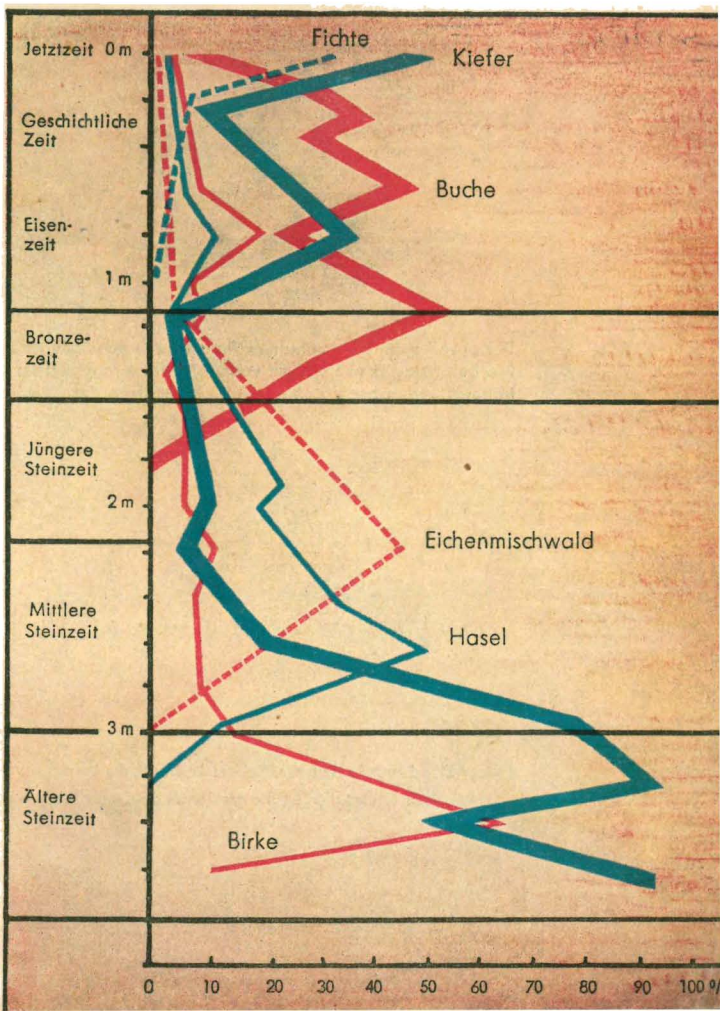
VOLK UND WISSEN
SAMMELBÜCHEREI
NATUR UND WISSEN

GEOPHYSIK

SERIE J • BAND 3
EINZELBAND 60 PF

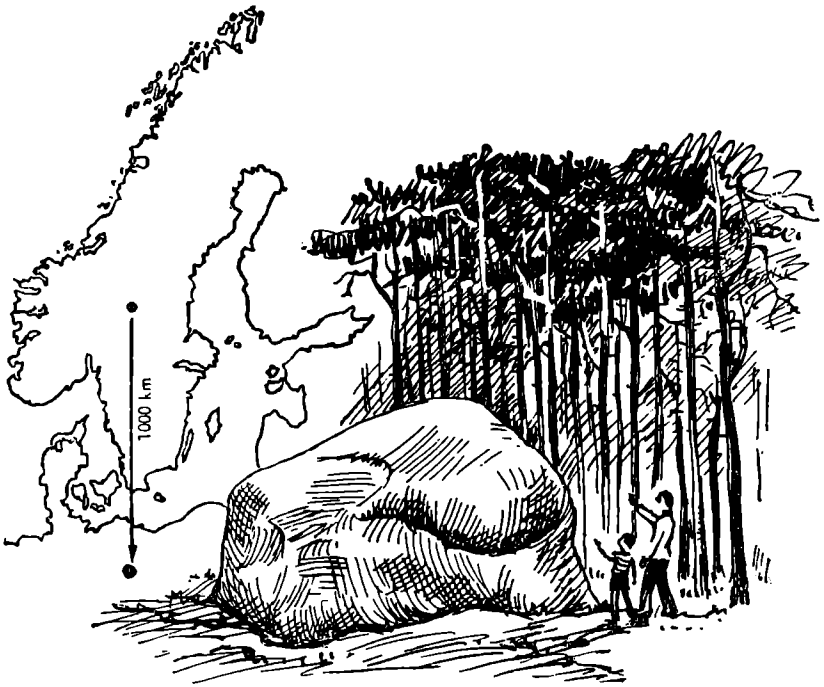
KOMMT EINE NEUE EISZEIT?

DIE URSACHEN DER GROSSEN VEREISUNGEN



Pollendiagramm (nach K. Bertsch und K. v. Bülow). Der Blütenstaub (die Pollen) der Waldbäume, die vor vielen Jahrtausenden in unserer Heimat wuchsen, hat sich in den Mooren erhalten und kann heute mit Hilfe der Pollenanalyse untersucht werden. Ein Ergebnis solcher Forschungen stellt zum Beispiel nebenstehendes Pollendiagramm dar. Dieses zeigt auf der Waagerechten in Prozenten die relative Häufigkeit der wichtigsten Baumarten auf Grund ihres Blütenstaubanteiles im Moor. Links ist außerdem die Einteilung der einzelnen Schichten nach ihrer Tiefe und nach ihrem Bildungszeitraum angegeben. Die Kurven berichten uns zugleich aber auch von der klimatischen Entwicklung der Nacheiszeit, auf die im vorliegenden Heft ausführlich eingegangen wird.

VOLK UND WISSEN VERLAG
BERLIN/LEIPZIG



Der größere der beiden Markgrafensteine in den Rauener Bergen bei Fürstenwalde. Die Beförderung von seinem vermutlichen Herkunftsort im über 1000 km entfernten Mittelschweden besorgten die Inlandeismassen des diluvialen Eiszeitalters.

Dieser Band wurde von Dr. Robert Lauterbach, Leipzig, verfaßt. Die Umschlagbilder und die Textillustrationen zeichnete Hans Mau, Leipzig.

KOMMT EINE NEUE EISZEIT?

DIE URSACHEN DER GROSSEN VEREISUNGEN

VOLK UND WISSEN SAMMELBÜCHEREI
NATUR UND WISSEN · SERIE J · BAND 3

VOLK UND WISSEN
VERLAG GMBH · BERLIN / LEIPZIG

INHALT

Vorwort 3
I. Ältere Eiszeiten 5
II. Das diluviale Eiszeitalter 8
III. Gemeinsame Kennzeichen der Eiszeiten 10
IV. Zur Ursache der Eiszeiten 12
V. Astronomische Eiszeittheorien 15
VI. Die Strahlungskurve von Milankovitch 18
VII. Irdische Eiszeittheorien 21
VIII. Nacheiszeitliche Klimaänderungen 25
IX. Kommt eine neue Eiszeit? 27
Nachwort 29
Literatur 30
Anmerkungen 31

PREIS 60 PFENNIG

Satz: Offizin Haag-Drugulin, Leipzig (M 103)
Druck des Umschlages von Wolfgang Leff, Borsdorf bei Leipzig (M 15), und des Innenteils von Volk und Wissen Verlag GmbH, Leipzig, Abt. Druckerei (M 242)

Bestell-Nr. 12516

Lizenz-Nr. 334 · 1000/49-I-229 · 1.–50. Tausend 1949
Alle Rechte vorbehalten

VORWORT

Die Uhr des Hauptbahnhofs in Halle zeigte 13.30 Uhr. Also war vor Abend an eine Weiterfahrt nicht zu denken, da half auch meine Ungeduld nichts. Wenn bloß dieser eisige Frost nicht wäre: 10° unter Null! Der Schnee knirschte vor Kälte. Also — was tun? Plötzlich kam mir ein Gedanke.

Halle — War in Halle nicht die berühmte Sammlung von Tier- und Pflanzenfunden aus der Braunkohle des nahen Geiseltales? Die mußte ich sehen!

Ich machte mich auf den Weg. Ein trüber Winterhimmel wölbte sich dunkel über der Stadt; es fing wieder an zu schneien.

Fast wie in der Eiszeit! Wie gut, daß diese doch vorüber ist! Eine solche Kälte wäre auf die Dauer nicht auszuhalten.

Ich war am Ziele. Sorgfältig geordnet sah ich vor meinem Auge Dinge, die mich in Erstaunen versetzten. Ich kam, wie gesagt, aus klirrender Kälte, eisigem Frost. Und jetzt sah ich plötzlich die beinahe lebensecht überlieferten Reste einer tropisch scheinenden Lebewelt, die hier in derselben Gegend vor vielen Jahrmillionen bestanden hat.

Da waren buntschillernde Käfer, der Substanz nach natürlich Kohle, Braunkohle des Geiseltales. Wenn man sie aber in ihren prächtigen Farben daliegen sah, konnte man meinen, sie würden jeden Augenblick davonlaufen. — Ein Stück weiter sah ich Schlangen, Eidechsen und Frösche, eingebettet in Kohle. Vor allem aber zog ein Krokodil meine Blicke auf sich; aus der Kohle herauspräpariert, glich es fast den heute lebenden, nur daß es aus Braunkohle bestand. Da waren ferner Schildkröten, zahlreiche Fische, Vögel, von denen man selbst Federn fand, kleine Vorläufer unserer Pferde, Verwandte der heute in den Tropenwäldern Amerikas und Asiens lebenden Tapire, Halbaffen usw.

Angeregt durch den Gegensatz zu der draußen herrschenden Kälte erstand vor meinen Augen das Bild unserer mitteldeutschen Heimat in der älteren Braunkohlenzeit. In warmem Klima (Anmerkung 1) gedeihen zwischen Sumpf-

---

Erläuterung der Kopfleiste: Weigeltisuchus geiseltalensis Kuhn, ein schwergepanzertes Krokodil aus der Braunkohlenzeit (Tertiär), welches bei den Grabungen von Prof. WEIGELT (†) in der Braunkohle des Geiseltales gefunden wurde (Museum für Mitteldeutsche Erdgeschichte in Halle).

gebieten Palmen, Brotfrucht-, Feigen- und Gummibäume. Hier leben Raubtiere aller Art, Huftiere, Affen, Fledermäuse; in und neben den Seen und Sümpfen liegen träge Krokodile und Schildkröten; Fische, Frösche und Molche im Wasser sowie die Vögel und die zahlreichen Insekten in der Luft vervollständigen das Bild einer fast subtropischen Landschaft.

Aber wie merkwürdig, so mußte ich unter dem Eindruck des Geschauten denken, daß wir im anschließenden erdgeschichtlichen Zeitabschnitt, im Eiszeitalter, klimatische Verhältnisse vorfinden, welche die augenblicklich draußen herrschende Kälte wenigstens zeitweise noch erheblich übertrafen. Dieselbe Gegend weist jetzt einen arktischen Charakter auf; weit nach Süden schiebt sich das Inlandeis vor. Die eisfreien Gebiete haben Tundren- und Steppencharakter, nur in geschützten Lagen gedeihen neben kriechendem Gebüsch auch wenige verkrüppelte Bäume. In dieser Umgebung muß man sich in der letzten Phase der Eiszeit die Steinzeitmenschen vorstellen, wie sie das Mammut, das wollhaarige Nashorn oder den Moschusochsen jagen. Dicht bei Halle zum Beispiel, am Großen Galgenberg, sind die Reste einer vorgeschichtlichen Siedlung ausgegraben worden. Wenn wir auch nichts Sicheres über das Aussehen dieser ersten menschlichen Siedlungen im allgemeinen wissen, so müssen wir doch annehmen, daß sie aus Fell- und Strauchwerkhütten bestanden, die nur einen ungenügenden Schutz gegen die Unbill der Witterung gewährten, sofern nicht Höhlen, wie die Herdlochhöhle bei Ranis, bessere Unterkunft boten.

