Drang, Unwahrscheinlichem auf die Spur zu kommen, wohnt den meisten Menschen inne.

In der Wissenschaft pflegt aber Unbekanntes selten unwahrscheinlich zu sein. Der Wissenschaftler strebt danach, eine rätselhafte Erscheinung auf verständliche Weise zu erklären (wobei diese Verständlichkeit gewöhnlich durch umfangreiche Arbeit erreicht wird).

Natürlich ist die Verständlichkeit einer Idee noch kein Kriterium für ihre Wahrheit. Jedoch wenn es notwendig ist, aus zwei gleichmaßen wahrscheinlichen Erklärungen eine auszuwählen, bietet die Wissenschaft den Vorzug eines einfachen Vorgehens. Dieses Prinzip wird nach einem mittelalterlichen englischen Philosophen als das „Occamsche Messer“ bezeichnet. Er schlug vor, die Erscheinungen mittels Minimierung zu erklären, das heißt bei übrigen gleichen Bedingungen in einfachster Form. Aber es gibt Fälle, wo das Occamsche Messer vom Baum der wissenschaftlichen Erkenntnis einen lebendigen Zweig abtrennt.

Eine seltsame Gesetzmäßigkeit

Die gegenwärtigen klimatischen und landschaftlich-geographischen Zonen der Erde sind durch die Tätigkeit des Menschen gekennzeichnet. Insbesondere wurden die gegenwärtigen Wüstenzonen, Halbwüsten, Steppen, Waldsteppen, Waldtundren und teilweise die Tundren in bedeutendem Maße unter aktiver Mitwirkung des Menschen geformt.

Eine solche Behauptung mag als offenbare Übertreibung erscheinen. Jedoch pflichten auch viele Fachleute bei, daß die Mehrheit der gegenwärtigen Landschaften unseres Planeten sekundär (gezielt oder unfreiwillig) durch den Menschen umgestaltet worden sind. Nicht nur die geographische Zonalität, sondern auch die klimatischen Zonen! Das scheint doch wohl übertrieben.

Wir werden diese Idee jedoch kaum deshalb zurückweisen, weil sie unwahrscheinlich erscheint. Die Geschichte der Wissenschaft, ja auch unsere alltägliche Erfahrung zeigen, daß die Wahrheit sehr oft unwahrscheinlich zu sein pflegt, aber die Wahrscheinlichkeit die Unwahrheit oft wirksam verhüllt.

So wollen wir versuchen zu prüfen, ob es zulässig ist, sich auf die in dieser wissenschaftlichen Hypothese zum Ausdruck kommende Idee zu stützen.

Vor allem erinnern wir uns des bereits erwähnten G. Marsh, der die physiko-geographische Tätigkeit der Menschheit erforschte. Er kam insbesondere zu folgendem Schluß:

„Wir haben nicht nur unbestreitbare Zeugnisse der Geschichte, daß... Nordafrika, die arabische Halbinsel, Syrien, Mesopotamien, Armenien und viele andere Gebiete Kleinasien, Griechenlands, Siziliens und sogar einige Teile Italiens und Spaniens sich in älteren Zeiten durch hohe Fruchtbarkeit auszeichneten, sondern die Menge und Größe bis heute erhaltener Architekturdenkmal und Ruinen bescheinigen uns, daß viele in heutiger Zeit wüstenhafte Gebiete einst eine dichte Bevölkerung aufwiesen, die auf jeden Fall eine solche Fruchtbarkeit des Bodens voraussetzte, von der jetzt bestenfalls nur noch schwache Spuren vorhanden sind. Nur durch außerordentliche Fruchtbarkeit können wir erklären, auf welche Weise sich Armeen, wie die persische oder in späterer Zeit die Armeen der Kreuzritter und Tataren sich ohne irgendwelche Kommissariate bei längeren Durchzügen durch Territorien versorgen konnten, die heute kaum imstande sind, ein Regiment zu ernähren.“

Die Gedanken von G. Marsh fanden bei den Geographen keine günstige Aufnahme. Sie wurden unterstützt durch F. Engels. Aber in der geographischen Wissenschaft wurden sie durch das „Occamsche Messer“ abgetrennt.

Weshalb soll man wohl auch Zuflucht nehmen zu so ungewöhnlichen, „unnatürlichen“ Erscheinungen wie der Tätigkeit des Menschen? Man kann sie — mittels Minimierung — durch die gewöhnlichen Kräfte der Natur umgehen. So existieren viele klimatische Rhythmen: Wechsel von Perioden der Dürre und Feuchtigkeit, der Erwärmung und Abkühlung. Auch in vergangenen geologischen Epochen gab es ja auf der Erde Wüsten, existierte auch eine geographische Zonalität.

Wie die Paläogeographen festgestellt haben, waren Wüsten zum Beispiel in der Trias- und Oberkreidezeit weit verbreitet, im Permokarbon dagegen gab es eine bedeutende Abkühlung. Die Klimatologen erklären seit je die Ursachen von trockenen oder übermäßig feuchten Zonen durch globale Luftbewegungen: Am Äquator steigt erwärmte Luft nach oben, kühlt sich ab und verliert die Feuchtigkeit, was die

Ursache tropischer Regen ist; in der Zone der Wendekreise jedoch herrschen absteigende Ströme trockener Luft vor, weshalb Regen hier äußerst selten ist. Eine Karte der klimatischen Zonalität bestätigt diese Gesetzmäßigkeit anschaulich: Die Zone der tropischen Regenwälder ist im äquatorialen Gürtel angeordnet, aber die Zonen der Wüsten begleiten diese beiderseits längs der Wendekreise.

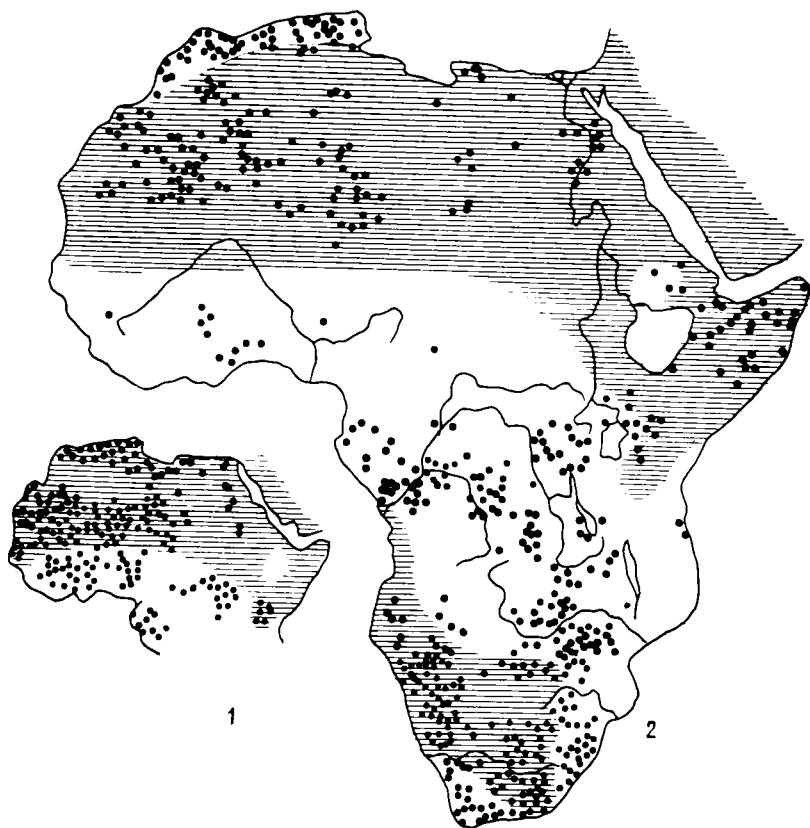
Außerdem muß man berücksichtigen, daß die Menschen in früheren Zeiten keine so entwickelte Technik hatten wie jetzt. Folglich konnten sie der Natur keinen so großen Schaden zufügen.

Schließlich ein letztes Argument. Es ist bekannt, welche geringen Erfolge die gegenwärtige Menschheit bei einer zielgerichteten Einwirkung auf das Wetter hat. Doch wenn wir heute nicht in der Lage sind, die Wetterbedingungen auf begrenzten Territorien für kurze Fristen nachhaltig zu ändern, wie soll man sich dann vorstellen, wie sich globale klimatische Prozesse unter dem Einfluß alter primitiver Zivilisationen merklich hätten wandeln können?

Das sind wahrscheinlich sehr überzeugende Argumente gegen die Idee G. Marshs. Und die Argumente erscheinen logisch. Sie basieren in nicht geringem Grade auf gegenwärtigen wissenschaftlichen Vorstellungen. Aber es gibt dabei eine Frage: Inwieweit werden sie durch Fakten bestätigt? Es scheint, daß diese Einwände spekulativ sind; denn eine ganze Reihe glaubwürdiger Fakten zeugt davon, daß die Menschheit vor einigen tausend Jahren solche Macht erwarb und die erste Zivilisation das umgebende Milieu so stark veränderte, daß sich im Ergebnis eine wesentliche Umwandlung der geographischen und klimatischen Zonen einstellte.

Es erscheint eine Einschränkung notwendig. Bei weitem gehören nicht alle Behauptungen, die in diesem Abschnitt verteidigt werden, in die Kategorie unanfechtbarer wissenschaftlicher Wahrheiten. Wie, unter anderem, landläufige wissenschaftliche Ideen sehr oft keinen Bezug zur Kategorie der Wahrheiten haben.

Wir wollen bewußt einen letzten Gesichtspunkt darlegen und verteidigen. Es ist selbstverständlich, daß nicht alle geographischen Zonen nicht immer als auch nicht in vollem Maße durch den Menschen umgewandelt wurden. Aber im gegebenen Fall wird uns der „menschliche Faktor“ in der Geographie, in der Geschichte der globalen Klimata, interessieren. Das mag den Eindruck erwecken, als würde eine natürliche Wüstenbildung überhaupt nicht auftreten. Jedoch kommt es uns darauf an, nicht der einfachen Wechselbeziehung einer Zivilisation der Vergangenheit mit dem umgebenden Milieu nachzuspüren, sondern in erster Linie die mögliche Abhängigkeit der natürlichen Bedingungen von der Tätigkeit des Menschen, maximal abstrahiert von allen übrigen geographischen Faktoren, zu untersuchen.



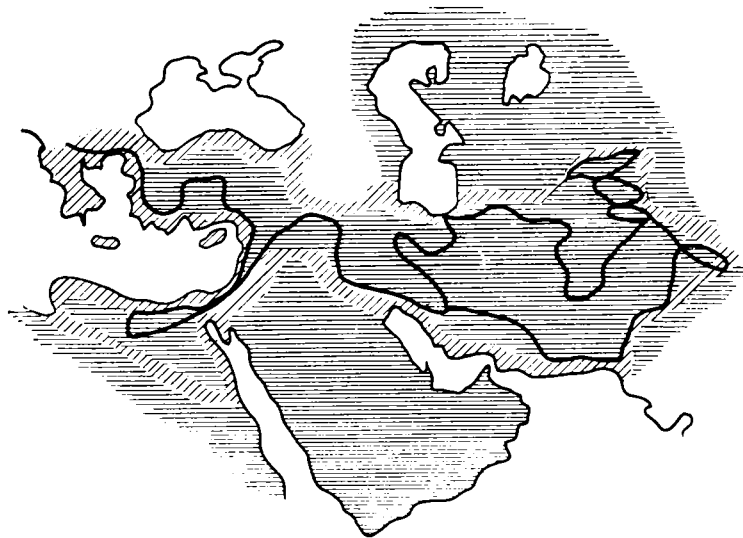
Verbreitung der Kulturen des jüngeren Paläolithikums und Mesolithikums (1) und der neolithischen Kulturen (2) Afrikas. Die Zone der Wüsten und Halbwüsten ist hervorgehoben (nach J. D. Clarke)

Nicht zu behaupten, sondern zu mutmaßen, das ist unser Prinzip. Und außerdem nicht Meinungen den Vorrang geben, sondern Fakten.

Wohl die offensichtlichsten und bedeutendsten klimatischen Veränderungen in den letzten Jahrtausenden erfolgten in Afrika.

Wir stellen auf der Karte von Afrika Gebiete gegenwärtiger Wüsten und Halbwüsten, aber auch Standorte antiker Menschen und Herde alter Kulturen fest. Wenn man die Täler Kongos außer acht läßt, dann ist es völlig offensichtlich, daß die Zivilisationen der Vorklassen- und ersten Klassengesellschaft dieses Kontinents sich an die Wüstenterritorien halten.

Überhaupt läßt sich in der Geschichte der Menschheit eine bedeutende Gesetzmäßigkeit feststellen: Alle großen Zivilisationen des Alter-



Ausdehnung des Reiches Alexanders von Makedonien (schräffiert) und Verlauf seiner Feldzüge (fette Linie), 4. Jh. v.u.Z. Die horizontal schraffierte Zone sind gegenwärtige Wüsten und Halbwüsten, mit denen sich der größte Teil des Machtbereiches Alexanders deckt

tums auf den verschiedenen Kontinenten sind an Gebiete gebunden, wo sich jetzt Wüsten oder Halbwüsten befinden. Ist das nicht sonderbar? Ob es vielleicht nur wenig Platz auf der Erde gab, die in jenen Zeiten dünn besiedelt war? Ob es wenig Territorien gab, die reichlich warm und feucht, reich an Tieren und Pflanzen waren, mit fruchtbaren Weiden und günstigen Landstücken für Ackerbauer?

Man sagt, daß für die Entwicklung des technischen Erfindergeistes und des gesellschaftlichen Zusammenschlusses schlechte Bedingungen und Schwierigkeiten, mit denen man fertig werden muß, besser wären. Im Kampf mit der Natur entwickle sich die Kraft!

So weit, so gut, aber es trifft wohl nicht völlig zu. Urteilen Sie selbst: Um ein Bewässerungssystem einzurichten, sind Kenntnisse, Fertigkeiten und eine Technik (wenn auch eine primitive) erforderlich. Das bedeutet, daß mehr oder weniger entwickelte Zivilisationen in der Lage sind, sich dürre Gebiete anzueignen. Aber woher würden diese Zivilisationen kommen? Erscheinen sie nicht von selbst in der Wüste, plötzlich, wie im arabischen Märchen?

Andererseits, wenn sich eine Zivilisation unter günstigen natürlichen Bedingungen entwickelt, warum soll sie sich in einer Wüste ausbreiten? Auch ohnedies reicht der Platz auf der Erde aus. Und selbst

wenn die Zivilisation plötzlich, aus sich selbst heraus, in Wüstengebieten entstanden wäre, was würde sie hindern, sich danach auf reicheren Gebieten, die von wilden Stämmen eingenommen werden, auszubreiten?

Und schließlich gibt es noch eine Frage: Wo lagen die Wüsten in jener Zeit, als die alten Zivilisationen entstanden und blühten? Wenn diese Zone von ihrer gegenwärtigen Lage nach Norden oder Süden verschoben war, warum gibt es dann darüber eigentlich keine Zeugnisse, weder geographische noch historische?

Folgen wir dem Feldzug Alexanders von Makedonien: Kleinasien, Syrien, Ägypten, Libyen, dann nach Osten durch Mesopotamien nach Iran, Mittelasien, Indien. Diese Marschroute umfaßte praktisch die gesamte hochzivilisierte Welt jener Zeit. Und das alles in einer Zone gegenwärtiger Wüsten und Halbwüsten. Wir betonen: gegenwärtiger!

Jedoch ein großes Wüstengebiet haben wir noch nicht erwähnt, das wesentliche Teile Australiens umfaßt. Hier gab es keinerlei größere oder kleinere Entwicklung einer Zivilisation, aber ausreichend Wüste. Es könnte scheinen, daß allein dieser eine Fakt der Hypothese über die Abhängigkeit der gegenwärtigen Klimata von der Tätigkeit des Menschen die Grundlage entzieht.

Wir wollen jedoch nicht vorgreifen. Beginnen wir mit jenem Territorium, wo dem Einfluß des Menschen am deutlichsten nachgespürt werden kann.

Die klimatische Krise in der Sahara

Als wir über die im Zentrum der Sahara aufgefundenen Felsgravuren und Fresken berichteten, die Flußpferde und Giraffen, Elefanten und Krokodile, Haustiere und Menschen darstellen, wendeten wir keine gebührende Aufmerksamkeit auf einen wichtigen Umstand. Es handelt sich darum, daß diese Funde für die Wissenschaftler, in erster Linie die Geographen und Klimatologen, eine völlige Überraschung darstellten.

