

SONDERDRUCK AUS
LÄNDERKUNDLICHE FORSCHUNG
FESTSCHRIFT NORBERT KREBS
ZUR VOLLENDUNG DES 60. LEBENSAJHRES DARGEBRACHT

EUROPA ZUR LETZTEN EISZEIT

DEN TEILNEHMERN DER 3. INTERNATIONALEN
QUARTÄR-KONFERENZ IN WIEN 1936
ÜBERREICHTE VON
PROFESSOR DR. ALBRECHT PENCK



1 · 9 · 3 · 6

J. ENGELHORNS NACHF. IN STUTTGART

Albrecht Penck

EUROPA ZUR LETZTEN EISZEIT

Europa hatte zur letzten Eiszeit im großen und ganzen dieselbe Oberflächen-gestaltung wie heute. Die Verteilung von hoch und niedrig war die nämliche, selbst Einzelheiten wie zum Beispiel die Form der Täler waren im großen und ganzen die gleichen. Krustenbewegungen haben seither zwar stattgefunden, haben aber das Bild nicht wesentlich beeinflußt; dort, wo sie am stärksten wirken, suchen sie das während der Eiszeit gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Gering ist auch das Ausmaß dessen, was Abtragung und Ablagerung seither geschaffen haben. Alles dies steht weit hinter dem zurück, was infolge der Eiszeit selbst geschehen ist. Die große geographische Veränderung während ihr bestand in einer gesteigerten *Ausdehnung der Gletscher* auf dem Lande und der sich daraus ergebenden Verschiebung der Küstenlinie. Die Entwicklung der Gletscher aber beruhte ihrerseits auf einer allgemeinen Verschiebung der Klimagürtel der Erde, die sich auch in der Landschaft geltend machte.

Eine große Vergletscherung, ein wahres Inlandeis, lag im Norden. Auch während der letzten Eiszeit ging sie sowohl von den skandinavischen als auch von den britischen Gebirgen aus und dehnte sich von hier über die im Osten und Süden angrenzenden Flachländer, während sie gegen Norden und Westen im Meere endete. Sie erfüllte die gesamte Ostsee und drang vor in das obere Gebiet der Wolga, erreichte das Quellgebiet des Dnjepr und breitete sich über einen großen Teil des norddeutschen Flachlandes. Sie erstreckte sich auch über die nördliche Nordsee. Sie füllte im Norden alles Land bis über 2000 m heutiger Meereshöhe hinauf; nur die Tinder von Jotunheim im südlichen Norwegen ragten aus dem Eise heraus. Die Höhen des Kjöl aber an der Grenze des heutigen Schwedens und Norwegens wurden vom Osten her vom Eise überflossen, das östlich von ihm bis über 2000 m angeschwollen war; nur 300—400 km waren von dieser Eisscheide bis gegen Nordwesten zum tieferen Meere an der norwegischen Westküste, wo das Eis kalbte; 1500 km weit floß es südöstlich zu seinem Rande nördlich von Moskau im Innern von Rußland. Dahin dachte es sich sehr sanft ab. Asymmetrisch war der Querschnitt des großen Eiskuchens; nach Nordwesten senkte sich seine ganz unter Firnbedeckung liegende Oberfläche mit mehr als 5°/oo, nach Osten durchschnittlich nur etwa über 1°/oo, in der Mitte weniger als am Schmelzrande. Gegen Süden hin breitete er sich fächerförmig aus. Seine Stromlinien gingen auseinander; auseinandergesetzt wurden die Bahnen der erratischen Blöcke, die an der Sohle des Eises vorwärts geschoben wurden. Der Schmelzrand war auf einen höchstens 200 km breiten Streifen beschränkt. Er setzte in rund 1000 m Meereshöhe ein und senkte sich bis nahe an den heutigen Meeresspiegel herab, hatte also ein Gefälle von 5°/oo, während das im Firngebiete erheblich weniger als 1°/oo betrug.

Im Westen lagen neben dem skandinavischen Ausstrahlungsgebiete des Inlandeises weitere in Großbritannien und im nördlichen Irland. Eine Eishautaube breitete sich über die schottischen Hochlande und überflutete, fast ganz mit Firn bedeckt, die Hebriden, um an deren Außensaume im Atlantischen zu kalben. Nach Osten zu floß das Eis zur heutigen Nordsee ab, traf aber hier mit skandinavischem Eise zusammen, durch das es zur Seite gedrückt wurde, so daß die Nordostspitze von Schottland in Caithness von Südosten her von Eis überschritten wurde. Ebenso wurden die Orkneys, die Shetlands von Eis überwältigt, das aus dem Gebiete der Nordsee kam und Schalen von Meeresbewohnern auf sie hinauf brachte und sehr frische Spuren hinterlassen hat. Eine zusammenhängende britisch-skandinavische Eismasse, die bis über 500 m heutiger Meereshöhe anstieg, erfüllte auch während der letzten Eiszeit die nördliche Nordsee; im Norden kalbte sie an den Tiefen des Nordmeeres, im Süden reichte sie etwas bis zur heutigen Doggerbank, die damals trocken lag. Ihr Schmelzrand dürfte bis 500—600 m heutiger Meereshöhe gereicht haben. In rechtem Winkel stieß er im nördlichen Jütland mit dem rasch ansteigenden Rande des Eises zusammen, das die Ostsee erfüllte.

Neben dem schottischen Ausstrahlungsgebiete gab es im nördlichen England ein solches im Lake District, der 1000 m Höhe nicht überschreitend vom schottischen Eise umflossen wurde. Dieses hat daher in der Nachbarschaft weniger hoch gereicht und dürfte in den Hochlanden nicht gerade weit über 1500 m angeschwollen gewesen sein. Das von hier ausgehende Eis breitete sich südwärts nur über tieferes Land und vermochte weder die penninische Kette, noch das gesamte Bergland von Wales zu überfluten. Es blieb an deren Flanken meist unter 500 m, erfüllte aber die Irische See und frachtete aus deren Boden Muschel- und Schnekkenschalen stellenweise einige hundert Meter an den Bergen von Nordwales empor, kam aber nicht über die Wicklow-Berge des südöstlichen Irlands. Diese hatten ebenso wie die Carantua-Hügel Südwestirlands eigene Gletscher.