Während noch im Tertiär, der Braunkohlenzeit, nach mancherlei Anzeichen auf der Höhe des 60. bis 70. Breitengrades ein mildes Klima herrschte (nach WEIGELT), finden wir — im erdgeschichtlichen Maßstab gesehen — wenig später ganz veränderte Verhältnisse, eben das Eiszeitalter.

Ist diese Entwicklung nun als abgeschlossen zu betrachten, oder befinden wir uns noch jetzt im Fluß der Dinge? Gehen wir, mit anderen Worten, wieder tertiären Verhältnissen entgegen, wird das jetzige Klima auch ferner anhalten, oder kommt gar eine neue Eiszeit?

Wem drängen sich solche Fragen angesichts derartiger Gegensätze nicht auf? Wenn wir Lebenden auch bestimmt keine Aussicht haben, eine Klimaveränderung spürbar mitzuerleben — denn erst in verhältnismäßig sehr langen Zeiträumen kann sich eine solche überhaupt auswirken —, so möchte doch jeder erfahren, welches Schicksal in dieser Hinsicht unseren Nachfahren beschieden sein wird.

Hören wir nun, was die Wissenschaft zu dieser Frage zu sagen hat.

I. Ältere Eiszeiten

Wenn wir beurteilen wollen, wie die Klimaaussichten für unsere Heimat und die Erde im Ganzen sind, müssen wir zunächst einmal unser Wissen in mehrfacher Hinsicht erweitern. Es erheben sich nämlich sofort folgende Fragen:

Gab es im Laufe der Erdgeschichte nur eine einzige, nämlich die sogenannte diluviale Eiszeitperiode (mit mehreren Eisvorstößen und wärmeren Zwischeneiszeiten), oder traten früher bereits ähnliche Erscheinungen auf?

Was wissen wir über die Ursachen der Eiszeiten? Stellt das wärmere Klima oder eine Eiszeitperiode den Ausnahmefall dar?

Und schließlich: Würde das Klima seit der letzten Vereisung gleichmäßig wärmer oder traten Kälterückfälle ein?

Zunächst zur ersten Frage:

Um die auf diesem Gebiete erzielten Erkenntnisse recht zu verstehen, müssen wir uns klar machen, wie man überhaupt zu der Feststellung gelangt, daß in einem vergangenen Zeitabschnitt eine Klimaverschlechterung mit einer Vereisung größerer Gebiete als Folge eingetreten sei.

Die Anhaltspunkte dafür müssen selbstverständlich den in früheren Epochen abgelagerten Erdschichten zu entnehmen sein. Zunächst sind es die Spuren der Tätigkeit des Eises selbst. Die Eismassen hinterließen nach ihrem Rückzug stets größere Mengen Lehm und Sand mit einem Durcheinander von feineren und gröberen Bestandteilen. In diese Schichten sind im allgemeinen Massen von Steinen verschiedener Größe eingestreut, die manchmal infolge der Bearbeitung durch das Eis noch Schrammen und Kratzer auf einer des öfteren polierten Oberfläche erkennen lassen. (Vergleiche hierzu die Abbildung am Kapitelanfang.) Es kommen kleinste wie große Gesteinseinschlüsse vor, nicht selten

---

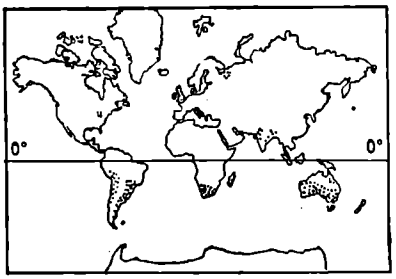
Gesteinsblock aus nordischem Granit, der mit den Eismassen des Eiszeitalters zu uns transportiert und dabei poliert und geschrammt wurde.

tadellos gerundete und geglättete Blöcke von mehreren Metern Durchmesser (z. B. die Markgrafensteine in den Rauener Bergen bei Fürstenwalde mit 6 m Durchmesser, die auf der zweiten Umschlagseite abgebildet sind).

Aber auch die Überreste der in früheren Zeiten lebenden Tier- und Pflanzenwelt sind von Bedeutung für die Feststellung, daß ein sehr kühles Klima vorherrschend war. Nicht immer wird man zwar auf Grund dieses Befundes zu einer direkten Aussage kommen, denn man weiß oft nicht, wie sich die Umweltbedingungen und die Anpassung an diese geändert haben. Aber dem Vergleich zweier verschiedener Lebenskreise läßt sich meist mit einiger Wahrscheinlichkeit entnehmen, welcher der kühleren und welcher der wärmeren Umgebung entstammt.

Es müssen also mosaikartig erst sehr viele Einzelbeobachtungen zusammengesetzt werden, bevor man zu einer einigermaßen sicheren Aussage über den klimatischen Zustand eines bestimmten Zeitabschnittes kommt. — In dem Maße, wie wir in der Erdgeschichte weiter zurückgehen und damit das Beobachtungsmaterial lückenhafter wird, muß auch unsere Kenntnis der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse immer unsicherer werden. Wir befinden uns hier also in einem Gebiet, welches nur in sehr großen Zügen bekannt ist und von dem zahlreiche Einzelheiten sich noch nicht oder erst sehr verschwommen erkennen lassen.

Dennoch aber scheint sich bereits in der Vorzeit der Erde, dem Algonkium, eine größere Vereisung anzudeuten, die ihre Spuren sowohl in Nordamerika wie im nördlichen Asien hinterließ. Auch an der Wende zwischen Vorzeit (Algonkium) und erdgeschichtlichem Altertum (Paläozoikum) glaubt man die Reste einer Vergletscherung gefunden zu haben. Zu Ausgang des Altertums



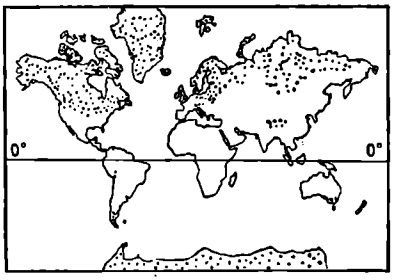
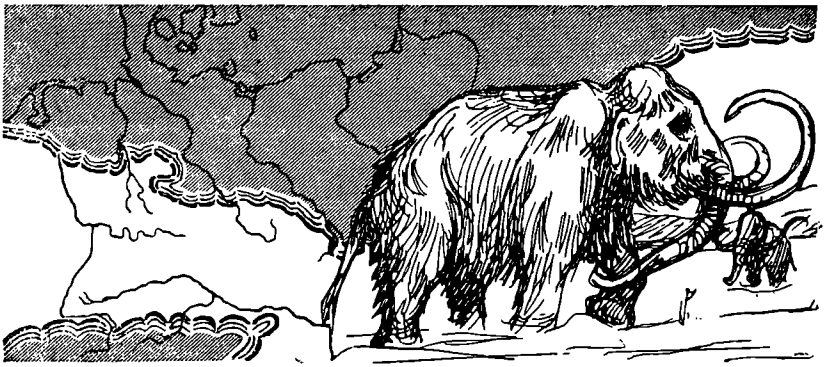


Abb. 1: Linkes Bild: Spuren der Eiszeit am Ausgang des Altertums der Erdgeschichte (permokarbonische Eiszeit). Südamerika, Südafrika, Vorderindien, Australien und vielleicht auch die Antarktis weisen Zeugnisse dieses Geschehens auf. Es gibt eine allerdings vielumstrittene Theorie, nach welcher diese Gebiete früher zu einem Kontinent vereinigt gewesen sein sollen, in dem zur fraglichen Zeit der Südpol lag. Auf der Nordhalbkugel fehlen, wie man sieht, sichere Spuren einer Vereisung.
Rechtes Bild: Die Spuren des letzten, diluvialen Eiszeitalters sind auf Nord- und Südhalbkugel zu finden. In Kapitel II wird näher darauf eingegangen.
Abbildung nach K. HIMPEL, aus: Erdgeschichte und Kosmogonie. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig.

(Paläozoikum) scheint dann die Südhalbkugel von einer weiteren großen Eiszeit betroffen worden zu sein, während die Nordhalbkugel anscheinend eisfrei blieb. Einen Überblick über den heute bekannten Umfang dieser Vergletscherung gibt Abb. 1. Südamerika, Südafrika, Vorderindien, Australien und vermutlich die Antarktis weisen gleichermaßen Zeugen dieser Vereisung auf. Diese sowie andere Beobachtungstatsachen ließen die Vermutung aufkommen, daß die fraglichen Gebiete damals zu einem zusammenhängenden Kontinent, dem sogenannten Gondwanaland, vereinigt gewesen seien.

Von dieser Vereisung ab durch das ganze Mittelalter (Mesozoikum) der Erdgeschichte hindurch bis in die Neuzeit (Neozoikum) hinein finden sich keine sicheren Spuren einer größeren Eiszeit. Wohl trifft man hier und da Zeugen früherer Vereisungen, die jedoch, soweit bekannt, nur örtliche, untergeordnete Bedeutung haben.

Erst mit Ende der dem Neozoikum zugehörigen Braunkohlenzeit (Tertiär) hat wohl ziemlich plötzlich (im erdgeschichtlichen Maßstab gesehen!) der Klimasturz eingesetzt, der auf der Nord- wie auf der Südhalbkugel zum diluvialen Eiszeitalter führte.



II. Das diluviale Eiszeitalter

Wie wir gesehen haben, traten auch schon in früheren Perioden der Erdgeschichte Klimaänderungen ein, welche sich mit den jüngsten Eiszeiten (im sogenannten Diluvium = Eiszeitalter) durchaus vergleichen lassen, ja diese vielleicht sogar in ihren Auswirkungen übertroffen haben mögen.

Wie verliefen nun in großen Zügen die letzten Vereisungen der Erdgeschichte? (Vgl. hierzu auch das Bändchen: »Das Eiszeitalter« unserer Sammelbücherei.)

Die Vergletscherung als solche läßt sich in gleicher Art nachweisen, wie dies schon für die früheren Eiszeiten erwähnt wurde. Besonders gesichert ist die Beweisführung durch den ununterbrochenen räumlichen und zeitlichen Anschluß der Vereisungsspuren an die Eisgebiete der heutigen Erde.

Aus der Aufeinanderfolge der Ablagerungen der Eiszeit ergibt sich, daß die Vereisung nicht eine einheitliche, zusammenhängende Erscheinung war, sondern daß vielmehr Zeiten mit Vorstößen der Gletscher von Zwischeneiszeiten mit wärmerem Klima getrennt werden müssen. So unterscheidet man heute innerhalb des mehr als eine halbe Million Jahre umfassenden Zeitraumes vier Perioden mit starker Vereisung, die nach süddeutschen Flußnamen auf Grund der dortigen Verhältnisse mit Günz-, Mindel-, Riß- und Würmeiszeit bezeichnet werden. Dazwischen liegen drei Zwischeneiszeiten (Interglazialzeiten) mit wärmeren Temperaturverhältnissen (zum Teil günstiger als heute) und Rückzug der Eismassen. Die nordeuropäischen Eisvorstöße bezeichnet man als Elster-, Saale-, Warthe-, Weichsel- und Baltische Eiszeit. Die erste entspricht der Mindel-, die zweite der Rißeiszeit, und die drei letzten entsprechen der

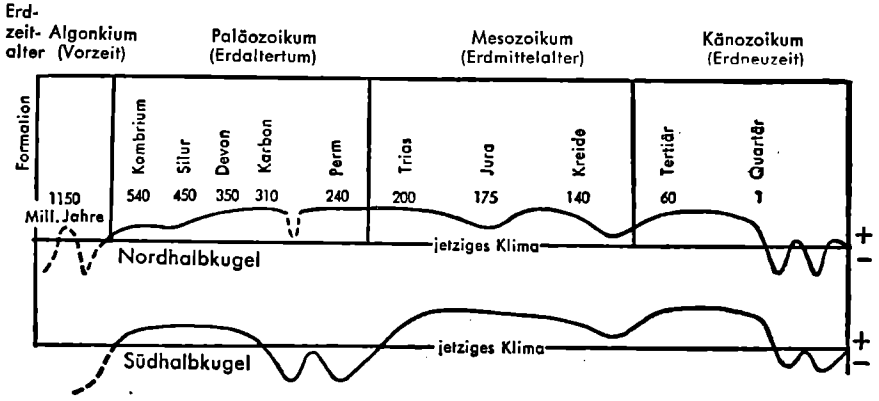
---

Die Abbildung zeigt den weitesten Vorstoß der Eismassen während des Diluviums, und zwar der von Norden kommenden Inlandeismassen und der von Süden vorgedrungenen Alpengletscher. Rechts ein eiszeitliches Mammut.