Niemand hatte vermutet, daß die größte Wüste der Welt relativ unlängst ganz und gar anders war: reich an Weiden, Wasser und Tieren. Nichts davon hatten jene Wissenschaftler gehant, die die ersten Theorien der Klimata der Erde und der geographischen Zonalität aufstellten. Die Existenz der Sahara wie auch der sonstigen Wüstenzonen wurde theoretisch durch Besonderheiten der globalen atmosphärischen Zirkulation begründet. Die Theorien (die sich im allgemeinen bis heute erhalten haben) eigneten sich nicht als Kriterien der Vorhersage. Mit anderen Worten: Obwohl die Theorien die bekannten Fakten nicht schlecht erklärten, erwiesen sie sich als unvermögend, sichere Prognosen für die Zukunft zu geben, gewisse Entwicklungen zu prophezeien.

Als es klar wurde, daß das einstige Aussehen der Sahara dem gegenwärtigen ganz und gar nicht ähnlich war, ergänzten die Wissenschaftler einfach die vorherige Klimatheorie, indem sie die Hypothese periodisch auftretender Zeiten erhöhter Feuchtigkeit in jetzt dünnen Zonen während des Absinkens der Temperatur in der arktischen Zone einfügten (in Verbindung mit der Verlagerung der Tundrazone und dem Zurückweichen der Wälder nach Süden) usw.

Aber die Sahara gab den Gelehrten noch ein Rätsel auf. Es stellte sich heraus, daß sich hier aufeinanderfolgend vier große Kulturperioden abgelöst hatten: eine älteste von Stämmen der Jäger und Sammler (Darstellungen der „äthiopischen“ Fauna: Nashörner, Flußpferde, Giraffen, Elefanten u.a.); der Viehzüchter (Darstellungen von Ziegen, Schafen, Rindvieh); die Periode der Kampfwagen (Darstellungen von Pferden und Wagen) und eine Periode der Ausbreitung von Kamelen, des Nomadentums.

Annähernde Datierungen dieser Perioden zeigen, daß die älteste in das 6. — 2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung gehört und die letzte vor mehr als 1000 Jahren begann.

Wir haben uns daran gewöhnt, uns den Entwicklungsgang der Zivilisationen als einen folgerichtigen und unentwegten Aufstieg auf immer höhere Stufen der Kultur, Wirtschaft, Technik und des Wissens vorzustellen. Aber kann man auch einen Entwicklungsgang in Erwägung ziehen, der von mehr oder weniger seßhaften Lebensformen — vom Ackerbau — zum Nomadentum führt, von Siedlungen zu Jurten, Hütten, Zelten?

Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich nicht wenige Zivilisationen nach demselben Schema entwickelt haben, das das „saharische“ zeigt: von Jägern zu Ackerbauern, aber dann zu Nomaden, den „Kindern der Wüste“.

Zweifellos darf man eine solche Rückentwicklung nicht mit ausgesprochen sozialen Ursachen in Verbindung bringen, schon deshalb nicht, weil sich nicht nur die gesellschaftlichen Strukturen, sondern auch das umgebende natürliche Milieu verändert haben. Wahrscheinlicher ist eine andere Erklärung, die die Wüstenbildung der Sahara mit globalen Klimaänderungen in Zusammenhang bringt. Der bekannte amerikanische Archäologe J.D. Clarke beschreibt diesen Prozeß folgendermaßen: „Am Ende des Pleistozäns und im frühen Holozän (das heißt vor ungefähr 10 000 Jahren) war die Sahara aller Wahrscheinlichkeit nach ein äußerst günstiges Milieu für Jäger, Fischer und Viehzüchter.

In jenem Gebiet, das heute als Wüste Tenere bezeichnet wird, lag zwischen Dünen ein Süßwassersee, ein wesentlich ausgedehnterer Tschadsee. Er nahm eine Fläche ein, die achtmal größer war als gegen-

wärtig. Die Hochebenen waren mit mediterranen Wäldern bedeckt, und auf dem gesamten Territorium lebten Großtiere. Ein nach dem 5. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung einsetzender Prozeß allmählicher Austrocknung bedingte offensichtlich die Entstehung der gegenwärtigen Grenzen der Sahara, die sich etwa um die Mitte des 3. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung endgültig stabilisierten.“

Nach der Ansicht dieses Wissenschaftlers existierte auch in der Nubischen Wüste bis zum 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung eine feuchte Periode, aber im Verlauf von fünf Jahrhunderten verschwanden sowohl die Fauna als auch die Vegetation, und es bildete sich ein außerordentlich trockenes Klima heraus, das bis zum heutigen Tage anhält.

Übrigens gibt es bei Clarke zumindest eine Unklarheit: Die gegenwärtigen Grenzen der Sahara bildeten sich durchaus nicht im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung heraus. Nicht nur das — sie bildeten sich bis heute nicht heraus. Die südliche Grenze der Sahara verschob sich von 1958 bis 1975 um 200 km nach Süden. Setzt man voraus, daß die Ausbreitung der Wüste in der Vergangenheit nur halb so schnell und nur in einer Richtung — von Norden nach Süden — erfolgte, dann könnte sie sich auch damals innerhalb von nur fünf Jahrhunderten herausgebildet haben. Aber sicherlich ging die Ausbreitung von den primären Herden nach allen Seiten vor sich.

Wenn sich die Sahara jetzt ohne merkliche globale klimatische Änderungen so rasch ausbreitet, weshalb soll man dann für ihre Erklärung einen wesentlich langsameren Gang in Erwägung ziehen oder für ihre Bildung sich unbedingt auf klimatische Katastrophen beziehen, die von außen, durch nicht völlig verständliche Naturerscheinungen hervorgerufen sein sollen?

Andererseits ist es aber auch schwierig, sich vorzustellen, daß alte, technisch schwach entwickelte Zivilisationen so gründlich auf das Klima einwirken konnten. Es ist ja keine Kleinigkeit: die größte Wüste auf der Erde zu schaffen und zugleich eine große klimatische Katastrophe auszulösen.

Ganz allgemein erfolgten im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung nicht nur in der Sahara oder in benachbarten Gebieten bedeutende klimatische Änderungen. Nach Angaben des bekannten sowjetischen Paläobotanikers W.P. Gritschuk erfaßten vor 5000 — 6000 Jahren, in der holozänen Epoche des sogenannten Atlantikums, klimatische Änderungen die gesamte nördliche Halbkugel. In Zentraleuropa und dem zentralen östlichen Europa milderte sich das Klima bedeutend, aber in einigen südlicheren Gebieten war eine gewisse Abkühlung und Vergrößerung der Amplituden der Jahresmitteltemperaturen zu verzeichnen. Mit einem Wort, im Atlantikum waren die klimatischen Kon-

traste ausgeprägter als heute. Das aber bestätigt offensichtlich eine Aktivierung annähernd in derselben Zeit, in die auch die „Weltkatastrophen“, die legendären Fluten einzuordnen sind.

Die Menschheit als geographischer Faktor

Der Mensch konnte Zonen der Wüsten und Savannen, Steppen und Tundren, wasserarme Länder und gelbe Meere sich bewegenden Sandes schaffen. Er konnte das alles schaffen, ohne im Besitz einer mächtigen Technik zu sein. Er konnte Wüsten schaffen und Landschaften auf riesigen Territorien umgestalten, konnte bedeutende klimatische Änderungen verursachen und auch nach ganz anderen Zielen streben: nach Wohlstand, nach vernünftiger Nutzung des Wassers, nach der Züchtung von Haustieren, nach der Kultivierung von Feldern, nach der Errichtung komfortabler Ansiedlungen.

In den letzten Jahren begannen die Wissenschaftler in zunehmendem Maße zu einer Vorstellung zu neigen: Wenn globale klimatische Veränderungen schon nicht durch den Menschen hervorgerufen sein sollten, dann wurden sie aber zweifellos durch ihn verstärkt. Das ist zum Beispiel die Meinung des angesehenen sowjetischen Geographen W.A. Kowda:

„Sandige Weideländer können in zwei bis drei Jahren in bewegliche Dünen umgewandelt werden. Die Wiederherstellung der Vegetation der Sande und ihre Selbstbefestigung erfordert dagegen 15 bis 20 Jahre und mehr.

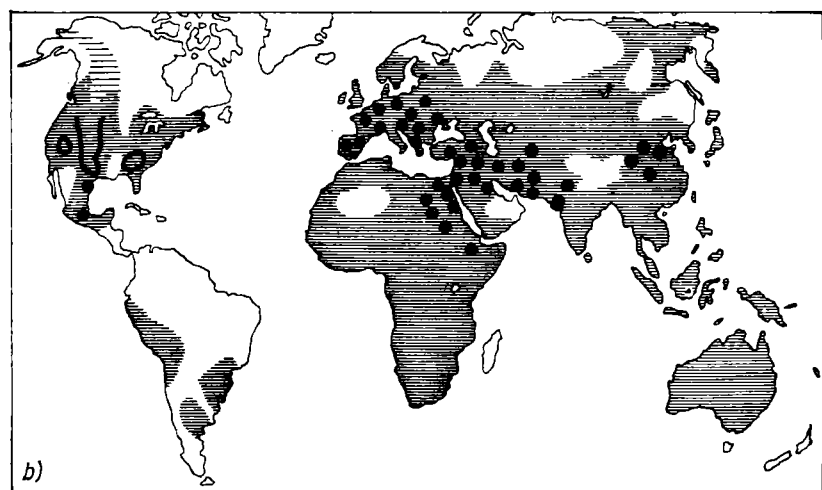
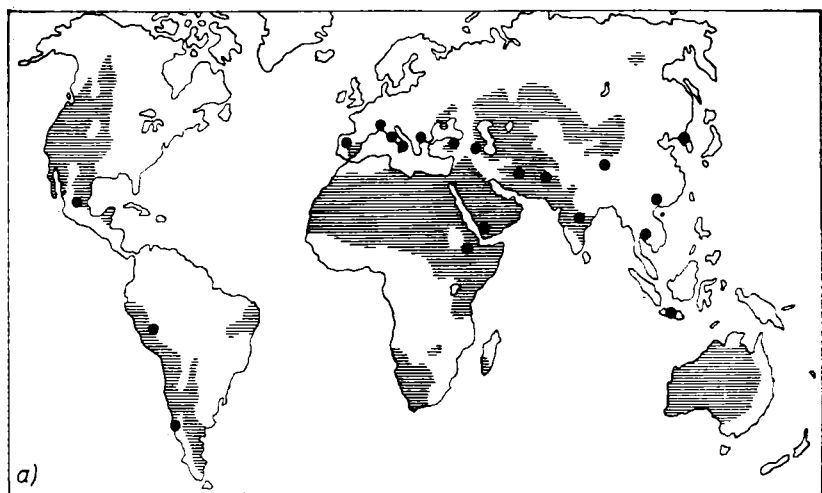
... Das häufigere Vorkommen von Dürren, Verstärkung der Mißernten, Niedergang des Pflanzenwuchses und Zerstörung der Böden auf bedeutenden Territorien sind miteinander und mit allgemeinen Tendenzen der Aridität des Festlandes verbunden, verstärkt durch Unbedachtheiten, durch unsachgemäße Einwirkung des Menschen.“

Es kommt also zum Ausdruck, daß große klimatische Prozesse durch den Menschen verstärkt werden können. Aber dann ist es auch nicht unwahrscheinlich, daß sie durch den Menschen hervorgerufen werden können.

Erinnern wir uns: Die Ausbreitung der Sahara nach Süden mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 km im Jahr ist nicht zu erklären durch eine Vergrößerung der Trockenheit, mit „allgemeinen Tendenzen der Aridität des Festlandes“.

Wie kann der Mensch auf das Klima einwirken?

Einige gegenwärtige Klimatologen bieten folgende Hypothese an: Übermäßige Überweidung durch das Vieh und unrationelle Organisation der Landwirtschaft führen zur Degradation des Bodens sowie



a) Schema der Trockenzone der Erde entspr. UNESCO. Hervorgehoben sind Zentren der Herkunft der Kulturpflanzen (nach N. I. Wawilow), die sich vorherrschend an jetzige Trockenzone halten
 b) Siedlungsgebiete von mesolithischen und neolithischen Stämmen; Punkte bezeichnen Entwicklungsgebiete der Landwirtschaft; eingefügt sind Grenzen der Zentren der „Wüstenkulturen“ und der östlichen archaischen Kultur Nordamerikas

zu der Verarmung und dem Niedergang vieljährigen Pflanzenwuchses in ausgedehnten Räumen. Solche Böden halten wenig Feuchtigkeit fest, verwittern schnell, werden durch die Sonne kräftig erwärmt und durch Regen und Wind leicht zerstört.

Der Oberflächenabfluß vergrößert sich. Folglich dringt weniger Wasser in die Grundwasserhorizonte ein, wodurch der Grundwasserspiegel absinkt. Das wiederum untergräbt den Pflanzenwuchs.

Die Verarmung der landwirtschaftlich genutzten Gebiete veranlaßt den Menschen, sich neue Grundstücke anzueignen, sogar solche, durch die nur ein kümmerliches Dasein bereitet wird. Die Fläche des fast gänzlich der Pflanzendecke beraubten Landes wächst, sein Boden ist erschöpft und nicht in der Lage, genügend Feuchtigkeit zurückzuhalten, so daß sich von neuem hier Pflanzen ansiedeln können.

Aber sowohl die atmosphärischen Niederschläge als auch die Oberflächenwässer in solchen Gebieten können zunächst noch in genügender Menge vorhanden sein (mehr als das, denn die Verstärkung des Oberflächenabflusses muß katastrophenartige Überschwemmungen hervorrufen). Das bedeutet, daß die ansässige Bevölkerung zu einer Ackerwirtschaft durch Einrichtung eines Bewässerungssystems übergehen kann.

Das ist wahrscheinlich eine zufriedenstellende Antwort auf Fragen, die wir weiter oben aufgeworfen haben, als wir versuchten zu erklären, warum Zivilisationen des Altertums eine Bindung an Wüstenzonen und Halbwüsten aufweisen: deshalb, weil die Zivilisationen diese Zonen selbst schaffen!

Von Jahr zu Jahr, von Jahrhundert zu Jahrhundert schritt dort, wo in jenen Zeiten hochzivilisierte Gesellschaften von Ackerbauern und Viehzüchtern wirtschafteten, die Wüstenbildung auf der Erde fort. Seßhaftigkeit vor der Entwicklung städtischen Siedlungswesens, Anhänglichkeit an die Behausung, zu ihrem Land — alles das veranlaßte die Menschen, sich den sich verändernden natürlichen Bedingungen anzupassen. Doch die Menschen konnten sich nicht dessen bewußt werden, daß diese Veränderungen durch ihre eigene Tätigkeit hervorgerufen wurden, besonders auch deshalb, weil alles das langsam, im Verlaufe vieler Generationen erfolgte.

Nachdem die Menschen allmählich große Gebiete zerstört hatten, konzentrierten sie sich in den Tälern der großen Flüsse, die erlaubten, den Zulauf des Wassers auf die Felder künstlich zu regulieren.

Bei den verwüsteten Territorien vergrößerte sich das Reflexionsvermögen bedeutend. Beobachtungen von Sputniks aus zeigen: Eine kräftige Widerspiegelung der Sonnenstrahlung in der Sahara und in anderen Wüstengebieten kühlt die Atmosphäre in diesen Regionen sogar im Sommer ab. Es entstehen absteigende Luftbewegungen, die

Austrocknung hervorrufen. Die Verringerung des Gehaltes der Luft an humosen Teilchen, die als Konzentrationskerne von Wassertropfchen dienen, verhindert ebenfalls den Ausfall von Niederschlägen.

Es kommt zu einer instabilen Kette von anfangs unbedeutenden Prozessen. Aber im Laufe der Zeit kommt es zu ernsteren Erscheinungen, die letzten Endes klimatische Änderungen in ausgedehnten Räumen stimulieren. Es kommt ein rückläufiger Mechanismus in Gang, der nach einem ersten schwachen Anstoß zur Selbstentwicklung befähigt ist — ähnlich einem ersten, von einem Berg herabrollenden Stein, der eine zerstörende Lawine auslöst.

Damit wird eine Unregelmäßigkeit des Ausfalls der Niederschläge von Jahr zu Jahr verstärkt. Das Jahresmittel der Niederschläge kann relativ hoch sein, aber in einzelnen Jahren und auch einige Jahre hintereinander treten Trockenzeiten auf. In solchen Zeiten gehen die Zerstörung der Vegetation durch den Menschen und die Degradation des Bodens besonders schnell voran, mitunter auch irreparabel.

„Eine primitive Landwirtschaft, die auf einem Brachlandsystem und Monokulturen beruht“, sagt Kowda, „belastet durch eine tausendjährige Praxis übermäßiger Beweidung, erweist sich als Hauptursache des Nachlassens der Fruchtbarkeit der Böden und deren Verwüstung.“

Es besteht die Meinung, daß alle Wüsten des Nahen Ostens das Werk des Menschen sind. Die Hänge der Berge und die Ebenen Libanons, Syriens, des meeresnahen Ägypten und Tunesiens waren vor 1000 — 3000 Jahren mit reichlichem Pflanzenwuchs bedeckt (Libanon-Zeder) und dienten als Kornkammer des Alten Rom, wohin auch Nutzholz, Korn, Oliven, Wein usw. ausgeführt wurden. Das Abholzen der Wälder, die Vernichtung der Wald- und Grasvegetation, der Viehweiden, die Wasser- und die Winderosion verwandelten diese Territorien in Wüsten und Halbwüsten.

