

GEOLOGIE

SERIE L • BAND 2
EINZELBAND 60 PFG.

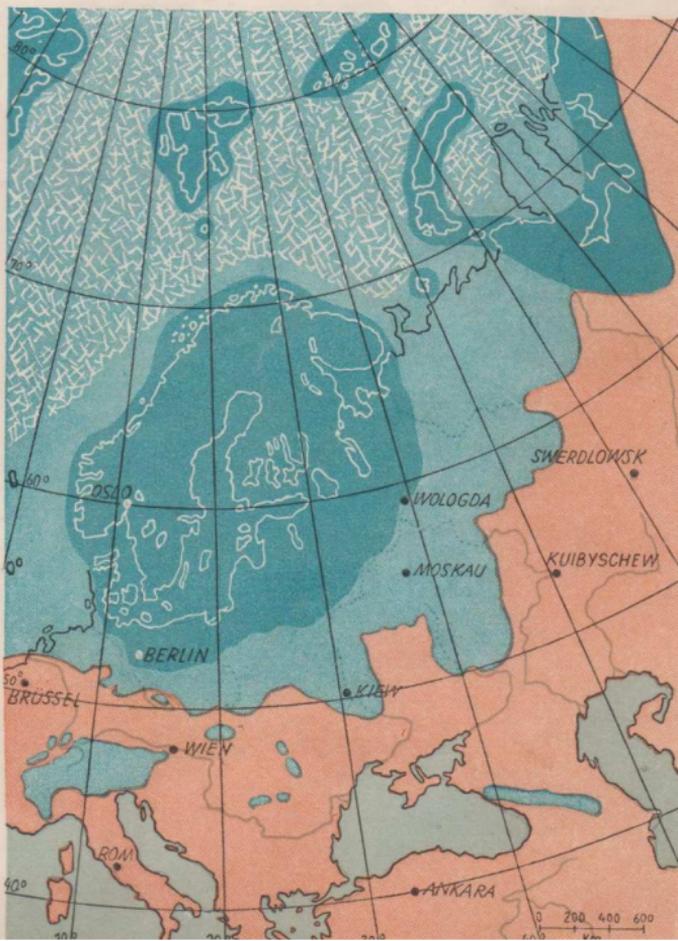
* * * *

DAS EISZEITALER

DIE DILUVIALEN EISZEITEN
IHRE WIRKUNGEN UND IHRE URSACHEN

Im Eiszeitalter drangen zeitweise mächtige Gletscherströme vom skandinavischen Hochgebirge bis zum Rande der deutschen Mittelgebirge und der Beskiden, auch bis weit in das osteuropäische Tiefland vor. Diese Eisdecke verschmolz mit anderen, die ihren Kern in Schottland und im nördlichen Ural hatten, zu einer 13 Millionen qkm großen Eiskappe zusammen, die Europa von Irland bis Nordwestsibirien bedeckte. Gleichzeitig waren die Alpen mit ihrem Vorland unter Eis begraben und viele deutsche Mittelgebirge trugen Eiskappen und Gletscher.

Das ständig unvereist gebliebene Gebiet ist rot dargestellt. Die grün überdruckten Flächen sind mindestens einmal vom Eis erfaßt worden. Dunkelgrün zeigt den Umfang der letzten Vereisung an. Das Packeis der nördlichen Meere ist durch die unregelmäßige weiße Strichelung gekennzeichnet.



VOLK UND WISSEN
VERLAGS GMBH · BERLIN/LEIPZIG

Dieser Band wurde von Dr. Rudolf Grahmann verfaßt. Die farbige Karte auf der Titelseite und die Textabbildung 4 zeichnete Otto Berger nach Angaben des Verfassers. Der Abbildung auf der Umschlagrückseite lag eine Zeichnung von M. Milankovitch zugrunde. Die anderen Abbildungen sind nach Vorlagen angefertigt worden, die folgenden Werken entstammen: Georg Wagner, Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte, Hohenlohesche Buchhandlung, Ohringen 1931 (Abb. 1 und 2). Ernst Antevs, Maps of the Pleistocene Glaciations (Abb. 3). W. Wundt, Die Mitwirkung der Erdbahnelemente bei dem Entstehen der Eiszeiten, in der Zeitschrift »Die Naturwissenschaften«, 30. Jg., Verlag Julius Springer, Berlin 1942 (Abb. 5). M. Milankovitch, Der Mechanismus der Polverlagerungen und die daraus sich ergebenden Polbahnkurven, in »Gerlands Beiträge zur Geophysik«, Bd. 42, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1934 (Abb. 6)

DAS EISZEITALTER

DIE DILUVIALEN EISZEITEN
IHRE WIRKUNGEN UND IHRE URSACHEN

VOLK UND WISSEN SAMMELBÜCHEREI

NATUR UND WISSEN · SERIE L · BAND 2



V O L K U N D W I S S E N

VERLAGS GMBH · BERLIN / LEIPZIG

I N H A L T	Vorwort	3
	A. Wesen und Gliederung des Eiszeitalters	4
	B. Die Inlandeisdecken im Eiszeitalter, ihre Wirkungen und Ablagerungen . . .	6
	1. Gletscher und Moränen	6
	2. Das Eis in Europa	8
	3. Außereuropäische Vereisungen	9
	C. Die Wirkungen der Eiszeiten in den nicht vereisten Gebieten der gemäßigten Zonen	11
	1. Sander und Schotterfluren	11
	2. Flußterrassen	11
	3. Der Löß	12
	D. Die Klimate im Eiszeitalter	13
	E. Die abflußlosen Seen im Eiszeitalter . .	15
	F. Das Weltmeer im Eiszeitalter	16
	G. Die Pflanzen- und Tierwelt im Eiszeitalter	17
	H. Der Mensch im Eiszeitalter	19
	J. Die Ursachen der Eiszeiten und die ab- solute Zeitrechnung des Eiszeitalters . .	23
	Nachwort	28
	Fach- und Fremdwörter	29
	Aus dem Schrifttum	32

PREIS 60 PFENNIG

Bestell-Nr. 12534

Gesetzt von B. G. Teubner in Leipzig (M 109)
 Druck des Innenteils und Umschlages Mittelfeldische
 Druckerei und Verlagsanstalt G. m. b. H. Zweigstelle
 Magdeburg (33)
 1.-100. Tausend 1948 · Lizenz-Nr. 334 · 1000/47-814
 Alle Rechte vorbehalten

V O R W O R T

Dieser Band, den der bekannte und verdienstvolle Eiszeitforscher Rudolf Grahmann, Chefgeologe der Deutschen Geologischen Landesanstalt, verfaßt hat, ist der erste einer Reihe von weiteren Bänden, die sich mit dem Problem der Eiszeiten beschäftigen und in unserer Serie L Geologie erscheinen sollen. Wir hoffen, in diesen Bänden, für die Dr. Grahmann seine Erfahrungen und sein umfangreiches Wissen zur Verfügung gestellt hat, das Problem der Eiszeiten umfassend nach dem derzeitigen Stand der Forschung darstellen zu können, wobei über alle Beschreibungen der einzelnen Vereisungen mit ihren Wirkungen hinaus fortgeschritten werden soll zur eigentlichen von der Forschung noch nicht restlos beantworteten Frage nach den Ursachen. Im vorliegenden Band, der aufgefaßt werden kann als Auftakt und Einleitung zum Gesamtvorhaben »Eiszeit« in unserer Gruppe »Natur und Wissen«, gibt der Verfasser einen klar gegliederten zeitlichen und räumlichen Überblick der diluvialen Vereisungen.

A WESEN UND GLIEDERUNG DES EISZEITALTERS

Der französische Zoologe G. CUVIER (1739–1832), der als erster auch die ausgestorbenen Wirbeltiere erforschte, hatte die Vorstellung, daß diese jeweils durch eine Katastrophe umgekommen seien, die alles Lebende auf der Erde vernichtete, worauf der Schöpfer eine neue, bessere Welt bildete, die dann abermals einer allgemeinen Zerstörung zum Opfer fiel, um wiederum einer neuen, fortgeschrittenen Schöpfung Platz zu machen. Diese »Katastrophen-theorie« wurde schließlich durch die Erkenntnis einer stetigen Entwicklung der Lebewelt abgelöst. Eine solche läßt sich in Europa durch alle Formationen bis zum Ende der Tertiärzeit verfolgen.

Dann aber trat in der jüngsten der geologischen Formationen, dem Quartär, ein Ereignis ein, das in seiner Art und Wirkung als Katastrophe im Sinne CUVIERs bezeichnet werden könnte: die Eiszeit. In ihr erlangten alle Gletscher des Erdballs zeitweise viel größere Ausdehnung als heute. Aus den Alpen drangen sie bis weit in das Vorland; die Britischen Inseln, ganz Skandinavien und Norddeutschland, Osteuropa, Nordasien, weite Teile Nordamerikas, ebenso aber auch große Gebiete auf der südlichen Halbkugel waren unter Hunderten, ja Tausenden von Metern mächtigen Eises begraben. Es ist eine höchst eindrucksvolle, viel zu wenig bekannte und gewürdigte Tatsache, daß beispielsweise unsere europäische Welt, nachdem sie sich durch Jahrmillionen allmählich und ruhig gestaltet hatte, im Laufe einiger Jahrhunderttausende so grundlegend geändert wurde, daß die erst wenige Jahrtausende alte Entwicklung zum heutigen Zustande gewissermaßen als Neuschöpfung erscheint. Das Quartär beansprucht schon aus diesen Gründen unsere besondere Aufmerksamkeit, obwohl es von viel kürzerer Dauer war als die vorausgegangenen Formationen. Außerdem aber stand an seinem Beginn die Geburtsstunde des Menschengeschlechts, dessen Urgeschichte in das Eiszeitalter fällt. Dieses trägt bei den Geologen seit langem die Bezeichnung *Diluvium*, was eigentlich Überschwemmung bedeutet. Man war nämlich früher der Meinung, die meisten aus Sand, Kies oder Lehm bestehenden Ablagerungen dieses Zeitalters stammten von einer großen, weite Teile der Erde überschwemmenden Flut, der in der Bibel erwähnten Sintflut.

Nachdem man das wahre Wesen dieser Bildungen erkannt hatte, bezeich-

nete man das Diluvium häufig als Glazial, vom lateinischen Worte glacies, das Eis, abgeleitet. Es hat sich jedoch bald herausgestellt, daß im Diluvium nicht nur eine, sondern mehrere Eiszeiten eintraten, die alle als Glaziale angesehen werden können. Zwischen ihnen aber lagen warme Zeiten, die als Interglaziale oder Zwischeneiszeiten bezeichnet werden, obwohl der Ausdruck Zwischenwarmzeiten entschieden besser und treffender wäre. Das ganze Diluvium erhielt so den Namen Eiszeitalter.

Die Feststellung, wie viele Eiszeiten im Diluvium aufeinander folgten, also die Gliederung des Eiszeitalters, hat manche Schwierigkeiten bereitet und ist noch jetzt nicht allenthalben geglückt. In den Alpen hat schon um das Jahr 1865 der Schweizer v. MORLOT darauf hingewiesen, daß mindestens eine zweimalige Vergletscherung bis in das Vorland angenommen werden müsse, zwischen der die Alpengletscher etwa auf ihren heutigen Stand zurückwichen. Später haben dann die deutschen Forscher A. PENCK und E. BRÜCKNER eine viermalige Vergletscherung der Alpen festgestellt. Sie gaben diesen die folgenden, nach kleinen Alpenflüßchen geprägten Namen:

Günzeiszeit, Mindeleiszeit, Ribbeiszeit, Würmeiszeit. Diese vier Ausdrücke sind so in alle Arbeiten über Eiszeitfragen eingegangen, daß man sie zum Verständnis auch der Urgeschichte der Menschheit, nämlich der fossilen Menschenreste und des Steinzeitalters, nicht entbehren kann. In Norddeutschland hat man bisher nur drei Eiszeiten mit Sicherheit erkennen können. Sie erhielten zunächst besondere Bezeichnungen, und zwar Elstereiszeit, Saaleeiszeit, Weichseleiszeit.