Schmächtig war die Vergletscherung der britischen Inseln während der letzten Eiszeit. Sie hat weder die Höhe noch die Mächtigkeit der skandinavischen gehabt, sie erscheint ihr angelagert, wie die von Westantarktika neben Ostantarktika; beide aber flossen in dem dazwischen gelegenen Nordseegebiete nördlich der Doggerbank zusammen, so wie west- und ostantarktisches Eis im Bereiche der großen Eisbarriere. Während aber das heutige antarktische Eis ringsum vom Meere umgeben ist und nur an ganz wenigen Stellen Anzeichen eines Schmelzrandes verrät, brach das ähnlich zusammengesetzte nordische Inlandeis nur im Norden und Westen im Meere ab und endete sonst auf dem Lande. Hier stieg der Schmelzrand von Westen nach Osten unter 52° N von 400 m bis über 1000 m an; wahrscheinlich hat er sich dann weiter nordwärts wieder gesenkt, aber nirgends bis zum heutigen Meeresspiegel herab, was im Westen wahrscheinlich schon in Nordirland geschah. Deutlich sondert sich im Bereiche der großen nordischen Vergletscherung ein maritimer Westen von einem festländischen Osten. Über ein Gebiet von 3½ Millionen Quadratkilometern gebreitet, lastete das große nordische Inlandeis schwer auf seiner Unterlage und drückte sie um so stärker ein, je mächtiger sie war. In Fennoskandinavien handelte es sich um einen Betrag, der an 300 m herankam; die eiszeitlichen Meereshöhen der festen Kruste waren daher in Südnorwegen mindestens 200 m geringer als heute, in Schottland handelt es sich nur um 30 m. Rings um

das eingedrückte Gebiet spannt sich ein aufgepreßter Gürtel, zu dem namentlich Norddeutschland und England gehören. Diese gewaltige Störung ist noch nicht ganz verschwunden. Noch hebt sich Fennoskandinavien, noch senkt sich Norddeutschland mit der angrenzenden Ostsee, um in die frühere Lage zurückzukehren. Daraus ist zu schließen, daß die seit dem Hochstande der letzten Vergletscherung verstrichene Zeit kürzer als die zu ihrem Anwachsen und für ihren Hochstand benötigte ist.

Gegenüber dem großen nordischen Inlandeise stehen alle anderen Gletscher Europas der letzten Eiszeit an Ausdehnung weit zurück. Sie knüpfen sich an einzelne Gebirge, verschmelzen aber nirgends zu einem größeren Ganzen. Am ausgedehntesten war die Vergletscherung der Alpen. Sie erfüllte nicht bloß die Täler im Gebirge, sondern reichte auch über die dazwischen gelegenen Pässe. Sie bildete ein Eisstromnetz, das im Norden in eine Vorlandvergletscherung auslief. Die Dinge lagen ähnlich wie im heutigen Alaska. Talgletscher hatte die Hohe Tatra, und solche, die im Norden eben noch den Fuß des Gebirges erreichten, bargen die Pyrenäen. Ziemlich ausgedehnt waren die Gletscher des Cantal und Mont Dore in Zentralfrankreich, kleiner, aber immerhin ansehnlich die von Wasgenwald und Schwarzwald, klein die vom Böhmerwald und Riesengebirge, die der Waldkarpaten und Transylvanischen Alpen. Eine Regel geht durch: Je weiter westwärts gelegen ein Gebirge ist, desto stärker war es bei gleicher Höhe vergletschert. Hierin spiegelt sich wie in der Entfaltung der großen nordischen Vergletscherung wieder die Nähe des Ozeans. Im Mittelmeergebiete hatten alle höheren Gebirge meist kleinere Gletscher, diese aber waren an den Westseiten der Halbinseln größer als an den Ostseiten und alleamt vergleichsweise viel kleiner als im mittleren Europa. Die Gletscherentfaltung nahm ebenso von Norden nach Süden, wie von Westen nach Osten ab. Hiermit steht das Ansteigen der Schneegrenze gegen das Innere des Festlandes und äquatorwärts in Einklang. Zwischen der nordischen und alpinen Vergletscherung lag sie zwischen 1000 und 1300 m, im Mittelmeergebiete zwischen 1500 und 2300 m, östlich der Alpen über 1700 m, am atlantischen Gestade stieg sie von 400—500 m über dem südlichen Irland bis 1600 m auf der Serra da Estrela. Im Osten war sie 800 m, im Westen 1200 m tiefer als heute. Auch im Betrage dieser Herabdrückung kommt die Nähe des Meeres zum Ausdruck.

Als die große nordische Vergletscherung die Ostsee ganz und die Nordsee teilweise erfüllte, sowie die Irische See einnahm, hatte Nordeuropa nicht die reiche Gliederung wie heute. Seine Zurundung wurde überdies durch eine Folgererscheinung der großen Vergletscherung ansehnlich verstärkt: Zu ihrem Aufbau wurde Wasser aus dem Meere entnommen, dessen Spiegel sank und *Land tauchte auf*. Der Betrag beläuft sich zur Zeit der größten Vergletscherung auf etwa 100 m, zur Zeit der letzten war er geringer. Nur annäherungsweise gibt uns der Verlauf der 100-m-Tiefenlinie den Umriß Europas während der letzten Eiszeit. Im Norden war er wesentlich anders als heute. Statt des Meeres zwischen Irland und England südlich der Irischen See gab es Land; der Kanal lag bis nahe Lands End trocken, ebenso die südliche Nordsee. Eine wenig geschlängelte Linie von der Südwestspitze Irlands bis zur Küste der Landes in Südfrankreich veranschaulicht das damalige Westgestade von Europa, das eine einzige größere Einbuchtung, den Golf von Biskaya, hatte. Viel geringer war der Landzuwachs weiter im Süden: nur ein schmaler Streifen an der portu-