Wissenschaftler arabischer Länder betonen, daß die ursprüngliche Natur der arabischen Halbinsel und Nordafrikas fast völlig durch Landschaften, die der Mensch selbst schuf, ersetzt wurde.“

So kommen wir von neuem — nun schon auf der neu gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisgrundlage — zurück zu den von G. Marsh und F. Engels im vorigen Jahrhundert geäußerten Ideen. Außerdem gibt es guten Grund anzunehmen, daß der Mensch, der Landschaften umgestaltet, Vegetationen zerstört und geographische Veränderungen verursacht hat, auch befähigt ist, bedeutende Änderungen der klimatischen Bedingungen auf ausgedehnten Territorien hervorzurufen.

Zur Verwüstung kommen auch noch andere technisch bedingte geographische Prozesse (hervorgerufen durch die technische Tätigkeit des Menschen und deren Auswirkungen) hinzu. So ist bekannt, daß in der Zone der Mittelgürtel und der Waldsteppen der Mensch als mäch-

tiger Zerstörer der Waldgemeinschaften in Erscheinung trat. Und die riesigen Weiten der Savannen ... Im übrigen überlassen wir das Wort dem Spezialisten für Botanik, dem deutschen Wissenschaftler I. Schmitzhüsen: „Mit Ausnahme überfluteter Savannen entstanden alle anderen Savannen, welche Schimper wegen ihrer zonalen Lage noch als klimatisch bedingte Formationen ansah, durch direkte Einwirkung des Menschen.“

Übrigens sind wir vom Thema etwas abgekommen, denn uns interessieren nicht einfache Veränderungen, sondern Naturkatastrophen und ihre Gesetzmäßigkeiten.

Untergang von Zivilisationen

Das fruchtbare Mesopotamien ist eines der ältesten Zentren der Landwirtschaft. Vor etwa 10 000 Jahren begann hier die Bearbeitung der Felder und die Zähmung der Ziege. Dann kam eine Epoche des Ackerbaus auf bewässerten Flächen.

Gleichzeitig traten die ersten Symptome der sich verstärkenden Versalzung und Erosion der Böden auf. Darüber kann man nach dem in Keilschrift abgefaßten „Kalender der Ackerbauer“, der zu Beginn des 2. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung entstand, und nach gewissen sumerischen Mythen urteilen.

„Im Laufe der Jahrhunderte“, schreibt der tschechische Historiker J. Klima, „verwandelte sich ein Land fruchtbarer Felder, üppiger Gärten und reicher Städte, besonders nach verheerenden Einfällen der Mongolen, in Steppe und Wüste. Die Ruinen alter Städte wurden durch Sand und Staub verschüttet, über ihnen wuchsen künstliche Hügel empor. Die einstige Kornkammer des Alten Ostens, das Zentrum einer entwickelten Produktion, lebhaften Handels und höchster Kultur verwandelte sich in ein unwohnliches Gebiet.“

Ein anderes altes Zentrum des Ackerbaus war Iran. Ein Bewässerungsackerbau trat hier annähernd im 4. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung auf. Ungeachtet dessen, daß das Territorium des alten Iran von ausgedehnten Wäldern bedeckt war, breiteten sich weithin ländliche Ansiedlungen aus. Die Saatflächen erweiterten sich, die Herden der Haustiere vergrößerten sich. Die Wälder wurden abgebrannt, der Ackerbau triumphierte.

Jedoch im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung (vor ungefähr 5000 Jahren) verlangsamte sich in einer Anzahl von Gebieten nicht nur das Wachstum der Ansiedlungen, sondern es ging sogar zurück. Viele große Siedlungen hörten auf zu existieren. Zu Beginn des 2. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung gerieten ehemals blühende Siedlungen in Verfall. Es deutete sich ein kultureller Rückgang an.

Man hat versucht, diese Erscheinung durch den Einbruch arischer Stämme von Norden her zu erklären. Jedoch erfolgte dieser Einbruch nicht vor dem 2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung. Zu dieser Zeit war die Degradation von Natur und Gesellschaft (zwei in Wechselwirkung stehende Prozesse) schon ziemlich weit vorangeschritten. Der sowjetische Historiker E.A. Grantowski schrieb: „Die Ursache dieser Erscheinung ist in vielem nicht erklärlich... Eine merkwürdige Rolle könnte eine Änderung des Klimas, eine Verringerung der Wälder und Entwässerung des Landes sowie eine Versalzung und Erschöpfung des Bodens gespielt haben.“

Und wiederum haben wir einen Hinweis auf problematische Änderungen des Klimas, verbunden mit unklaren „natürlichen“ Ursachen. Wahrscheinlich könnte man auch so sagen: Eine merkwürdige Rolle spielten eine Vernichtung der Wälder, eine Entwässerung des Landes, eine Degradation der Böden, eine Verwüstung und, dadurch hervorgerufen, eine Veränderung des Klimas.

Natürlich ist eine solche Variante nicht unbestreitbar, aber wohl durchaus annehmbar. Auf jeden Fall ist sie begründeter als andere.

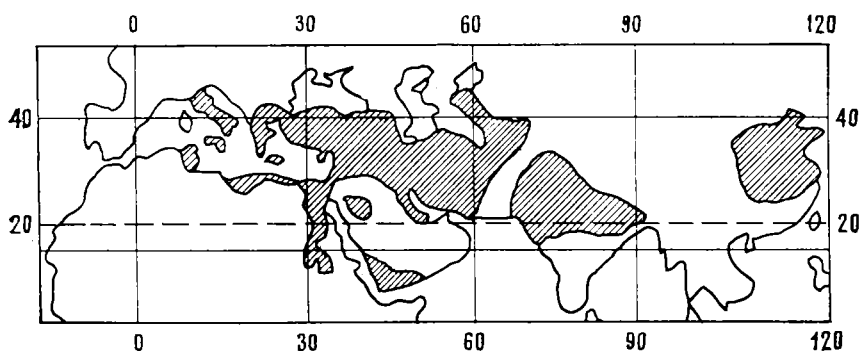
Im Jahre 1925 entdeckten Archäologen im Tal des Indus Reste alter Städte aus dem 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung. Und wiederum offenbarte sich hier eine bedeutsame Gesetzmäßigkeit.

„Ein außerordentlicher Wesenszug der indischen Zivilisation“, so hob der indische Wissenschaftler D. Kosamb hervor, „bleibt in der Regel unbemerkt, und zwar der, daß diese Kultur sich auf fruchtbareren und für das Leben der Menschen günstigeren Gebieten Indiens hätte ausbreiten können. Doch dieses Gebiet ist dürr im Vergleich zu dem übrigen Indien. Weshalb entstand aber die erste große städtische Kultur auf dem indischen Subkontinent an den Ufern eines Flusses, der heute durch eine Wüste fließt?“

Scheinbar ist nur eine Antwort möglich: In alten Zeiten waren die Ufer und das Tal des Indus nicht wüstenhaft.

Wie die Archäologen klärten, wurde der Verfall der alten Induskulturen nicht durch Einfälle von außen hervorgerufen, sondern allein durch lokale Ursachen. Interessant ist das Zeugnis Strabos. Nach seinen Worten sah „einer der Griechen ein Land mit mehr als tausend Städten, die einschließlich der Dörfer von den Bewohnern verlassen waren“. Hier aber wird auch auf die Ursache verwiesen: den Übertritt des Flusses in ein neues Bett. Ausgrabungen zeigten, daß die große Stadt Mohenjo-daro fünfmal durch Hochwasser überschwemmt und außerdem durch ein Erdbeben zerstört wurde.

Und trotz alledem, weder Überschwemmungen noch Erdbeben, noch eine Verlagerung des Flußbettes des Indus hätten die Bewohner veranlassen können, die heimatlichen Gefilde im Stich zu lassen, wenn nicht



Sklavenhalterstaaten in der Mitte des 1. Jahrtausends v.u.Z.

das umgebende Territorium zu jener Zeit in eine unfruchtbare Wüste verwandelt worden wäre. Die Alten verstanden ja, den Fluß zu „zähmen“. Jedoch konnten sie die unerwünschten Folgen ihrer Einwirkung auf die Natur nicht voraussehen. Hier wie auch in anderen Gebieten rodeten sie die Wälder, brannten das Gebüsch ab, der erschöpfte Boden wurde erodiert, die bewässerten Landstücke versalzten.

Eine ausgedehnte Zone der Wüsten und Halbwüsten Mittelasiens war ehemals ebenfalls eine der Wiegen der Zivilisationen. Nicht selten kommen unter einer Decke von Staub und Sand, die von weißen Salzkruusten bedeckt sind, deutliche Spuren alter Bewässerungssysteme zum Vorschein.

Nach einer Schätzung von Fachleuten umfaßte die Fläche alter Bewässerungsgebiete in den Niederungen des Syrdarja und Amudarja etwa 5 Millionen ha. Alle diese Gebiete waren schon vor unserer Ära unter Kultur genommen (unter anderem werden heute weniger günstige Gebiete mit Hilfe von Bewässerung genutzt). Und auch hier erschienen nach den Ackerbauern Nomaden.

Durch sowjetische Archäologen und Historiker wurden in der Karakum und Kysylkum bedeutende Entdeckungen gemacht. Nach langen Forschungen und Diskussionen kamen die Wissenschaftler zu einer mehr oder weniger übereinstimmenden Meinung: „Als Hauptursache des Wüstwerdens dieser Länder erweisen sich sozial-historische Faktoren“, so schreibt der bekannte Archäologe S.P. Tolstow. Und er erklärt: „Wenn kraft dieser oder jener historischen Verhältnisse diese Länder in Wüste verwandelt werden, dann beginnen schon natürliche Faktoren wirksam zu werden. Dann beginnen Sande vorzudringen, Flüsse ihren Lauf zu verändern, und es entwickeln sich voll alle jene Prozesse, die manche Forscher als die Hauptursache der Verwüstung von Kulturländern ansehen.“

Es sollte noch präzisiert werden: In den Kreis der sozial-historischen Faktoren muß man auch innergesellschaftliche Prozesse und Wechselwirkungen der Gesellschaft mit dem Wohnumfeld einschließen.

... Wenn man durch die Kysylkum fährt oder darüber hinwegfliegt, springt eine Gesetzmäßigkeit in die Augen: Nackte Sande, Barchane und sich bewegende Sandketten ordnen sich dort an, wo sich Brunnen befinden. Dabei sind einige Brunnen nicht tief. Das bedeutet, daß hier Grundwasser in nur geringer Tiefe angetroffen wird. Es wäre zu erwarten, daß gerade hier Kameldorn, Silbersalzstrauch, Tamariske, Akazie und schließlich Saksaul wachsen würden. Für diese Pflanzen ist es völlig ausreichend, wenn das Grundwasser in einer Tiefe von fünf oder sogar noch zehn Metern angetroffen wird.

Was aber ist hier los? Warum befindet sich an Stelle von Gestrüpp braches Land?

Es gibt eine Antwort: Bei den Brunnen weidet das Vieh besonders aktiv. Die Pflanzen werden hier fast völlig vernichtet (Saksaul zum Beispiel wird zum Heizen verwendet). Die Freisetzung des Sandes beginnt von hier aus ihren Siegeszug durch die Wüste.

Schließlich müßten wir noch den amerikanischen Kontinent aufsuchen. Erinnern wir uns der Zivilisation der alten Maya, die in Zentralamerika eineinhalb Jahrtausende existierte und auf seltsame Weise unterging. Wie kam es dazu?

Am Ende des 8. Jahrhunderts erreichte die Zivilisation der Maya ihre Blüte. Es gab hier viele kleine Städte, es erhoben sich gewaltige Tempel, und es wurden üppige rituelle Feiern veranstaltet. Und plötzlich verfiel das imposante Reich. Die Tempel verödeten, die Bewohner ließen ihre Städte im Stich.

Es verging nur ein Jahrhundert, und das Land war entvölkert. Hier und da hausten noch Menschen im Elend. Aber der Dschungel rückte unaufhaltsam über die verfallenen Felder und Städte vor. Wahrscheinlich gibt es in der Geschichte der Menschheit kein ähnliches Beispiel eines so schnellen und „grundlosen“ Verfalls eines mächtigen Reiches. Keinerlei Spuren eines Krieges, keinerlei Einfall barbarischer Stämme von außen lassen sich als Ursache der Zerstörung erkennen.

Viele Jahre suchten die Wissenschaftler Antwort auf das Rätsel des Verschwindens der Zivilisation der Maya. Schließlich wurde folgende Hypothese vorgebracht: Die Zerstörung der Wälder zum Zwecke der Aussaat von Mais schaffte künstliche Savannen, und darauf begann die Wüstenbildung, weil die Maya weder die Fähigkeit noch landwirtschaftliche Geräte besaßen, um den Boden richtig zu bearbeiten. Die Krise der Landwirtschaft und chronische Mißernten zogen den Verfall der Städte, Volksaufstände, religiöse Entartung, Verfall der Kultur und den Zusammenbruch des Staates nach sich.

Relativ unlängst untersuchte der amerikanische Spezialist für Landwirtschaft D. Olson Proben der Böden der Halbinsel Yucatán, dem einstigen Zentrum der Maya-Zivilisation. Er kam zu dem Schluß, daß das Land durch intensive Ausbeutung hier erschöpft ist. Das führte zur nicht umkehrbaren Degradation bis zur völligen Unfruchtbarkeit. Die Hypothese von S. Morl wurde bestätigt.

Allerdings fällt in Amerika die Zone der Ausbreitung entwickelter Zivilisationen des Altertums nur teilweise mit der Zone der Wüsten und Halbwüsten zusammen. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß in Nordamerika jene Gebiete zur Wüstenbildung neigen, die in der mesolithischen und neolithischen Epoche von Indianerstämmen besiedelt wurden. Wie wir uns im folgenden überzeugen können, waren wenig später auch Stämme der Jäger befähigt, ausgedehnte Territorien zu verwüsten.

Alte Jäger contra Natur

Unter sonst gleichen Bedingungen sind technisch besser ausgerüstete Gruppen von Menschen fähig, nachhaltiger auf die umgebende Natur einzuwirken, gewollt oder ungewollt. So rief zum Beispiel die Aneignung neuen Landes in den westlichen Ebenen Nordamerikas innerhalb von fünfzig Jahren eine ausgedehnte Wüstenbildung hervor. Verheerende Staubstürme vollendeten die Naturkatastrophe, die durch unvernünftige Einwirkung des Menschen ausgelöst wurde.

Um so schwieriger ist prinzipiell die Frage zu beantworten, wie die Wüstenräume Australiens und die gegenwärtigen nördlichen Tundren verursacht worden sind. In diesen Gebieten gab es vorher keinerlei Entwicklung einer Zivilisation, und noch unlängst gab es weder Städte noch Siedlungen, noch eine Landwirtschaft.

Wäre es möglich, daß die relativ kleine Urbevölkerung des australischen Kontinents, die nur eine primitive Technik besitzt und von der Jagd und dem Sammeln wilder Früchte und sonstiger natürlicher Nahrung lebt — wahre „Kinder der Natur“ —, fähig ist, merklich auf das umgebende Milieu einzuwirken und darüber hinaus gigantische Räume zu verwüsten?

Auf den ersten Blick scheint eine solche Annahme unwahrscheinlich so wie auch die Möglichkeit, daß sich durch die Tätigkeit der Jäger und Viehzüchter im Norden Tundren bilden. Jedoch befreien wir uns von den vorgefaßten Meinungen und wenden uns einigen Fakten zu.

Wenn man die Erinnerungen von Missionaren oder Reisenden liest, die Australien besucht haben, so richtet man die Aufmerksamkeit selten auf einen wichtigen Umstand.

Die australischen Ureinwohner sind in einem Punkt den ursprünglichen Ackerbauern sehr ähnlich: Sie brannten den Wald und das Gestrüpp ab, mit einem Wort, sie vernichteten vieljährige Pflanzen und trugen kräftig zur Verarmung der Pflanzendecke bei. Sie taten das beständig und für unterschiedliche Ziele, vor allem — für die Jagd.

Die ursprünglichen Jäger legten eigentümliche Feuerhürden an. Diese erwiesen sich — bei geringer Anzahl der Jäger — als ein hervorragendes Hilfsmittel. Damit konnte man zum Beispiel ein Känguruh in offenes Gelände hinaustreiben.