Es hat sich nach und nach als völlig sicher erwiesen, daß diese drei norddeutschen Eiszeiten den letzten drei der Alpen entsprechen. So sind die norddeutschen Namen überflüssig geworden und werden daher immer weniger angewendet. Auf den Britischen Inseln sind ebenfalls drei Eiszeiten zu unterscheiden, die sehr wahrscheinlich mit den drei norddeutschen übereinstimmen. Im Kaukasus und auch im südlichen Himalaja ist eine der alpinen weitgehend entsprechende Gliederung des Eiszeitalters durchgeführt worden. Auch für die Hochgebirge Mittelasiens gilt, daß sie mehrere Male vereist gewesen sind.

In Nordamerika werden fünf Eiszeiten unterschieden, von denen die beiden letzten mit größter Wahrscheinlichkeit den beiden jüngeren Europas entsprechen. Für die älteren Eiszeiten Nordamerikas ist eine Gleichsetzung mit den unseren noch nicht sicher. Es ist aber anzunehmen, daß in Nordamerika der Ablauf des Eiszeitalters nicht sehr verschieden von dem in Europa war, und daß nur die sehr verworrenen Verhältnisse bisher eine klare Deutung der Erscheinungen verhindert haben.

Auch die gemäßigten Länder der südlichen Halbkugel, ja selbst die Hoch-

gebirge der Tropen tragen die Spuren mehrmaliger diluvialer Vergletscherungen, doch sind hier noch keine weiteren Untergliederungen festgelegt. So zeigt sich das diluviale Eiszeitalter auf der ganzen Erde als die Zeit sich mehrfach wiederholender einschneidender Klimawandlungen, die unter besonderen Bedingungen zum Wachstum der Gletscher und zur Bildung von ausgedehnten und mächtigen Inlandeisdecken führten.

B DIE INLANDEISDECKEN IM EISZEITALTER, IHRE WIRKUNGEN UND ABLAGERUNGEN

1. Gletscher und Moränen

Alle Gletscher bewegen sich, sie fließen, zwar im allgemeinen äußerst langsam, aber doch merklich. Dabei nehmen sie die Steine des Untergrundes, sofern sie locker sind oder infolge des pressenden Eisdruckes ausbrechen, auf und schieben sie ebenfalls mit vorwärts. So bildet sich im untersten Teile des Eises ein Gemenge aller der Gesteins- und Erdarten, über die der Gletscher hinwegglitt, ein Gemenge, das durch Eis zusammengebacken ist und einen wirklichen Eisbeton darstellt: die Grundmoräne. Dieser rauhe Eisbeton wirkt unter der Belastung durch das mächtige, sich vorwärts schiebende Gletschereis wie ein Schleifstein. Er schleift den felsigen Untergrund glatt und erzeugt auf ihm deutliche, gleichlaufende Kritzen, die sogenannten Gletscherschliffe. Bei diesen Vorgängen werden alle Felsbuckel, Vorsprünge und Grate ihres Verwitterungsschuttes beraubt und schließlich auch der darunterliegende gesunde, harte Fels abgeschabt und gerundet. Ein Tal erhält durch die auf

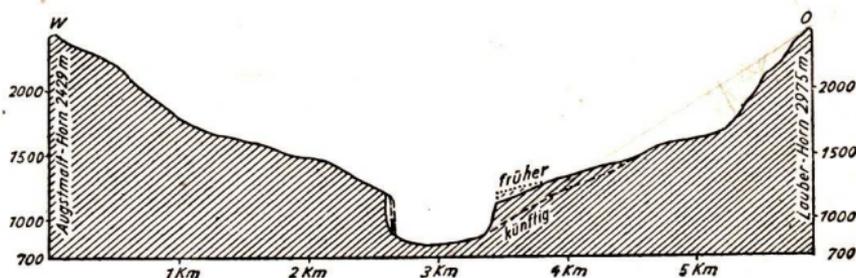


Abb. 1. Überhöhter Querschnitt durch das Tal des Lütischne.
Eingesenkter Gletschertrog (nach G. Wagner)



Abb. 2. Schematisches Bild des Eisrückzuges. Vorn älterer Moränenwall (schwarz = Moräne, verzahnt mit Schmelzwasserschottern, rechts jüngere Endmoräne. Die Schmelzwasser haben den äußeren Moränenwall durchbrochen (nach G. Wagner)

breiter Front erfolgende schleifende und scheuernde Abtragung des Gletschers einen breiten Querschnitt mit steilen Talwänden und flachem Boden. Man spricht dann von einem U-Tal oder einem Trogtal (Abb. 1). Auch viele der in der Grundmoräne eingebackenen Geschiebe erhalten bei diesen Vorgängen Schrammen. Sie werden als gekritzte Geschiebe bezeichnet. Infolge der beständigen Schleifwirkung auf dem Felsuntergrunde sind die aus dem Gletscher hervorbrechenden Schmelzwässer, die den bezeichnenden Namen »Gletschermilch« erhalten haben, wie die Abwässer an jedem Schleifstein, immer trüb.

Die Grundmoräne wird vom Eise bis zu seinem Rande mitgeschoben. Hier häuft sie sich im Laufe der Zeit als Stirn- oder Endmoräne an, meistens durch Schmelzwässer ausgewaschen und ihrer feineren tonig-bindigen Bestandteile beraubt, ein unregelmäßig oder gar nicht geschichtetes wirres Haufwerk von Sand, Kies und großen Blöcken aller Art der im Einzugsgebiete des Gletschers auftretenden Gesteine.

Nach dem Abschmelzen des Gletschereises bei Eintritt wärmeren Klimas blieben die Endmoränen als Wälle zurück (Abb. 2), es hinterblieb die Grundmoräne als weite Decke, es erschienen die vom Eise gerundeten und geschliffenen Felsen als Rundhöckerlandschaft, in den Gebirgen wurden die breiten Trogtäler frei. Diese heute sichtbaren Anzeichen sind Beweise für die einstige Bedeckung eines Landes mit Gletschereis. Mit ihrer Hilfe läßt sich die ehemalige Verbreitung des Gletscher- oder Inlandeises feststellen.

Die drei oder vier Vereisungen, die in Europa zu unterscheiden sind, gingen jeweils von den gleichen Hochgebirgen aus. Aber die Ausdehnung des Eises war nicht immer die gleiche. Ganz allgemein, und dies gilt nach dem Stande unseres Wissens für die ganze Erde, hatte die letzte Vereisung, die der Würmeiszeit, die kleinste Ausdehnung. Man kann die Endmoränenwälle der Würm-

eiszeit überall als solche erkennen und verfolgen. Auch die Seen, die durch sie aufgestaut sind oder die durch die ausschürfende Wirkung des mächtigen Gletscher- oder Inlandeises entstanden, sind allenthalben noch erhalten. Anders bei den älteren Vereisungen. Die Endmoränenzüge der Riß- und gar der Mindelzeitszeit sind infolge späterer Abtragung verwaschen, häufig fast eingeebnet oder nur noch lückeweise erhalten und schwer erkennbar. Seen, die den Wirkungen älterer Eiszeiten ihre Entstehung verdanken, gibt es überhaupt nicht mehr. Soweit sie vorhanden waren, sind sie verlandet und verschwunden.

2. Das Eis in Europa

Während der Eiszeiten waren in den Alpen die Firnbecken, aus denen die Gletscher genährt werden, nicht voller als heute. Aber da infolge der kalten Sommer die Abschmelzung sehr gering war, so wuchsen die Gletscher immer länger. Sie füllten die Täler, vielfach mehr als 1000 m dick, und breiteten sich vor den West- und Nordalpen fächerförmig aus, wogegen sie nach der verhältnismäßig warmen Poebene nur in einzelnen Zungen vordrangen. Die Ausdehnung der alpinen Vereisung ergibt sich aus der Karte auf der Titelseite. Diese läßt allerdings nicht erkennen, daß viele Alpengipfel auch in den älteren Vereisungen über die Eisdecke herausragten. Alle die bekannten schönen Seen am Alpenrande liegen innerhalb des Bereiches der letzten Vereisung. Die Rißvereisung hatte eine größere Ausdehnung besonders im Westen und Norden, nicht dagegen im Südosten, wo allein die letzte Vereisung die stärkste war. Nördlich von den Ostalpen drang das Eis der Mindelzeitszeit am weitesten vor. Die alpine Eisdecke hatte während der letzten Eiszeit eine Größe von 151 000 qkm, zur Zeit der größten Vergletscherung eine solche von 179 000 qkm. Dagegen sind gegenwärtig in den Alpen nur 3800 qkm von Eis bedeckt. Ungleich großartiger als die diluvialen Vereisungen der Alpen waren die Nordeuropas. Sie gingen in der Hauptsache von dem skandinavischen Hochgebirge aus. Von hier drang das Eis durch die Täler nach Westen zu, schürfte diese immer tiefer und formte sie zu den heutigen Fjorden Norwegens um. Die aus diesen vordringenden Eisströme flossen im Westen des Gebirges offenbar zusammen und bildeten eine Vorlandvergletscherung, die erst weit draußen im tieferen Meere durch eine Kalbungsfront begrenzt war. Hier brachen von Zeit zu Zeit mächtige Eisberge ab. Während der älteren Eiszeiten drang das skandinavische Eis über das Gebiet der Nordsee bis nach Südengland vor und vereinigte sich hier mit den aus den schottischen, nordenglischen und nordirischen Gebirgen kommenden Eisdecken. Zu gleicher Zeit lagen auch Holland und das Gebiet des Niederrheins unter dem nordischen

Eise. Gegen Süden setzten diesem die deutschen Mittelgebirge, weiter im Osten die Sudeten und Beskiden Schranken. Doch in der weiten russischen Ebene konnte sich das Inlandeis frei entfalten. Am Dnjepr drang es bis zum 49., am Don bis zum 50. Breitengrad nach Süden vor. In Nordrußland vereinigte sich der skandinavische Eisschild mit einem vom nördlichen Ural und von Nowaja Semlja stammenden. So war schließlich eine von Irland bis Nordwestsibirien sich ausdehnende Eisdecke vorhanden, deren größte Ausdehnung mit 13 Millionen qkm berechnet wird. Das ist mehr als die Größe Europas und entspricht der Größe der heutigen Eisdecke des antarktischen Kontinents.

In der letzten Eiszeit war die Ausdehnung des skandinavischen Eises viel kleiner. Es überschritt südwärts nirgends die Elbe. Die Südgrenze der norddeutschen Seenlandschaft bildet gleichzeitig die der letzten Vereisung. Sie ist auch durch Endmoränen und andere glaziäre Aufschüttungsformen gekennzeichnet. Man hat nach deren Verlauf verschiedene Abschmelzstadien unterschieden. Als wichtigste ist das Baltische Stadium anzusprechen, während welchem mächtige Endmoränen aufgeschüttet wurden, die von Schleswig aus durch ganz Norddeutschland bis über Ostpreußen hinaus verfolgt werden können. Die skandinavische Inlandeisdecke während der letzten Eiszeit erfaßte einen Raum von mindestens 3 Millionen qkm. Das Eis hatte seine größte Mächtigkeit am Westrande des Bottnischen Meerbusens. Es läßt sich errechnen, daß sie hier mindestens 3000 m betrug. Unter der Last des Eises wurde die Erdkruste in die Tiefe gedrückt. Sie sank um ungefähr 700 m ein. Der höchste Scheitel des Eises lag rund 2400 m über dem Meeresspiegel. Von manchen Forschern, so auch vom Verfasser, wird angenommen, daß das Gebiet der Nordsee auch in der Würmeiszeit vom skandinavischen Inlandeis bedeckt war.