giesischen und der andalusischen Küste war dem Atlantischen abgewonnen; dem Mittelmeer ein solcher von der Ebromündung bis Kap Palos, im Inneren des Golf du Lion, an der Küste von Toskana; hier war Elba landfest. Die Pityusen und die Balearen waren je eine Insel, ebenso Sardinien und Korsika, Sizilien war an Kalabrien angegliedert, und eine Inselbrücke schlug sich nach Tunis. Malta mitsamt seinen Nachbarn war jedoch isoliert. Die nördliche Adria lag trocken; bis zur Straße von Otranto hin erfuhr Italien einen Landzuwachs, ebenso das gegenüberliegende Albanien. Die Buchten der nördlichen Ägäis waren verkleinert, der Golf von Saloniki lag trocken, Thasos war landfest, ebenso im Westen Euböa. Einzelne Kykladen waren zu größeren Inseln vereint, die Sporaden mit Kleinasien verbunden, ebenso Chios und Mytilini. Land reichte beiderseits der Dardanellen bis über Limnos hinaus, Europa war mit Kleinasien verbunden. Dardanellen und Bosporus blieben über dem eiszeitlichen Meeresspiegel, hier waren Riegel, die das Marmarameer und das Schwarze Meer vom Mittelmeer abgliederten, obwohl der Spiegel beider gegenüber heute gesunken war, der des Marmarameeres um etwa 70 m, der des Schwarzen Meeres um etwa 40 m. Infolgedessen lag das Gebiet zwischen Donau mündung und der Krim, sowie das Asowsche Meer trocken. Eine Ausbuchtung der Tiefenlinien südlich der Straße von Kertsch zeigt das untergetauchte Delta eines alten Don an, der hier in den Pontus mündete, während die sehr flache See westlich der Krim das heute untergetauchte eiszeitliche Stromland an den Mündungen des Dnjepr, Dnjepter sowie der Donau darstellt. Marmarameer und Schwarzes Meer waren während der letzten, ebenso wie in früheren Eiszeiten, Binnenseen von der Art, wie es heute der Kaspisee ist, aber während dessen Spiegel unter dem heutigen Meeresspiegel gelegen ist, müssen wir annehmen, daß der ihre höher als der damalige stand. Bosporus und Dardanellen sind die Betten ihrer Ausflüsse.

Auf das *eiszeitliche Klima* von Europa können wir aus der schon erwähnten tiefen Lage der Schneegrenze schließen. Fassen wir zunächst die atlantischen Gestade ins Auge. Hier hatten die Berge im südwestlichen Irland eine ansehnliche Eigenvergletscherung, die ich 1895 flüchtig untersuchen konnte. Sie weist auf eine eiszeitliche Schneegrenze von höchstens 500 m Höhe. In gleicher Höhe liegt die heutige am Saume des Atlantischen im nordwestlichen Island am Drangajökull. Klimatische Verhältnisse, wie sie heute hier herrschen, würden eine Vergletscherung zur Folge haben, wie sie während der Eiszeit im südwestlichen Irland bestand. In Valentia, an dessen Küste würden Temperatur und Niederschlag wie bei Stykkisholm in Island herrschen. Erstere wäre nach Hann im Jahresmittel etwa $2,8^{\circ}$ gegen $10,5^{\circ}$ heute, letztere 66 cm gegen 120 cm. Ebenso könnten wir die eiszeitliche Vergletscherung der Gebirge nahe der Westküste der Iberischen Halbinsel durch Annahme eines ähnlichen Klimas erklären, wie es gegenwärtig Nordschottland hat. Hier ist die Schneegrenze heute in 1400—1500 m Höhe anzunehmen, in Nordwestspanien ermittelte Paul Vosseler die eiszeitliche zu 1600—1650 m, Hermann Lautensach auf der Serra da Estrela in Portugal in 1620—1650 m Höhe, also 200 m höher. In beiden Gebieten haben wir meteorologische Stationen in beinahe gleicher Höhe, auf dem Ben Nevis in Schottland nahe der heutigen, auf der Serra da Estrela in Portugal nahe der eiszeitlichen Schneegrenze. Folgende Zusammenstellung enthält die Ergebnisse der beiden meteorologischen Stationen:

Serra da Estrela	1441 m	Januar 0,8°	Juli 15,6°	Jahr 7,4°	Niederschlag 2951 mm
Ben Nevis	1343 m	„ -4,4°	„ 5,1°	„ -0,3°	„ 4048 mm
Unterschied	98 m	„ 5,2°	„ 10,5°	„ 7,7°	„ -1097 mm

Man sieht, es handelt sich um fast genau den gleichen Temperaturunterschied wie zwischen Valentia und Stykkisholm, aber der südliche Ort ist in unserem Falle der an Niederschlag ärmer. Wir folgern, daß die atlantische Küste Europas während der Eiszeit um fast 8° kälter war als heute, und daß ebenso wie die Isothermen das niederschlagsreiche Gebiet um 13—15° der Breite nach Süden gerückt war.

Zu gleichem Ergebnisse gelangen wir im Mittelmeergebiet. Hier stieg zwar die eiszeitliche Schneegrenze auf jeder einzelnen Halbinsel landeinwärts an, aber an deren Westseiten, am Thyrrhenischen Meere in Italien, an der Adria auf der Balkanhalbinsel und am Schwarzen Meere auf der Südseite des westlichen Kaukasus lag sie allenthalben nahezu gleich tief, so tief wie heute in den Fjorden Südnorwegens. Dort, wo sie auf 1400 m herabgedrückt war, bewegen sich heute Temperaturen an der Küste um 15°, die Temperatur an der norwegischen Außenküste, wo die Schneegrenze sich etwa unter 1400 m herabsenkt, ist rund 7° (Bergen). Wieder ergibt sich, daß die eiszeitliche Gletscherentwicklung durch eine Verschiebung aller klimatischen Elemente nach Süden erklärt werden kann. Wiederum handelt es sich um eine Temperaturerniedrigung von gegen 8°, womit aber hier eine Niederschlagsminderung Hand in Hand ging. Südnorwegen ist zwar heute sehr regenreich, aber so gewaltige Regenmengen, wie sie der Ostküste der Adria, z. B. in der Bocche di Cattaro, zuteil werden, empfängt es nirgends. Wir sehen also, daß in allen drei betrachteten Fällen, ob sie eine Minderung oder Mehrung des Niederschlags voraussetzen, eine Temperaturerniedrigung von rund 8° die eiszeitliche Vergletscherung zur Folge haben würde, und weil diese Zahl in allen drei Fällen die gleiche ist, nehmen wir an, daß auch die jeweilig sich ergebende Änderung des Niederschlages gegenüber heute für die Eiszeit zutrifft. Diese kennzeichnet sich im europäischen Raume durch eine Verschiebung der Klimazonen äquatorwärts um etwa 15° der Breite.