Würmeiszeit. — In der Feingliederung unterscheidet man noch weitere Eisvorstöße, so daß man insgesamt elf Eiszeiten mit zehn Zwischeneiszeiten zählt.

Die auch heute noch auffälligen Überreste dieser Eisvorstöße sind die Schuttmassen, Lehm- und Sandablagerungen mit Gesteinen aller Größen, die zum Teil aus weit nördlich gelegenen Gebieten stammen und von dem Eis mitgenommen wurden. Die Gletscher setzten sie teils unter den Eismassen (als sogenannte Grundmoräne), teils in deren Stillstandsgebieten an den Zonen der Abschmelzung (als sogenannte Endmoränen) ab. Die Moränen bestimmen heute noch den landschaftlichen Charakter z. B. ganz Norddeutschlands und weiter Teile Mitteldeutschlands. Infolge der allgemeinen Temperatursenkung trat auch eine Eisbedeckung der Gebirge ein, die teilweise tief herab bis ins Gebirgsvorland reichte. Sogar die Mittelgebirge trugen zeitweise kleine Gletscher. Die Alpen stellten ein großes Gletschergebiet dar, das ebenfalls umfangreiche, in das Vorland übergreifende Ablagerungen hinterließ.

Über das Ausmaß des von der diluvialen Vereisung betroffenen Gebietes mag die rechte Skizze der Abb. 1 Aufschluß geben. Während die am Ende des Paläozoikums liegende Eiszeit sich auf die Südhalbkugel beschränkte, findet man Spuren der diluvialen Vereisungen auf beiden Erdhälften. Dieser Umstand führt uns zwangsläufig zu der Frage, worin sich die einzelnen Eiszeiten unterscheiden, beziehungsweise welches die kennzeichnenden gemeinsamen Merkmale aller Eiszeiten sind und worin wir ihre Ursache zu suchen haben.



III. Gemeinsame Kennzeichen der Eiszeiten

Die von den letzten und den früheren Eiszeiten betroffenen Gebiete müssen offensichtlich eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur erlitten haben. Der Betrag dieser Temperatursenkung wird heute schwankend zu 4 bis 10° C angenommen. Dies dürfte der Größenordnung nach für die jüngsten und alle früheren Eiszeiten zutreffen.

Der Temperaturabfall hielt aber während der Eiszeiten nicht gleichmäßig an. Wie im Diluvium, vermutlich infolge von Klimaschwankungen, mehrere Eisvorstöße unterschieden werden müssen, so zeigt sich etwas Ähnliches auch für die Eiszeit ausgangs des Paläozoikums. Für die noch älteren Vereisungen fehlt es an sicheren Unterlagen zur Beurteilung dieser Erscheinung.

Sind schon die Eiszeiten im Laufe der Erdgeschichte relativ seltene, nur etwa 10% der bisher verstrichenen erdgeschichtlichen Zeit umfassende Erscheinungen, so muß man innerhalb derselben nochmals die Zwischeneiszeiten mit milderem Klima von den eigentlichen Eisvorstößen unterscheiden.

Es scheint aber nicht so gewesen zu sein, daß bereits eine örtliche Temperatursenkung zu einer Eiszeit führte. Vielmehr müssen wir schließen, daß während einer Eiszeit die mittlere Jahrestemperatur auf der gesamten Erde abnahm. Dies führt zwangsläufig zu der Frage, ob sich die Eiszeiten als Klimaverschlechterungen auch stets über die ganze Erde hinweg auswirkten.

Wir sahen schon, daß die Eiszeit an der Wende von der Vorzeit (Algonkium) zum Altertum (Paläozoikum) auf der Nord- und Südhalbkugel Spuren hinterließ. Daß dies auf die älteste bekannte Vereisung (im Algonkium) nicht zuzutreffen scheint, kann unter Umständen auch an dem unvollständigen Beobachtungsmaterial liegen. Aber für die große Eiszeit auf der Südhalbkugel zu Ausgang des Paläozoikums fehlen auf der Nordhälfte der Erde sichere Anzeichen

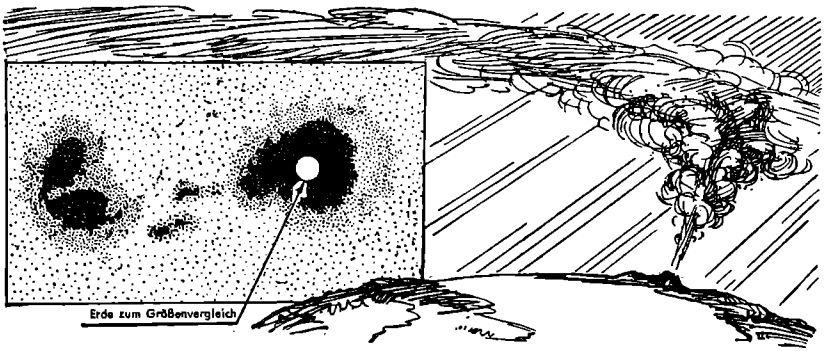
Schematische Klimakurve der Erdzeitalter nach K. HIMPEL.

einer Vereisung. Zwar glaubt man Spuren einer solchen in Texas, im Ruhrgebiet und im Ural beobachtet zu haben, doch wird dies von anderer Seite stark angezweifelt. Ob und in welchem Umfang auf der Nordhalbkugel eine Klimaverschlechterung eintrat, ist ebenfalls noch nicht sicher zu ermitteln, wiewohl gewisse Anzeichen wenigstens auf ein zeitweiliges Absinken der Temperatur schließen lassen.

Für die letzten Eiszeiten (im Diluvium) schließlich zeigte uns bereits Abb. 1, daß Vereisungsspuren auf der Nord- wie Südhalbkugel beobachtet worden sind. Daß diese auch genau gleichzeitigen Eisvorstößen entsprechen, ist damit natürlich nicht gesagt; es ist sogar zweifelhaft.

Für uns kommt es also vor allem darauf an, die Ursache für die weltweiten Klimaverschlechterungen und Temperaturerniedrigungen zu finden, welche im Laufe der Erdgeschichte mehrfach zu verbreiteter Eisbildung führten. Wie wir heute wissen, handelt es sich dabei nur um relativ kurze Episoden des erdgeschichtlichen Ablaufes, die Zeiten günstigeren Klimas in Abständen von jeweils mehreren hundert Millionen Jahren im Anschluß an große Gebirgsbildungen unterbrachen.

Einen Versuch, diesen Sachverhalt graphisch darzustellen, zeigt die Abbildung am Anfang dieses Kapitels, die nach K. HIMPEL entworfen wurde. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die dargestellte, aus vielfach lückenhaftem Material gewonnene Klimakurve nur als eine grobe Annäherung angesehen werden kann. Über manche Einzelheiten herrscht noch eine lebhafte Diskussion. Die beiden für Nord- und Südhalbkugel getrennt gezeichneten Kurven entsprechen dem ungefähren klimatischen Verlauf durch die einzelnen geologischen Formationen (vgl. Anm. 2) hindurch, verglichen mit dem heutigen Klimazustand. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit ist auch der Beginn jeder geologischen Formation in Jahrmillionen vermerkt. (Über die Altersbestimmungen vgl. Einzelheiten im Heft: »Wie alt ist die Erde?« unserer Sammelbücherei.)



IV. Zur Ursache der Eiszeiten

Wir haben nun zunächst einmal einen allgemeinen Begriff vom Wesen einer Eiszeit bekommen. Wir wollten jedoch wissen, wie wir heute Lebenden die zukünftige Entwicklung in klimatischer Hinsicht beurteilen müssen. Dazu ist es nötig, daß wir uns mit den jetzt erworbenen Kenntnissen Gedanken über alle Erklärungsversuche der Vereisungsperioden machen. Dann erst werden wir abschätzen können, wie die Zukunftsaussichten beschaffen sind.

Wie der Ablauf der Klimaänderungen im einzelnen gewesen sein mag, wissen wir heute noch nicht sicher und werden dies in allen Einzelheiten wahrscheinlich nie feststellen können. Über die Ursachen der Eiszeiten sind sehr viele Vermutungen ausgesprochen worden, ohne daß eine einzelne für sich schon restlos überzeugend wäre. Solange wir zum Beispiel für kaum einen der geologischen Zeitabschnitte die damalige Lage der Klimazonen sicher erkennen können, läßt sich natürlich erst recht nichts Sicheres über die Gründe früherer Klimaveränderungen sagen.

Doch wir wollen uns nicht von vornherein schon entmutigen lassen, sondern vielmehr überlegen, welche Ursachen wohl eine erhebliche, langanhaltende Temperatursenkung in der irdischen Atmosphäre bewirken konnten.

Die Quelle der Erwärmung von Erdoberfläche und Atmosphäre ist die Sonne. So scheint es zunächst naheliegend, zu fragen, ob nicht die Sonnenstrahlung selbst sich zeitweise so verringerte, daß auch auf der Erde ein fühlbarer Klimasturz eintreten mußte. Wir suchen damit also die Ursache für die Eiszeiten außerhalb der Erde, weshalb man hier auch von der astronomischen Erklärungsmöglichkeit spricht.

Links: Eine Gruppe von Sonnenflecken auf der Sonnenoberfläche. Zum Vergleich ist die Größe der Erde angegeben. Rechts: Schematische Darstellung eines Vulkanausbruches, der Staub- und Gasmassen in die Atmosphäre schleudert und somit Ursache atmosphärischer Trübungen werden kann.

Eine Verringerung der die Erde treffenden Sonnenstrahlung kann ihrerseits aber wieder verschiedene Ursachen haben. Nehmen wir vorerst einmal an, daß stets die gleiche Energiemenge die Sonne verläßt, so könnte die Strahlung auf dem Wege zur Erde eine Einbuße erleiden. Es ist nämlich nicht ausgeschlossen, so vermuten die Astronomen, daß die Sonne auf ihrer Bahn durch den Weltenraum nebelartige Staubwolken durchquert hat, wie wir sie in großer Ausdehnung tatsächlich kennen. Falls aber die Sonnenstrahlen die Erde erreichen, ohne durch eine solche Wolke geschwächt zu werden, so besteht doch die Möglichkeit, daß ihre Verteilung über die Erdkugel hinweg so unregelmäßig ausfällt, daß einzelne Gebiete wesentlich zu kurz kommen. Wie der Belgrader Professor MILANKOVITCH und bereits vor ihm andere Forscher zeigten, kommt dies durchaus vor. Diese Ungleichheiten in der Strahlungsverteilung wiederholen sich im Laufe längerer Zeiten sogar regelmäßig und steigern sich gesetzmäßig in Zeitabständen ganz erheblich. Ursache ist die schwankende Neigung der Erdachse, ferner die elliptische Gestalt der Erdbahn, wodurch die Entfernung Erde—Sonne Änderungen unterworfen ist. — Wir werden uns später ausführlich mit diesen Erscheinungen befassen.