Natürlich waren in dem kalten Klima der Eiszeiten auch andere hohe Gebirge Europas vergletschert. Das gilt im besonderen für die Pyrenäen und für den Kaukasus, weiterhin auch für das Zentralplateau in Frankreich, für Teile des Apennin, für die Gebirge der Balkanhalbinsel und für die Hohe Tatra. Aber selbst viele unserer Mittelgebirge trugen Gletscher von mitunter sehr beachtlicher Länge, so die Vogesen, der Schwarzwald, der Böhmerwald und das Riesengebirge. Auch in all diesen Gebirgen ist jeweils die Ausdehnung der letzten Vereisung durch die Seen bestimmt, die, hinter Endmoränen aufgestaut, heute den ehemals vergletscherten Gebirgen einen besonderen Reiz verleihen.

3. Außereuropäische Vereisungen

Die Vereisungen der außereuropäischen Erdteile können hier nur gestreift werden. Man vergleiche hierzu Abb. 3. In erster Linie ist die riesige Eisdecke zu

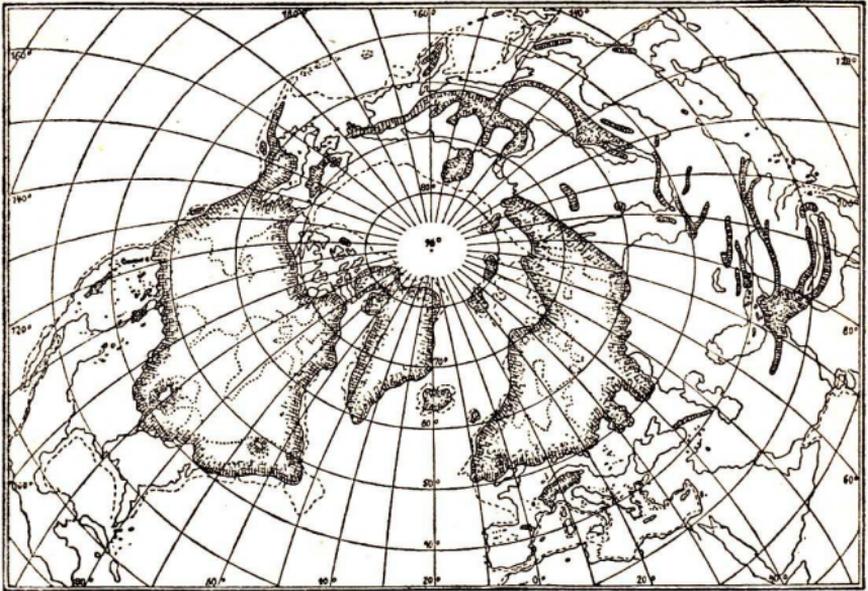


Abb. 3. Maximale Ausdehnung der diluvialen Vereisungen auf der Nördlichen Halbkugel.
Nach neueren sowjetischen Forschungen war Ostsibirien stärker vereist

nennen, die in Nordamerika während ihrer größten Ausdehnung südwärts fast bis zum 38. Breitenkreis reichte. Sie ging von mindestens drei Zentren aus. Deren westlichstes lag in den Kordillern, das mittlere dicht östlich der Hudsonbai, das östlichste in Labrador. Ihr größter Umfang wird auf mehr als 16 Millionen qkm berechnet. Natürlich war auch Grönland stärker vergletschert als heute und Island gänzlich von Eis bedeckt. Dasselbe gilt für die Färöer. Alle Hochgebirge der Erde, selbst die der Tropen, hatten eine stärkere Vergletscherung als heutzutage. Auf der südlichen Halbkugel waren besonders Südpatagonien mit Feuerland, die antarktischen Inseln, die südliche Insel von Neuseeland und der antarktische Kontinent der Schauplatz stärkster Vergletscherungen.

Die gesamte während der letzten Eiszeit von Gletschern oder Inlandeis bedeckte Fläche wird von dem französischen Geologen G. DUBOIS mit 36½ Millionen qkm berechnet. Für die größte Ausdehnung des Eises gibt derselbe Forscher 41½ Millionen qkm an. Der finnische Geologe W. RAMSAY hat dagegen 56,7 Millionen qkm errechnet. Demnach war ein Viertel bis ein Drittel der gesamten Landoberfläche der Erde zeitweise unter mächtigem Eis begraben.

C DIE WIRKUNGEN DER EISZEITEN IN DEN NICHTVEREISTEN GEBIETEN DER GEMÄSSIGTEN ZONEN

1. Sander und Schotterfluren

Die Wirkungen der Vereisungen endeten nicht an den Rändern der Gletscher und der Eisschilde, sondern sie erstreckten sich auch weit in deren Vorland. Von den Eisrändern her wurden durch die Schmelzwässer große Mengen Kies, Sand und Schlamm in das Vorland verfrachtet und teils in bereits vorhandenen Tälern, teils über weite Ebenen aufgeschüttet. So entstanden vor den Ausgängen der Alpentäler sowohl nach Süden gegen die Poniederung wie auch nach Westen und Norden breite Schotterfluren, die mit einem isländischen Wort auch als »Sander« bezeichnet wurden. Im norddeutschen Vereisungsgebiete sind solche Sander hauptsächlich vor dem Eisrande des oben erwähnten Baltischen Stadiums der Würmeiszeit entwickelt. An den Rändern der älteren Eisrandlagen sowohl der Würmeiszeit wie der Rib- und Mindel-eiszeit sind zwar ebenfalls große Anhäufungen von Kiesen und Sanden erfolgt, jedoch haben diese meistens nicht die Form der sich fächerartig ausbreitenden Sander, weil hier das Land sich nicht vom Eisrande nach außen abdacht, sondern im Gegenteil in ganz Mitteldeutschland die Landoberfläche sich gegen den Eisrand zu senkt. Daraus ergaben sich recht verwickelte Abflußverhältnisse, sowohl für die Schmelzwässer als auch für die von Süden herabkommenden, gegen das Inlandeis strömenden Flüsse.

2. Flußterrassen

Die Mittelgebirge trugen in den Eiszeiten keinen Wald, ja nicht einmal Matten, sondern sie waren bis weit herab vollkommen kahl. Das nackte Gestein war schutzlos der Kälte und den Niederschlägen preisgegeben. Der Frost zersprengte es in Blöcke und Scherben, so daß der feste Fels sich mit Schutt bedeckte, der allmählich in die Täler wanderte. Auf diese Weise wurden die Talböden so mit Schuttmassen überladen, daß die Flüsse, die ja überdies einen großen Teil des Jahres gefroren waren und wahrscheinlich nur im Frühling reiche Wassermengen führten, nicht mehr alles fortschaffen konnten. Sie erstickten gewissermaßen unter diesen Zufuhren und füllten ihre Betten mehr und mehr mit Sand und Kies auf. Diesen Vorgang nennt man eine Aufschotterung. Sie ist im nicht vereisten Gebiete kennzeichnend für glaziales Klima. Es erfolgte also in jeder Eiszeit eine Erhöhung der Talböden

durch Schotter, die im allgemeinen 10 bis 20 m mächtig sind. In den Zwischenwarmzeiten jedoch schnitten die Flüsse ihre Täler wieder tiefer ein, zunächst durch die Schotterdecke und dann häufig noch in das darunterliegende Gestein. Von den Schotterdecken blieben dadurch meistens nur Reste erhalten, die einen Talzug hier und da begleiten. Sie bilden Stufen am Hange und werden allgemein als Flußterrassen bezeichnet. Ihre Schotter enthalten häufig Muschel- und Schneckenhäuser sowie Knochen und Zähne von Säugetieren, die in den Fluten ertrunken sind.

3. Der Löß

Die mächtige über Norwegen lagernde Inlandeisdecke hatte natürlich eine stark abkühlende Wirkung auf die überlagernden Luftmassen. Kalte Luft aber ist bekanntlich schwerer als warme. So bildete sich über der Eisdecke ein Kern verdichteter, schwerer Luft, ein sogenanntes Hochdruckgebiet, auch Antizyklone genannt. Diese schwere Luft glitt dauernd von dem Eise in das Vorland, wobei sie sich zwar etwas erwärmte, dabei immer noch recht kalt, auf jeden Fall jedoch sehr trocken blieb. In Mitteldeutschland herrschten infolgedessen, hauptsächlich wohl während des Sommers, beständige Winde aus nordöstlicher bis östlicher Richtung. Diese Winde wehten das von den Schmelzwässern auf den Sanderflächen, von den Flüssen auf ihren Schotterbetten abgesetzte Feine aus, trugen diesen Staub südwestwärts und lagerten ihn dann am Nordrande der Mittelgebirge wieder ab, wo er durch eine niedrige Pflanzendecke, vielleicht auch durch Gestrüpp, das den Wind brach, festgehalten wurde. Im Laufe von Jahrtausenden bildeten sich auf diese Weise Staubablagerungen, die in Mitteleuropa meist nur wenige Meter stark sind, jedoch örtlich 10 bis mehr als 20 m mächtig werden. Infolge eines immer vorhandenen Gehaltes an Kalk hat sich dieser Staub etwas verfestigt. Er wird als Löß bezeichnet.

Der Löß ist von der Westspitze Frankreichs durch ganz Mitteleuropa über die große ungarische Tiefebene, im unteren Donaugebiet und im südlichen Rußland bis in die Kubansteppe verbreitet. Er findet sich nur im Flach- und Hügellande. Seine obere Grenze liegt in West- und Mitteleuropa meistens 300 bis 400 m, am Karpatenrande 600 m hoch. Nicht überall waren die vom nord-europäischen Inlandeis stammenden Fallwinde die Verfrachter des Lößstaubes. Im Umkreis des alpinen Vereisungsgebietes beispielsweise müssen auch Westwinde an der Ablagerung des Lößstaubes beteiligt gewesen sein. Heute bildet der Löß die besten und ertragreichsten Böden. Man kann sagen, daß er, weithin die unfruchtbaren Sand- und Kiesfelder älterer Eiszeiten bedeckend, einen wahrhaften Segen über ausgedehnte Gebiete der gemäßigten Zonen brachte (Abb. 4).

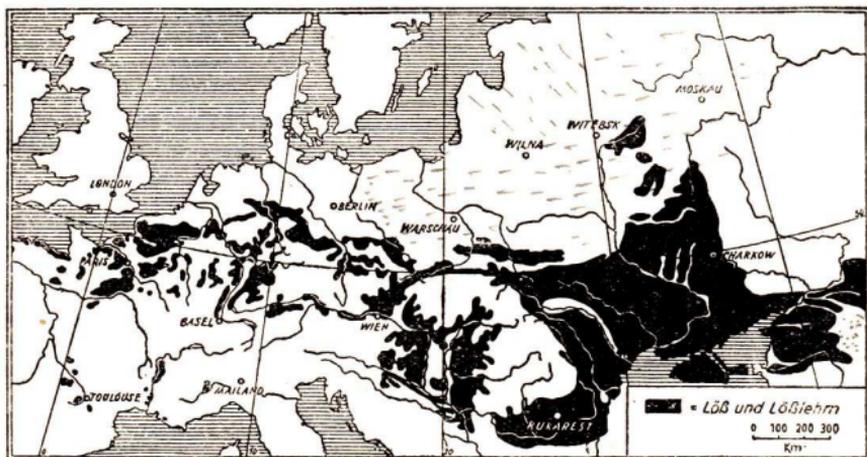


Abb. 4. Verbreitung des Lösses in Europa (nach R. Grahmann)

Zu jeder Eiszeit gehört eine Lössbildung. Da aber der Löss sehr leicht abgewaschen werden kann, sind die älteren Lössе meistens nur dort erhalten, wo die Abtragung gering war, beispielsweise in der ungarischen Ebene und in Südosteuropa. Hier finden sich weithin mehrere Lössе übereinander. Sie sind durch interglaziale Verwitterungszonen, sogenannte *b e g r a b e n e B ö d e n*, voneinander getrennt.