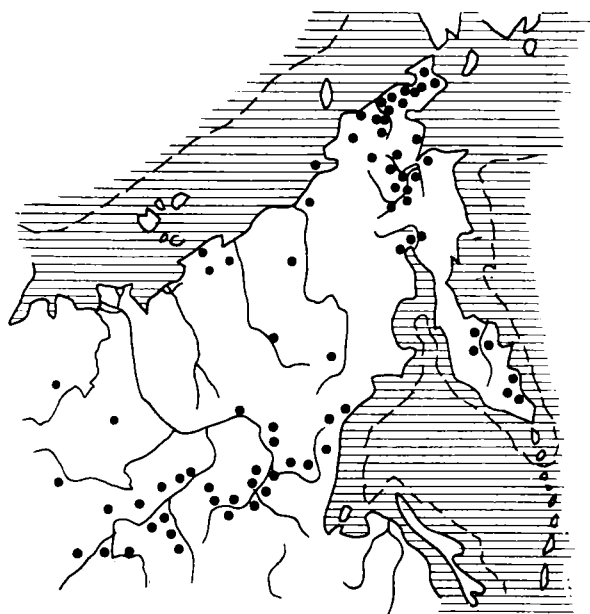
In der Zeit der Wanderungen brannten die australischen Ureinwohner hinter sich trockenes Gras ab, um den Stammesverwandten Signale zu geben. Weil sie sich in ständiger Bewegung befanden, fast täglich jagend, konnte eine kleine Gruppe der Australier nach annähernder Schätzung in wenigen Jahren Tausende Quadratkilometer Steppe und Savanne abbrennen — und vorher die Wälder. Wenn man in Rechnung setzt, daß es mehrere solche Gruppen gab (wenigstens Hunderte), dann ist es nicht schwierig, sich auszurechnen, welchen Schaden sie der Natur zufügten.

Das Unheil vergrößerte sich in Dürrejahen. Die Brände vernichteten alles, was nach einem Regen oder im folgenden Jahr hätte blühen können, und alles, was sich zu Humus hätte umbilden können. Und wenn sich auf die verbrannte Erde Regen ergoß und Wind darüber hinwegstrich, wurde die noch lebende Bodendecke buchstäblich abgezogen, wurden Steine, Sand und Ton entblößt.

Einjährige Pflanzen erneuern sich ziemlich schnell. Aber mehrjährige sind ungleich verwöhnter. Und das Hauptunglück ist der Verlust der fruchtbaren Böden, die die Feuchtigkeit aufsaugen.

So scheint es, daß die primitiven Jäger befähigt sind, der Natur einen größeren Schaden zuzufügen als Landwirtschaft und Bewässerung. Weil das Land der guten Böden und Wälder beraubt ist, verkümmern Bäche und Flüsse, Seen und Sümpfe. Eine zeitweilige Steigerung des oberflächlichen Abflusses ruft vorher nie gesehene Überschwemmungen und die Degradation der Böden Staubstürme hervor. Über den verwüsteten Ländern bilden sich an Feuchtigkeit arme Luftströmungen aus, und der veränderte physikalische Zustand der Luft, die arm an feinen Kolloidteilchen ist, erlaubt keine Kondensation des Wasserdampfes, nicht einmal bei relativ hoher Feuchtigkeit. Und auch Regen bringen keinen Nutzen, sondern sogar Schaden, weil sie die Erosion aktivieren.

Natürlich sind im Norden Eurasiens oder Nordamerikas ähnliche Prozesse nicht möglich. Aber dafür tritt dort ein nicht weniger bedeutender Faktor in Kraft — der ewige Frostboden. Wenn in den heißen Wüsten durch die Zerstörung der mehrjährigen Vegetation schließlich



Denkmäler Nordostasiens (nach Ju. A. Motschanow und N. N. Dikow). Die gestrichelte Linie zeigt die annähernde Grenze des Festlandes während der maximalen Vereisung

der Grundwasserspiegel absinkt und sich der Oberflächenabfluß erhöht, dann verursacht die Vernichtung der Bäume und größeren Gesträuche in den nördlichen „Wüsten“ eine Ausdehnung der Zone des ewigen Frostbodens und ein nur unbedeutendes Aufschmelzen der sogenannten aktiven Schicht im Sommer. Unter solchen Bedingungen können große Bäume dort, wo sie noch unlängst wuchsen, nicht mehr existieren.

Es mag sein, daß solche Überlegungen wirklichkeitsfremd erscheinen, aber große Bäume wachsen eben nicht in der Tundrenzzone!

Es ist dennoch nicht überall so. Zum Beispiel kann man im Tschuktschen-Gebiet in Flußtälern heute manchmal Wäldchen antreffen, aber an den Ufern der Flüsse trifft man beständig Stämme von Bäumen an, keine jetzt lebenden, sondern solche, die hier vor ungefähr 4000 Jahren existierten.

Es gibt noch eine interessante Besonderheit der Tundrenzzone: Vor ungefähr 10 000 — 8000 Jahren war hier die sogenannte Sumnaginsker Kultur der Steinzeit Nordasiens weit verbreitet. Sie umfaßte Jakutien, Taimyr, Kamtschatka, die Tschuktschen-Halbinsel und reichte bis Alaska. Nach Meinung des Archäologen Ju. A. Motschanow könnte die Sumnaginsker Kultur „als eine Folge besonderer, obgleich noch nicht rest-

los geklärter natur-historischer Bedingungen in Nordostasien zustande gekommen sein...“

Im allgemeinen ist nichts Besonderes darin zu sehen, daß nach dem Ende der letzten Vereisung im Norden eine Erwärmung begann, sich Wälder und Waldtundren einstellten und mit ihnen Tiere, denen jagende Stämme folgten. Aber das ist das Ende dieses „Goldenen Zeitalters“ der ursprünglichen Kultur des nördlichen Asiens, das in der Tat noch Fragen aufwirft. Aus nicht geklärten Gründen zeichnet sich vor dem Hintergrund der großen Welle der nacheiszeitlichen Erwärmung eine relative Abkühlung ab, die vor ungefähr 5000 Jahren begann. Übrigens brauchte es auch keine besondere Abkühlung gewesen zu sein: Die Landschaften der Waldtundren, die außerordentlich leicht zerstörbar sind, erfuhren einfach eine Veränderung. Zu urteilen nach den Standorten der altertümlichen Menschen waren die Ansiedlungen jener Zeit relativ beständig und existierten über mehrere Generationen hinweg. Für eine solche Frist wurden für die Heizung in den strengen Polarwintern viel Bäume und Gesträuch benötigt. Und solange die Umgebung nicht in die jetzige Tundra, ohne ein einziges Bäumchen, verwandelt war, so lange waren die alten Siedlungen in Funktion. Aber danach begann in diesen Regionen der ewige Frostboden zu herrschen.

Zudem weisen die polaren Tundren eine bedeutsame Gemeinsamkeit mit der Wüste Sahara auf: Relativ unlängst und völlig unerwartet wurden im Tschuktschen-Gebiet Felsbilder entdeckt. Sie werden gegenwärtig durch den Archäologen N.N. Dikow erforscht. Er stellte in der Kulturentwicklung der Ureinwohner der Tschuktschen-Halbinsel periodische Rückgänge und Aufstiege fest. Anscheinend begann einer der Rückgänge vor 4000 Jahren, als unter dem Einfluß der Menschen Waldtundra und Taiga nach Süden zurückwichen und eine Periode begann, die von mehr oder weniger seßhafter Ansiedlung zu nomadischer Viehzucht führte (wir erinnern uns der Sahara: von den Städten zur Kamelhaltung und zum Nomadentum).

Katastrophen technischer Herkunft

Als die Wissenschaftler früher über natürliche klimatische Prozesse und über geographische Katastrophen nachdachten, wurden kosmische oder globale Faktoren in die Überlegungen einbezogen. Hinweise auf mögliche Einflüsse des Menschen auf das Klima erschienen unseriös, überflüssig und abtrennbar durch das Occamsche Messer. Diskussionen erhoben sich darüber, in welchem Ausmaß die Zivilisationen von heftigen Klimaänderungen abhängig sind.

Als ich vor Jahren letzte Hand an die Bearbeitung der ersten Va-

riante dieses Buches legte, wagte ich noch nicht, diesen Abschnitt über die Möglichkeit der Stimulierung katastrophenartiger natürlicher Prozesse und globaler Änderungen der geographischen Zonen durch den Menschen zu schreiben. Jedoch häuften sich in den letzten Jahren immer mehr und mehr Fakten an, die eine solche Möglichkeit bestätigen.

Es wäre selbstverständlich verfrüht, Hypothesen über „natürliche“ Ursachen klimatischer und hydrologischer Katastrophen, die vor einigen tausend Jahren erfolgt sind, abzulehnen. Aber man kann auch ohnedies nicht weniger überzeugend erklären, warum viele Städte und Dörfer wüst wurden, Felder und Weiden zu Wüsten wurden, was den Niedergang von Zivilisationen auslöste und eine Invasion von Nomaden nach sich zog.

Es ist notwendig, auch die gegenwärtigen unerfreulichen Erfahrungen der Wechselwirkung der gegenwärtigen Technik hochentwickelter Zivilisationen mit der Natur in die Betrachtung einzubeziehen. Sie zeigt, daß für die Verwüstung riesiger Territorien in der Gegenwart keinerlei merkliche Veränderung des Klimas erforderlich ist. Nicht zufällig wurde das Problem der Erhaltung der umgebenden Natur, des Bereiches des Lebens — der Biosphäre — eines der brennendsten Probleme unseres Jahrhunderts. Und wiederum ist der schuldige Teil hier nicht die Natur, nicht das Klima, nicht geographische Katastrophen, sondern es sind die Besonderheiten der spontanen Entwicklung der Technik, der Industrie, der Landwirtschaft.

Ich will erinnern: In diesem Abschnitt wurden Hinweise angeführt, die die Hypothese globaler Veränderungen des Klimas durch die Tätigkeit des Menschen bestätigen sollen. Eine ähnliche Methode der Beweisführung ohne Rücksicht auf Widersprüche und Einwände trifft man leider manchmal sogar in wissenschaftlichen Arbeiten an. Der Enthusiasmus für die eigene Meinung führt dahin, daß der Autor Fakten übergeht, die seine Hypothese zu widerlegen vermögen. Doch ein entsprechender Fakt wiegt bei weitem mehr als zehn Bekräftigungen. Weil sich jedoch in der Naturwissenschaft so viele Fakten angehäuft haben, ist es auch möglich, aus ihrer Gesamtzahl solche in passender Form zusammenzustellen, daß sie sogar bewußt eine falsche Hypothese zu bestätigen vermögen.

Und wieder, wie schon mehrmals in diesem Buch, melden wir gebührende Zweifel an. Sie helfen uns, die Mannigfaltigkeit dieser Welt zu erkennen, die sich weder auf einfache noch auf komplizierte Schemata zurückführen läßt.

Natürlich verhält sich die Sache bedeutend komplizierter, als es hier dargestellt ist. Die Mehrzahl der Fakten läßt eine ganze Anzahl von Deutungen zu und kann verschiedenen Hypothesen, mitunter den phantastischsten, zugrunde liegen. Aber alles das ändert nichts am Wesent-

lichen: Unter den uns bekannten Faktoren, die in den letzten Jahrtausenden globale geographische Veränderungen hervorgerufen haben, erweist sich die technische Tätigkeit des Menschen als äußerst aktiv. Über sie können wir begründeter urteilen als über alles andere. Es ist möglich, daß diese Situation für die letzten 30 000 — 40 000 Jahre der Existenz des Menschen, der sich ohne übermäßige Bescheidenheit „Homo sapiens“ nennt, zutrifft.

So gelangen wir zu dem etwas unerwarteten, früher nicht zum Ausdruck gebrachten, aber durch Fakten begründeten und vollkommen glaubwürdigen Schluß: Besonders gewaltsames Wirken der Naturgewalten (Überschwemmungen, Orkane, Wolkenbrüche u.a.) wurden offensichtlich durch den Menschen provoziert. Und auf welche Weise? Das Schema ist ziemlich einfach.

Die Beendigung der letzten Vereisung führte zur globalen Erwärmung und zum Ausgleich der klimatischen Kontraste. Die alten Stämme, mit einer feinen Steintechnik ausgerüstet, breiteten sich praktisch über die ganze Erde aus. Sie haben erfolgreich beliebige Tierarten gejagt und haben angefangen, sich mit Ackerbau und Viehzucht zu beschäftigen.

Die geographischen Zonen und Landschaften jener Zeiten entsprachen nur in den Zonen der tropischen Wälder und der Taiga dem gegenwärtigen Bild. Allgemein herrschten auf dem Festland Wälder vor. Die geographische Zonalität war bedeutend schwächer ausgeprägt als heute.

Jäger und nach ihnen Viehzüchter und Ackerbauer begannen, die vieljährige Pflanzenwelt zu verdrängen. Sie trugen zur weiten Verbreitung zuerst der Steppe, danach der Halbwüste und Wüste, aber auch der Tundra bei. Von Jahrhundert zu Jahrhundert formierte sich die geographische Zonalität immer deutlicher, prägnanter, kontrastreicher. Die Veränderungen der Landschaft zogen auch klimatische Veränderungen sowohl in der Zeit als auch im Raum nach sich.

Eine der ersten Krisensituationen trat vor 5000 Jahren in Erscheinung. Die zu dieser Zeit erreichte Blüte der neolithischen Zivilisationen der Jäger, Viehzüchter und Ackerbauern hatte den Charakter einiger geographischer Zonen wesentlich verändert. Es waren ausgedehnte Wüsten und Halbwüsten entstanden (die vorher nur lokale Verbreitung aufwiesen) und damit eine neue geographische Zone. Unter ihrem Einfluß erfuhr das globale System der atmosphärischen Zirkulation einen Wandel. Das führte dazu, daß es in der Zone der Wendekreise noch trockener als vorher und in der Äquatorzone noch feuchter wurde.

In diese Periode fielen auch besonders heftige Katastrophen. Sie trafen die Menschen unerwartet und trugen zum Untergang einiger

allmählich in Verfall geratener Zivilisationen bei. Im Gedächtnis der Menschheit blieben solche Ereignisse in Form von Mythen und Legenden erhalten.

Darin kommt zum Ausdruck, daß die Menschen mitunter annahmen, daß Naturkatastrophen durch den Zorn allmächtiger Götter oder Dämonen hervorgerufen würden, und so huldigten sie diesen Schöpfungen ihrer Phantasie und entsetzten sich vor der Macht der Elemente, die durch die menschliche Tätigkeit geboren wurden.

Solcher Art waren die Resultate der ersten globalen Konfrontation der technischen Zivilisationen mit dem umgebenden Milieu.

Ob unsere Hypothese richtig ist? Es ist möglich, daß sich das mit der Zeit klären wird. Aber einstweilen lassen wir Hypothesen und Theorien. Es ist Zeit, über die praktische Nutzbarmachung des Wissens zu sprechen.

Nutzbarmachung der Ideen

Nichts ist praktischer als eine gute Theorie.

WISSENSCHAFTLICHE REDENSART

Weshalb ist für uns die Kenntnis der Rhythmen irdischer Naturgewalten notwendig?

Die erste Antwort erfolgt sogleich: für die Früherkennung sich anbahnenden Unheils, für die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit einer künftigen Wiederholung von Naturkatastrophen mit dem Ziel, sich beizeiten darauf vorzubereiten.

Die zweite Antwort: um die Veränderlichkeit natürlicher Bedingungen bei der Realisierung ingenieurgeographischer Projekte der Umgestaltung von Flußsystemen, der Trockenlegung oder Bewässerungen von Territorien usw. zu kalkulieren.

Die dritte Antwort: für die mögliche Nutzung der Energie der Naturgewalten, für „die Ausbeutung des Dämons irdischer Katastrophen“.

Die vierte Antwort: für ein besseres Verständnis der Ereignisse der geologischen Vergangenheit.

Leider besitzen wir bis heute noch keine Theorie der äußerst komplexen Rhythmizität natürlicher Prozesse, die sich an der Erdoberfläche auswirken und in einem seltsamen Geflecht die Geschichte der Erde, ihre Gegenwart und — in bedeutendem Maße — ihre Zukunft bestimmen.

Früherkennung von drohendem Unheil

(Erste Antwort)

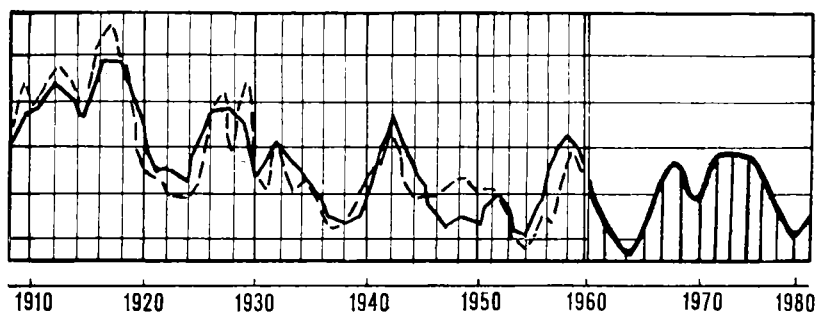
Für die Vorhersage von Naturkatastrophen ist die Erforschung planetarer Rhythmen eine äußerst bedeutsame Aufgabe. Vordringlich für die Lösung dieser Hauptaufgabe ziehen über der Erde Wettersatelliten ihre Bahnen und erlauben den Wissenschaftlern die Zugstraßen mächtiger Zyklone zu verfolgen und die Einwohner der Gebiete, die von diesen tobenden Gästen aufgesucht werden, zu warnen. Ein sehr dichtes Netz kontinentaler und ozeanischer Wetterstationen umspannt die Erdkugel.