Andererseits hat man auch daran gedacht, daß die Sonne selbst die Stärke der ausgesandten Strahlung verändert, im gleichen Maße also auch die Erde eine veränderliche Energiemenge zugestrahlt erhält. Tatsächlich sind die allgemein bekannten Sonnenflecke (Anmerkung 3 und Abb. am Kapitelanfang) in der Lage, die Sonnenstrahlung geringfügig zu vermindern. Ihr Einfluß reicht jedoch bei weitem nicht aus, die Einstrahlung auf die Erde spürbar zu verändern. Man müßte schon annehmen, daß die Sonne ein »veränderlicher Stern« wäre, wie wir sie zahlreich innerhalb unseres Milchstraßensystems sowie benachbarter Sternsysteme kennen. Diese »Veränderlichen« sind durch teils periodische, teils völlig unregelmäßige Helligkeitsschwankungen gekennzeichnet.

Ein neuerlich vorgebrachter Lösungsversuch für das Eiszeitproblem zieht sogar den Umstand in Erwägung, daß nicht allein von der Sonne, sondern auch von einer ungeheuren »Zentralsonne« bzw. Sternanhäufung im Zentrum unseres Milchstraßensystems aus (vgl. Anm. 4) unserer Erde eine nennenswerte Licht- und Wärmestrahlung zuströmt. Diese Strahlung soll nun zeitweise durch die bereits erwähnten kosmischen Staubmassen abgeschirmt werden. Die Schattenwirkung ist stärker oder schwächer, je nachdem sich dichtere oder dünnere kosmische Wolken zwischen diese »Zentralsonne« und unser Sonnensystem mit der Erde schieben. Auf diese Weise sollen Temperaturschwankungen und somit auch Eiszeiten entstanden sein. Diese Theorie ist jedoch kaum nachprüfbar und damit so unsicher, daß sie bisher keine Zustimmung fand.

Doch auch innerhalb des irdischen Bereiches kann man Ursachen finden, welche die Sonnenstrahlung schwächen. Bei Vulkanausbrüchen z. B. werden erhebliche Staubmengen und Gase der Atmosphäre zugeführt (vgl. die schematische Darstellung am Kapitelanfang), die deren Durchlässigkeit für die Sonnenstrahlen vermindern können. Möglich wäre es auch, daß ein anderes

Ereignis, wie z. B. eine Gebirgsbildung, eine Vermehrung der Wolkenbildung und der Niederschläge bewirkt, wonach ebenfalls ein Sinken der Temperatur als Folge einer Strahlungsverminderung eintreten könnte.

Ein weiterer, viel erörterter irdischer Lösungsversuch des Eiszeiträtsels ist die Annahme, daß zwar die Sonnenstrahlung gleich blieb, aber eine andere Anordnung der Kontinente zueinander, vielleicht in Gemeinschaft mit einer Verschiebung der Pole und des Äquators, sich ungünstig auf das Klima auswirkte. Auch die Verlagerung von Meeresströmungen hat man für das Zustandekommen von Eiszeiten verantwortlich gemacht. Wenn dieser Fall auch nur vereinzelt eingetreten sein wird, so läßt sich dennoch ein größerer Einfluß nicht von der Hand weisen: Man denke lediglich daran, was geschähe, wenn durch ein Absinken des Isthmus von Panama unter den Meeresspiegel der Golfstrom (vgl. Anmerkung 5) seine ursprüngliche Bewegung nach Westen fortsetzen könnte. Für Europa würde dies einen katastrophalen Temperatursturz bedeuten.

Welchem dieser zahlreichen Deutungsversuche, von denen auch heute noch keiner völlig unumstritten und allgemein anerkannt ist, sollen wir nun aber den Vorzug geben? Vielleicht, so könnte man annehmen, werden auch verschiedene der erwähnten Ursachen zusammenwirken, um eine Eiszeit hervorzubringen. Nun, wir wollen uns zunächst die einzelnen Möglichkeiten etwas näher ansehen, bevor wir selbst urteilen.

V. Astronomische Eiszeittheorien

Wir stellten im letzten Abschnitt fest: Wenn man die Ursache eines Temperaturabfalles außerhalb der Erde, z. B. in einer Verminderung der Sonnenstrahlung sucht, so spricht man von einer astronomischen Eiszeittheorie.

Die Abschwächung der Sonnenstrahlung auf dem Wege zur Erde durch kosmische Staubmassen liegt durchaus im Bereich des Möglichen. Die Astronomen kennen »Dunkelnebel« schon lange. Die Abbildung am Kapitelanfang gibt einen Begriff von einem solchen das Licht ferner Sterne abschirmenden Nebelgebilde im Sternbild des Orion. Diese Staubmassen bilden keine seltene Erscheinung, sondern erfüllen weite Gebiete des Weltraumes. So nahm eine Theorie von Prof. NÖLKE an, daß die Sonne mit der Erde auf ihrer Bahn während des Eiszeitalters einen derartigen Nebel durchquert hat. Von anderer Seite wurde aber geltend gemacht, daß wir uns auch augenblicklich noch in einem solchen Nebel befinden und die Dichte der zwischen den Sternen befindlichen Materie nicht ausreicht, um eine merkliche Schwächung der Sonnenstrahlen auf dem — für kosmische Maßstäbe — nur kurzen Lichtweg von der Sonne zur Erde hervorzurufen. HIMPEL wies sogar darauf hin, daß auch eine millionenfach größere Dichte der Dunkelwolken, als sie jetzt in der Umgebung der Sonne festgestellt wird, noch nicht für die Erklärung einer Eiszeit ausreicht. Er nimmt neuerdings vielmehr an, daß die Sonne ein veränderlicher Stern vom Typ RW Aurigae sei. Bei Sternen dieser Art scheint kosmische Nebelmaterie die Ursache von Pulsationen zu sein. Dünnere und dichtere Partien des Dunkelnebels würden Helligkeitsschwankungen verschiedenen Ausmaßes nach sich ziehen, so daß auf diese Weise auf der Erde durchaus mehrere Eiszeiten innerhalb einer Vereisungsperiode hervorgerufen werden können. Für deren Erklärung bedarf also diese Ansicht HIMPELS keiner weiteren zusätzlichen Annahme.

Dunkelnebel im Sternbild des Orion.

Übrigens werden auch die Meteoritenfälle mit unserem derzeitigen Aufenthalt in einem Dunkelnebel in Zusammenhang gebracht.

Dieser Theorie wird von einigen Forschern große Bedeutung beigemessen, da sie eine gleichzeitige Klimaverschlechterung für die ganze Erde erklärt und bisher keine bedeutenden Einwände gegen sie vorgebracht werden konnten. Dies liegt zum Teil allerdings daran, daß sie die Ursache für die Eiszeiten auf ein Gebiet verlegt, das bisher noch wenig nachgeprüft werden konnte. Von anderen Forschern wird aber eine Strahlungsänderung in dem hier erforderlichen Umfang stark angezweifelt, obwohl von den Astronomen in jüngster Zeit geringe Helligkeitsschwankungen der Sonne festgestellt worden sind.

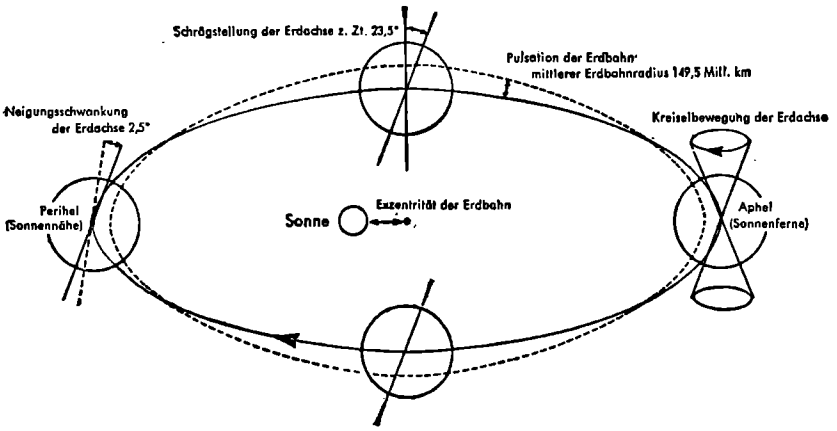
Unklar ist auch die Bedeutung der Sonnenflecke für eine etwaige Veränderung der Sonnenstrahlung. Zweifellos wirken sich diese auf die von der Sonne ausgesandten Strahlungsmengen geringfügig aus. Dies bestätigt beispielsweise in den Tropen eine Temperaturabnahme bis zu ½° C bei starker Fleckentätigkeit der Sonne. Doch dürften diese Erscheinungen, nach dem heutigen Stande unseres Wissens zu urteilen, wahrscheinlich nicht zur Entstehung einer Eiszeit ausgereicht haben. Ob sie allerdings in der geologischen Vergangenheit stärker ausgeprägt waren, ist vorerst nicht feststellbar.

Die Eiszeittheorie von SIMPSON geht von einer Zunahme der Sonnenstrahlung um etwa 40% des Normalbetrages aus, und zwar müßte die Stärke der Sonnenstrahlung während des diluvialen Eiszeitalters zwei Maxima durchlaufen haben. SIMPSON zeigt dann, daß die Folge vier Eiszeiten sein müßten, wie wir sie im wesentlichen ja auch beobachten. Das Neue an seiner Idee ist, daß eine Zunahme der Eisdecke auch bei einem Ansteigen der Sonnenstrahlung möglich sei. Bei wachsender Einstrahlung wird nämlich die atmosphärische Zirkulation heftiger und damit die Niederschlagstätigkeit stärker. Da nun aber in vielen Gebieten der Erde heute nur deshalb kein Eis auftritt, weil einfach die Niederschlagsmengen für eine Eisbildung nicht ausreichen, würde dort überall eine Vergletscherung die Folge sein. Bei Zunahme der Sonnenstrahlung trat also zunächst eine Vereisung ein, die dann bei Durchlaufen des Strahlungsmaximums der Zwischeneiszeit wich, worauf bei abnehmender Sonnenstrahlung erneut eine Eiszeit folgte. Das Durchschreiten des Minimums der Sonnenstrahlung würde aber nach SIMPSON nun gerade zu keiner Eiszeit geführt haben, weil es infolge der verringerten Einstrahlung an der nötigen atmosphärischen Durchmischung und damit an den für eine Eisbildung unerläßlichen Niederschlägen gefehlt hätte. Diese Theorie erscheint zwar von vornherein paradox, ist es jedoch keineswegs. Man muß sich nur überlegen, daß das Eis zu seinem Wachstum zweierlei benötigt: erstens Niederschläge, um den erforderlichen »Nachschub« zu sichern, und zweitens kühle Sommer, die das Abschmelzen verhindern. Letzten Endes ist es das Wasser der Ozeane, welches das Eis zu seiner Bildung braucht, und die atmosphärische Zirkulation ist die »Pumpe«, welche das Wasser anliefern muß. Es leuchtet ein, daß Temperaturen unter 0° C für das Eintreten eines Gletscherwachstums allein nicht ge-

nügen, wenn eine zu geringe atmosphärische Zirkulation es an den Niederschlägen fehlen läßt.

Ob die Sonne tatsächlich ihre Strahlung jemals um einen so erheblichen Betrag vergrößert hat, erscheint allerdings mehr als zweifelhaft. Gründe hierfür konnten bisher noch nicht nachgewiesen werden, es sei denn, daß man annehmen wollte, die Sonne hätte das Stadium eines »Neuen Sternes«, einer »Nova«, durchlaufen. Dies sind Sterne, die, ohne sonst irgendwie bemerkenswerte Eigenschaften aufzuweisen, plötzlich eine Helligkeitssteigerung größten Ausmaßes erfahren. Ein Stern, der vielleicht bisher dem bloßen Auge nicht sichtbar war, leuchtet dann hell auf und erstrahlt am Himmel für einige Zeit, um langsam wieder in seinen früheren Zustand zurückzusinken. Bei dieser Erscheinung ist jedoch die Zunahme der Strahlung so gewaltig, daß es fraglich bleibt, ob das irdische Leben eine solche Katastrophe überstanden haben würde. Aus diesem und aus anderen Gründen ist man von einer derartigen Hypothese wieder abgekommen.