Auch an das nordamerikanische Vereisungsgebiet grenzt ein breiter eiszeitlicher Lössgürtel. Dasselbe ist in den Pampas Südamerikas der Fall. Die ausgedehntesten und mächtigsten Lössablagerungen weist China auf. Sie sind hier jedoch nicht ausschließlich eiszeitlichen Ursprungs, sondern bilden sich noch heute weiter, wobei die innerasiatischen Wüsten die Herkunftsgebiete des Staubes sind.

D DIE KLIMATE IM EISZEITALTER

Während der Eiszeiten rückten die Klimagürtel jeweils gegen den Äquator, in den Zwischenwarmzeiten jedoch polwärts. So hatte in den Eiszeiten das Mittelmeergebiet ein gemäßigtes feuchtes Klima, das in Italien Wälder von Kiefern, Fichten, Tannen und Birken gedeihen ließ. Der Nordrand der Sahara-wüste war damals mindestens 500 km nach Süden gedrängt worden.

Es ist sehr reizvoll, das Klima für die Hochstände der Eiszeiten und auch für die Zwischenwarmzeiten zu ermitteln. Dafür stehen biologische und geologische Beweismittel zur Verfügung. Was die ersteren anlangt, so sind solche floristischer Art beweiskräftiger als die der Tierwelt, weil diese im allgemeinen sich leichter und rascher anpaßt und weil manche Tiere durch ihre jahreszeitlichen Wanderungen das Bild stark verwischen können.

Das Klima der Zwischenwarmzeiten war nach den Zeugnissen der Pflanzenwelt bei uns dem heutigen ähnlich, zeitweise sogar noch wärmer. Das zeigt das Vorkommen von Magnolia, Weinrebe, Walnuß, pontischem Rhododendron und anderen heute unserer natürlichen Flora nicht mehr angehörigen Pflanzen. Auch die Tierwelt, zum Beispiel das Auftreten von Flußpferden im Rheingebiete, deutet in die gleiche Richtung. Von geologischen Befunden erscheint besonders wichtig, daß in den Zwischenwarmzeiten die Schneegrenze in den Alpen um rund 300 m höher lag als heute.

Für das Klima der Eiszeiten sind dagegen Pflanzen kennzeichnend, die heute im hohen Norden jenseits der polaren Baumgrenze beheimatet sind, beispielsweise kriechende Weiden, Zwergbirke und Silberwurz. Auch die heute dort lebenden Tiere waren in den Eiszeiten bei uns zu Hause. Unser Klima war also damals ähnlich dem der heutigen Tundragebiete. Die Erniedrigung der alpinen Schneegrenze um 1200 m und mehr in den Eiszeiten deutet in gleiche Richtung. Man hat aus diesen Erscheinungen auf eine eiszeitliche Temperatursenkung um 8 bis 10° geschlossen. Neuerdings ist aus dem Nachweis von dauernd gefrorenem Boden (Frostboden) in der Würmeiszeit für Dresden eine Durchschnittstemperatur im Winterhalbjahr von $-15,3^{\circ}$ errechnet worden, wogegen sie heute $+3,3^{\circ}$ beträgt. Die mittlere Temperatur des Sommerhalbjahres lag bei 0° oder darunter; nur der wärmste Monat kam ungefähr an 10° heran. Das entspräche einer eiszeitlichen Senkung des Jahresmittels um mehr als 13° . Solche Klimaverhältnisse herrschen heute an der unteren Petschora im nordöstlichsten Teile des europäischen Rußland.

Viele Anzeichen deuten darauf hin, daß unser eiszeitliches Klima recht trocken war. Es war zumindest kontinentaler als jetzt, weil die Küste des Meeres infolge tieferer Lage des Ozeanspiegels viel weiter im Westen lag und der klimatische Einfluß von Nordsee und Ostsee überhaupt wegfiel. Auch die von dem Inlandeis herabkommenden Fallwinde wirkten austrocknend.

E DIE ABFLUSSLOSEN SEEN IM EISZEITALTER

Der Wasserhaushalt der abflußlosen Seen in den Steppen und Wüsten der Trockengürtel der Erde wird allein durch Zufluß und Verdunstung geregelt. Ihre Spiegel antworten daher in empfindlicher Weise auf Schwankungen der Niederschläge und der Verdunstungsstärke. Warme oder trockene Zeiten werden die Seespiegel senken, kühle oder feuchte dagegen heben. Abflußlose Seen mußten also in ihren Spiegelschwankungen den Ablauf der diluvialen Klimate widerspiegeln. Sie hatten in den Eiszeiten hohe Wasserspiegel, in den Zwischeneiszeiten dagegen niedrige.

Das Tote Meer in Palästina war der erste See, an dem diese Erscheinungen beobachtet worden sind, und zwar im Jahre 1865 durch den Franzosen L. LARTET. Er führte sie auch richtig auf die Einflüsse der Eiszeit zurück, die im Libanongebiet deutliche Moränen zurückgelassen hat. Ungleich großartiger sind die Verhältnisse im Great Basin zwischen der kalifornischen Sierra Nevada und dem Wasatch-Gebirge in den nordamerikanischen Weststaaten, einem Trockengebiet mit abflußlosen Seen, von denen der Große Salzsee der bedeutendste ist. Ehemals waren alle diese Seen viel größer. Ihre Spiegel lagen mitunter mehr als 300 m höher als heute. Dagegen schrumpften sie nachweislich in einer Zwischenwarmzeit mindestens einmal sehr stark, möglicherweise bis zum völligen Verschwinden, ein.

Ähnliche Verhältnisse haben im Eiszeitalter zweifellos an vielen der abflußlosen Seen Zentralasiens, aber auch in Vorderasien und in Nordafrika geherrscht, doch sind wir darüber bis jetzt nur wenig unterrichtet. Dagegen bietet die Geschichte des Schwarzen Meeres und des Kaspisees im Quartär wohl das schönste Beispiel dieser Art. Am Kaspisee sind im Diluvium mindestens drei ausgedehnte Anschwellungen zu unterscheiden, die in den Eiszeiten erfolgten. Dazwischen aber schrumpfte der See in den Zwischenwarmzeiten stark ein und war zeitweise kleiner als heute. Während der Eiszeiten wurden dem Kaspri durch die Wolga die Schmelzwässer des von Skandinavien nach Rußland vorgedrungenen Inlandeises zugeführt. Außerdem aber empfing er auch Zuflüsse aus dem heute ebenfalls abflußlosen Aralsee durch ein jetzt trocken liegendes Tal und damit weitere aus der Kirgisensteppes und aus Turkistan. Andererseits hatte der Kaspri in den Eiszeiten einen Abfluß über die Manytschniederung zum Schwarzen Meer. Dieses war zunächst selbst ein großer Binnensee. Sein Spiegel schwankte gleichsinnig mit dem des Kaspisees. Im Laufe der letzten Zwischenwarmzeit aber bekam das Schwarze Meer Anschluß an das Mittelmeer, dessen Spiegel, wie wir noch zeigen werden, sich in der letzten Eiszeit um 80 bis 100 m senkte. Die geringere Tiefe des Bosphorus

und der Dardanellen ließ aber den Spiegel des Schwarzen Meeres nur um etwa 40 m absinken. Daher ergoß sich aus dem Schwarzen Meer ein starker Strom in das Ägäische Meer. So erstreckte sich das Einzugsgebiet des östlichen Mittelmeeres ostwärts bis zu Hindukusch, Pamir und Tienschan, nordwärts bis zum Ural und bis zum Scheitel des skandinavischen Inlandeises.

F DAS WELTMEER IM EISZEITALTER

Jedes Wasserteilchen, das oberhalb der Schneegrenze als Schnee fällt, zu Firn und schließlich zu Gletschereis wird, ist so lange aus dem allgemeinen Wasserkreislauf ausgeschaltet, bis es im Zehrgebiet des Gletschers schmilzt oder unmittelbar verdunstet. Natürlich konnte eine so mächtige Hortung von Eis, wie sie während der Eiszeiten auf dem Festlande stattfand, nicht ohne Einfluß auf die scheinbar unerschöpflichen Wassermengen des Weltmeeres sein. Dessen Wasserspiegel mußte infolgedessen während der Eiszeiten absinken. Beim Abschmelzen der mächtigen Eisdecke dagegen stieg der Ozeanspiegel wieder an. Im Falle eines Abtauens der heute noch vorhandenen Gletscher und Inlandeisgebiete, die insgesamt 15,4 Millionen qkm bedecken, würde sich dieser Anstieg fortsetzen.

Unter Annahme einer mittleren Eisdicke in Grönland und auf dem Südpolfestland von 1,2 km und einer solchen von 0,3 km für die übrigen Gletscher berechnet der Gletscherkundler H. HESS eine gesamte Eismenge von 18 Millionen cbkm, deren Wegschmelzen den Ozeanspiegel um 49,5 m erhöhen würde. Der Geograph A. PENCK hat eine Hebung des Ozeanspiegels um 55 m errechnet, durch die etwa 10 Millionen qkm Land ertränkt werden würden, darunter auch weite Teile Norddeutschlands.

Es ergibt sich also, daß zu Zeiten, wo nur kleinere Wassermengen als Eis auf dem Festlande gehortet waren, der Ozeanspiegel höher gelegen haben muß als heute. Tatsächlich findet man an vielen Küsten der Erde alte, von der Brandung erzeugte Uferlinien über dem heutigen Meeresspiegel, die zum Teil von den Meeren der Zwischenwarmzeiten geformt worden sind. Dies ergibt sich auch recht deutlich aus den älteren Ablagerungen westeuropäischer Flüsse. So liegt beispielsweise die Mündung der Themse für die Minde!-Riß-Warmzeit um rund 30 m, für die Riß-Würm-Warmzeit um rund 15 m über dem heutigen Meeresspiegel.

Den hohen Ozeanspiegeln in den Warmzeiten stehen niedrige in den Eiszeiten gegenüber. Diese sind jedoch der unmittelbaren Beobachtung entzogen.