Die Temperaturminderung von 8° hat zwei Ursachen: eine allgemeine klimatische und eine geographische, durch die eiszeitliche Höhenlage von Europa bedingte. Es ragte an 100 m höher über den eiszeitlichen Meeresspiegel als über den heutigen, war also deswegen 0,5—0,6° kälter. Die klimatische Temperaturerniedrigung ist also etwas über 7° im Jahresmittel. Mit ihr wollen wir weiter rechnen. Sie hat sich gewiß auch im angrenzenden Meere geltend gemacht. Dieses ist heute an den Küsten Europas im Jahresmittel meist wärmer als das Land, bei Stykkisholm um 3°, in Schottland um 4,5°. Erst an der Westküste von Portugal und südlich Sardinien werden Land und Wasser gleich warm. Ob dies in der Eiszeit genau ebenso war, läßt sich schwer sagen. Aber gewiß grenzte Europa während der Eiszeit an einen Ozean, der viel kälter war als heute, und im Süden an ein Mittelmeer, dessen nördliche Teile mindestens so kühl waren, wie heute das Nordmeer an der Außenküste Südnorwegens (9°). Die 3°-Isotherme, die heute das europäische Festland nahe am Polarkreis berührt, näherte sich ihm erst südlich von Irland. Das steht in Einklang mit der Tatsache, daß weiter nördlich das nordische Inlandeis bis ins Meer reichte und hier kalbte. Die 7°-Isotherme, die heute in Bergen auf das Land übertritt,

kam erst etwa bei Porto zu demselben, sie buchtete sich nordwärts bis in den Golf von Genua, querte die Adria südlich von Pola und erreichte wahrscheinlich die Nordküste des Ägäischen Meeres, während sie sich in das Gebiet des Schwarzen Meeres nicht hinein erstreckte. Erst im südlichen Mittelmeere, im Westen südlich 40° N, wo heute Küste und Meer nahezu gleiche Temperaturen haben, dürften sich die Jahresmittel über 10° erhoben haben.

Am offenen Ozean ist heute die Jahresschwankung der Temperatur klein. Ebenso wird es während der Eiszeit gewesen sein. An den Küsten des nördlichen Atlantischen wird sie sogar nicht größer gewesen sein als heute, wo sie sich um 10° bewegt, da sie im Jahresmittel niedriger war und im Winter nicht tief unter 0° sinken konnte. Wenn sie im landumschlossenen Mittelmeer annähernd so groß war wie heute (15°), so dürfen wir an seinen Nordgestaden Januartemperaturen erwarten, die sich nicht weit von 0° entfernten, ja selbst darunter sanken. War auch die Temperatur des Meeres höher, so werden gleichwohl dessen Tiefentemperaturen erheblich geringer gewesen sein als heute; denn sie werden ganz wesentlich bestimmt von seiner Oberflächentemperatur während des kältesten Monats. Sie dürften sich auf weniger als 5° belaufen haben.

Die sehr tiefe Lage der eiszeitlichen Schneegrenze im Mittelmeergebiete beschränkt sich auf schmale Zonen an den Westküsten des Landes. Gegen Osten stiegen sie, wie schon erwähnt, rasch landeinwärts an. Das gilt auch für die Iberische Halbinsel und ist für die Balkanhalbinsel näher festgestellt. Auch dies hat sein Seitenstück im südlichen Norwegen, wo die Schneegrenze von 1250 m gegen Jotunheim auf 2200 m ansteigt, — die eiszeitliche der Balkanhalbinsel hob sich nach Herbert Louis von 1300 m in der Bocche di Cattaro auf 2300 m im Piringebirge. Westliche Winde brachten Feuchtigkeit und verloren sie beim Ansteigen; trüb wird der Himmel dort gewesen sein, wo dies geschah. Dabei ist nur an der Westküste der Iberischen Halbinsel eine Niederschlagssteigerung gegenüber der Gegenwart wahrscheinlich. Schneereicher war das Land. Das verlangt die tiefe Lage der Schneegrenze. Selbst wo sie in 2300 m Höhe gelegen hat, dürfen wir, falls die Dauer der Schneedecke mit der Höhe so rasch abnahm wie in den deutschen Mittelgebirgen, nämlich bei 100 m Erhebung um einen halben Monat, an der Küste mit fast einem Monate Schneedecke rechnen, auf mehr gewiß dort, wo die Schneegrenze so tief lag wie heute in Südnorwegen. Das steht in Einklang mit unserem anderweitig gewonnenen Ergebnisse, daß wir an den Nordgestaden des Mittelmeeres eiszeitliche Januartemperaturen von unter 0° annehmen können.

Das im Winkel zwischen dem atlantischen Außengestade mit dem Mittelmeere gelegene Europa war ebenso kälter und niederschlagsärmer, wie dessen Schenkel. Mitteleuropa war zudem kontinentaler. Es lag infolge der eiszeitlichen Senkung des Meeresspiegels im Norden 1000 km ferner von der See als heute; die Stelle von Berlin war weiter vom Atlantischen als heute Kursk von der südwestlichen Ostsee. Die Jahresschwankung, heute nicht ganz 20° , kann hier 30° betragen haben, und wenn die eiszeitliche Jahresisotherme von 3° annähernd parallel der von 7° verlief, so kann am Südsaume der großen nordischen Vergletscherung, dort, wo sie der alpinen am nächsten kam, mit mittleren Januartemperaturen von tiefer als -10° und Julitemperaturen von 18° gerechnet werden. Allerdings werden diese theoretischen Julitemperaturen, die den heutigen sehr nahe kommen, durch die Eisschmelze gemindert

gewesen sein; dies wird auch eine Herabdrückung der mittleren Jahres-temperatur nach sich gezogen haben, die deswegen am Schmelzrande unter 3° gelegen haben dürfte.