Unter den weiteren astronomischen Erklärungsversuchen macht einer die Änderung der Erdbahnelemente für das Eintreten von Vereisungen verantwortlich. Da er eine Sonderstellung in der Reihe der Theorien einnimmt, soll ihm ein eigenes Kapitel gewidmet sein.



VI. Die Strahlungskurve von Milankovitch

Der Belgrader Astronom Prof. MILANKOVITCH ging bei seinen Rechnungen davon aus, daß die Sonnenstrahlung infolge einer periodischen Änderung der Erdbahnelemente die Erde in wechselnder Stärke trifft. Die von der Sonne kommende Strahlenmenge bleibt unverändert, lediglich ihre Verteilung über die Erde ist zeitlich unregelmäßig.

Die Bahn der Erde um die Sonne ist bekanntlich eine Ellipse. Somit gibt es einen sonnennächsten Punkt (Sonnennähe = Perihel) und einen sonnenfernsten Punkt (=Aphel). Beide Punkte wandern, einander gegenüberliegend, innerhalb von 21 000 Jahren einmal über die Erdbahn hinweg. Die Nordhälfte der Erde z. B. erlebt also den Sommer einmal in Sonnennähe. Dieser ist besonders warm, der Winter hingegen mild. 10 500 Jahre später würde die gleiche Erdhälfte in Sonnenferne dann Sommer mit kühlem Klima und Winter durchmachen, welche strenger als im Durchschnitt sind.

Das Maß für die Größe der Abweichung der elliptischen Erdbahn von der Kreisform bezeichnet man auch als Exzentrizität. Es ist dies der Betrag, um welchen die Brennpunkte der Erdbahnellipse aus deren Mittelpunkt herausgerückt erscheinen. Auch dieser Wert ändert sich periodisch, d. h. die Erdbahn ist einmal etwas kreisähnlicher, dann wieder stärker elliptisch geformt. Die Periode beträgt ungefähr 91 800 Jahre. Innerhalb dieses Zeitraumes würden die durch Sonnennähe und Sonnenferne hervorgerufenen Temperaturschwankungen einmal besonders extrem, zum anderen aber wieder geringer werden. Diese gleichmäßige Schwankung der Erdbahn ist in der Zeichnung — jedoch nicht maßstäblich — durch die gestrichelte, mehr kreisförmige und die ausgezogene, stärker elliptische Erdbahn angedeutet worden.

Darstellung der Erdbahnelemente und deren möglicher Änderungen.

Als drittes einflußreiches Element kommt die Neigung der Erdachse zur Erdbahnebene hinzu (die sogenannte Schiefe der Ekliptik = Neigungswinkel der Äquatorebene der Erde gegen die Erdbahnebene). Wie die Zeichnung zeigt, steht die Erdachse schief zur Erdbahn, ihre Lage weicht von der Senkrechten zur Zeit um 23,5° ab. Doch auch der Betrag dieses Winkels ändert sich mit einer Periode von rund 40 000 Jahren. Schließlich läuft die Erdachse noch um, sie tanzt wie ein Kinderkreisel, und zwar mit der Periode von 26 000 Jahren.

Jedes der genannten Elemente wirkt sich mit seiner gesetzmäßigen Änderung irgendwie bestimmend auf das irdische Klima aus. Die Schiefe der Erdachse beeinflußt besonders die Lage der Klimazonen und den Wechsel der Jahreszeiten. Zwar reicht der Einfluß keines dieser Erdbahnelemente mit seiner Schwankung aus, um etwa eine Eiszeit hervorzurufen, aber sämtliche periodischen Schwankungen zusammengenommen können doch im günstigsten oder ungünstigsten Fall einen Einfluß auf den Anteil der die Erde erreichenden Sonnenstrahlung erlangen. Es ist nun das besondere Verdienst von Prof. MILANKOVITCH, dies nicht nur erkannt, sondern auch die sehr verwickelte Überlagerung dieser einzelnen Perioden rechnerisch für die zurückliegenden 600 000 Jahre erfaßt zu haben.

Das Ergebnis dieser Rechnungen, die kürzlich sogar bis auf 900 000 Jahre zurück durchgeführt wurden, enthält die in Abb. 2 wiedergegebene Strahlungskurve.

Da das Verhalten der sommerlichen Temperaturen, wie oben schon erwähnt, besonders wichtig für die Möglichkeit eines Eintretens von Eiszeiten ist — kühle Sommer begünstigen die Eisbildung, warme Sommer verhindern ein Wachstum des Eises —, hat MILANKOVITCH in seiner Strahlungskurve die der Nordhalbkugel der Erde jeweils im Sommer zugeführte Wärmemenge dargestellt.

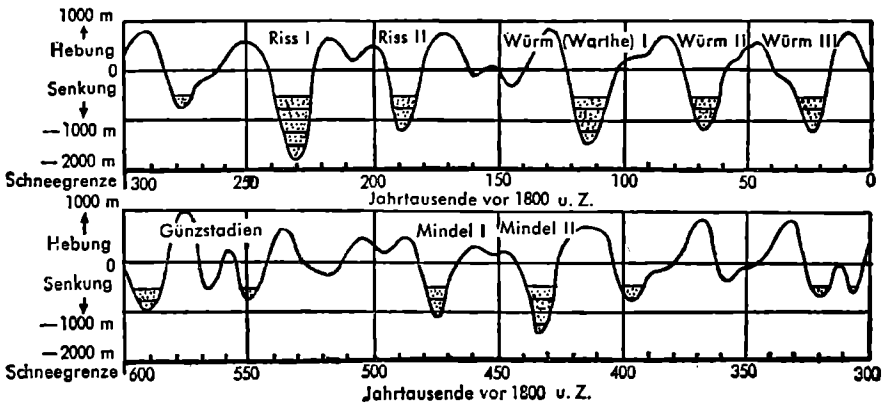
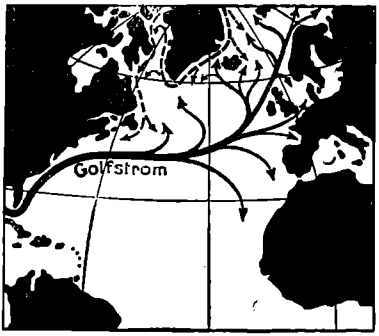


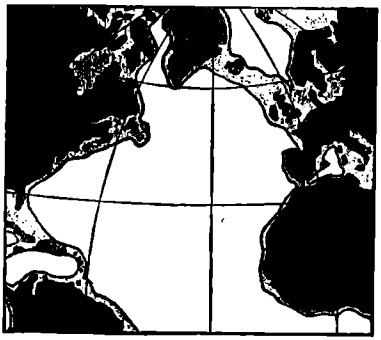
Abb. 2. Strahlungskurve von Prof. M. MILANKOVITCH, dargestellt durch die Schwankungen der Schneegrenze auf 55° Nordbreite innerhalb der letzten 600 000 Jahre.

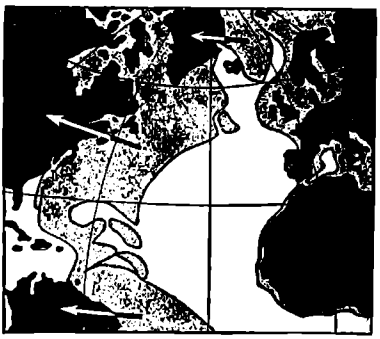
Für die Südhalbkugel hat er eine hier nicht wiedergegebene, analoge Berechnung ausgeführt. In der vorliegenden Kurve ist die eingestrahlte Wärmemenge durch die Höhenlage der Schneegrenze in 55° nördlicher Breite ausgedrückt. In Zeiten mit kalten Sommern sank die Schneegrenze: die Kurve durchläuft ein Minimum. Die Darstellung zeigt, daß infolge der erwähnten Überlagerung sämtlicher Einflüsse der Erdbahnelemente Strahlungsmaxima und -minima auftreten. Diese Strahlungsminima sind nun zu den bekannten diluvialen Eiszeiten in Parallele gesetzt worden, wie dies obige Abbildung ebenfalls zeigt. Da die Kurve verblüffend gut die einzelnen Eisvorstöße und Zwischeneiszeiten wiederzugeben scheint, sehen sie viele Forscher als ausreichend gesichertes Fundament zur Erklärung der Eiszeiten an.

Dies ist jedoch trotz der recht guten Übereinstimmung etwas verfrüht. Zunächst muß man bedenken, daß derartige Strahlungsminima auch vor dem letzten Eiszeitalter mit gleicher Regelmäßigkeit eingetreten sind, also auch in den eisfreien Perioden der Erdgeschichte. Man muß somit, um das Eintreten einer Eiszeit erklären zu können, noch eine weitere Ursache finden, welche für Beginn und Ende der Vereisung verantwortlich zu machen wäre, während die MILANKOVITCHsche Strahlungskurve bei einer einmal eingetretenen Eiszeit dann deren äußerlichen Ablauf kennzeichnen würde.

Es lassen sich gegen die MILANKOVITCHsche Theorie jedoch noch eine Reihe weiterer gewichtiger Gründe ins Feld führen, die hier nicht aufgezählt werden sollen. Erwähnt sei jedoch abschließend, daß nach Feststellung von G. F. KAY die Zwischeneiszeiten in Amerika eine wesentlich größere Dauer aufwiesen, als sie aus der MILANKOVITCHschen Strahlungskurve folgen. Nach KAYS Angaben, welche als ebenso sicher bezeichnet werden müssen wie die zur Stützung der MILANKOVITCHschen Anschauung verwendeten, ergeben sich etwa gerade die doppelten Zeiträume der MILANKOVITCHschen Strahlungskurve, auch für die Gesamtdauer des Eiszeitalters.







VII. Irdische Eiszeittheorien

Wir wollen nun, ebenso wie MILANKOVITCH für die Berechnung seiner Strahlungskurve, voraussetzen, daß die von der Sonne ausgehende Strahlung unveränderlich sei und auch auf dem Wege zur Erde nicht geschwächt wird. Können wir dann innerhalb der Erdatmosphäre ausreichende Gründe für eine Strahlungsminderung entdecken?

Denken wir zunächst einmal an die Vulkanausbrüche. Es ist bekannt, daß diese neben größeren Staubmengen auch Gase, vor allem Kohlendioxyd, der Lufthülle zuführen. Es wurde bei Ausbrüchen großer Vulkane des öfteren eine ausgebreitete, bis in höhere Schichten der Atmosphäre reichende Dunst- und Staubwolke beobachtet, welche zweifellos in geringem Maße die Sonneneinstrahlung schwächen konnte. Andererseits ist aber auch bekannt, daß Kohlendioxyd gerade die gegenteilige Wirkung hervorruft: es

Oben: Jetziger Verlauf der warmen (Golfstrom) und kalten (gestrichelt) Meeresströmungen im Nordatlantik nach MEINARDUS. Mitte: Absperrung des Golfstromes gegen Ende des Tertiärs durch eine Landbrücke zwischen Europa und Grönland nach der Auffassung von KOKEN. Unten: Nach WEGENERs Theorie der Kontinentalverschiebung wäre ein Vordringen des Golfstromes in die heutigen nördlichen Breiten infolge des unmittelbaren Zusammenhanges von Nordamerika, Grönland und Nordeuropa unmöglich gewesen.

verstärkt nämlich die »Glashauswirkung« der Atmosphäre. Die kurzwelligen Sonnenstrahlen werden wohl hereingelassen, die langwellige Wärmestrahlung des Erdbodens aber nicht hinaus, so daß eine allmähliche Erwärmung eintreten müßte. Welcher Einfluß war wohl nun der stärkere?