Man muß daher versuchen, die Absenkung rechnerisch festzustellen aus der Größe der ehemals vergletscherten Flächen und der Eisdicke. Außerdem aber sollte man wissen, ob die Vereisung überall auf der Erde gleichzeitig war. Das ist im ganzen zwar wahrscheinlich, doch haben sicherlich gewisse zeitliche Verschiebungen zwischen der nördlichen und südlichen Halbkugel bestanden, die sich aus deren verschiedener Lage zur Sonne und der dadurch bedingten unterschiedlichen Strahlung ergeben (vgl. hierzu Kapitel J dieses Bandes). Infolge dieser unsicheren Grundlagen weichen die Berechnungen verschiedener Gelehrter etwas voneinander ab. Der französische Geologe G. DUBOIS errechnete für die größte Vergletscherung eine Senkung des Meeresspiegels um 131 m, für die letzte Vereisung um 80 bis 100 m. Der letztere Wert entspricht gut der Berechnung des schwedischen Geologen E. ANTEVS; die auf 83 bis 93 m lautet. Dagegen hat der finnische Geologe RAMSAY für die größte Vereisung eine Spiegelsenkung von 183 m errechnet. RAMSAY nahm größere Dicken des Inlandeises an, berücksichtigte auch die Wassermengen, die unter eiszeitlichen Klimaten in den vergrößerten Binnenseen gehortet waren, und setzte auch einen Betrag in Rechnung, um den der Boden des Ozeans wegen seiner Entlastung durch die entnommenen Wassermengen sich gehoben hatte. Durch die Senkung des Ozeanspiegels wurden breite Küstenstriche zu Land, viele Inseln tauchten auf, und so wurde der durch die Eisdecken eingeengte Lebensraum vergrößert. Die beim Wiederanstieg des Meeres in den beginnenden Warmzeiten eintretenden Überflutungen gaben dagegen die Lebewelt der im Ozean ertrinkenden Inseln völliger Vernichtung preis. Vielleicht ist beispielsweise das strichweise sehr häufige Vorkommen von Mammutresten am Grunde der Nordsee auf solch ein Ereignis zurückzuführen.

G DIE PFLANZEN- UND TIERWELT IM EISZEITALTER

Über die Pflanzenwelt im Eiszeitalter haben wir bei der Besprechung der Klimate schon kurz berichtet. Wir wissen bereits, daß während der Eiszeiten in Deutschland eine baumlose Vegetation herrschte, wie sie kennzeichnend für die heutigen Tundren der Polargegenden ist. Die nördliche Waldgrenze fand sich in der letzten Eiszeit wahrscheinlich im südlichen Mähren und in Südfrankreich. Der breite, heute ganz Mittel- und Nordeuropa bis nach Asien durchziehende Waldgürtel war weit nach dem Süden abgedrängt. Nadelwälder herrschten in Italien vor; die anspruchsvollen Laubbäume gediehen wahrscheinlich in Spanien, Süditalien und Griechenland. Dagegen kamen diese Ge-

hölze in den Zwischenwarmzeiten jeweils wieder zu uns, dazu, wie schon erwähnt, einige andere, die größere Wärmeansprüche stellten und später weiter im Süden blieben, oder solche, die in Europa ganz ausgestorben sind, wie die Schierlingstanne (*Tsuga*), die Hickory-Eiche und die Magnolie.

Mit der Verschiebung der Klima- und Vegetationsgürtel erfolgte gleichzeitig eine solche der an diese gebundenen Tierwelt. In den Eiszeiten erschienen daher bei uns die Tiere des hohen Nordens. Es kamen das Ren, der Moschusochse, Schneehase und Eisfuchs, der sibirische Lemming und der Vielfraß. Zu ihnen gesellten sich die biologisch in ähnlicher Weise zu wertenden Tiere der Hochgebirgsmatten, Steinbock, Gemse und Murmeltier, Alpenschneehuhn und Schneefink. Aus den östlichen Steppen kam das Steppenmurmeltier, Bobak genannt, zu uns, mit ihm das Wildpferd, der asiatische Wildesel, die Saigantilope, die Springmaus, mehrere Zieselarten und andere Nager, sowie der Steppenfuchs (Korsak). Die Reste dieser Steppentiere werden bei uns besonders häufig im Löß gefunden, was beweist, daß ihnen das Klima während dessen Bildungszeit zusagte. Die eigentlichen Charaktertiere der Eiszeiten aber waren das allgemein bekannte *M a m m u t*, eine große Elefantenart mit langhaarigem Pelz, und das ebenfalls durch einen dichten Pelz vor der Kälte geschützte doppelhörnige *F e l l n a s h o r n*.

Viel weniger fremd als die eiszeitliche Tierwelt erscheint uns die der Zwischenwarmzeiten. In diesen waren die Wälder Mitteleuropas im wesentlichen von den gleichen Säugetierarten belebt wie etwa zu Beginn unserer Zeitrechnung. Es waren Wildschwein, Reh, Edelhirsch, Auerochse, Wisent, Eichhörnchen, Fuchs, Braunbär, Dachs, Iltis, Wildkatze, Luchs und andere mehr. Dazu gesellten sich aber der heute auf das Mittelmeergebiet beschränkte Damhirsch sowie die ausgestorbenen Formen des Riesenhirsches, des Süd- und des Altelefanten (die beide größer waren als das eiszeitliche Mammut) und des Merckschen Nashorns, das zwei Hörner trug, von denen das vordere kleiner war. In Westeuropa bis zum Rhein und seinen Nebenflüssen lebten während der diluvialen Warmzeiten auch Flußpferde von gleicher Art, wie sie heute die Flüsse Afrikas bevölkern.

Zum Schlusse sind noch einige eiszeitliche Tiere zu nennen, die klimatisch recht anpassungsfähig waren. Es sind das Höhlenbär, Höhlenlöwe, Höhlenhyäne und der seltenere Höhlenleopard. Alle tragen ihren Namen daher, daß ihre Knochenreste vorwiegend in Höhlen gefunden werden. In solche zog sich der sehr große Höhlenbär zum Winterschlaf zurück. Viele verendeten hier, und die Höhlenhyänen sowie die Höhlenlöwen fraßen die Kadaver. Nach neueren Untersuchungen scheint in den Zwischenwarmzeiten eine Löwenart bei uns gelebt zu haben. Dagegen dürfte der Höhlen»löwe« der Eiszeiten eher ein Tiger

gewesen sein, der ja auch heute noch in Sibirien an kalte Klimate gewöhnt ist und vielleicht mit den östlichen Tiergesellschaften zu uns kam. Auch manche Leopardnrassen sollen recht widerstandsfähig gegen Kälte sein.

Wie wir sehen, wurden im Eiszeitalter die Tiergesellschaften zum Teil in völlig normaler Weise, das heißt wie die Pflanzengesellschaften, verschoben, so zum Beispiel die alpinen Faunen und die Tundra- und die Waldfaunen. Im Falle der südrussischen Steppenfaunen jedoch mußte bei Beginn der letzten Eiszeit eine Anpassung an die Trockentundra erfolgen, weil Schwarzes Meer, Kaukasus und Kaspisee ein südliches Ausweichen der Steppe und ihrer Bewohner nicht gestatteten. In eine besonders schlimme Lage konnten Tiere geraten, die auf Inseln lebten. Sie waren der Klimaverschlechterung und der dadurch erfolgenden Änderung der Lebensbedingungen ausgesetzt, ohne ausweichen zu können. So starben sie entweder aus oder veränderten sich. Ein auffälliges Beispiel dafür sind die Zwergelufanten und die Zwergflufpferde sowie Zwergformen des Bären und Fuchses, die sich in der letzten Eiszeit auf Sardinien, Sizilien, Malta, Kreta und Zypern aus großen Formen entwickelten, offenbar weil die veränderte Pflanzenwelt ihnen nicht mehr die Lebensbedingungen bot, deren sie zum normalen Großwuchs bedurften. Die Forschungsergebnisse über die Bedeutung der ergänzenden Lebensstoffe (Vitamine) und Wuchsstoffe (Hormone) lassen die Entstehung solcher Zwergarten in neuem Lichte erscheinen.

H DER MENSCH IM EISZEITALTER

Die Entwicklung und Entfaltung des Menschen, dessen Spuren seit dem Beginn der Eiszeit kaum mehr abreißen, erfolgten unter dem vielfachen Wechsel der sich dauernd, wenn auch langsam, so doch unerbittlich ändernden Lebensbedingungen. Klimawechsel und die durch ihn bedingten Veränderungen der Pflanzen- und Tierwelt hatten wohl einst die Herausbildung des Urmenschen zur Folge, der mit Bewußtsein handelte, der sich Werkzeuge verfertigte, der den Gebrauch des Feuers kannte. Ähnliche, im Laufe vieler Jahrzehntausende sich wiederholende Einflüsse zwangen später den Urmenschen immer wieder, sich der veränderten Umwelt anzupassen, vor Unbill des Klimas oder vor Raubtieren zu schützen und Listen und Waffen zu erfinden, die ihn, den von Natur aus Unbewehrten und Schutzlosen, fähig machten zum Erbeuten der Tiere, von deren Fleisch er sein Leben fristete. Wie die Umwandlungen der natürlichen Gegebenheiten, ging auch die Anpassung des Menschen sehr

langsam vor sich, und zahllose Geschlechterfolgen starben dahin, ehe die mittlerweile eingetretene Änderung der Umwelt neue Lebensgewohnheiten und neue Erfindungen zur Folge hatte. Dennoch war dieser Zwang zur Anpassung besonders an die schweren Lebensbedingungen der kalten Klimate sicherlich von großer Bedeutung für die geistige Entwicklung des Menschengeschlechtes.

Die vom Menschen aus Stein angefertigten, bis heute gut erhaltenen Geräte setzen uns in die Lage, sein Dasein auch dort zu verfolgen, wo von ihm selbst keine körperlichen Spuren gefunden werden. Solche sind in der Tat viel seltener, zunächst einfach aus dem Grunde, weil die Zahl der Menschen immer viel kleiner war als die ihrer Werkzeuge. Außerdem aber sind selbst die Skelettreste eines Menschen viel vergänglicher als die geschlagenen Steine. Es kann daher nicht wundernehmen, daß körperliche Reste des Urmenschen im Verhältnis zu seinen Hinterlassenschaften an Werkstücken ziemlich selten sind, und zwar um so seltener, je weiter wir in die Vergangenheit zurückgehen. Immerhin ist es uns doch möglich, den Entwicklungsgang des Menschen fast durch das ganze Eiszeitalter zu verfolgen.

Als ältester, mindestens als urtümlichster Vertreter des Menschengeschlechtes darf wohl der im Jahre 1892 von dem Holländer EUGEN DUBOIS bei Trinil auf Java ausgegrabene *Pithecanthropus* angesehen werden. Es handelt sich allerdings nur um ein Schädeldach, das sehr starke Überaugenbögen aufweist und bei fliehender Stirn sehr niedrig ist. Der Gehirnräum dürfte danach 950 ccm betragen haben, wogegen ein heutiger Europäer durchschnittlich 1450 ccm Schädelinhalt aufweist. Im Jahre 1937 gelang es R. v. KÖNIGSWALD, bei Sangiran, 50 km von Trinil entfernt, ein Stück Unterkiefer, mehrere Zähne und ein weiteres Schädeldach des *Pithecanthropus* aufzufinden, das sogar nur auf einen Hirnräum von 750 ccm schließen lassen dürfte.

Dem *Pithecanthropus* sicher nahe verwandt ist der sogenannte *Chinamensch*, *Sinanthropus pekinensis*, dessen Reste in Höhlen bei Choukoutien, 40 km südwestlich von Peking, durch den chinesischen Geologen W. CH. PEI entdeckt und systematisch geborgen worden sind. Bis zu Beginn des letzten Krieges waren die Reste von mehr als 20 Menschen, dabei auch Kindern, bekannt geworden. Eine ganze Reihe von Schädeln mit den gleichen Merkmalen, wie sie der *Pithecanthropus* aufweist, haben Hirnräume zwischen 1000 und 1250 ccm. Außerdem sind Unterkiefer, Oberschenkel- und Armknochen gefunden worden. Alle diese Reste sind Überbleibsel von Kannibalenmahlzeiten, was auch durch zahlreiche in den gleichen Schichten liegende Feuerspuren bewiesen wird. Von besonderer Bedeutung sind mit den Knochenresten gefundene, aus Quarzit geschlagene Werkstücke.