Viel weniger als Norddeutschland war Süddeutschland vom Meere entrückt. Vom südlichen Schwarzwalde ist es nur 300 km weiter zum Golf von Biskaya als zur holländischen Küste. Es stand erheblich mehr unter maritimem Einfluß als die Gegend von Berlin; er reichte am Nordsaume der Alpen hinein in die Enge zwischen der nordischen und alpinen Vereisung. Bis in die niederösterreichischen Kalkalpen war er spürbar, während er im Norden, in der Nähe des nordischen Eises im Harze nicht mehr zu erkennen ist. Alles dies ergibt sich aus der Lage der eiszeitlichen Schneegrenze. Sie lag im Süden Deutschlands tiefer als im Norden¹. In 1000 m Höhe läuft sie von Zentralfrankreich zum nördlichen Alpenrand und an diesem entlang bis in die Nähe von Wien. Während sie nun aber im Schwarzwalde und im stärker vergletscherten Wasgenwalde tiefer lag (gegen 950 m), erscheint sie im schwächer vergletscherten Böhmerwalde erst in größerer Höhe (1100 m) und in noch größerer im Riesengebirge (1200 m). Hier trugen erst Kämme von mehr denn 1400 m Höhe kleine Gletscher, im Böhmerwalde gab es solche schon an Kämmen von 1300 m. Ich habe mich nicht davon überzeugen können, daß der Harz zur letzten Eiszeit Gletscher getragen hat, während der gleich hohe nördliche Schwarzwald solche hatte. Auch in der Hohen Rhön suchte ich vergeblich nach ihren Spuren, und was ich im Thüringer Walde als einen Moränenwall angesprochen hatte, offenbarte sich später mir und anderen nach Abholzung des Geländes als Ablagerung einer Rutschung. Kein zweifeloser Moränenrest ist auf dem Erzgebirge gefunden, den wir doch erwarten müßten, wenn die eiszeitliche Schneegrenze hier tiefer als weiter südlich im Böhmerwalde gelegen gewesen. Leichte Andeutungen, daß sie sich dahin senkte, geben sich auf der Südseite des Riesengebirges zu erkennen.

Hierin erblicken wir den Einfluß der großen nordischen Vergletscherung auf ihre Umgebung. Eiswinde hoben durch ihre Trockenheit die Schneegrenze. Das macht sich bis auf die nördliche Umwallung Böhmens und bis auf die Höhen der deutschen Mittelgebirgsschwelle geltend, mehr als 200 km vom Eisrande. *Das ist das periglaziale Gebiet.* Nichts berechtigt, dieses periglaziale Gebiet als ein besonders kaltes anzusehen. Dehnte es sich doch am Schmelzrande der großen nordischen Vergletscherung, wo sehr beträchtliche Eismassen in Wasser übergeführt wurden. Vergegenwärtigen wir uns nur, daß auf der 700 km messenden Strecke von der Weichsel bis zur Elbe bei Hamburg all der schneeige Niederschlag getaut wurde, der zwischen Schmelzrand und der Gegend nördlich Stockholm und der Alandsinseln gefallen war; das ist ein Gebiet von 200 000 qkm; kam ihm nur eine Schneehöhe von 2 dm Wasserwert zu, so mußten im Jahre 44 cbkm Eis geschmolzen werden, auf jeden laufenden Meter des

¹ Die nachfolgenden Ausführungen stützen sich auf eigene ältere und neuere Beobachtungen im Wasgen- und Schwarzwalde, auf der Schwäbischen Alb, im Böhmer- und Thüringer Walde, auf der Hohen Rhön, im Harz, Erz- und Riesengebirge sowie in den Ostsudeten, welche nirgends die vielfach angenommenen ausgedehnten Eisspuren bestätigen konnten, wohl aber in Einklang mit den Ausführungen von Alfred Rathsburg (Firgenwald, 1934, 1935) und Herbert Lembke (Zeitschrift der Gesellschaft f. Erdkunde 1936, S. 211) stehen.

Eisrandes 63 000 cbm im Jahre. Sehen wir von der Verdunstung ab, so passierten bei Hamburg im Jahre 40 cbkm Wasser in den vier Monaten der Eisschmelze, sekundlich rund 4000 cbm. Ein stattlicher Strom! Dies nur, um zu zeigen, daß die Sommerwärme im periglazialen Gebiet keine geringe gewesen sein kann, wenn sie auch durch die Eisschmelze gemindert war. Soweit sich dies fühlbar gemacht hat, hat das periglaziale Gebiet gereicht. Eine weitere Beeinflussung der Vergletscherung auf ihre Umgebung bestand in den von ihr kommenden Fallwinden; sie konnten, wie die antarktischen, Kälte bringen, aber auch Wärme dann, wenn sie föhniger Natur waren. Ihrer Trockenheit schreiben wir zu, daß die eiszeitlichen Schneegrenzhöhen in der ostwestlich streichenden Flucht der deutschen Mittelgebirge um 200—300 m höher liegen, als wir nach süddeutschen Verhältnissen erwarten möchten. Hiernach können wir die Breite des periglazialen Gebietes auf 200—300 km schätzen.

Sehr stark wird es sich nicht von seiner Umgebung abgehoben haben; ein Anstieg der Schneegrenze um 200—300 m macht sich im Lande nicht auffällig bemerkbar. Kein Grund liegt vor, in seinem Bereiche gefrorenen Boden anzunehmen. Solchen dürfen wir im eiszeitlichen Europa nur fern von der Westküste erwarten. Bei 3° mittlerer Jahrestemperatur war hier der Boden gewiß ebenso wenig gefroren, wie heute in Island; wenn das Gefrörnis erfahrungsgemäß eine mittlere Jahreswärme von tiefer als -2° voraussetzt, so fehlte es in ganz Mitteleuropa. Diese Temperatur herrscht hier heute an der Schneegrenze. Lagen die Dinge während der Eiszeit ähnlich, so trat damals wie heute die dauernde Bedeckung mit Schnee an Stelle des gefrorenen Bodens. Er kann daher im eiszeitlichen Europa keine besondere Rolle für die Entwicklung eines besonderen Formenschatzes spielen. Was ihm zugeschrieben worden ist, kann passender auch anders erklärt werden, ebenso wie manches auf periglaziale Wirkungen Zurückgeföhrte andere Deutungen zuläßt. War der Boden von Westeuropa und von Mitteleuropa im weitesten Sinne während der Eiszeit nicht gefroren, so war er doch allenthalben in der kalten Jahreszeit mit Schnee bedeckt. Bei der sehr geringen Meereshöhe der Schneegrenze zum atlantischen Gestade dürfen wir dort im Norden auf eine Dauer der Schneedecke von fast einem halben Jahre rechnen, während es sich in der Nähe des Golfes von Biskaya, sobald wir südisländische Verhältnisse zum Vergleiche heranziehen, um wesentlich weniger handeln kann. Binnenwärts wird die Dauer der Schneedecke mit der Höhe zugenommen haben, nahe der See rascher als im Innern. In den Tiefländern des kontinentalen Südostens jedoch, in dessen Gebirgen sich die Schneegrenze in 1800—2100 m befand, wird jene Dauer wahrscheinlich sehr gering gewesen sein; denn sie waren niederschlagsarm.