Man hat vermutet, daß vor der letzten und vorletzten Eiszeit die Atmosphäre einen viel größeren Gehalt an Kohlendioxyd aufwies (heute beträgt er etwa 0,03%). Gestützt wurde diese Annahme durch den damaligen Reichtum und die längst ausgestorbenen Riesenformen der Pflanzenwelt. Später sei dieser Überschuß von den Ozeanen aufgenommen worden, da das Meerwasser bei sinkender Temperatur einen erheblich größeren Prozentsatz dieses Gases enthalten kann als bei höheren Wärmegraden. Ist dieser Prozeß des Entzuges von Kohlendioxyd aus der Atmosphäre durch das Wasser der Ozeane erst einmal in Gang gekommen, so muß er sich selbst beschleunigen, da die Temperaturen infolge der verringerten »Glashauswirkung« des im Schwinden begriffenen Kohlendioxyds allgemein abnehmen werden, bis schließlich ein den Temperaturverhältnissen entsprechender Gleichgewichtszustand hergestellt ist. Fraglich bleibt jedoch, was den ersten Anstoß zu diesem Abkühlungsprozeß gab und ob er eine Eiszeit hervorzurufen in der Lage war. Vielleicht war die erste Temperaturabnahme durch den erhöhten Kohlendioxydverbrauch einer überreichen Pflanzenwelt bedingt? — Wir wissen hierüber nichts Sicheres und können die Grundlagen dieser Theorie kaum prüfen, die auch manche sonstigen Einzelheiten, wie z. B. die Zwischeneiszeiten, kaum erklärt.

Man hat ferner bemerkt, daß die bedeutendsten Gebirgsbildungsperioden im Laufe der Erdgeschichte jeweils mit einer Eiszeit in Verbindung gebracht werden können. Und zwar sollten die emporgefalteten Gebiete der Erdoberfläche die Ursache einer stärkeren Bewölkung, damit aber verminderter Sonnenstrahlung und somit einer Temperaturabnahme sein. Die gleichzeitig vermehrten Niederschläge hätten dann die Eisbildung begünstigt. Dem wurde von anderer Seite entgegengehalten, daß schließlich auch heute noch gleichhohe Gebirge wie zumindest in der letzten Eiszeit bestehen, die Vereisung im ganzen aber dennoch zurückgegangen ist.

Überblicken wir rückschauend nochmals, was wir bisher von den Erklärungsversuchen für das Auftreten der Eiszeiten hörten. Während die erwähnten irdischen Eiszeittheorien keine besonders eindrucksvollen Deutungen enthalten, erfreut sich unter den astronomischen die von MILANKOVITCH besonderer Anerkennung. Wie wir hörten, hat leider aber auch diese Theorie einige Schwächen. Sie leitet zwar die zeitliche Gliederung des letzten Eiszeitalters sehr genau und überzeugend ab, die eigentliche Ursache der Vereisung wird jedoch nicht restlos erklärt. Auch bestehen hinsichtlich der absoluten Zeitangaben noch Widersprüche.

Was könnte nun noch der Anlaß für eine durchgreifende Klimaverschlechterung gewesen sein? Zwei Theorien sind hier in Anlehnung an die Untersuchungen von MILANKOVITCH aufgestellt worden.

Einmal ist versucht worden, Verlagerungen der Erdpole und Verschiebungen der Kontinente im Laufe der Erdgeschichte zur Deutung der Eiszeiterscheinungen heranzuziehen. Die bekannte WEGENERsche Kontinentalverschiebungstheorie (Anmerkung 6) hat, auf unser Problem angewandt, einige — allerdings noch umstrittene — Erfolge erzielt. WEGENER ging davon aus, daß sich die Lage der wichtigsten Klimazonen in den zurückliegenden erdgeschichtlichen Perioden auf Grund verschiedenster klimatischer Zeugen, welche uns überliefert wurden, wiedererkennen lasse. Da diese Lage nicht mit der heutigen übereinstimmt, zog er den Schluß, daß teils die Kontinente, teils die Erdpole und der Äquator gewandert seien. Eine Reihe von Forschern nimmt heute an, daß diese Verschiebungen tatsächlich stattgefunden haben, und man war in neuester Zeit mit gewissem Erfolg bemüht, die Triebkraft dafür zu finden; problematisch bleiben nur Ausmaß und Art der Wanderungen.

So erklärt diese Theorie für die permokarbonische Eiszeit recht gut die Verteilung der Vereisungsspuren (vgl. Abb. 1) unter der Annahme, daß die betroffenen Kontinente damals zu einem einzigen zusammengeschlossen waren und erst später auseinandertrifteten.

Doch alle diese Erwägungen sind in letzter Zeit in Zusammenhang mit den Gedankengängen von MILANKOVITCH durch den Geophysiker Prof. WUNDT noch sehr verbessert worden. WUNDT machte nämlich darauf aufmerksam, daß es nicht allein darauf ankommt, aus der MILANKOVITCHschen Strahlungskurve zu wissen, welche Strahlenmenge jeder Breitengrad der Erde erhält, sondern daß es unter Umständen fast wichtiger sei, wieviel Prozent davon die Erdoberfläche aufnimmt und wieviel andererseits wieder in den Weltenraum zurückgesandt werden. Denken wir doch daran, daß z. B. frischer Schnee oder auch Wolkenoberflächen bis zu 80% der ankommenden Strahlung der Sonne reflektieren und ihre Energie somit ungenutzt zurückgesandt wird. Nur 20% der von MILANKOVITCH errechneten Strahlenmengen würden in diesem Falle also einen Einfluß auf die Erde ausüben können.

Nehmen wir einmal an, wir befänden uns auf der Nordhalbkugel in einem Minimum der Strahlungskurve. In Polnähe werden dann, sofern festes Land vorhanden ist (was nach der Kontinental- und Polwanderungstheorie ja nicht sicher sein muß), Schnee- und Eisdecken entstehen. Diese aber nehmen nun nur einen Teil der ohnehin schon (laut Strahlungskurve) verminderten Sonnenstrahlung auf. Von der Minimalstrahlung der Kurve gehen also bis zu 80% verloren, das Minimum wird vertieft. Die Schnee- und Eisgebiete vergrößern sich nun infolge der verminderten Einstrahlung und Wärmeentwicklung weiter und reflektieren dadurch um so mehr. Die einmal begonnene Vergletscherung verstärkt sich also selbst! (Vgl. die Abbildung auf der Rückseite des Bandes.)

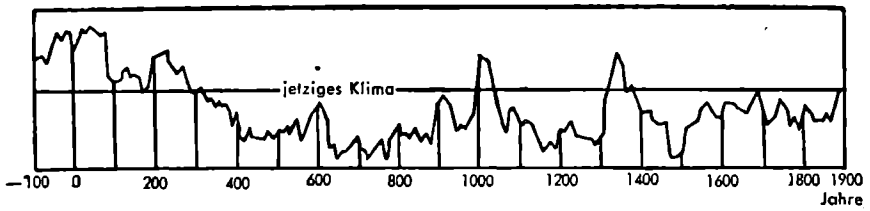
Nur dann werden die MILANKOVITCHschen Strahlungsminima in höheren Breiten zu einer ausgedehnten, sich selbst verstärkenden Eiszeit führen, sagt WUNDT, wenn die Bedingungen dafür gegeben sind. Für das Nordpolargebiet sind sie zur Zeit nicht gegeben. Die Ursache ist der Golfstrom (Anmerkung 5), diese

Warmwasserheizung der hohen nördlichen Breiten, die große Teile des arktischen Meeres eisfrei hält. — Wie nun, wenn während der letzten Eiszeit der Golfstrom abgesperrt war, wofür Hinweise bestehen? (Vgl. die Kopfleiste und deren Begleittext!) Dann konnte, wie WUNDT annimmt, das eintreten, was wir in der Antarktis heute noch sehen: eine totale Vereisung, die als antarktischer Kälteherd auf dem Wege der Selbstverstärkung sich heute deshalb nicht weiter ausbreiten und zu einer südlichen Eiszeit auswachsen kann, weil in erster Linie die umgebende Tiefsee eine Grenze setzt.

Fassen wir zusammen, so müssen wir sagen: Die Verteilung von Land und Meer, der Verlauf von Meeresströmungen und einige weitere Umstände ermöglichen, allerdings erst bei günstiger Anordnung, einen klimatischen Einfluß der Strahlungsschwankungen. Treffen gewisse Voraussetzungen der genannten Art nicht zu, so wird auch ein MILANKOVITCHsches Strahlungsminimum keine Eiszeit bringen. Dies ist, wie wir sehen, recht häufig der Fall.

Wenn wir noch anfügen, daß WUNDT mit dieser Theorie auch das Hinterherhinken der Eisvorstöße hinter den Tiefpunkten der Strahlungskurve erklärt, und ferner, daß er auch die Vereisungen in den Tropen auf meteorologischem Wege verständlich macht, so erscheint es natürlich, daß zahlreiche Forscher in dieser nunmehr verbesserten MILANKOVITCH-WUNDTschen Theorie die derzeit beste, wenn auch noch längst nicht widerspruchsfreie Erklärung der Eiszeiten sehen.

Wahrscheinlich sind noch weitere Umstände hinzugetreten, welche allein keine Eiszeit erzeugen konnten, wie z. B. die Einflüsse der Gebirgsbildung oder der Vulkanausbrüche. Verstärkend kann auch eine der übrigen astronomischen Ursachen gewirkt haben, die ohnehin vielleicht die Sonnenstrahlung herabsetzte.



VIII. Nacheiszeitliche Klimaänderungen

Letzten Endes wollten wir erfahren, wie die klimatischen Zukunftsaussichten für uns beschaffen sind. Kommt eine neue Eiszeit oder nicht? — Wir haben nun alles kennengelernt, was wir heute über die Ursachen der Eiszeiten wissen. Dieses Wissen wollen wir jetzt praktisch anzuwenden versuchen. Doch bevor wir uns fragen, wie die Entwicklung wohl weitergehen mag, müssen wir noch sehen, wie sie in den wichtigsten Punkten seit der letzten Eiszeit bis heute verlief. Dies könnte uns vielleicht einen weiteren Hinweis geben.

Nach Durchlaufen des letzten MILANKOVITCHschen Strahlungsminimums vor etwa 22000 Jahren begann, unterbrochen durch vorübergehende Eis- und Kälterückfälle, der Rückzug der Eismassen. Die Strahlungskurve strebte nun einem Hochpunkt zu, der vor etwa 8000 Jahren lag. Vor ungefähr 10000 Jahren war die Eiszeit endgültig abgeschlossen, der Rückzug des Eises wurde unter der Wirkung der sich langsam durchsetzenden Klimaverbesserung erheblich beschleunigt. Durch diese Tatsache bekam unsere Heimat den Charakter einer Baumsteppe, nachdem sie in der davorliegenden kühlen Übergangszeit noch tundrenartig war. Die sommerliche Sonnenstrahlung nahm, der Strahlungskurve folgend, zu. Dies aber bedingte in der Atmosphäre auch ein Anwachsen der Luftzirkulation über große Gebiete hinweg. Aus den Tropen und Subtropen gelangte jetzt wieder wärmere Luft bis in die höheren Breiten, und besonders die Sommer werden durch das kontinentale Klima mit seinen hohen Wärmegraden recht schnell günstiger geworden sein.