Zu diesen ostasiatischen Vertretern der ältesten Urmenschen gesellt sich der im Jahre 1935 im tropischen Afrika gemachte Fund eines unvollständigen Schädels, der als *Africanthropus njarasensis* bezeichnet wird und wohl dem *Sinanthropus* nahesteht. Wahrscheinlich der gleichen Urmenschengruppe zuzurechnen ist auch ein im Jahre 1907 in einer Sandgrube bei Mauer südöstlich von Heidelberg aufgefundener Unterkiefer, dessen Träger durch OTTO SCHOETENSACK den Namen *Homo heidelbergensis* erhalten hat. Dieser höchst primitive Unterkiefer zeigt gewisse Ähnlichkeit mit dem des *Sinanthropus*.

Zu einer etwas jüngeren, weiter entwickelten Gruppe der diluvialen Menschen gehört in erster Linie der allbekannte Neandertaler. Er wurde im Jahre 1856 aus einer Höhle des Neandertales zwischen Elberfeld und Düsseldorf von J. C. FUHLROTT geborgen. Obwohl bereits im Jahre 1864 der englische Anatom KING die Neandertaler Schädel- und Knochenreste als die einer besonderen Menschenart bezeichnete und ihr den Namen *Homo neanderthalensis* gab, dauerte es doch Jahrzehnte, ehe sich diese Erkenntnis allgemein durchsetzte. Dies geschah wesentlich unter dem Eindruck neuer, gleichartiger Funde, wobei sich schließlich auch herausstellte, daß bereits im Jahre 1848 am Felsen von Gibraltar das Schädelbruchstück eines Neandertalers gefunden worden war. Heute kennen wir eine Menge solcher Menschenreste durch ganz Europa von Gibraltar bis Mähren und Kroatien, in Italien und in Palästina, so daß wir uns über sein Aussehen ein ziemlich gutes Bild machen können.

Der Neandertaler hatte einen überaus großen Schädel, dessen Länge und Breite die aller heutigen Rassen übertraf. Dementsprechend ist der Hirnraum sehr groß und überschreitet mit 1600 ccm den Durchschnitt der heutigen Rassen. Dennoch war die Stirn niedrig und auch der Hinterkopf noch ziemlich flach. Starke Überaugenbögen und eine massige Ausbildung des Gesichtsschädels mit großem Unterkiefer ohne Kinnvorsprung unterschieden den Kopf des Neandertalers wesentlich von dem aller heute lebenden Menschen. Nach den starken, plumpen Knochen der Gliedmaßen und den dicken und gedrunghenen Wirbeln zu schließen, war der Neandertaler höchstens 1,60 bis 1,65 m groß. Ihm zur Seite zu stellen ist wahrscheinlich ein Schädel, der im Nordwesten Rhodesias (Südafrika) gefunden wurde und daher als *Rhodesiaschädel* bezeichnet wird. Viele Schädel, die im Jahre 1931 bei Ngandong in Java aus jungdiluvialen Ablagerungen geborgen wurden, zeigen im wesentlichen die Merkmale des Neandertalers.

Der europäische Neandertaler war Träger der altsteinzeitlichen Kultur des Mousterien, deren Werkstücke bisweilen mit den Knochenresten zusammen

gefunden werden. Er lebte in der letzten Zwischenwarmzeit bis in die letzte Eiszeit. Es war lange hindurch fraglich, ob der heutige Mensch ein Abkömmling des Neandertalers sei. Man neigt jetzt meistens zu der Ansicht, daß der Schädel der heutigen Menschen sich nicht aus dem größeren des Neandertalers entwickelt haben kann. Der Neandertaler erscheint danach als Seitenzweig am Menschenstamm. Er starb entweder aus biologischen Gründen aus oder wurde von dem ihm überlegenen Homo sapiens ausgerottet. Dabei bleibt natürlich immer noch die Möglichkeit, ja die Wahrscheinlichkeit, daß Mischlinge zwischen Neandertalern und Angehörigen des Homo sapiens weiterlebten.

Die Auffassung, den Neandertaler nicht als Vorfahren des heutigen Menschen anzusehen, wird auch gestützt durch zwei neuere Schädelufunde. In Steinheim a. d. Murr wurde im Jahre 1933 durch F. BERCKHEMER ein Schädel geborgen, der kleiner ist als der des Neandertalers und neben urtümlichen Eigenarten auch solche zeigt, die ihn näher neben den Homo sapiens stellen. Da sein Alter als rißeiszeitlich angesehen wird, ergab sich hier zum ersten Male die Feststellung, daß ein in gewissem Sinne höher entwickelter Mensch schon früher auftritt als der Neandertaler. Es muß als ein besonders glücklicher Umstand bezeichnet werden, daß diese Erkenntnis eine weitere Stütze in einem neuen englischen Fund, dem Schädel von Swanscombe (südöstlich von London) erhält, der im Jahre 1935 von A. T. MARSTON aus Schottern der Themse geborgen wurde und danach dem Ende der langen Mindel-Riß-Warmzeit angehört. Dieser unvollständig erhaltene Schädel zeigt ähnliche Bildung wie der Steinheimer. Er war mit einer warmen Säugetierfauna verbunden, außerdem fanden sich in der gleichen Schicht Werkstücke der Kulturstufe des Acheuléen, so daß hier zum ersten Male deren Träger nachgewiesen worden ist.

Es ist nach diesen Funden höchst wahrscheinlich, daß sich, mindestens in Europa, schon recht früh eine Menschenart entwickelte, die zum heutigen Menschen, dem Homo sapiens, führt. Dieser tritt erstmalig mitten in der letzten Eiszeit auf. Der Schädel mit der hohen Stirn, der Unterkiefer mit dem deutlichen Kinnvorsprung, die schlanken und geraden Knochen der Gliedmaßen unterscheiden ihn deutlich vom Neandertaler, wenn auch gewisse Altertümlichkeiten ihn als Homo sapiens fossilis von dem heutigen Menschen absetzen lassen. Er ist überall der Träger der spätaltsteinzeitlichen (jungpaläolithischen) Kulturen. Skelettreste sind in Spanien, Frankreich, England und Mitteleuropa gefunden worden. Man hat nach diesen auf eine bereits vorhandene rassische Spaltung geschlossen und spricht von einer Cromagnon-Rasse im Westen und einer Brünnrasse im Osten. Vielleicht sind auch noch weitere zu unterscheiden. Neuerdings sind noch andere Funde des jungdiluvialen Homo sapiens aus Afrika und Asien bekannt geworden.

J DIE URSACHEN DER EISZEITEN UND DIE ABSOLUTE ZEITRECHNUNG DES EISZEITALTERS

Seitdem man die Erscheinungen der Eiszeiten erkannte, hat es nicht an Versuchen gefehlt, eine Erklärung für diese außerordentlichen Zustände zu finden. Solange man nur von den europäischen Eiszeiten wußte, konnte man versuchen, örtliche Ursachen dafür verantwortlich zu machen. So hat man beispielsweise angenommen, daß der Golfstrom, der heutzutage Nordeuropa erwärmt und überhaupt erst bewohnbar macht, früher einen anderen Verlauf genommen habe. Auch hat man die Meinung vertreten, daß eine von Schottland über Island nach Grönland verlaufende Schwelle, der Wyville-Thomson-Rücken, der jetzt in Meerestiefen von weniger als 600 m liegt, früher höher gewesen sei, so daß der arktische Ozean fast keine Zuflüsse von wärmerem Wasser erhielt und infolgedessen tief auskühlte. Dieser Umstand allein könnte jedoch den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten im Eiszeitalter ebensowenig erklären wie die Tatsache der Vereisungen in anderen Teilen der Erde oder gar einer solchen auf der südlichen Halbkugel. Wohl aber ist eine früher höhere

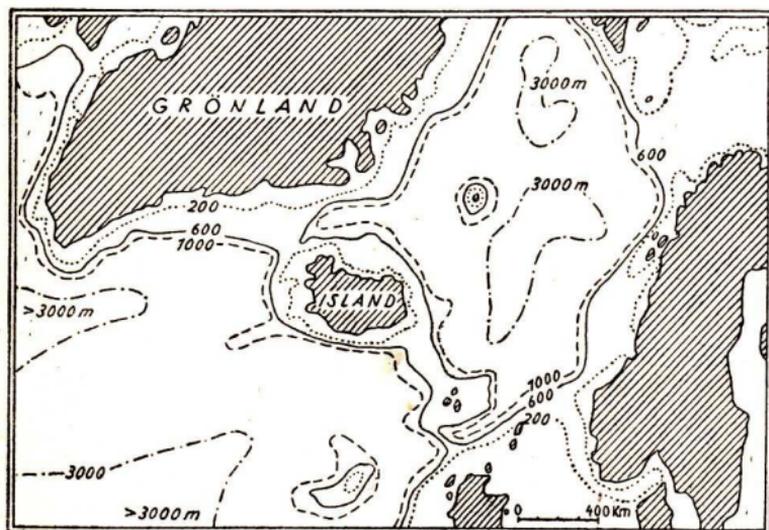


Abb. 5. Tiefenkarte des Nordatlantik mit dem Wyville-Thomson-Rücken (nach W. Wundt)

Lage dieses Rückens wahrscheinlich die Ursache dafür, daß die älteren Vereisungen Nordeuropas sehr viel stärker waren als die letzte, eine Erscheinung, die in anderen Vereisungsgebieten längst nicht so ausgeprägt ist (Abb. 5).

Man hat auch vermutet, daß die Gebirge, von denen die Eisdecken ausgehen, früher sehr viel höher gewesen seien, doch läßt sich an Beispielen heutiger Hochgebirge nachweisen, daß dies nicht unbedingt zu Inlandeisdecken führen muß. Ähnlich steht es mit der Erklärung, daß der Spiegel des Ozeans früher viel tiefer gelegen habe, wodurch ja weite Gebiete der Landoberfläche über die Schneegrenze hinausragen und vergletschern mußten. Aber diese Theorie müßte eine mehrmalige Senkung und Hebung der Ozeanböden voraussetzen, für die weder ein Beweis noch gar eine Erklärung vorliegt. Jedoch ist nicht in Abrede zu stellen, daß die während der Eiszeiten erfolgende Senkung des Ozeanspiegels im Sinne einer höheren Lage des Landes und damit seiner Abkühlung wirkte.

Auch die Möglichkeit, die Eiszeiten auf eine früher andere Verteilung von Land und Meer, etwa auf eine nähere Lage der Nordkontinente zum Pol, zurückzuführen, entfällt angesichts der weltweiten Verbreitung der eiszeitlichen Erscheinungen und ihres mehrmaligen Wechsels mit warmen Zeiten. Die zunächst bestehende Annahme einer früher anderen Lage des Poles war so lange haltbar, als man nur mit einer einzigen Eiszeit im Diluvium rechnete und als man auf Grund ungenügender Beobachtungen glaubte, daß Sibirien frei von großen Vereisungen geblieben sei. Das hätte sich durch eine andere Pollage recht gut erklären lassen. Neuere Forschungen haben aber gezeigt, daß auch Sibirien große Vereisungen im Quartär gesehen hat. Außerdem würde der Wechsel von Kalt- und Warmzeiten im Quartär ein so rasches beständiges Pendeln der Pole voraussetzen, daß diese Verschiebungen auch heute noch meßbar sein müßten. Überdies hat der Belgrader Mathematiker M. MILAN-KOVITCH vor einigen Jahren den Verlauf der Polbahn für die Zeit von rund 500 Millionen Jahren vor heute bis rund 150 Millionen Jahre in die Zukunft berechnet. Diese Bahn verläuft über Alaska nach Nordrußland. Jedoch ist die Polwanderung so langsam, daß sie für eine Erklärung der diluvialen Eiszeiten völlig ausscheidet (Abb. 6).