Das Flußnetz Europas war durch die Vergletscherung und ihre Folgeerscheinungen wesentlich beeinflußt. Alle ins Meer mündenden Flüsse dehnten ihren Lauf auf dem auftauchenden Lande aus, waren also länger. Kürzer war lediglich, und zwar erheblich, die Wolga, die sich bereits unterhalb Kasan in den hochgespannten Kaspisee ergoß. Aber ihr Einzugsgebiet war vergrößert. Auf eine Strecke von 600 km entwässerte sie den Eisrand; etwa 350 000 qkm des Inlandeises speisten sie. Ähnliches gilt vom Dnjepr, dessen Lauf nicht weit in das nur wenig gesenkte Schwarze Meer hinein verlängert war, dem aber auf eine Strecke von 1000 km die Entwässerung des Eisrandes und damit der Abfluß einer etwa 600 000 qkm messenden Eisfläche zukam. Auf deutschem Boden war eine

solche zentrifugale Entwässerung der Vergletscherung nicht möglich, sie geschah zwischen Weichsel und Elbe peripherisch; die Urstromtäler Norddeutschlands geben Richtungen an, denen sie folgte, wenn sie nicht durch das bis zum Fläming vorstoßende Eis unterbrochen war. Letzteres staute bei Thorn gelegentlich die Weichsel zu einem See auf, der durch die Narew einen Auslaß zum Dnjepr gefunden zu haben scheint. Bis über Hamburg hinaus ist jene peripherische Entwässerung bekannt; sie führte indes nicht in die Nordsee; denn deren flacher Boden lag trocken. Der Weiterweg nach Norden war durch das skandinavisch-britische Eis versperrt, er konnte nur nach Westen gehen; hier verrät ihn die tiefe Rinne in den Hoofden, deren Ausläufer sich mit 60 m Tiefe in der Straße von Dover fortsetzen. Weiter westwärts im Bereiche des damals trocken liegenden Kanals ist die Hurdtiefe ein untergetauchtes Tal, das uns das Einschneiden eines alten Flusses in den Boden des Kanals nördlich der Kanalinseln anzeigen; es führt bis 172 m hinab, also bis tief unter den gesunkenen Meeresspiegel selbst der vorletzten Eiszeit. Verbiegungen dürften hier stattgefunden haben. Erst westlich von Lands End können die von deutschem Boden kommenden Schmelzwasser der letzten Vergletscherung das Meer erreicht haben. Hier mündete ein Strom von einer Länge, wie sie die heutige Donau nicht besitzt, und von der Größe eines Einzugsgebietes, gegenüber welchem selbst das heutige der Wolga zurücksteht; denn es umfaßte nicht bloß wenigstens zeitweilig das der heutigen Weichsel, sondern ständig das von Oder und Elbe, von Rhein und Maas, von Seine und Themse, ebenso auch den größten Teil der heutigen Nordsee sowie das ganze Gebiet des zwischen Weichsel und Nordsee tauenden nordischen, sowie in Nordostengland schmelzenden britischen Eises.

Dieser alte *Kanalfluß* gehörte zu den größten Strömen der Erde, von dessen großer Wasserführung wir uns keine rechte Vorstellung machen können. Sicher war sie einer großen Jahresschwankung unterworfen; denn die von Norden kommenden Gletscherwasser flossen nur in den Hochsommermonaten der Zehrzeit reichlich und versiegten während der langen Nährzeit des Eises beinahe. Aber auch was der Süden lieferte, war während der Wintermonate sehr spärlich; denn dann waren seine Flüsse gefroren, sie tauten erst im späten Frühjahr auf, das war auch die Zeit der Schneeschmelze, die in den Gebirgen bis in den Sommer dauerte. In der ganzen Länge seines Laufes hatte der alte Kanalfluß Sommerhochwasser, welch letzteres in seiner Mündung allerdings wohl noch bis in den Frühherbst reichte, da es verspätet dahin kam. Vom Mai bis in den September war der Fluß gewaltig stark, in den übrigen sieben Monaten des Jahres klein, den größten Teil der Zeit gefroren. Ähnlich wird es sich mit den übrigen Abflüssen der nordischen Vergletscherung verhalten haben, mit der oberen Wolga bis Kasan und dem Dnjepr, sowie mit den Abflüssen der alpinen Vergletscherung, mit Don, Rhein, Rhone und Po. Ihre Wasser waren, wie die alten Gletscherflüsse in den Zeiten des Hochstandes schlammig getrübt und infolge ihres Fiumare-ähnlichen Charakters stark verwildert. Im Winter waren sie klare, schmächtige, eisbedeckte Gerinne. Beim Fallen des Hochwassers hinterließen sie in ihren breiten Betten einen Teil ihrer schlammigen Trübe. Getrocknet ward sie ein Spiel des Windes; sie wurde von ihm verweht und wie Regen fallen gelassen, dort wo er aufsteigen mußte.