Man beginnt automatische Stationen einzurichten; die Menschen

erobern für ein besseres Verständnis der „Wetterküche“ die „planetaren Eisschränke“ — Arktis und Antarktis; sie wenden sich in die Stratosphäre und in den erdnahen Kosmos. Aber alle diese großen technischen Errungenschaften, die Millionen veränderlichen synoptischen Fakten, die innerhalb von 24 Stunden einige Male von Computern in meteorologischen Zentren verarbeitet werden, alle diese kolossalen Aufwendungen erlauben nur einen Blick auf eine gewisse Anzahl von Stunden im voraus zu werfen, bestenfalls auf zwei bis drei Tage. Und die fernere Sicht wird immer nebelhafter, unsicherer, imaginärer.

Der erste meteorologische Satellit — Tiros 1 —, der den Beginn einer neuen Etappe der „Eroberung des Wetters“ bezeichnete, wurde am 1. April 1960 auf seine Bahn gebracht. Das ist ein bedeutsames Datum neuer Hoffnungen und — neuen Zweifels und erneuten Mißtrauens. Natürlich waren seit dieser Zeit Erfolge in der Kenntnis des Verhaltens großer Zyklone und Taifune zu vermerken. Dank frühzeitiger Warnung wurden Hunderte und Tausende von Menschenleben gerettet und die Schäden der elementaren Katastrophen erheblich verringert.

Jedoch wurden langfristige Wetterprognosen nicht wesentlich genauer. Davon kann insbesondere die ungewöhnliche Hitze des Jahres 1972 in Zentralrußland zeugen, die für fast alle Meteorologen völlig unerwartet kam. Es ist interessant, dem Schicksal einer Prognose nachzuspüren, die im Jahre 1969 durch S.S. Sawina und L.W. Chmelewskaja gegeben wurde. Sie stützten sich auf die Schlußfolgerungen des bekannten Meteorologen B.L. Dserdsejewski über die Existenz verschiedener Typen der atmosphärischen Zirkulation, die zwei Hauptgruppen bilden: meridional gerichtete (wenn arktische Luftmassen nach Süden oder warme südliche nach Norden vordringen) und zonal gerichtete (bei denen Luft in Breitenrichtung transportiert wird, was keine wesentlichen klimatischen Änderungen nach sich zieht). Jeweils nach zwanzig bis dreißig Jahren ändert sich der Charakter des vorherrschenden Typs der atmosphärischen Zirkulation. Gemäß den Berechnungen muß sich die gegenwärtige Zirkulationsepoche durch das Vorherrschen meridionaler Prozesse über der Hemisphäre auszeichnen und folglich durch schroffe Änderungen des Wetters mit strengen und langen Wintern bei relativ kühlen Sommern. In der Tat entsprachen die Winter 1962 — 1965 diesen Bedingungen, und im Sommer des Jahres 1968 gab es häufige arktische Einbrüche und schroffe Änderungen des Wetters. Jedoch entsprachen im europäischen Teil der UdSSR der Sommer 1972 und der Winter 1973/74 nicht der dieser meteorologischen Epoche gegebenen Charakteristik (heißer, stabiler, trockener Sommer und milder, feuchter Winter). Was bedeutet das nun: nicht vorhergesehene Anomalien, gesetzmäßige Änderungen oder nicht erkannte frühe Besonderheiten meridionaler Zirkulation?

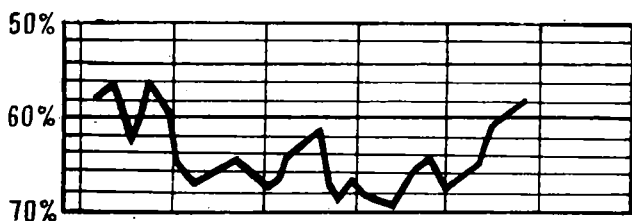


Veränderung der Eisbedeckung der Barentssee und deren Prognose; — berechnete Werte, - - - beobachtete Werte (nach I. W. Maksimow, W. N. Worobjew, N. P. Smirnow)

Für die letzten Jahre vermerkten die Meteorologen eine für sie ärgerliche Gesetzmäßigkeit: Das Wetter wurde weniger stabil. Früher konnte man ziemlich erfolgreich (mit 65 % Erfolg) eine Prognose, vom heutigen Wetter ausgehend, für das morgige geben. Jetzt funktioniert diese „Methode“ nur zur Hälfte. Warum ist das so? Ob das vielleicht mit dem Eintritt einer Katastrophenepoche labilen Wetters zusammenhängt?

„Das Studium des meteorologischen Regimes der vergangenen Jahre“, so schreiben die Klimatologen O.A. Drosdow und A.S. Grigorjewa, „zeigt, daß in den Reihen meteorologischer Größen, außer täglichen und jährlichen Gängen, im wesentlichen keine strenge Periodizität herrschte. An jedem Punkt im Gang der Niederschläge lassen sich zwei bis fünf Zyklen auffinden; zugleich lassen sich für das Gesamtterritorium Zyklen aller möglichen Dauer von zwei bis hundert Jahren und mehr ausgliedern. Auf dem Territorium der UdSSR lassen sich äußerst unterschiedliche Zyklen der Niederschläge aufdecken, aber jeder Zyklus ist geographisch lokalisiert; an den Verbreitungsgrenzen ändert sich die Dauer der Zyklen ein wenig, aber in weiterer Entfernung zerfallen sie entweder auf ‚Obertöne‘, verbinden sich zu Zyklen doppelter Größe oder verwandeln sich in schwankende Systeme ohne deutliche Periode. Analog verhalten sich auch die Hauptzyklen im Laufe der Zeit.“

Wenn diese Charakteristika zutreffen, dann wird man schwerlich auf verlässliche langfristige Prognosen hoffen dürfen, noch weniger auf Prognosen meteorologischer Katastrophen, die auch ganz und gar nicht mehr sein werden als das zufällige Zusammentreffen einiger unregelmäßiger und unbeständiger „Zyklen“ in Raum und Zeit. In diesem Falle können auch keinerlei technische Kniffe wesentlich helfen; ein sich vergrößernder Aufwand für den Wetterdienst wird einen ständig geringer werdenden Effekt haben.



Mittlere jährliche Erfolgsrate der 24stündigen inerten Prognose des Wetters, d.h. der Wahrscheinlichkeit der Wiederholung des heutigen Wetters am folgenden Tag, für Moskau von 1946 bis 1969 (von rechts nach links)

Aber könnte es nicht sein, daß wir uns trotz allem nicht in einem Konflikt mit einem Chaos der Natur befinden, sondern einem Chaos des eigenen Unvermögens? Es kann sein, daß uns bis heute bestimmte wichtige Gesetzmäßigkeiten des „Lebens“ der veränderlichen Atmosphäre unverständlich sind. Denn vor nicht allzu langer Zeit hatten die Menschen auch gewisse Gesetzmäßigkeiten in der Verbreitung von Krankheiten noch nicht entdeckt und kannten auch noch nicht die Ursachen plötzlich auftretender „Weltseuchen“. Um die Ursachen zu erkennen, wendeten sie ihre Blicke zum Himmel, zogen Sonnenflecken in Betracht, entsetzten sich über ungewöhnliche Zeichen, suchten die Ursachen aber auch in der eigenen Seele. Jetzt sind auch die Urheber der Infektionen und die Gesetzmäßigkeiten von (nicht allen) Epidemien entdeckt und gefahrlose Mittel der Bekämpfung von Krankheiten gefunden.

Es ist möglich, daß etwas Entsprechendes auch auf die „Krankheiten des Wetters“ zutrifft, auf Anomalien und katastrophenartige Erscheinungen, deren Prognose besonders wichtig ist. Den Wert der Theorie solcher Prognosen kann man an den Schäden ermessen, die elementare Katastrophen der Menschheit zufügen: Hunderte Millionen Dollar gehen jährlich buchstäblich „in den Wind“ oder werden ein Raub „gefährlicher“ Wellen. Erdbeben zerstören Städte, klimatische Anomalien richten Saaten zugrunde. Nicht selten sind Jahre, in denen die Gesamtverluste durch Naturkatastrophen in die Milliarden von Dollar gehen. Aber letztlich werden diese Verluste nicht immer und nicht in allen Ländern genau berechnet, und es läßt sich auch nicht alles in Dollar ausdrücken.

„In unserer Zeit“, schreibt der Schweizer Meteorologe P. Montagne, „ist das Wetter nicht bösartiger, verheerender und unfreundlicher als vor 20 oder 100 Jahren, aber die Welt ist heute den Ränken der Natur gegenüber empfindlicher. Die Bevölkerung, die sich vergrößert hat, das Wachstum der Städte, die Industrialisierung und die zuneh-

mende Abhängigkeit der Menschen von den Fortschritten der Landwirtschaft machen uns insgesamt für die Launen des Wetters verwundbarer. Und je komplizierter unsere Zivilisation wird, um so größere Verluste kann uns das Wetter zufügen.“

Aber so seltsam es auch scheinen mag, sogar die dunklen Phantome der Naturkatastrophen haben ihre lichte Seite. Heute treten die Menschen geschlossen gegen sie auf — als einheitliche Menschheit. Und es mag sein, daß diese Annäherung manches Unheil, das uns durch die Natur zugefügt wird, wieder ausgleicht. Ein geschlossener Gesamtwelt-Wetterdienst, der nach Montenué als ein internationales Nervensystem bezeichnet werden kann, erweist sich als äußerst empfindlich und fähig zu sofortigen Reaktionen auf Änderungen des Wetters an einem beliebigen Punkt der Erde. Wettersatelliten, die Augen dieses Systems, überblicken die gesamte Erde; drei Weltzentren — in Melbourne, Moskau und Washington — und eine bestimmte Anzahl regionaler Zentren sind ein eigenständiges Vernunftsystem.

Wenn man den Vergleich erweitert, so könnte man eine Variante (eine Phantasie?) voraussehen, die als ein peripheres Nervensystem des meteorologischen Netzes auf der Erde anzusehen wäre, mit einem einheitlichen Gesamtweltzentrum, gelegen — auf dem Monde. Von unserem Trabanten läßt sich die Erde besonders günstig überblicken: Es entfällt die Notwendigkeit der Satelliten, und die gesamte Erde liegt der Beobachtung offen.

Aber wenn auch diese Phantasie verwirklicht würde, helfe das wenig ohne eine überzeugende Theorie der Dynamik der Atmosphäre und der Veränderung des Wetters (insbesondere dessen Anomalien). Eine solche Theorie erwarten die Praktiker: die Angestellten der „Aeroflot“ und Seeleute, die Bauern und Bauleute, denen Orkane erheblich mitspielen.

Es verbleiben auch andere Naturkatastrophen, bei denen eine Kenntnis der Rhythmen, der Maßstäbe und der wahrscheinlichen Wiederholung außerordentliche Bedeutung besitzt. Bleiben wir bei den kosmischen Erscheinungen: ein mögliches Aufflammen einer Supernova in unserer Nähe; ein Ausbruch aus dem Zentrum unserer Galaxis; ungewöhnliche Explosionen auf der Sonne; ein Fall gigantischer Meteoriten. Uns näherliegend wären es die Tiefenkräfte der Erde, deren Entfesselung große Erdbeben und Vulkanausbrüche nach sich zieht.

Im letzten Jahrhundert sind durch Erdbeben ungefähr eine Million Menschen umgekommen. Bei besonders heftigen Erdbeben, die sich in dichtbevölkerten Gebieten abgespielt haben, sind bis zu 100 000 Menschen umgekommen; der Wert der Zerstörungen erreichte Milliarden Dollar.

Und die Eruptionen von Vulkanen? Und das Schicksal des rätsel-

haften Atlantis? Können wir heute die Möglichkeit einer Wiederholung entsprechender Katastrophen voraussagen?

Was kann man schon sagen über vulkanische Explosionen! Sogar eine so allgemeine Erscheinung wie ein Erdbeben überrascht uns auch heute noch. Wir haben gelernt, das „seismische Klima“ (nach einem Ausdruck des sowjetischen Seismologen Ju.W. Risnitschenko) zu berechnen, indem wir mehr oder weniger vollständig Daten über Erdbeben gesammelt und auf ihrer Grundlage Karten der seismischen Aktivität angefertigt haben. Aber nebelhaft ist für uns das „seismische Wetter“, konkrete Erdbeben, die in bestimmter Zeit erfolgen und eine präzise Prognose — auf Tag und Stunde genau — erfordern.

Die Situation mit dem „seismischen Wetter“ ist verworrener als mit dem gewöhnlichen Wetter. Und das ist verständlich: In der durchsichtigen Atmosphäre vermag man sich leichter zu orientieren als im Dunkel des Erdinnern.

Allein in der Sowjetunion leben in seismisch gefährdeten Gebieten etwa vierzig Millionen Menschen! Für sie ist letztlich die Theorie der Erdbeben aktuell und lebenswichtig.

Trotz des Beharrens der Praktiker auf der dringlichen und wachsenden Forderung einer Vorhersage von Naturkatastrophen, trotz der gemeinsamen Anstrengung aller Länder und gewaltiger Aufwendungen an Arbeit, Technik und Mitteln verbleiben die Gesetzmäßigkeiten des Pulses der Naturgewalten in Atmosphäre, Hydrosphäre und Erdkruste — im Bereich des Lebens — in vielem noch ungeklärt.

Kalkulation der Veränderlichkeit der Natur

(Zweite Antwort)

Die gegenwärtig lebende Menschheit, ausgerüstet mit einer entwickelten Technik, ist auf der Erde zu einem entscheidenden geographischen Faktor geworden. Die Veränderungen der Natur haben planetare Ausmaße erreicht: Fast überall werden Steppenzonen in landwirtschaftliches, Wälder in „waldwirtschaftliches“ Gebiet verwandelt, und ausgedehnte Feldareale haben den Wald verdrängt. Halbwüsten wurden (in vergangener Zeit oder auch gegenwärtig) größtenteils zu bewässerten Ackerbauflächen und auch Weideland. Immer aktiver werden Tundren und Wüsten beherrscht.

Die gegenwärtige Umgestaltung der geographischen Hülle erfolgt vorwiegend zielgerichtet, wissenschaftlich begründet. Aber von neuem tauchen Gesichtspunkte auf, die eine Kette von Zweifeln an der Genauigkeit unserer Kenntnisse nach sich ziehen, an der Möglichkeit des Voraussehens aller Folgen der umgestaltenden Tätigkeit des Menschen.

Man stelle sich vor: Wir haben einen Plan der Bewässerung von Wüstenterritorien ausgearbeitet. Von weither führen wir einen Kanal heran. Zwei Jahrzehnte vergehen, der inzwischen gebaute Komplex der Anlage hat riesige Summen gekostet. Aber in dieser Zeit haben sich die klimatischen Bedingungen in dem betreffenden Rayon zu ihrem Vorteil verändert: Die Niederschläge wurden reichlicher, die Menge des ober- und unterirdischen Wassers wurde größer.

Diese abstrakte Erwägung kann durch ein konkretes Beispiel untermauert werden. Wenden wir uns dem Problem des Aralsees und des Kaspischen Meeres zu. (Wie ungeniert und gewohnheitsmäßig wir uns in das Schicksal riesiger Territorien, ja ganzer Meere einmischen!)

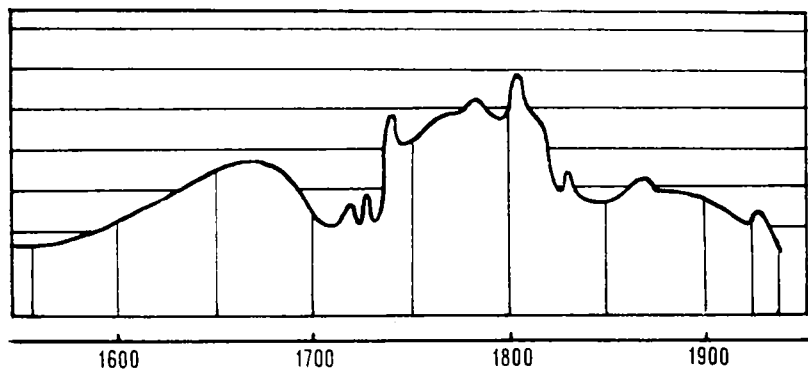
Das kaspische Problem erlangt—mitunter widerspruchsvolle—Interessen bei verschiedenen Zweigen der Wirtschaft: dem Fischereiwesen, der Meeres- und Flußschifffahrt, der Landwirtschaft, der Erdölindustrie, dem hydroenergetischen Bauwesen. Es ist untrennbar mit dem Schicksal der angrenzenden Flußgebiete (in erster Linie des Wolgabekens) verbunden. Die Wurzel des Problems ist das Absinken des Spiegels des Kaspischen Meeres. Gegenwärtig hat der Spiegel den niedrigsten Stand seit 350 Jahren erreicht. Seit 1929 senkte sich der Spiegel um zweieinhalb Meter. Zu Beginn unseres Jahrhunderts bespülte das Meer noch den Jungfrauen-Turm, einen Vorposten der Bakuer Festung, aber jetzt ist es um 300 Meter zurückgewichen.