Andere Eiszeittheorien beruhen auf der Vorstellung einer Abnahme der Erdwärme oder einer Änderung des Gehaltes der Luft an Kohlensäure oder Wasserdampf, wodurch der Wärmehaushalt der Lufthülle geändert wird, oder auf der Annahme von Höhenstaubwolken nach heftigen vulkanischen Ausbrüchen, wodurch die Einstrahlung stark vermindert wurde. Gegen diese Erklärungsversuche lassen sich jeweils gewichtige Gründe ins Feld führen. Ganz in den Bereich der unbewiesenen Spekulationen gehören die Vorstellungen,

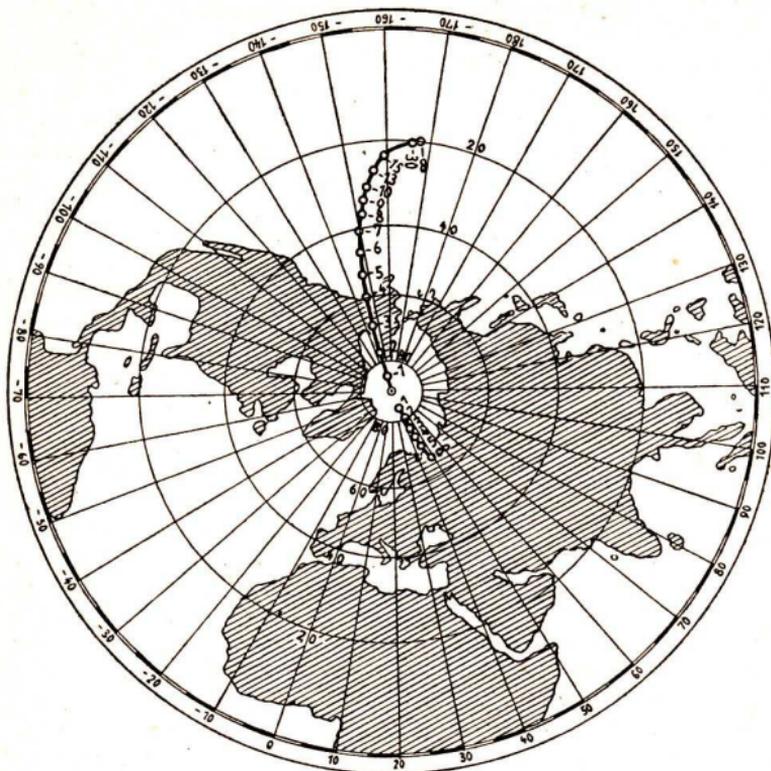


Abb. 6. Die Wanderung des Nordpols von der Vergangenheit vor über 300 Millionen Jahren bis in die Zukunft. Die angeschriebenen Zahlen bedeuten jeweils 10 Millionen Jahre (nach M. Milankovitch)

welche die Eiszeiten auf besonders kalte Regionen des Weltraumes oder auf kosmische, die Sonnenstrahlen verschluckende Nebel zurückführen wollen, die von der Erde mit dem Sonnensystem durchwandert wurden. Auch für Änderungen der Sonnenenergie bestehen keine Beweise. Dagegen haben die von dem schon genannten Belgrader Mathematiker M. MILANKOVITCH durchgeführten Berechnungen über die Schwankungen der während der letzten 600 Jahrtausende den Erdhalbkugeln jeweils im Sommer zugeführten Mengen an Sonnenstrahlung höchst wertvolle Unterlagen für eine Erkenntnis der Ur-

sachen der Eiszeiten und gleichzeitig für eine genaue Zeitrechnung des Eiszeitalters geliefert, so daß wir besonders auf sie eingehen müssen.

Die Berechnungen MILANKOVITCHs fußen auf der Veränderlichkeit der Erdbahn und der Schrägstellung der Erdachse. Seit KEPLER wissen wir, daß die Erdbahn nicht ein Kreis ist, wie KOPERNIKUS annahm, sondern eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Daher befindet sich die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne einmal in Sonnennähe, einmal in Sonnenferne. Das macht gegenwärtig 4 bis 5 Millionen km Unterschied aus, nicht viel bei einer mittleren Entfernung von rund 150 Millionen km. Aber unter dem Einfluß, den andere Planeten, besonders der mächtige Jupiter, auf die Erdbahn ausüben, kann sich deren elliptische Form so strecken, daß der Unterschied zwischen Sonnenferne und Sonnennähe 20 Millionen km beträgt. Das würde sich sicherlich in der der Erde zu den verschiedenen Jahreszeiten zukommenden Strahlungsmege bemerkbar machen. Diese Schwankungen der Exzentrizität der Erdbahnellipse erfolgen in einer Periode von durchschnittlich 91 800 Jahren.

Weiterhin ist von Einfluß auf das Erdklima die Schiefe der Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn, meistens als Schiefe der Ekliptik bezeichnet. Sie schwankt in einem Zeitraum von 40 400 Jahren zwischen 22° und $24\frac{1}{2}^{\circ}$. Je schiefere sie steht, desto größer wird der Unterschied zwischen der Sommer- und der Winterstrahlungsmege, die irgendein Punkt der Erdoberfläche erhält.

Schließlich ist noch der Umlauf des Frühlingspunktes zu berücksichtigen, der 20 700 Jahre währt und zur Folge hat, daß die Sonnennähe zu verschiedenen Zeiten in verschiedene Jahreszeiten fällt. Es ist von Bedeutung, ob sie im Nordsommer oder im Südsommer liegt.

MILANKOVITCHs auf dem Zusammenspiel dieser drei Perioden beruhenden Berechnungen haben ergeben, daß im Laufe der letzten 600 Jahrtausende die nördliche Halbkugel neunmal lange Zeitabschnitte überaus kalter Sommer gehabt hat, so daß die Schneegrenze jeweils stark gesenkt wurde. Diese Perioden sehr kalter Sommer treten dreimal paarweise auf, getrennt durch längere Zwischenräume mit warmen Sommern. In diesen kalten Doppelperioden darf man mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit die drei älteren alpinen Eiszeiten sehen, wogegen die Würmeiszeit sogar drei Perioden einschneidender Minderung der Sonnenstrahlung aufweist.

Nach der von MILANKOVITCH gegebenen »Strahlungskurve« begann die Günzeiszeit vor 595 Jahrtausenden, die Mindeleiszeit vor 480, die Rißeiszeit vor 235 und die Würmeiszeit vor 120 Jahrtausenden. Jede Eiszeit währte viele Jahrzehntausende, wahrscheinlich ein Jahrhunderttausend, und zwar, weil das einmal gebildete Eis abkühlend auf das Klima wirkte, auch dadurch, daß die weißen Eis- und Schneeflächen die empfangene Sonnenstrahlung wieder zu-

rückwarfen. So überdauerte das Eis selbst lange Zeiten einer bereits wieder starken Einstrahlung, und die zwischen den Glazialen liegenden Warmzeiten waren von viel kürzerer Dauer.

Man hat gegen die Ausdeutung der Berechnungen MILANKOVITCHs den Einwand erhoben, daß ja die ihnen zugrunde liegenden periodischen Schwankungen der Erdbahn und der Erdachse auch v o r der Quartärzeit stattgefunden hätten, so daß also auch vorher bereits Eiszeiten eingetreten sein müßten. Vergletscherungen können aber überhaupt nur dann entstehen, wenn gewisse Teile der Erdoberfläche über die Schneegrenzen emporreichen. Es gehören also Gebirge dazu, insbesondere solche in gemäßigten und in kalten Teilen der Erde. Nun steht fest, daß durch viele Millionen von Jahren, eigentlich im ganzen Mittelalter (M é s o z o i k u m) der Erde, die Gebirgsbildung allenthalben nur gering war, so daß jene Zeiten sich offenbar eines über die ganze Erde ausgeglichenen günstigen Klimas erfreuten. Die Tertiärzeit jedoch war in allen Erdteilen der Schauplatz starker Gebirgsbildungen, die sich gerade noch in der dem Quartär vorausgehenden Zeit, dem Pliozän, stark erhöhten. Darin liegt zweifellos der Grund für das Eintreten von Vergletscherungen, die dann unter dem Einfluß einschneidender Minderungen der sommerlichen Strahlungsmenge in polnahen Gebieten zu den ausgedehnten Inlandeisdecken der diluvialen Eiszeiten führten.

Die uns gestellte Aufgabe, im Rahmen eines kleinen Bandes eine allgemeinverständliche Darstellung des Eiszeitalters zu geben, konnte auf zweierlei Weise gelöst werden: entweder durch eine möglichst eingehende Schilderung der eiszeitlichen Verhältnisse in unserer Heimat oder durch eine Betrachtung der Eiszeiten als Erscheinungen, die den ganzen Erdball betrafen. Wir haben uns bemüht, soweit es der geringe Raum gestattete, beide Weisen zu vereinen, um einmal dem Heimatforscher Anregung zu geben, dann aber auch, um den Blick aus der Enge unseres Lebensraumes herauszuführen und gleichzeitig darauf hinzuweisen, daß die Wirkungen des Eiszeitalters sich nicht auf Gletscher, Inlandeis und Moränen beschränken.

Das Eiszeitalter schuf eine Welt, in der nichts beständiger war als der Wechsel. Ausgelöst durch einschneidende Wandlungen der Sonneneinstrahlungen wuchsen ungeheuer große und mächtige Eisschilde und vergingen schließlich wieder, Kontinente sanken unter ihrer Last ein und stiegen dann von neuem auf, der Spiegel des Weltmeeres senkte sich und hob sich wieder, Seen der Trockengürtel ufernten aus und schrumpften wieder ein. So wurden weite Teile der Erdoberfläche zeitweise unter Eis begraben, andere wurden zeitweise Land und dann wieder vom Weltmeer überflutet; Inseln tauchten auf oder wurden samt ihren Lebewesen vom Ozean verschlungen, die Lebewelt der Kontinente wurde bald hierhin, bald dorthin vertrieben, sie mußte sich in zahllosen Fällen der veränderten Umwelt anpassen, in anderen Fällen starb sie aus.

All diese Vorgänge gestalteten weite Teile des Erdballes innerhalb recht kurzer Zeit so grundlegend um, wie das in den viel länger währenden vorausgegangenen geologischen Formationen nie der Fall war. Daher erscheinen uns die nur 10- bis 20000 Jahre, die seit dem Ende des Eiszeitalters vergangen sind, rückblickend als eine Zeit der Neuschöpfung, die einen großen Teil der Erde erst wieder für die Lebewelt bewohnbar machte. Gerade das Bewußtsein dieses kurzen zeitlichen Abstandes, der uns von jenen umwälzenden Ereignissen des Eiszeitalters trennt, macht die Beschäftigung mit ihren Erscheinungen und Problemen für Naturforscher und -freund immer wieder anziehend und erlebnisreich.