So entstand der *Löß* Europas, der die Abflußgebiete der Vergletscherungen begleitet, wo er 200—300 m über die Flüsse ansteigt. Seine Bildung setzt

weder Staubstürme noch Steppen voraus, sondern lediglich eine Jahreszeit, in der der Schlamm der Gletscherflüsse ebenso verweht wurde, wie der von ihnen herbeigeführte Sand, wo es neben Flugsand Flugstaub gab. Letzterer blieb dort haften, wo er durch eine niedrige Vegetation festgehalten und nicht vom herabrieselnden Wasser abgespült wurde. Allmählich geschah seine Ablagerung; sie dauerte während des ganzen Hochstandes der letzten sowie früherer Vergletscherungen also allmählich im Verlaufe von Jahrtausenden. Gewiß erfolgte sie zeitweilig rascher als sonst, und es mag Zeiten gegeben haben, in denen sie aus irgendwelcher Ursache aussetzte. Nirgends erscheint der Löß deswegen als eine ganz einheitliche Bildung; immer wieder finden sich in mächtigen Vorkommnissen Nähte, an denen verschiedene Partien zusammengewachsen sind. Sie sind indes anderer Art als die Laimen-, Schwarzerde- und Roterdelagen, oder der interglaziale Wanderschutt, die die verschiedenen Löße, namentlich den der letzten Eiszeit von dem der vorletzten scheiden.

Der Schlamm des alten Kanalflusses wurde in der Eisnähe von den hier herrschenden Nordostwinden ausschließlich nach Südwesten verweht und blieb an den Nordabfällen der deutschen Mittelgebirge sowie des belgischen Hügellandes haften. 100—300 km weit wurde er verfrachtet. Der Schlamm des Rheins wurde aus der Oberrheinebene, wo der Löß den Kaiserstuhl ganz ummantelt, nach Osten bis in das Neckarland bei Stuttgart, im Mainland bis über Würzburg hinaus geweht. Sein Weg verrät Westwinde. Mehr aus dem Nordwesten kommende Winde brachten Donauschlamm lediglich auf das Alpenvorland. Hier liegen die großen Lößlager; auf der Alb und am Abfalle des Bayerischen Waldes fehlen sie. Ein großes Lößgebiet ist der östliche Teil des Pannonischen Beckens. Südostwinde breiteten ihn über die Donau-Drau-Platte, wehten ihn an das Leitha-Gebirge und an die Kleinen Karpaten, ja bis an den Ostabfall des niederösterreichischen Waldviertels und der angrenzenden mährischen Höhe sowie darüber hinaus bis nach Nordböhmien hinein. Nordwestwinde hingegen wehten Löß in das nördliche Serbien sowohl in die Umgebung von Belgrad als auch ins untere Moravatal. Großartig ist endlich die Verbreitung des Lößes an der unteren Donau von Lom an und östlich Bukarest. Sein Ursprungsgebiet suchen wir in der im Schwarzen Meer untergetauchten Mündungsebene der eiszeitlichen Donau. Von hier auch dürfte ein Teil des Lößes von Beßarabien und der südlichen Ukraine herzuleiten sein. Sein Auftreten weist auf östliche bis südöstliche Winde. Sie kennzeichnen das große Gebiet nördlich der Balkanhalbinsel.

Das *eiszeitliche Windsystem*, das uns der Löß in Europa offenbart, wird uns allerdings erst klar, wenn wir erkannt haben, daß der Löß an den Erhebungen, die sich dem Winde entgegenstellten, abgelagert wurde. Die Luvseiten der Höhen sind die Lößseiten. Aber sie sind andere als die Luvseiten für den Niederschlag. Dieser kam von Westen, das bezeugt die Lage der Schneegrenze, die sich allenthalben westwärts senkt; der Löß aber wurde mehr oder weniger von Osten angeweht. Diese Verschiedenheit erklärt sich daraus, daß Regenwinde und Lößwinde zu verschiedenen Jahreszeiten wehten. Erst als die sommerlichen Hochwasser geschwunden waren und ihren Schlamm hinterlassen hatten, konnte der Wind sein Wirken einsetzen, das war im Herbste und konnte dauern bis tief in den schneearmen Winter. Die Winde der wärmeren Jahreszeit brachten den Niederschlag, der in den Höhen als Schnee fiel und die Gletscher nährte. In

Europa gab es während der Eiszeit eine Art Monsunwechsel. Im Winter zeigen die Südostwinde ein Luftdruckmaximum in seinem Innern an, das bis über das Inlandeis reichte; im Sommer landwärts wehend, deuten sie auf ein Minimum zu ihrer Linken, das nicht über dem Lande, sondern auf der See gelegen war, wahrscheinlich südlicher als das heutige sommerliche Minimum im europäischen Nordmeere. Wenn nun die Westwinde des Mittelmeergebietes auch Sommerwinde waren, so konnte das Azorenmaximum nicht wie heute einen Ausläufer nach Mitteleuropa strecken, sondern lag südlicher, so wie heute im Winter. Handelt es sich auch in allen diesen Fällen um Annahmen, deren Voraussetzungen nicht immer streng erweisbar sind, so passen sie sich ungezwungen in das Bild vom klimatischen Zustand Europas zur letzten Eiszeit, das wir aus der tiefen Lage von deren Schneegrenze erschlossen. Nicht nur Temperatur und Niederschlag, sondern auch das ganze Windsystem war um ein Sechstel Quadranten verschoben. Nur an einer Stelle fallen Löß- und Schneewinde in Europa zusammen, nämlich östlich der Oberrheinebene. Im nordöstlichen Serbien ferner ist der Löß in entgegengesetzter Richtung geweht, wie sonst im pannonicischen Becken; beide Fälle liegen an der Grenze des Vorherrschen der einen und der anderen Richtung, so daß gelegentlich auch westliche Winde den Löß verwehten, vielleicht in Jahren, da sie früher einsetzten oder später endeten als sonst. Auch Fallwinde spielen eine Rolle beim Lößtransporte, so am Südsaume des nordischen Inlandeises, so auch in den Alpen im Rhonegebiet und in Piemont. Sie wehten den Rhoneschlamm auf die Côtes lyonnaises und den Schlamm des Po und seiner Nachbarn auf die Hügel östlich Turin.