Die Geschichte des Kaspischen Meeres ist eine Geschichte höchster Anstiege und tiefster Absenkungen seines Wasserspiegels. Die alten Täler seiner Zuflüsse (Wolga mit Kama, Ural u.a.) sind sehr tief, stellenweise 500—600 m in das Grundgestein eingeschnitten. Das zeugt offensichtlich davon, daß (vor einigen Millionen Jahren) die Russische Ebene höher herausgehoben war als heute und das Kaspische Meer tiefer lag. Nach Meinung von E.E. Milanowski nahm das Kaspische Meer damals nur das südliche Drittel des gegenwärtigen Aquatoriums ein.

Seit dieser Zeit stieg der Spiegel des Kaspischen Meeres an. Das Meer begann seine Grenzen auszudehnen. Schließlich verwandelte es sich sogar in ein gigantisches Becken, das auch das Schwarze Meer und den Aralsee umfaßte, sich bis zur Breite von Wolgograd ausdehnte und Anschluß an das Mittelmeer erreichte.

Das zog sich Jahrtausende hin. Dann begann das Meer zurückzuweichen, nur zeitweilig seinen Herrschaftsbereich etwas vergrößernd. Zunächst wurden Kaspisches Meer und Aralsee voneinander getrennt, zwischen Kaspischem Meer und Schwarzem Meer hob sich der Boden der Kuma-Manytsch-Meerenge heraus. Das Meer wurde isoliert, das Aquatorium weiter reduziert und der Spiegel weiter abgesenkt.

Seit dem Beginn des vergangenen Jahrhunderts sank der Spiegel des Kaspischen Meeres erheblich ab. Dadurch wurden die Bedingungen



Schwankungen des Wasserspiegels des Kaspischen Meeres (nach L.S. Berg); horizontale Linien entsprechen 1 m Abstand

der Schifffahrt im Wolgadelta und auf dem Meer wesentlich verschlechtert, und das Fischereigewerbe verarmte.

In der Mitte des vergangenen Jahrhunderts wurde der Vorschlag unterbreitet, den Kara-Bogas-Gol vom Meer durch einen Damm abzutrennen. Der Vorschlag wurde folgendermaßen begründet: Die Verdunstung in der Meeresbucht ist sehr intensiv. Der Wasserspiegel in der Bucht liegt tiefer als im Kaspischen Meer. Das Meerwasser strömt in den Kara-Bogas hinein und schwindet, obgleich sich die Wassermenge des Kaspischen Meeres ohnehin verringert. Wie schon der erste Erforscher des Kara-Bogas-Gol, I.A. Sherebzow, schrieb, ist „die Bucht unersättlich, verschlingt eine große Menge Wasser aus dem Meer, das darin wie in einem Loch verschwindet“. Das Absinken des Meeresspiegels verstärkte sich noch weiter, als Wolgawasser auf Felder geleitet wurde, in Turbinen und Hydroelektrostationen strömte und in ausgedehnten Staubecken angesammelt wurde. Anscheinend wurde die Versiechtung durch Veränderung der klimatischen Bedingungen ausgelöst.

Später entstand ein neues Projekt: Vom Meer sollten große Flachwasserbecken, in denen eine besonders starke Verdunstung des Meerwassers erfolgt, abgetrennt werden — die Buchten Kaidak, Mertwy Kultuk und der Kara-Bogas-Gol. Dafür mußte im Meer ein Damm von mehr als 100 km Länge gebaut werden. Außerdem konnten weniger bedeutende Buchten isoliert werden: Kendyrli, Sarytasch, Kysylagatsch u.a. Alles das gab die Möglichkeit, ungefähr dreißig Kubikkilometer Kaspiwasser pro Jahr vor der Verdunstung zu bewahren.

Es gab noch einen Weg: das Kaspische Meer mit dem Schwarzen Meer zu verbinden, einen Kanal durch die Kuma-Manytsch-Senke zu bauen. Aber auch dieser Gedanke wurde verworfen. Der Kanal erwies sich als zeit- und kraftaufwendig und zu teuer. Mit einer Tiefe bis zu

fünfzig Metern und einer Länge größer, als wenn Weißmeer-Ostsee-Kanal, Suez-Kanal, Panama-Kanal und Nord-Ostsee-Kanal miteinander verbunden würden.

Und auch der Nutzen wäre zweifelhaft gewesen. Der Kanal, der ein künstliches Flußbett für das Salzwasser des Schwarzen Meeres dargestellt hätte, hatte zur Störung des chemischen Gleichgewichtes des Kaspischen Meeres und zur Schädigung der Fischwirtschaft beigetragen. Zwar hätten sich die geschätztesten Arten der kaspischen Fische — Hausen, Stör und Weißlachs — an ein halbsalziges Milieu gewöhnt. Verloren aber hätte die Kuma-Manytsch-Senke, die sich heute dank der Bewässerung in ein reiches landwirtschaftliches Gebiet verwandelt hat.

Es ist nicht leicht, die Wasserbalance des Kaspischen Meeres zu berechnen, wobei man alle Quellen des Wasserzulaufes und -verlustes berücksichtigen muß. Außer dem Oberflächenwasser gibt es auch gigantische Ströme unterirdischen Wassers, das in Rissen und Poren der Gesteine zirkuliert. Welche Rolle spielen sie im allgemeinen Gleichgewicht? Wie wirken sie auf dessen Änderung ein? Ob man nicht bald mit einer Vergrößerung der Kapazität der unterirdischen Ströme rechnen muß? Oder werden sie sich verringern und im Laufe der Zeit immer mehr?

Aber — Fakt bleibt Fakt — der Meeresspiegel begann, wie nicht nur einmal in den letzten Jahrhunderten, erneut erheblich abzusinken. Wohin mag das führen? Hier ist die Antwort von A.B. Awakjan und E.G. Romaschkow:

„Aus ehemaligen flachen Buchten, solche wie Sineje Morze, Kaidak, Komsomolez, Gassan-Kuli, verschwand das Wasser, und sie verwandelten sich in Salzsümpfe oder aber in unfruchtbare, mit einer Salzschrift bedeckte Ebenen. Trockengefallene und aus dem Wasser auftauchende Sandbänke und einstige Inseln verwandelten sich in Halbinseln. Viele früher gut berieselte Teile der Deltas der Wolga und des Urals wurden, besonders im höheren Teil, trocken. Hier gelegene Melonenfelder, Gärten, Heuschläge, Weideflächen erfordern künstliche Berieselung und Bewässerung.

Völlig außer der Ordnung kamen die Häfen Iljitscha und Astara am westlichen Ufer, und kleinere nördliche Häfen wurden vom Meer abgeschnitten.

Mit dem Absinken des Wasserspiegels aber wurden die Unterwasserbohrungen und die Ausbeutung der Bohrlöcher bedeutend erleichtert, verkürzt sich die Aufwände für neue Bautätigkeit; aber der Stolz der sowjetischen Technik, die Gewinnung von Erdöl im offenen Meer, wurde durch auftretende Schwierigkeiten auf die Probe gestellt. Wegen des flacheren Wassers verschlechterte sich die Verbindung mit

den künstlichen Inseln und komplizierte sich die Zufuhr von Materialien und Lebensmitteln.

Mehr als alles andere hat durch das Seichtwerden wahrscheinlich ein solcher wichtiger Zweig der Volkswirtschaft des kaspischen Küstengebietes gelitten wie der Fischfang. Das schwach salzige Wasser des Kaspischen Meeres, das reich an Nährstoffen aller Art aus Wolga, Ural, Terek und Kura ist, ist berühmt wegen seiner außerordentlich wertvollen Fischarten. Hier werden Stör, Hausen und Steinhausen gefangen. Nur hier lebt und pflanzt sich der berühmte Weißlachs fort.

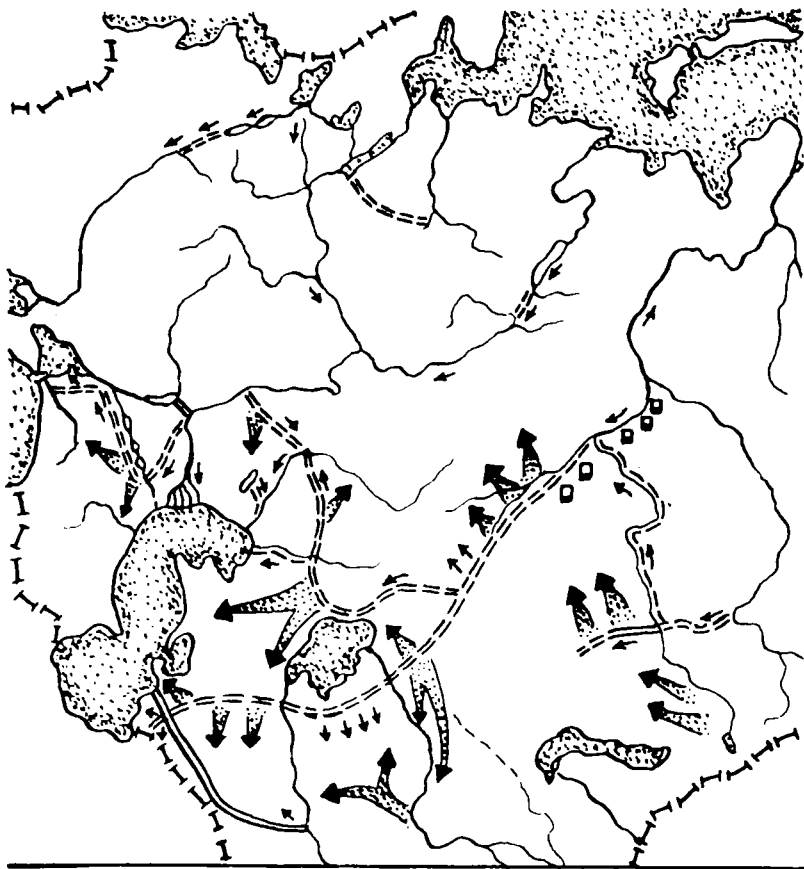
Das Austrocknen der ausgedehnten, gut durchwärmten, vegetations- und nährstoffreichen Deltas und Flachwässer, in denen sich Fische nährten und überwinterten, untergräbt einschneidend die kaspische Fischindustrie.“

Letztlich aber wird das Kaspische Meer relativ langsam seicht, und viele Zweige der Wirtschaft — Transport, Erdölindustrie, Fischerei, Gemüseanbau — passen sich dem Absinken des Meeresspiegels an. Katastrophale Folgen gibt es nicht. Doch bei weiterem beträchtlichem Seichtwerden des Meeres erstarrt die Bucht des Kara-Bogas-Gol, und es kommt zum Niedergang der mit ihr verbundenen chemischen Industrie (Gewinnung von Natriumsulfat).

Bis heute ist es nicht gelungen, jene optimale Variante zu ermitteln, die sowohl die Fischzüchter als auch die in der Erdölindustrie Tätigen, die Seeleute, Bauern und Chemiewerker zufriedenstellen würde. Das Projekt der Reorganisation des Kaspischen Meeres müßte überzeugend begründet und technisch ausführbar sein. Der Wert der Aufwendungen darf den der Verluste, die die Volkswirtschaft durch das Seichtwerden des Meeres erleidet, nicht übersteigen; man darf den Rubel nicht darauf verschwenden, womit der halbe Rubel gespart wird. Übrigens sind gewisse Verluste sehr schwer in Rubel auszudrücken: der Geschmack der Weißlachse, die Schwärme von Rosaflamingos und die Lotosblüten im Wolgadelta, Salzböden an Stelle der Meereswogen.

In den letzten Jahren wurde die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler hauptsächlich auf zwei Ideen gelenkt: erstens auf die Aufteilung des Kaspischen Meeres durch Dämme und die separate Regulierung des Wasserspiegels in jedem der entstehenden Becken und zweitens auf die Einleitung eines Teiles des Abflusses der dem Nördlichen Eismeer zuströmenden Flüsse in den Kaspi.

Besonders viele Diskussionen rief die erste Idee hervor, die in den Nachkriegsjahren durch Professor B.A. Apollow entwickelt und diffizil ausgearbeitet wurde. Nach ihm sollte der nördliche Teil des Kaspischen Meeres durch einen aufgespülten 400 km langen und ungefähr 5 m hohen Damm abgetrennt werden. Für den Schiffsverkehr und die Passage der Fische waren zwei Kanäle projektiert. Durch die in das



Projekt der Überleitung von Wasser der nördlichen Ströme nach Süden
 === projizierte Kanäle; kleine Pfeile: Richtung des Abflusses; große Pfeile:
 Nutzung der Wässer

nordkaspische Becken einströmenden Flußwasser sollte das Wasserreservoir allmählich entsalzt werden und als Quelle der Wasserversorgung für die angrenzenden Gebiete dienen.

Das Projekt wurde mehrfach durch Spezialisten erörtert. „Das Schema der Rekonstruktion des Kaspischen Meeres, das B.A. Apollow dargelegt hat, löst komplex das Problem des Wassertransportes, der Erdölindustrie, der Fischwirtschaft, der chemischen Industrie und der Energieversorgung, aber es erfordert weitere Präzisierung...“, so wurde auf einer Konferenz im Jahre 1951 in Baku entschieden. Nach fünf Jahren versammelten sich die Wissenschaftler und Vertreter der Produktion in Astrachan. Die Meinungen waren geteilt. Die einen sagten:

„Der Bau des Meeresdammes durch das Kaspische Meer ist völlig unreal.“ Die anderen bezeichneten das Projekt als „äußerst ökonomischen und rentablen Vorschlag, den man schnell verwirklichen kann“. Die einen behaupteten, daß die Schaffung des riesigen Süßwasserbehälters für die Fischwirtschaft unvorteilhaft sei, die anderen entgegneten: „Die Entsalzung des nördlichen Kaspi schafft günstige Bedingungen für die Besiedlung von dessen Ufer und für die Umgestaltung der benachbarten wüstenhaften Räume in blühende landwirtschaftliche Ländereien. Das verstärkt seinerseits um viele Male den Zustrom biogener Stoffe in den Wasserbehälter und erhöht damit den Nährstoffgehalt und die Fischproduktivität.“

Die Idee der Überleitung der Flußwässer des Eismeerbeckens rief keine ernste Besorgnis hervor. Es wird dabei in Betracht gezogen, daß man die Wasser der Flüsse Petschora, Kama und Wytschegda innerhalb eines Wasserreservoirs sammelt und von dort dem Becken der Wolga zuführt. Auf diese Weise kann der Kaspi zusätzlich etwa vierzig Kubikkilometer Wasser im Jahr erhalten, wodurch die große „Wolgaarterie“ einen bedeutenden Wasserzustrom erhält.

Doch wenn man der Idee der Umleitung eines Teils des Abflusses der nördlichen Ströme nach Süden zustimmt, dann ist noch immer nicht klar, wohin man es am nützlichsten führt: ins Kaspische oder ins Asowsche Meer, das an Süßwassermangel krankt. Nach der Meinung des Geographen B.A. Schljamin ist die zweite Variante zweckmäßiger, weil man in das Kaspische Meer über den Aralsee und durch die Kumamanytsch-Senke Wasser des Jenissej und Ob führen kann.