- Antizyklone** Hochdruckgebiet. Kalte Luft ist schwer. Wo sie sich bildet, sucht sie daher auseinanderzufießen. Dabei entströmt sie dem Hochdruckgebiete nicht in gerader (radialer) Richtung, sondern tangential im Sinne des Uhrzeigers. Auf der Nordhalbkugel herrscht also südlich von einem Hochdruckkern Ostwind; nördlich von ihm Westwind.
- Diluvium** wörtlich Überschwemmung, bei den Geologen das Eiszeitalter. In ihm traten drei oder vier Eiszeiten oder Glaziale auf; zwischen ihnen lagen Warmzeiten oder Interglaziale. Man darf also Diluvium nicht einfach mit Eiszeit übersetzen, wie es leider noch manchmal geschieht. Das Eigenschaftswort zu Diluvium heißt diluvial und bezeichnet eine Erscheinung, die dem Eiszeitalter angehört, also auch eine aus einer Warmzeit! Vergleiche dazu »Glazial«!
- Eiszeitalter** Unter Eiszeitalter versteht man allgemein nur die eiszeitlichen Erscheinungen des Quartärs. Es hat aber auch viel ältere Eiszeiten gegeben, so zum Beispiel im Permokarbon, deren Spuren nur auf die südliche Halbkugel beschränkt sind, und vor dem Kambrium.
- Ekliptik** Die scheinbare Kreisbahn, die die Sonne im Laufe eines Jahres am Himmelsgewölbe beschreibt. Sie ist ein größter Kreis der Himmelskugel. Die Ebene dieses Kreises fällt, weil von der Sonne aus die Erde immer am entgegengesetzten Punkt des Himmels gesehen wird, wie die Sonne von der Erde aus, mit der Erdbahnebene zusammen, die deshalb ebenfalls als Ekliptik bezeichnet wird.
- Exzentrizität** Der Abstand des Brennpunktes vom Mittelpunkt einer Ellipse.

Fallwinde	Fließen Luftmassen von Höhen ab, so erwärmen sie sich und wirken stark austrocknend. Der alpine »Föhn« ist solch ein Fallwind.
floristisch	Die Pflanzenwelt eines Gebietes bezeichnet man als Flora. Das zugehörige Eigenschaftswort ist floristisch.
fluvioglazial	vom Lateinischen fluvius = Fluß und glacies = Eis, nannte man früher vom fließenden Wasser abgelagerte Bildungen der Eiszeiten. Heute wird das sprachlich sehr schlecht gebildete, sachlich unscharfe Wort kaum noch angewendet.
Fossilien	Versteinerungen von Pflanzen und Tieren der Vorwelt, die bei Ausgrabungen gefunden werden.
Glazial	vom Lateinischen glacies = das Eis gebildet, bedeutet Eiszeit, das Eigenschaftswort glazial daher eiszeitlich. Diese Begriffe sind zeitlich und klimatisch zu verstehen und umfassen alle Erscheinungen und Ablagerungen einer jeden Eiszeit, also auch die außerhalb des vereisten Gebietes. Der Löß, die Schotter der mitteldeutschen Flüsse, die Frostböden, das Erdfließen usw. sind glazial.
glaziär	ebenfalls vom Lateinischen glacies = das Eis abgeleitet, bezeichnet alle Erscheinungen der Gletscher und des Inlandeises, Gletscherschrammen, Moränen, Gletschermilch, Bändertone, das Hochdruckgebiet der verdichteten Kaltluft über dem Inlandeise sind glaziär.
Hindukusch	Hochgebirge in Innerasien, mit stark vereisten Hochgipfeln.
Himalaja	Das höchste Gebirge der Erde, das die nordindische Tiefebene von dem tibetischen Hochland trennt. Höchste Erhebung ist der Tschomolungma (8882 m).
Kalbungsfrent	Schiebt sich ein Gletscher in einen See oder ins Meer vor, so wird das leichtere Eis durch das Wasser ausgehoben und bricht ab, »kalbt«. Diese Abbrüche erfolgen immer an der gleichen Stelle, der Kalbungsfrent, deren Lage durch die Tiefe des Wassers und die Dicke des Eises bedingt ist.

Keplersche Gesetze

Die von dem deutschen Astronomen Johannes Kepler (1571 bis 1630) aufgestellten Gesetze besagen u. a., daß die Bahnen der Planeten Ellipsen sind, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, und daß die Planeten sich um so rascher bewegen, je näher sie der Sonne sind. Der englische Physiker und Astronom I. Newton (1643 bis 1727) fand dazu das Gravitationsgesetz: Körper ziehen einander an im Verhältnis ihrer Masse und im umgekehrten Verhältnis der Quadrate ihrer Entfernung. Aus diesem Gesetz folgt, daß die einzelnen Planeten sich gegenseitig beeinflussen und ihre Bahnelemente periodischen Schwankungen unterliegen. Diese Ursachen bilden die Grundlage für die Berechnungen von M. Milankovitch.

Klimagürtel

Die Klimate der Erde sind vom Äquator zu den Polen in Zonen oder Gürteln angeordnet, die entsprechend den Breitenkreisen verlaufen. Man unterscheidet einen feucht-heißen Tropengürtel, an den beiderseits polwärts ein trocken-heißer Wüsten- oder Trockengürtel grenzt. Er geht in einen Steppengürtel über. An diesen schließt sich ein breiter Waldgürtel an, in dem polwärts der Anteil der Nadelbäume zunimmt. Jenseits der polaren Baumgrenze folgt die *Tundra* mit *Vaccinien* (Preiselbeere und Verwandten), Krähenbeere, kriechenden Weiden, Gräsern, Moosen und Flechten. Schließlich erstirbt fast alles Leben in der polaren Kältewüste. Durch die ungleichmäßige Verteilung von Land und Meer und durch Gebirgszüge wird der Verlauf dieser Klimagürtel gestört. Man unterscheidet danach ozeanische oder *maritime* Klimate mit reichlichen Niederschlägen und ausgeglichenen Temperaturen sowie *kontinentale* Klimate, die trockener sind und starke Gegensätze zwischen Sommer und Winter aufweisen. (Vergleiche hierzu den Aufsatz »Die Klimagürtel der Erde«, in der Zeitschrift »Funk und Schule«, 1948, Heft 5.)

Pamir

Hochland in Innerasien und der Knotenpunkt einzelner großer Gebirgsketten. Die durchschnittliche Höhe des inneren Hochlandes beträgt 3600 m.

- Quartär** Die Geologie als Wissenschaft von der Erdgeschichte teilt diese in zehn Zeitabschnitte ein, die Formationen genannt werden. Von ihnen ist das Quartär die jüngste. Es umfaßt das Diluvium oder Eiszeitalter mit rund 650 Jahrtausenden und das Alluvium oder die Nacheiszeit mit zehn Jahrtausenden. Damit entfällt auf das Quartär nur ein Tausendstel der durch das Vorkommen von Lebewesen verschiedener Entwicklungsstufen gegliederten Erdgeschichte. (Vergleiche den Band »Der junge Steinsammler« unserer Sammelbücherei.)
- Schneegrenze** Die Linie, oberhalb welcher der Schnee auch im Sommer nicht abschmilzt. Die Schneegrenze senkt sich natürlich polwärts immer tiefer. Sie liegt heute in den Alpen bei 2500 bis 3000 m, in Skandinavien bei 900 bis 1600 m über dem Meeresspiegel.
- Tienschan** Etwa 2000 km langes, bis 7200 m hohes, stark vergletschertes Gebirge Innerasiens, zwischen Dsungarei und Ostturkistan.

A U S D E M S C H R I F T T U M

Für den, der sich mit den Erscheinungen und Fragen des Eiszeitalters näher beschäftigen will, seien die folgenden Bücher empfohlen. Sie enthalten wichtige Schrifttumshinweise. Man vergleiche auch den Aufsatz »Über die Eiszeit« in der Zeitschrift »Funk und Schule«, 1948, Heft 2.

- F. Frech** Gletscher einst und jetzt
Aus Natur und Geisteswelt Nr. 61
- F. Machatschek** Gletscherkunde. Sammlung Göschen Nr. 154
- K. Richter** Die Eiszeit in Norddeutschland. Bornträger, Berlin 1937
- W. Soergel** Das Eiszeitalter. G. Fischer, Jena 1938
- G. Steinmann** Die Eiszeit. Aus Natur und Geisteswelt Nr. 302
- E. Werth** Das Eiszeitalter. Sammlung Göschen Nr. 431
- P. Woldstedt** Das Eiszeitalter. F. Enke, Stuttgart 1929
- W. B. Wright** The quaternary ice age
Macmillan and Co., London 1937

BISHER SIND ERSCHIENEN

A	<i>Mathematik</i>	12502	Rechne rasch und richtig
		12521	Naturgesetz und funktionale Abhängigkeit
B	<i>Physik</i>	12511	Vom Wesen der Wärme
F	<i>Zoologie</i>	12522	Tierleben im Tümpel
		12526	Verborgenes Leben
K	<i>Meteorologie</i>	12501	Das Wetter im Sprichwort
N	<i>Allgemeine Geographie</i>	12524	Das Gradnetz der Erde
O	<i>Länder und Völker</i>	12518	Die lebende Landkarte
		12509	Steinzeitvölker der Gegenwart
P	<i>Reisen und Forschungen</i>	12548	Neun Monate auf treibender Eisscholle

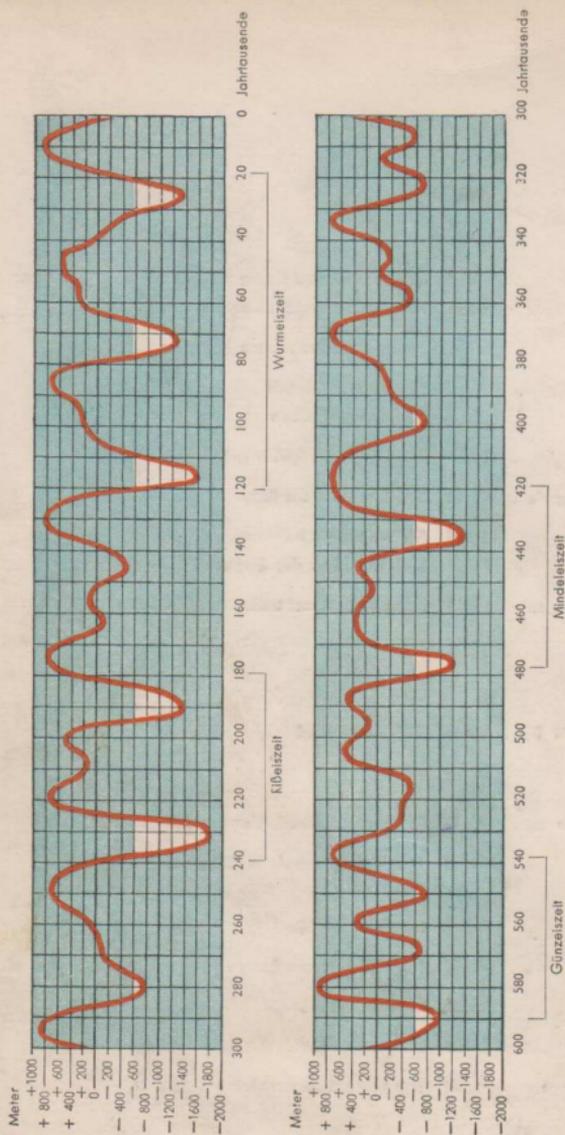
GLEICHZEITIG MIT DIESEM BANDE ERSCHIEDEN

D	<i>Allgemeine Biologie</i>	12513	Lebensbündnisse in Tier- und Pflanzenwelt
F	<i>Zoologie</i>	12530	Gefiederte Freunde in Haus, Hof und Garten
G	<i>Der Mensch</i>	12529	Herz und Gefäße
H	<i>Astronomie</i>	12547	Rätsel der Sonnenflecken
L	<i>Geologie</i>	12535	Eine Sandgrube
O	<i>Länder und Völker</i>	12508	Natur und Mensch der Polargebiete
Q	<i>Der junge Naturforscher</i>	12519	Der junge Steinsammler

Die Zahlen zwischen Serie und Titel sind die Bestellnummern

DIE GRUPPE II UMFASST FOLGENDE SERIEN:

- 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. SELTSAMKEITEN
- S NOCH NICHT VERFÜGT
- T NOCH NICHT VERFÜGT
- U GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFT



Die Schwankungen der Schneegrenze unter dem 55. Breitenkreis der Nordhalbkugel während der letzten 600 Jahrtausende
 (nach M. Milankovitch)