Die kühle Übergangszeit wird gekennzeichnet durch das Vorherrschen von Birken und Kiefern. Mit ansteigender Temperatur überwiegen Hasel und Kiefer; die nacheiszeitliche Wärme, die unser heutiges Klima übertraf, läßt Eiche, Rüster, Linde und Buche sich ausbreiten. Buche und Kiefer behaupten sich auch in der dann folgenden, etwas kühleren Periode. Woher wissen wir dies so genau? Ein glücklicher Umstand kommt uns hier zu Hilfe: In unseren Mooren wurde der Blütenstaub der verschiedenen Bäume von der ältesten nacheiszeitlichen Periode an gut erhalten. So können wir heute mittels der »Pollenanalyse« aus dem Mengenverhältnis der durch ihren Blütenstaub vertretenen

---

Schwankungen des Klimas von Kalifornien auf Grund der Beobachtungen an Jahresringen von Mammutbäumen nach HUNTINGTON.

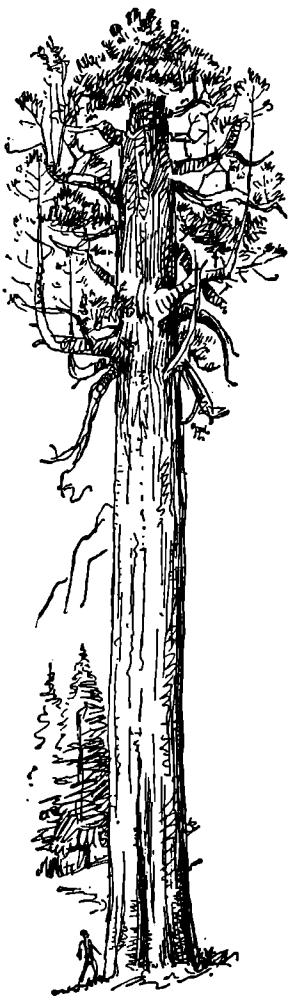


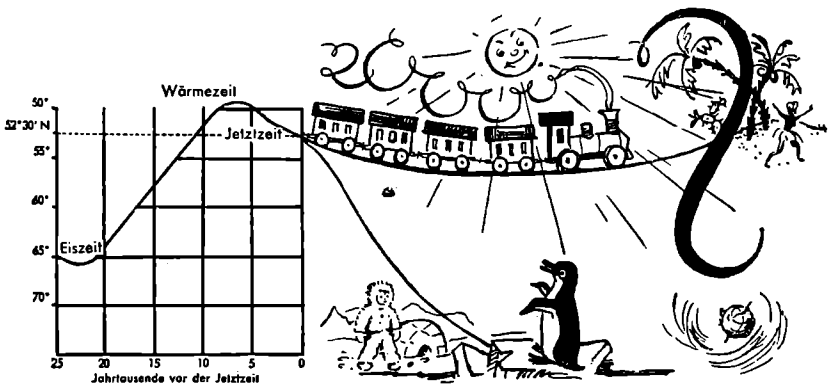
Abb. 3.
Kalifornischer Mammutbaum.

Baumarten den erwähnten klimatischen Ablauf ermitteln. Das Titelbild zeigt in Diagrammform diesen Wechsel des Baumbestandes und damit indirekt des Klimas an.

In der Kopfleiste zu Kap. IX ist das letzte Stück der MILANKOVITCHschen Strahlungskurve für Berlin dargestellt. Die klimatisch günstige Periode, das sogenannte »nacheiszeitliche Klimaoptimum«, welches durch das Hochgebiet der Kurve und im Pollendiagramm (Titelbild) durch das Maximum von Hasel, Eichenmischwald und Buche veranschaulicht wird, wurde schon erwähnt. Selbst in Spitzbergen hätten wir zu dieser Zeit eine reiche Pflanzenwelt angetroffen. Der arktische Ozean war eisfrei. Dann aber, vor etwa 3000 Jahren, kam das Ende dieser Wärmezeit, das vielleicht durch meteorologische Umstände (Verstärkung der feuchten Westwinde infolge Wegschmelzens der skandinavischen Eiskappe) noch beschleunigt wurde.

Dieses »nacheiszeitliche Klimaoptimum« ist die letzte von der Forschung sicher erkannte Klimaschwankung von größerem Umfang gewesen. Seitdem blieb der klimatische Zustand ungefähr derselbe, wenn natürlich auch gewisse Schwankungen zu beobachten waren. Es ist aber schon zu allen Zeiten so gewesen, daß ein Teil der Erde vorübergehend überdurchschnittlich, ein anderer hingegen unternormal temperiert war. Diese Abweichungen haben örtlich wie zeitlich geschwankt. Aber sie interessieren uns hier gar nicht. Langdauernde, Jahrtausende anhaltende Änderungen sind für uns von Bedeutung! Und dazu müssen wir feststellen, daß die Geschichte der letzten zwei Jahrtausende das Fehlen langwährender Klimaänderungen lehrt. Eindrucksvoll bestätigt wird dieser Sachverhalt — um nur ein Beispiel noch anzuführen — durch die Untersuchung der Dicke von Jahresringen kalifornischer Mammutbäume (Sequoia gigantea, Abb. 3), deren Alter etwa 250 bis 3250 Jahre betrug. Allein 79 Exemplare, die über 2000 Jahre alt waren, zeigten lediglich gewisse Feuchtigkeitsschwankungen geringeren Umfanges an, von einer anhaltenden Klimaänderung konnte jedoch keine Rede sein (vgl. die Kopfleiste dieses Kapitels).

Somit folgt das Klima in seinem zeitlichen Ablaufe offensichtlich auch in der jüngsten Zeit der MILANKOVITCHschen Strahlungskurve. Und wie wird es weitergehen? —



IX. Kommt eine neue Eiszeit?

Wir haben nun in großen Zügen erfahren, was über die vermutlichen Ursachen der Eiszeiten und den jüngsten Klimaablauf bekannt ist, und sollten nun in der Lage sein, die weitere klimatische Entwicklung abzuschätzen.

Es ist aber — das wird der Leser selbst bemerkt haben — wie so oft: ein Problem löst sich um so leichter, je weniger genau, je oberflächlicher wir es kennen. Vertieft man erst sein Wissen und dringt in verwickelte Einzelheiten ein, so wird die Entscheidung immer schwerer.

Die erste Frage muß nach Lage der Dinge für uns jetzt lauten: Was sagt die MILANKOVITCHsche Strahlungskurve zur künftigen Entwicklung?

Die Antwort ist beruhigend: Für die Nordhalbkugel ist danach der Eintritt einer Eiszeit für einige Jahrzehntausende, mindestens für die nächsten 20000 Jahre ausgeschlossen. Erst um das Jahr 50000 kann man nach der Kurve eine Vereisung der nördlichen Teile Europas erwarten. Eine die wärmere Zwischeneiszeit ablösende neue Eiszeit um das Jahr 90000 würde eine noch größere Fläche der Nordhalbkugel heimsuchen. Natürlich muß die Frage offen bleiben, ob dann überhaupt die Verteilung von Land und Meer, der Verlauf der Meeresströmungen usw. den Wiedereintritt einer Eiszeit zulassen würden.

Ziehen wir aber statt der MILANKOVITCHschen Strahlungskurve eine andere Erklärung der Eiszeiten heran, so müssen wir resignierend sagen: Wir können die künftige Entwicklung nicht beurteilen. Denn es wäre nicht abzusehen, ob beispielsweise die Sonne, falls kosmische Nebel ihre Strahlung schwächten, diese Staubwolke nun endgültig durchschritten hat oder vielleicht eine neue Nebelpartie bereits erreichte. Wir könnten auch nicht sagen, ob eine neue

---

Der Abschnitt der MILANKOVITCHschen Strahlungskurve für die letzten 25000 Jahre vor der Jetztzeit.

Gebirgsbildung oder neue Vulkanausbrüche zu erwarten sind, welche uns einen Klimasturz bescheren.

Nach Ansicht einiger Geologen hatte die Antarktis vor dem Beginn der diluvialen Vereisung ein durchaus mildes Klima und trug eine reiche Pflanzen- und Tierwelt. Heute ist sie noch von Eis bedeckt, dessen Dicke auf mindestens 600 m geschätzt wird. Nicht zuletzt aus diesem Grunde ist auch schon die Meinung ausgesprochen worden, daß der gegenwärtige Zustand durchaus dem einer Zwischeneiszeit gleichkomme, was unausgesprochen die Drohung einer Wiederzunahme der Vergletscherung enthielte.

Wir können aber doch wohl eines feststellen: Welche der zahlreich angegebenen Eiszeittheorien zutrifft, ist bis auf den heutigen Tag noch nicht entschieden. Vielleicht kann auch erst das Zusammenwirken mehrerer Ursachen eine Eiszeitperiode hervorrufen. Eine umfassende, allen Erscheinungen völlig gerecht werdende Theorie gibt es bislang noch nicht. Zahlreiche Erklärungsversuche entziehen sich trotz ihrer zum Teil bestechenden Einfachheit einer Nachprüfung, da wir dafür keine Mittel in den Händen haben, so z. B. ein Teil der astronomischen Theorien. Lediglich e i n e von den vorgetragenen Ansichten hat sich als weitgehend nachprüfbar erwiesen: die Theorie von MILANKOVITCH-WUNDT. Daher neigen auch zahlreiche Fachleute dazu, diese Theorie, besonders nach ihren letzten Verbesserungen, als Diskussionsbasis weitgehend anzuerkennen.

Wollen wir uns diesem Vorgehen hier anschließen, so können wir nur wiederholen: Bis in ferne Zeiten werden sich unsere Nachfahren kaum um die Gefahr einer Eiszeit zu sorgen haben.

NACHWORT

Doch ich bin ins Träumen geraten. Während vor mir die Überreste einer warmen Zeitepoche ausgebreitet sind, hingen meine Gedanken der Eiszeit nach. — — Ich sehe auf die Uhr: Jetzt muß ich aber schleunigst aufbrechen! In wenigen Minuten soll mein Zug abfahren.

Draußen in der Kälte muß ich nochmals denken: Ob wir nicht doch Aussicht haben, in den nächsten Jahrtausenden eine neue Wärmeperiode zu erleben?

Zwar sind keine sicheren Anzeichen dafür vorhanden, obwohl mancher schon die schwache Erhöhung der mittleren Temperatur innerhalb der letzten hundert Jahre, ferner die Abnahme der Winterkälte in Spitzbergen und einige andere Erscheinungen der letzten Jahrzehnte als den sicheren Beginn einer langdauernden Klimaverbesserung deuten möchte. Aber durch eine Zunahme der atmosphärischen Zirkulation soll jetzt mehr tropische Luft in die hohen Breiten transportiert werden, also eine Art Warmluftheizung wieder anlaufen, die während der Eiszeit gewaltsam unterbrochen worden war.

Wenn dieser Schluß nicht verfrüht gezogen ist, so kann man vielleicht hoffen, daß jene Ansicht richtig ist, die für die atmosphärische Zirkulation zwei verschiedene Zustände annimmt: einerseits den Normalzustand mit bis weit in die Polargebiete reichender Zirkulation und dementsprechend milden Temperaturen fast bis zum Pol und andererseits eine durch polare Eismassen gestörte Zirkulation, die in mittleren und höheren Breiten zu stark erniedrigten Temperaturen führt.

Der erstere Zustand wäre im erdgeschichtlichen Ablauf der normale gewesen, und nur in einigen wenigen Fällen und für relativ kurze Zeiten (die Eiszeiten) von dem zweiten, dem Ausnahmezustand abgelöst worden. Wir befänden uns unter dieser Voraussetzung jetzt also wieder in einer Zeit der Rückkehr zum Normalzustand, nachdem die Eiszeit vorüber ist; allerdings kann es auch nochmals zu Rückfällen kommen. —

Da kommt mein Zug. Ich bekomme sogar einen Sitzplatz in einem geheizten Abteil und erlebe so den Übergang von einer Eiszeit zu mildem Klima.

Während ich sanft entschlummere, träume ich davon, daß sich in unserer Heimat Palmenfächer in warmen Lüften wiegen.