Aber vielleicht sollten wir uns auch gar nicht um eine künstliche Stabilisierung des Spiegels des Kaspischen Meeres sorgen. Ob wir nicht vielleicht vergeblich kostbares Süßwasser in die gigantische Verdunstungsbütte des Kaspischen Meeres „hinauswerfen“? Vor einem knappen Jahrhundert äußerte sich darüber eindrucksvoll der bekannte Geograph A.I. Wojeikow:

„Ich denke, daß auch in fernerer Zukunft das Kaspische Meer nicht in seinen gegenwärtigen Ausmaßen verbleiben wird, und die einmündenden Flüsse können und müssen für ausgedehnte Bewässerung dienen. Der nördliche Teil des Kaspi zwischen den gegenwärtigen Mündungen der Wolga und dem Mangyschlak trocknet aus und verwandelt sich in fruchtbare, bewässerte Felder.“

Dabei sollte man sich auch des Schicksals des Aralsees erinnern, bei dem vorgesehen ist, ihn mit Hilfe der wasserreichen sibirischen Ströme zu beleben. Sollten wir uns nicht auch mit diesem Vorhaben Zeit lassen? Ob wir alles über das „natürliche Verhalten“ des Kaspi, des Arals und der nördlichen Ströme wissen, um mit solchen plötzlichen und einschneidenden Maßnahmen über ihr Schicksal zu entscheiden? Ob es

zulässig ist, solche gigantische Umbauten der Natur vorzunehmen, ehe wir uns darüber klar werden, was ohne diese Veränderungen geschehen wird? Und ob sich nicht auch ohne sie der Spiegel des Kaspischen Meeres stabilisieren wird? Und ob er nicht plötzlich anzusteigen beginnt? Oder werden wir lernen, mit dem Klima zurechtzukommen? Oder finden wir neue Quellen natürlichen Wassers? Oder können wir die Verdunstung aus dem Aquatorium des austrocknenden Meeres verringern? Oder umgehen wir mit unterirdischen Wässern, die nicht verausgabt sind, die ärmer werdenden Vorräte der Oberflächenwässer?

Unsere großen Projekte gehören mehr in die Zukunft als in die Gegenwart. Und projektierte Kanäle, die den Lauf der nördlichen Flüsse umkehren, das ist im wesentlichen eine Angelegenheit des 21. Jahrhunderts, dessen wissenschaftliche und technische Errungenschaften wir uns heute noch schwerlich vorstellen können. Und Unkenntnis ist eine schlechte Begründung von Projekten, besonders wenn man jene Unwissenheit nicht in Rechnung zieht, die sich mit Trugbildern abfindet, die sich von den theoretischen Höhen der gegenwärtigen Wissenschaften bieten.

Bändigung des Dämons der Naturgewalten

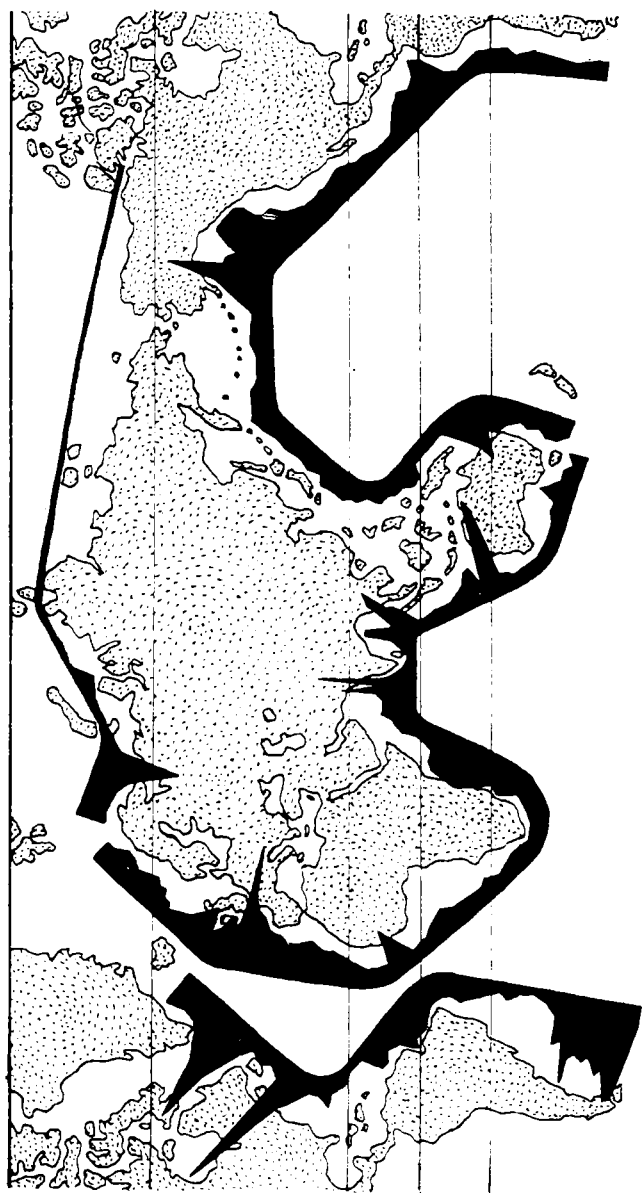
(Dritte Antwort)

Die Nutzung der Naturressourcen erfolgt in zwei Richtungen: Zunächst haben wir gelernt, in erster Linie die verbreitetsten Formen der Energie nach und nach zu nutzen. Auf diesem Wege zähmte der Mensch das Vieh zur Arbeit, erfand Windmühlen, Wasserräder, Holzheizung . . .

Der zweite Weg war und ist die Nutzung „natürlicher Konzentrate“, seltene, aber besonders wertvolle energiehaltige Produkte: vom Holz zur Kohle und schließlich zu Atomreaktoren. Von Mühlen, deren Räder sich durch die natürliche Strömung der Flüsse drehen, zu Hydroturbinen, die durch den Druck solchen Wassers in Bewegung gesetzt werden, das von Dämmen auf Zehner oder auch Hunderte von Metern herabstürzt. Hydroelektrostationen werden nicht durch den durchschnittlichen Abfluß der Flüsse versorgt, sondern sie halten in Stauseen die Hochwasserabflüsse zurück und nutzen so die Energien natürlicher „kleiner Katastrophen“.

Es verbleibt noch der folgende Schritt: die Energie der mächtigen Naturerscheinungen, der Zyklone und Taifune, der katastrophenartigen Gezeiten und Hochwässer, der Vulkane und Erdbeben, nutzbar zu machen.

Die Flotte Alexanders von Makedonien war während des Feldzuges nach Indien völlig desorganisiert und wäre bei einer heftigen Flut und



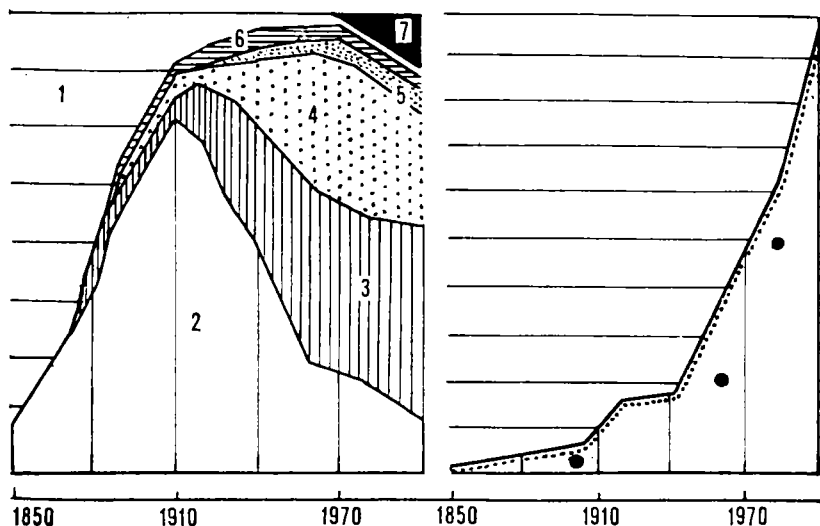
Maximale Gezeitenfluten an den Küsten des Weltozeans; 1 mm in der Abbildung entspricht 1 m Fluthöhe
(nach A.B. Awakjan und E.G. Romaschkow)

nachfolgenden Ebbe fast vernichtet worden. Die griechischen Seeleute waren mit den in diesen Gebieten auftretenden Gezeitenerscheinungen nicht vertraut. Für die dortigen Bewohner erschienen hohe Fluten natürlich nicht als Katastrophe (in einigen Gebieten der Welt überschreitet der Tidenhub zehn Meter).

Nachdem die Menschen die Gesetzmäßigkeiten der Fluten erkannt hatten, begannen sie auch, ihre Energie zu nutzen. Vor hundert Jahren erschienen an den Küsten Europas und Nordamerikas Gezeitenmühlen (im 17. — 18. Jahrhundert arbeiteten sie auch am Weißen Meer). Nun aber begann man eine Reihe von Gezeitenkraftwerken zu errichten. Das erste derartige Werk (GKW Rance in Frankreich) begann im Jahre 1967, Strom zu liefern; Versuchsaggregate in Saint-Malo arbeiteten seit 1959. Gegenwärtig beträgt die Kapazität der GKW nur einen geringfügigen Teil eines Prozentes von der Gesamtenergie der Fluten (Flutkatastrophen nicht gerechnet). Und obwohl die Projektierung und Nutzung der GKW mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden ist, haben sie offensichtlich eine große Zukunft. Es bleibt noch die Frage: Werden auch einmal die Energien von Flutkatastrophen genutzt werden?

Bei Hochwasserkatastrophen wächst die Wasserführung der Flüsse um das Zehn- bis Hundertfache des normalen jährlichen Abflusses an. Die Statistik des möglichen Auftretens solcher Hochwässer zwingt dazu, zuverlässigere und kostspieligere Einrichtungen zu bauen: Dämme, Deiche, Brücken. Sie werden gewöhnlich auf maximale Hochwässer orientiert, wie sie nur einmal in 50, 100 oder sogar 1000 Jahren auftreten. (Je solider die Einrichtungen sind, für um so seltenere Ereignisse sind sie berechnet.) Aber es gibt letztlich keine Garantie dafür, daß wir, wenn wir uns auf Ereignisse orientieren, deren Auftreten nur einmal in hundert Jahren zu erwarten ist, auch hundert Jahre ruhig leben können. Hochwasserkatastrophen vom Jahrhunderttyp können auch im folgenden Jahr auftreten oder vielleicht auch in zwanzig Jahren. Wir haben zwar gelernt, die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen zu berechnen, aber es wäre notwendig, auch das Jahr zu wissen, wann etwas geschieht, obwohl auch das nicht sehr präzise ist. Das Fehlen einer genauen Prognose bedeutet beständig riesige Verluste an Mitteln, die im Hinblick auf ungewisse Gefahren ausgegeben werden, wenngleich auch das noch keine Sicherheit vor Katastrophen bietet.

Auf der anderen Seite erhalten wir nicht jene Masse an Energie, die mit Hochwasserkatastrophen verschwindet. Um diese zu zähmen, ist es erforderlich, die Gesetzmäßigkeiten der Hochwässer und der Periodizität von Flußkatastrophen (die gewöhnlich eng mit klimatischen Anomalien verbunden sind) gründlich zu erforschen. Davon, wie heftig die energetischen Ressourcen der Flüsse bei einer Berücksichtigung von Katastrophen anwachsen, zeugen zum Beispiel Berechnungen P.P. Lasa-



Links: Nutzung verschiedener Energiequellen in den USA: 1 Holz, 2 Kohle, 3 Erdöl, 4 Erdgas, 5 Flüssiggas, 6 Wasserkraft, 7 Kernenergie (nach S. Singer). Rechts: Wachstum des Verbrauches an Energie und Wasser (Punkte). Nach dem Schema zu urteilen, ist bis zum Jahre 2000 nicht mit einer Nutzung der Energie elementarer Naturprozesse zu rechnen

rews: Die Hydroenergie der Flüsse der USA beträgt bei 95 % Absicherung $25,0 \cdot 10^8$ Kilowatt, aber bei 50 % Absicherung $53,9 \cdot 10^8$ Kilowatt; entsprechende Kennziffern für die UdSSR sind $79,5 \cdot 10^8$ Kilowatt und $249,4 \cdot 10^8$ Kilowatt. Wenn man sich auf noch geringere Absicherung orientiert (das heißt auf noch seltenere kräftigere Hochwässer), dann kann die Mächtigkeit im Vergleich mit der minimalen um einige Male anwachsen.

Ähnliche Überlegungen sind auch bei einer Analyse der Nutzung der Windenergie gerechtfertigt. Obwohl sich die Flügel von Windmühlen und Windrädern auch schon mehr als tausend Jahre bewegen, verstehen wir noch nicht, den launischen Wind gehörig für unsere Zwecke einzuspannen. Ob es möglich sein wird, durch Beobachtungen des Verhaltens der Luftmassen von Satelliten aus neue Möglichkeiten für die Windenergetik zu eröffnen?

Ein besonderes Problem ist die Nutzung der atmosphärischen Elektrizität. Unsere Blitzableiter leiten mehr Energie in die Erde, als die Elektrizitätswerke erzeugen. Einer solchen Verschwendung kann man kaum länger zusehen. Wahrscheinlich wird die Zeit kommen, in der wir den großen „atmosphärischen Kondensator“ der Erde für uns arbeiten lassen werden.

Im großen und ganzen haben wir gelernt, uns vor elementaren Katastrophen vorzusehen. Aber sie zu zähmen, verstehen wir noch nicht. Natürlich ist es nicht einfach, Energie zu nutzen, die uns in die landschaftliche Sphäre zuströmt, unbeständig, „elementar“, mit Unterbrechungen. Eine Kenntnis des Pulsschlages der Naturgewalten öffnet uns diese reichsten Vorratskammern der Erde.

Der Schlüssel zu den unterirdischen Geheimkammern

(Vierte Antwort)

Die Geologen entdecken jährlich Zehner und Hunderte von Lagerstätten nutzbarer Bodenschätze. Jede große Entdeckung wird gewöhnlich als ein neuer Erfolg der geologischen Wissenschaften verbucht. Immer orientieren sich die Lagerstättensucher an den Prognosen der Theoretiker. Und sie haben dabei Erfolg. Übrigens nicht immer. Manchmal suchen sie große Lagerstätten (nach der Prognose), aber finden nur kleine. Oder aber sie suchen kleine und finden gigantische Lagerstätten. Es kommt auch vor, daß sie das, was vorgesehen war, nicht entdecken, oder sie finden überhaupt nichts.

Die Autoren des Lehrbuches „Allgemeine Geologie“, G.P. Gorschkow und A.F. Jakuschowa, schreiben: „Man kann eine Menge Probleme nennen, die einer feineren Bearbeitung harren und deren Studium letzten Endes zur Entwicklung einer einheitlichen Theorie der Erde führen wird.“ Erst noch führen wird! Und gegen diese Meinung, zum Ausdruck gebracht im Jahre 1973, läßt sich nichts einwenden.

Eines der Haupthindernisse auf dem Wege zur Entwicklung einer einheitlichen geologischen Theorie sind Schwierigkeiten in der Analyse und Interpretation der zahllosen Rhythmen und Zyklen, die in das steinerne Tagebuch der Erde eingeprägt sind. Die Rhythmizität in den Gesteinsschichten ist eine Widerspiegelung einer von uns noch nicht völlig erkannten Harmonie der geologischen Prozesse, die während der gesamten Geschichte unseres Planeten vorübergeflossen sind. Oder richtiger: Die gesamte Geschichte unseres Planeten wurde durch diese vorherrschenden rhythmischen Prozesse bestimmt. Anscheinend existieren aber auch seltene nichtperiodische Erscheinungen: ohne offensichtliche Rhythmen, als würden sich Dissonanzen vor dem Hintergrund der komplizierten Harmonie einstellen. Wir bezeichnen sie als katastrophenartige, zufällige Prozesse, die man wahrscheinlich von gesetzmäßigen Prozessen abtrennen muß. Und für jeden Typ der Erscheinungen — überwiegend gesetzmäßig und überwiegend chaotisch — sind besondere Forschungsmethoden erforderlich.

Man darf dabei nicht vergessen, daß wir sehr oft geneigt sind, jene

Ereignisse als zufällig zu bezeichnen, deren Gesetzmäßigkeiten uns noch nicht bekannt sind. Für die Mikrowelt gibt die Quantenmechanik eine genaue Aufrechnung des Maßes der Unschärfe unseres Wissens.

In den Wissenschaften über die Erde genießen die Ideen der Unschärfe keine Popularität und haben im wesentlichen keine logische und mathematische Begründung. Es ist nicht ausgeschlossen, daß in den Maßstäben des Planeten alle Ereignisse streng determiniert, vorherbestimmt, sind und wir einfach noch nicht verstehen, die ganze Kette der Kausalitätsbeziehungen zu rekonstruieren.

Die Geographen und Geologen verbinden gewöhnlich Rhythmen natürlicher Prozesse und katastrophenartiger Erscheinungen mit Einwirkungen äußerer Kräfte auf die geographische Hülle, indem sie die Erde als einen Mechanismus begreifen. Jedoch ist bekannt, daß sich alle Sphären der Erde im Laufe der Zeit verändern und auf jeder Etappe ihrer Entwicklung auf äußere Einwirkungen unterschiedlich reagieren. Manche geologischen Katastrophen können ausschließlich durch „innenbürtige“ Ursachen hervorgerufen sein, durch periodische Krisenerscheinungen im System der sich entwickelnden und miteinander in Wechselbeziehung stehenden Geosphären.

Kommen wir zurück zum Schema der geologischen Rhythmen, das wir auf Seite 105 darlegten. Dort ist erkennbar, daß Vereisungsepochen mit Epochen der Kohleakkumulation zusammenfallen. Ist das ein Zufall? Wohl kaum. Man kann daran denken, daß das massenhafte Auftreten der Landpflanzenwelt in der Steinkohlenzeit das chemische Gleichgewicht in der Atmosphäre erheblich gestört hat. Infolge aktiver Absorption des Kohlendioxids durch die Pflanzen mit anschließender Akkumulation abgestorbener Pflanzenteile in den Steinkohlensümpfen (den späteren Kohlenflözen) verarmte die Atmosphäre an Kohlendioxid. Die Moleküle des Kohlendioxids verhindern die Abstrahlung der Erdwärme in den kosmischen Raum. Deshalb mußte die Entnahme von Kohlendioxid aus der Atmosphäre von einer allgemeinen Abkühlung und von Vereisungen der polnahen Zonen begleitet werden (wobei wir uns nicht mit den Detailerscheinungen dieses Prozesses befassen wollen). Die festländischen Gletscher verringerten die Menge des Wassers im Ozean, vergrößerten den Salzgehalt der Meereswässer, und das mußte wiederum die Salzausfällung begünstigen. Tatsächlich leitete die permokarbonische Vereisung eine Salzakkumulation ein.

Der gegenwärtigen Eiszeit ging eine stürmische Entwicklung der bedecksamigen Pflanzen voran, die ebenfalls das geochemische Gleichgewicht der Geosphären störte. Mächtige Braunkohlenlager bildeten sich. Die Atmosphäre verarmte an Kohlendioxid. Eine allmähliche Abkühlung setzte ein, die schließlich zu einer Eiszeit führte. Aber die Rhythmität von Abkühlung und Erwärmung während einer Eiszeitperode

kann ihre besonderen Ursachen haben: Änderungen der Ernährung der Gletscher, Absenkung und Wiederauftauchen der Kontinente unter Gletscherbelastung, Umstellung des Systems der atmosphärischen und ozeanischen Strömungen, Schwankungen der Intensität der auf der Erdoberfläche auftreffenden Sonnenstrahlung, die Dynamik der Ozonschicht in der Stratosphäre usw.

Die ältere Wend-Vereisung, die sich vor ungefähr 600 Millionen Jahren abspielte, war mit der aktiven Entwicklung der Algen verbunden, die Kohlenstoff akkumulierten. Natürlich kann man noch frühere Vereisungen nicht mit einer Entwicklung der Pflanzenwelt in Zusammenhang bringen, die in jenen Zeiten noch sehr spärlich war. Aber möglicherweise absorbierte und reflektierte die damals noch sehr dichte, fast sauerstofffreie Atmosphäre die Sonnenstrahlen und behinderte ihren Zutritt zur Erdoberfläche.

So gesehen sind für gesamtplanetare Katastrophen ungewöhnliche Veränderungen der äußeren Sphären der Erde in keiner Weise erforderlich. Die geographische Hülle entwickelt sich nach ihren eigenen Gesetzen und erfährt von Zeit zu Zeit innere Krisen, die Resonanzen in allen Geosphären hervorrufen, sogar im tieferen Erdinnern, wo geomagnetische und Rotationseffekte ausgelöst werden.

Bis heute erkennen viele Geologen an, daß Epochen ungewöhnlicher geologischer Aktivität, Epochen geologischer Katastrophen, auftraten. Aber noch mehr Geologen entwickeln die Evolutionsideen Lyells weiter und schließen ungewöhnliche Naturerscheinungen aus ihren Erwägungen aus. Es ist natürlich schwierig, eine Vorstellung zu gewinnen, daß eine der beiden extremen wissenschaftlichen Auffassungen den Sieg davontragen wird. Oft entwickelt sich in der Wissenschaft eine fruchtbringende Theorie aus dem klärenden Zusammenschluß vorher widersprüchlicher Auffassungen. Eine solche Theorie kann jedoch ihre Aufmerksamkeit niemals abwenden von katastrophenartigen Naturerscheinungen, die für unseren unruhigen Planeten so charakteristisch sind.

Die Hauptsache ist, daß man einen Weg findet

Nicht in der Menge des erworbenen Wissens liegt die Schönheit und Macht der geistigen Tätigkeit, auch nicht in ihrer Systematik, sondern in ihrem aufrichtigen, lebhaften Suchen ...

Und sowohl die Menge der vom Geist angesammelten Fakten als auch die Systematisierung der erkannten Tatsachen—die Schularbeit—können den schöpferischen Geist nicht zufriedenstellen.

W.I. WERNADSKI

„Ein populäres Buch, das den Leser befriedigt, ist ein nichtssagendes und sogar schädliches Buch: Es hat ihm etwas vorgetäuscht, ihm eine falsche Sättigung, eine falsche Befriedigung verschafft. Von diesen Büchern sind nicht jene gut, die den Leser durch Kenntnisse bereichern, sondern jene, aus denen er die Überzeugung gewinnt, daß er vollkommen unwissend in bekannten Verhältnissen ist, daß der Gegenstand des Buches tiefgründig und schwierig ist, nicht nur für ihn, sondern auch für den Autor“, schrieb im vergangenen Jahrhundert der russische Philosoph N.N. Strachow.

In diesem Buch wird zur Genüge über wissenschaftliche Unkenntnis geschrieben, und es werden nicht wenige Zweifel geäußert. Es wäre jedoch bedauerlich, würde das bei den Lesern eine Enttäuschung über die hier berührten Probleme auslösen und deren Einreihung in die Kategorie des Verständnislosen, Rätselhaften und der endlosen Streitigkeiten verursachen.

Der Autor, der zum Skeptizismus neigt, wird oft gefragt: „Und wie denken Sie selbst darüber? Man darf sich doch nicht ständig hinter fremden Rücken verstecken und zur Entschuldigung fremde Meinungen anführen. Außer Ablehnungen muß man auch eine Reserve an eigenen Vorstellungen, an eigenen Meinungen haben.“

Natürlich hat der Autor auch eigene Meinungen. Über sie kann man aber in einem populären Buch, in dem keine allgemeingültigen Meinungen dargelegt werden, wie es sich geziemt, nur beiläufig schreiben. Ob die Sintflut die Bedeutung hatte, die diesem Begriff einige Gelehrte zumaßen (Obrutschew, Lindberg u.a.)?

Man kann annehmen, daß im ersten Jahrtausend nach dem Verschwinden der großen Gletscherbedeckung Eurasiens und Nordamerikas

eine Umstellung der klimatischen Bedingungen erfolgte (Übergang von der letzten Kaltzeit zur gegenwärtigen Warmzeit). Sie wurde von erheblichen Änderungen des Niveaus des Ozeanspiegels und von mächtigen Wirbelstürmen begleitet, die sich neue Wege an den Küsten bahnten und in die Tiefe der Kontinente eindringen. Das Verschwinden der Gletscherkappen auf der nördlichen Halbkugel und die Erhöhung des Ozeanspiegels müßten eine merkliche Verringerung der Erdrotation zur Folge gehabt haben, was wiederum die Bewegung der Erdkruste belebt haben mag (besonders in den durch B.L. Litschkow ausgesonderten kritischen Breiten) sowie Erdbeben und Vulkantätigkeit aktivierte (darunter vulkanische Explosionen) und mächtige Tsunamis auslöste.

Eine ganze Serie ähnlicher katastrophenartiger Erscheinungen, nicht selten wechselseitig miteinander verbunden, wanderte wie eine Welle über den Planeten hinweg. Sie wuchsen an, erreichten im 5. — 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung ihr Maximum und flauten dann wieder ab. Mit der Periode der maximalen Katastrophenaktivität war wahrscheinlich auch die Entstehung der Mehrzahl der Legenden von der Sintflut verbunden, richtiger jener Gruppe von Legenden, die auf der Schilderung realer Ereignisse beruhen.

Anscheinend existiert eine Verbindung zwischen irdischen Katastrophen und der Sonnenaktivität, übertragen durch die Magnetosphäre der Erde. Man muß noch lernen, die „elektrische Landschaft“, ihre Dynamik und die Einwirkung der Sonne auf das elektrische Feld in der Landschaftssphäre, auf die Ablagerung der Sedimente in gegenwärtigen Wasserreservoirien usw. zu fixieren und zu verstehen. Danach kann man die erhaltenen Daten in vergangene geologische Epochen extrapolieren, beginnend bei den nächsten Jahrhunderten, Jahrtausenden usw. Es ist möglich, daß sich dann das Problem der Weltkatastrophen in einem neuen Licht zeigt.

Jedoch darf man nicht vergessen, daß planetare Katastrophen nicht notwendigerweise mit äußeren Kräften verbunden sein müssen, sondern es können auch innere Ursachen, Besonderheiten der Wechselwirkung der Geosphären, zugrunde liegen.

Kann man nicht annehmen, daß bei der geographischen Hülle insgesamt eine bestimmte Folge der inneren Entwicklung existiert (wie etwa für die Entwicklung der Organismen), eine Folge von Etappen der Entwicklung, in deren Prozeß das ganze System von Zeit zu Zeit „kritische Zustände“ durchmachte? Ob davon nicht jener Fakt zeugt, daß in der gesamten geologischen Geschichte praktisch auf der ganzen Erde sich in der einen Epoche eine Akkumulation von Phosphorit verstärkte, in einer anderen von Salz, in einer dritten von Kupfersandstein, in einer vierten von Steinkohlen usw.?



Der laufende Jäger — Freske von Tassili (Sahara)

Auf die natürliche Zyklizität müssen sich auch heftige äußere Wirkungen auflagern, die ein „urtümliches Chaos“ in das geordnete Dasein der geographischen Hülle bringen und den gewöhnlichen Gang der physikalisch-geologischen Prozesse stören. Je nachdem, in welchem Stadium der Entwicklung das geschieht und mit welcher Macht die äußeren Kräfte einwirken, können die Resultate der Auswirkungen der Katastrophen unterschiedlich sein, bis zur entscheidenden Umgestaltung der Landschaften, der Tier- und Pflanzenwelt usw. Entsprechend verändert sich auch die Sedimentation.

Folglich sind weder Schwankungen der Sonnenaktivität noch Explosionen von Supernovae, noch mächtige tektonische Kataklysmen (Auf-faltung von Gebirgen, weltweite Transgressionen, Ausbrüche von Vulkanen), noch andere ungewöhnliche Einwirkungen als wahrscheinliche Hauptregulatoren des „Pulsschlages der Naturgewalten“ anzusehen. Die Wechselwirkung der Geosphären erfolgt zyklisch, einem inneren Rhythmus untergeordnet, etwas an den biologischen Rhythmus der Organe innerhalb eines lebendigen Gesamtorganismus erinnernd.

Vor allem müßte man gerade diese Rhythmen unter der Annahme der Beständigkeit und Alltäglichkeit aller äußeren Einwirkungen aussondern und erklären. Und dann müßte man ergänzend den Effekt von aufgesetzten „ungewöhnlichen“ Faktoren kalkulieren. (So werden auch die Rhythmen des schlagenden Herzens unter der Einwirkung des umgebenden Milieus geändert, aber die Herzschläge selbst werden durch andere Ursachen hervorgerufen.)

Das alles weist darauf hin, daß die äußeren Sphären der Erde keine straffen rhythmischen Pulsationen aufweisen, etwa vergleichbar der Korrektheit von Uhrenmechanismen oder astronomischen Bewegungen. Die Reaktion der Erde auf äußere ungewöhnliche Katastrophen ist immer komplex und uneinheitlich.

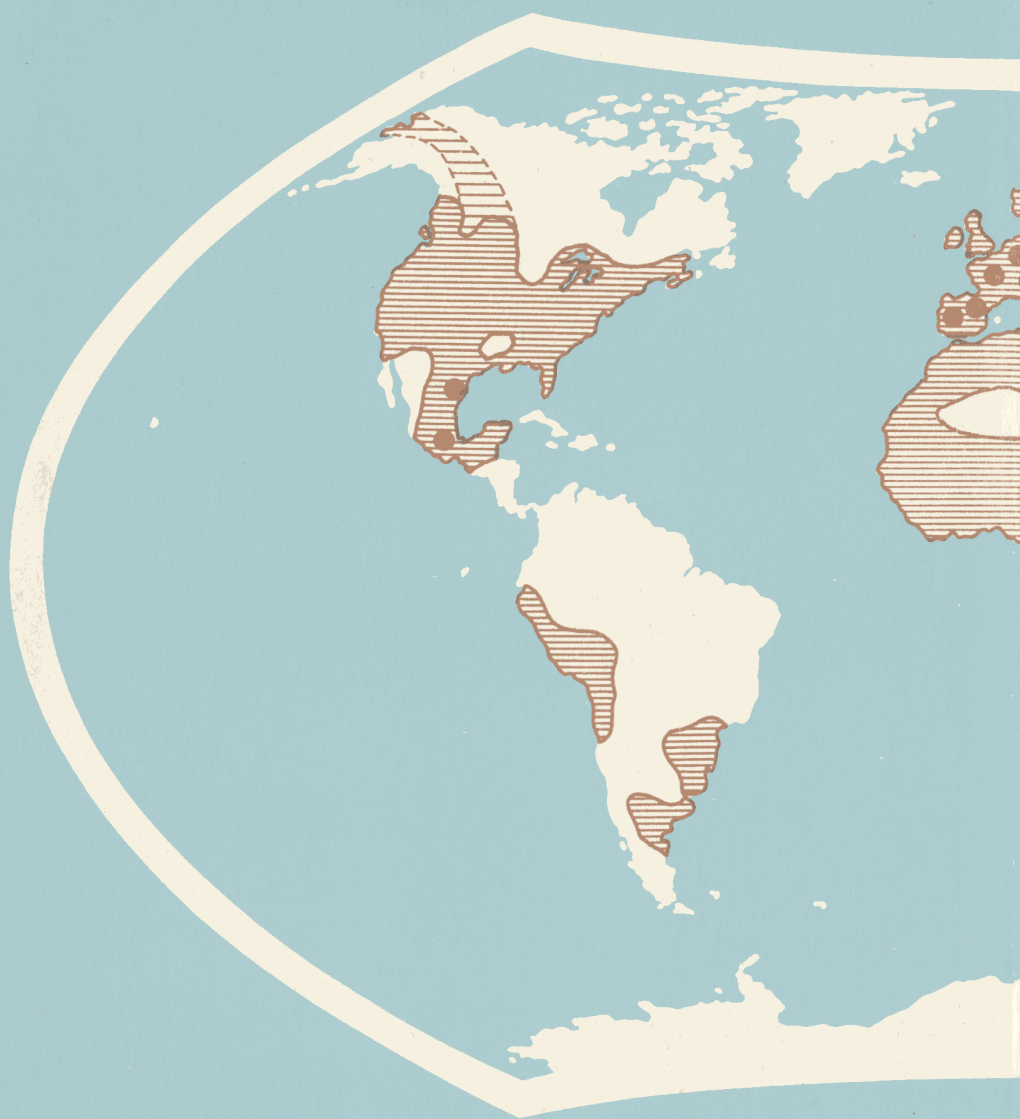
Im allgemeinen sind aber Katastrophen ziemlich charakteristisch für unseren Planeten, besonders in der gegenwärtigen geologischen

Epoche. Ohne ihre Berücksichtigung kann man schwerlich eine einigermaßen vollkommene geographische Theorie entwickeln. Jedoch haben sie für deren Grundlage keine wesentliche Bedeutung.

Übrigens, anderen den Weg zu weisen, ist immer leichter, als ihn selbst zu finden. Wollen wir nicht mehr sein als ein Wegweiser, um so mehr, als es sich vielleicht erweisen mag, daß die Hauptstraße der Wissenschaft in andere Richtung führt.

Jedes wissenschaftliche Problem findet nur durch unseren begrenzten Gesichtskreis einen Abschluß. Der Gang eines wissenschaftlichen Gedankens ist manchmal kapriziös und nicht voraussehbar. Das eben ist ja die Freude der wissenschaftlichen Erkenntnis — neues Land zu entdecken und nicht auf ausgetretenen oder vorgegebenen Wegen einherzuschreiten.

Einer der Heroen Saltykow-Stschedrins rief dazu auf, Amerika abzusperren. Ebenso unerfüllbar ist in der Regel die Hoffnung auf den „Abschluß“ eines wissenschaftlichen Problems. Das bezieht sich insbesondere auf das Problem der Sintflut, das einen Weg zu zahlreichen wissenschaftlichen Forschungen geöffnet hat: von der Suche nach dem legendären Atlantis und nach Beweisen gesamtplanetarer Transgressionen des Ozeans bis zur Klärung der Rhythmen natürlicher Prozesse — des Pulsschlages der Naturgewalten — und der Entwicklung einer einheitlichen Theorie der Erde.



Siedlungsgebiete von mesolithischen und neolithischen Stämmen