LITERATUR

(1) **Becker, F.** Astronomisches zur Erdgeschichte. In der Zeitschrift: »Geologische Rundschau«, Jahrgang 1940, S. 121. Verlag F. Enke, Stuttgart.

(2) **Brocks, C. E. P.** Climate through the Ages (Das Klima während der Erdzeitalter). Ernest Benn Ltd., London 1926.

(3) **v. Bülow, K.** Wie unsere Heimat wohnlich wurde. Kosmos-Bändchen. Frankhsche Verlagshandlung, Stuttgart 1933.

(4) **Coleman, A. P.** Ice Ages (Eiszeitalter). Mac Millan & Co. Ltd., London 1926.

(5) **Kerner, Marilaun** Paläoklimatologie. Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin 1930.

(6) **Köppen, W., und Wegener, A.** Die Klimate der geologischen Vorzeit (mit Ergänzungen und Berichtigungen). Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin 1924 und 1940.

(7) **Milankovitch, M.** Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate. (Im Rahmen des Handbuches der Geophysik von Gutenberg, Band IX.) Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin 1938.

(8) **Penck, A.** Ursachen der Eiszeit. In den Sitzungsberichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften 1928. Verlag de Gruyter, Berlin.

(9) **Soergel, W.** Das Eiszeitalter. Verlag Gustav Fischer, Jena 1938.

(10) **Soergel, W.** Die Vereisungskurve. Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin 1937.

(11) **Spitaler, J.** Die Bestrahlung der Erde durch die Sonne und die Temperaturverhältnisse in der quartären Eiszeit, in: »Abhandlungen der Deutschen Gesellschaft der Wissenschaften und Künste in Prag«, Prag 1940.

(12) **Wagner, A.** Klimaänderungen und Klimaschwankungen. Verlag Carl Vieweg, Braunschweig 1940.

(13) **Woldstedt, P.** Das Eiszeitalter. Verlag F. Enke, Stuttgart 1929.

(14) **Wundt, W.** Die Erdbahnelemente und das Klima der Eiszeit. In der Zeitschrift: »Die Naturwissenschaften«. Verlag Springer, Berlin 1942.

(15) **Wundt, W.** Die Mitwirkung der Erdbahnelemente bei der Entstehung der Eiszeiten. In der Zeitschrift: »Geologische Rundschau", Jahrgang 1944, S. 713. Verlag F. Enke, Stuttgart.

ANMERKUNGEN

Anmerkung 1 Unter **Klima** versteht man im meteorologischen Sinne die Gesamtheit der Witterungserscheinungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Wind, Niederschläge usw.) an einem Ort. Je nachdem der betrachtete Ort auf dem Festland oder in Küstennähe bzw. im Meer liegt, kann er verschiedene Klimate aufweisen: Kontinentalklima mit heißen Sommern und sehr kalten Wintern oder Seeklima mit ausgeglichenen Jahreszeiten.
Auf der Erde unterscheidet man im großen gesehen mehrere, von Breitenkreisen begrenzte Klimazonen, die durch die verschiedene Verteilung der Sonneneinstrahlung hervorgerufen werden. Als wichtigste kann man nennen: die tropische, heiße Zone zwischen den Wendekreisen, die gemäßigten Zonen zwischen den Wendekreisen und Polarkreisen und jenseits der Polarkreise die kalten Polarzonen.

Anmerkung 2 Man teilt die Erdgeschichte in verschiedene geologische **Zeitalter** und **Formationen** ein. Eine Übersicht gibt die Kopfleiste zu Kapitel III. Die vier Hauptzeitalter sind danach: die »Vorzeit« = Algonkium (davor liegt noch die »Urzeit«), das »Altertum« = Paläozoikum, das »Mittelalter« = Mesozoikum und die »Neuzeit« = Neozoikum. Bei jeder deutschen Bezeichnung ist »des Lebens« zu ergänzen. Man wählte das Leben als Einteilungsgrundlage, weil dessen Entwicklung das sicherste Anzeichen für die relative Alterseinstufung einer bestimmten Schicht darstellt.

Anmerkung 3 Die **Sonnenflecke** sind in der Atmosphäre der Sonne auftretende Wirbelgebilde, welche von starken magnetischen und elektrischen Kraftfeldern begleitet sind. Dem Auge erscheinen sie durch eine dunkle Glasscheibe als schwarze Flecke auf der Sonnenscheibe. Sie haben jedoch in Wirklichkeit eine beträchtliche Leuchtkraft und erscheinen nur im Gegensatz zur helleren Umgebung der Sonnenoberfläche dunkel (Kontrastwirkung!). Ihre Größe ist verschieden. Der Durchmesser kann bis etwa 80 000 km betragen (Erddurchmesser 12 700 km). Das Auftreten der Sonnenflecke steigert sich im Durchschnitt alle 11 Jahre. Diese »Sonnenfleckenperiode« spiegelt sich auch in verschiedenen irdischen Erscheinungen wider, so im Erdmagnetismus, der Temperatur, den atmosphärischen Bedingungen, der Witterung und damit in dem Pflanzenwachstum (Jahresringe der Bäume! Diese zeigen eine 11jährige Periode des Dickenwachstums an). Vgl. hierzu auch den Band »Sonnenflecke« unserer Sammelbücherei.

Anmerkung 4 Unsere Sonne (mit dem Planetensystem) gehört als einer von Milliarden Sternen zu dem **Milchstraßensystem.** Dieses hat eine flach-linsenförmige Gestalt. Der Durchmesser beträgt etwa 100 000 Lichtjahre, die Dicke etwa 10 000 Lichtjahre (1 Lichtjahr ist die Strecke, welche das Licht in einem Jahr zurücklegt, wobei es in der Sekunde bereits 300 000 km durchmißt!). In der Umgebung unseres Milchstraßensystems (das gewissermaßen unsere »kosmische Heimat« ist) befinden sich weitere ähnliche Sternsysteme. Unsere Sonne hat vom Mittelpunkt des Milchstraßensystems einen Abstand von etwa 35 000 Lichtjahren und kreist um dieses Zentrum (im Text als »Zentralsonne« erwähnt) in etwa 250 Millionen Jahren.

Anmerkung 5 Der **Golfstrom** ist eine Meeresströmung, die aus warmem Tropenwasser besteht. Als Äquatorialstrom zunächst Ost-West fließend, wird er vor dem Golf von Mexiko gestaut, sucht dann nach Norden einen Weg durch die

Straße von Florida, um sich schließlich nach Nordosten weiterzubewegen (in 24 Stunden bis zu 200 km!) und die europäischen Küsten zu bestreichen. Bis Spitzbergen wirkt sich der Golfstrom als Wärmequelle aus.

Anmerkung 6 **Die Kontinentalverschiebungstheorie:** Nach WEGENER (1930 als Forscher im Eise Grönlands ums Leben gekommen) sollen sich die Kontinente, auf der spezifisch schwereren Unterlage des Tiefseebodens schwimmend, verschieben. So haben sich angeblich Nord- und Südamerika von Europa und Afrika gelöst. Australien, Vorderindien und die Antarktis sollen sich von Afrika getrennt haben. – Die Theorie ist von WEGENER in genialer Weise erdacht, und zahlreiches Beweismaterial ist dafür zusammengetragen worden. Während eine Reihe von Problemen mit dieser Anschauung glänzend gelöst werden konnten, ergeben sich andererseits aber wieder erhebliche Schwierigkeiten, welche die Theorie nicht zu überwinden vermochte. So ist sie auch heute nicht restlos anerkannt.

BISHER SIND ERSCHIENEN

A	*Mathematik*	12502	Rechne rasch und richtig
		12521	Naturgesetz und funktionale Abhängigkeit
		12575	Der Zeichenstift rechnet
B	*Physik*	12511	Vom Wesen der Wärme
		12554	Die strahlenden Elemente
C	*Chemie*	12568	Das Periodensystem
D	*Allgemeine Biologie* . . .	12513	Lebensbündnisse in Tier- und Pflanzenwelt
F	*Zoologie*	12522	Tierleben im Tümpel
		12526	Verborgenes Leben
		12530	Gefiederte Freunde in Haus, Hof und Garten
		12560	Die Welt unter Wasser
G	*Der Mensch*	12529	Herz und Gefäße
		12540	Hormone
		12562	Das menschliche Blut
H	*Astronomie*	12505	Wie Botschaften aus dem Weltall entziffert wurden
		12547	Sonnenflecke
J	*Geophysik*	12542	Wie alt ist die Erde?
		12563	Ebbe und Flut
K	*Meteorologie*	12501	Das Wetter im Sprichwort
L	*Geologie*	12534	Das Eiszeitalter
		12535	Eine Sandgrube
		12564	Die Formationstabelle
N	*Allgemeine Geographie* .	12524	Das Gradnetz der Erde
O	*Länder und Völker* . . .	12508	Natur und Mensch der Polargebiete
		12509	Steinzeitvölker der Gegenwart
		12518	Die lebende Landkarte
		12549	Die Inselbewohner Melanesiens
		12507	Das weiße Land
P	*Reisen und Forschungen* .	12548	Neun Monate auf treibender Eisscholle
Q	*Der junge Naturforscher* .	12519	Der junge Steinsammler
		12588	Mein Herbarium

IN VORBEREITUNG BEFINDEN SICH

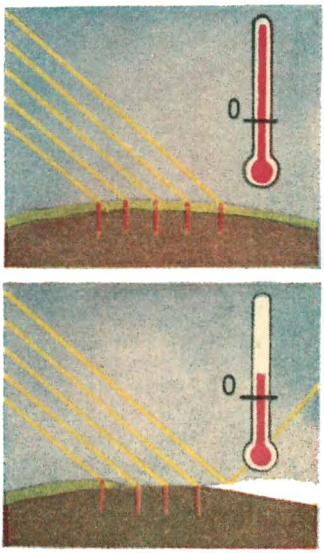
D	*Allgemeine Biologie* . . .	12596	Der Darwinismus und die Mitschurinsche Lehre
G	*Der Mensch*	12594	Der menschliche Körper
Q	*Der junge Naturforscher* .	12591	Wir bauen ein mecklenburgisches Dorf

Die Zahlen zwischen Serie und Titel sind die Bestellnummern.

VOLK UND WISSEN SAMMELBÜCHER
GRUPPE II / NATUR UND WISSE
REDAKTION: DR. G. BARTHOLOMÄU

DIE GRUPPE II UMFASST FOLGENDE SERIE

A MATHEMATIK
B PHYSIK
C CHEMIE
D ALLGEMEINE BIOLOGIE
E BOTANIK
F ZOOLOGIE
G DER MENSCH
H ASTRONOMIE
I GEOPHYSIK
K METEOROLOGIE
L GEOLOGIE
M MINERALOGIE
N ALLGEMEINE GEOGRAPHIE
O LÄNDER UND VÖLKER
P REISEN UND FORSCHUNGEN
Q DER JUNGE NATURFORSCHER
R SCHÖNHEITEN U. SELTSAMKEITE
S NOCH NICHT VERFÜGT
T NOCH NICHT VERFÜGT
U GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHA



Schema der Selbstverstärkung einer Vereisung. Bereits die erste dünne Schnee- oder Eisdecke reflektiert den größten Teil der Sonnenstrahlung, die also, ohne den Erdboden zu erwärmen, ungenützt in den Weltenraum zurückgeworfen wird. Infolgedessen sinkt die Temperatur beschleunigt; das hat wiederum die Ausbreitung der Eisdecke und damit ein weiteres Steigen der Rückstrahlung zur Folge. Eine einmal in Gang gekommene Vereisung kann sich daher lawinenartig verstärken und zeigt große Beständigkeit.

In natürlichen Farben erhaltener, etwa 30 bis 35 Millionen Jahre alter Käfer aus der Braunkohle des Geiseltales bei Merseburg, in die er eingebettet ist. Er lebte also während einer warmen Periode des Tertiärs.