Während sich eine enge Abhängigkeit der Ausbreitung des Lößes von den großen Gletschergebieten Europas offenbart, überrascht auf den ersten Blick die Lückenhaftigkeit seines Auftretens an der Wolga. Wir finden ihn an der oberen bis Kasan hin, an der unteren fehlt er sowohl auf dem Wiesenufer, als auch auf dem Bergufer. Auch diese Tatsache erweist seine Herkunft aus eiszeitlichem Flusschlamm. Nur bis Kasan floß die eiszeitliche Wolga, dann mündete sie in den hochgespannten Kaspisee, in dem sich der mitgeförderte Gletscherschlamm niederschlug, aber nicht dem Winde ausgesetzt war. Hier hörte naturgemäß die Verwehung auf; keine Brücke schlägt sich vom europäischen zum zentralasiatischen Löß. Jene Lücke in der Verbreitung des Lößes befestigt die Annahme, daß der Kaspisee während der Eiszeit hoch stand, wie alle Seen der Binnengebiete, und nicht, gleich dem Weltmeere, gesenkt war. Entgegengesetzt war der Rhythmus in den Schwankungen des Ozeans und der Binnenseen.

Die Füllung des Kaspisees bis zum Überlaufen kann nicht nur aus der Vergrößerung seines Einzugsgebietes erklärt werden, als der Wolga die Entwässerung eines ansehnlichen Teiles der großen nordischen Vergletscherung zufiel. Dieser Vergrößerung steht auch eine ansehnliche des Verdunstungsgebietes gegenüber; um mehr denn 300 000 qkm war der eiszeitliche Kaspisee größer als der heutige, und wenn er dabei überfließen konnte, so muß die Verdunstung von seinem Spiegel erheblich kleiner gewesen sein als heute. Das steht im Einklang mit dem kühleren Klima, das in Europa zur letzten Eiszeit durch die tiefe Lage der eiszeitlichen Schneegrenze angezeigt wird. Ein hochgespannter Kaspi ist für seine Umgebung in viel ausgedehnterem Maße Feuchtigkeitsförderer gewesen als der heutige. Sein südlicher Teil fiel noch in das Bereich

des großen mittelmeerischen Westwindgebietes, das sich auf der pontischen Seite des Kaukasus durch besonders tiefe Lage der eiszeitlichen Schneegrenze geltend macht. Westwinde wehten den Löß am Westabfall Hochasiens im westlichen Turkestan während der letzten Eiszeit heran und brachten ihm auch größere Niederschlagsmengen. Amu Darja und Syr Darja waren wasserreicher und füllten den Aralsee. Dieser floß durch den Usboi ebenso zum Kaspien über, wie letzterer durch den Manytsch zum Pontus, den die Schwelle vom Bosporus um etwa 60 m über dem Spiegel des damals an 100 m gesunkenen Mittelmeeres hielt. Dessen Einzugsgebiet reichte während der Eiszeit wahrscheinlich bis nach Zentralasien; durch das Dardanellental erhielt es einen riesigen Zufluß, der ihm ebenso die in der Donau kommenden Schmelzwasser der alpinen Vergletscherung, wie die im Dnjepr und in der Wolga enthaltenen des nordischen Inlandeises, wie auch solche vom westlichen Tienschan und vom Westabfalle des Pamir kommenden, ferner die des gesamten, ansehnlich vergletscherten Kaukasus brachte, aber auch die Abflüsse vom nördlichen Persien und nördlichen Kleinasien.

Dieser *Dardanellenfluß* war ein Seitenstück zum heutigen St. Lorenzstrom, insofern auch er große Binnenseen durchmaß und wahrscheinlich ein ebenso unausgeglichenes Gefälle hatte. Stromschnellen dürften nicht gefehlt haben; man kann sie am Manytsch mutmaßen, vielleicht hat es sogar westlich der Dardanellen als Seitenstück zum Niagara einen Wasserfall gegeben. Aber ein großer Unterschied dürfte darin bestanden haben, daß der Dardanellenfluß wahrscheinlich brackisches Wasser hatte. Es fragt sich, ob das Schwarze Meer während der Dauer einer Eiszeit völlig ausgesüßt werden konnte, obwohl ihm die Abflüsse der Vergletscherungen zukamen, und die Verdunstung an seiner Oberfläche geringer war als heute. Vermag sie gegenwärtig den Zufluß nicht aufzuzehren, so daß der Pontus dem Mittelmeer mehr Wasser abgibt als von diesem empfängt, wieviel mehr muß dies während der Eiszeit der Fall gewesen sein! Während der Eiszeit fehlte zudem der Einstrom von salzbringendem Mittelmeerwasser in der Tiefe; ein solcher konnte bei dem ansehnlichen Höhenunterschied zwischen beiden Meeren nicht stattfinden. Das Schwarze Meer war vom Mittelmeere auch in der Tiefe abgesperrt. Gleichwohl muß es nicht ausgesüßt worden sein; das lehrt der benachbarte Kaspien. Dieser kann seinen Salzgehalt seit der Eiszeit nicht gewonnen haben, da die Manytschschwelle höher ist als der Spiegel des Schwarzen Meeres, so daß letzteres nicht zum tieferliegenden Kaspi abfließen konnte. Dessen Salz ist ein alter Besitz, der sich durch die letzte Eiszeit erhalten hat. In gleicher Weise behielt der Pontus seinen Salzgehalt. Er wurde während der Eiszeit ebensowenig ausgesüßt, wie der Kaspien, sein Salzwasser konnte sich in der Tiefe unter leichterem Oberflächenwasser erhalten, wie es mit seinem heutigen, leblosen Tiefenwasser der Fall ist. Aber das Oberflächenwasser konnte dabei brackisch werden. Deswegen war der Dardanellenstrom brackisch, aber minder salzig als das heute im Bosporus ausströmende Wasser. Infolgedessen bekam das Mittelmeer einen größeren Zuschuß an süßem Wasser, und da entsprechend der geminderten Temperatur in seinem Gebiete die Verdunstung von seiner Oberfläche geringer war, so muß man sich fragen, ob während der letzten Eiszeit in der Straße von Gibraltar dieselbe Wasserbewegung wie heute stattfand. Heute gibt es ein oberflächliches Einströmen von atlantischem Wasser in das Mittelmeer; für

die Eiszeit ist umgekehrt ein oberflächliches Abströmen von Mittelmeerwasser in den Atlantischen mindestens sehr wahrscheinlich. Die Ausbreitung schweren und zugleich warmen Mittelmeerwassers, die heute am Boden des nördlichen Atlantischen erfolgt, wäre hiernach zur letzten Eiszeit nicht vorhanden gewesen, sie wäre eine neuere Erscheinung, die erst seit Beginn der Postglazialzeit besteht.

Von weitreichender Bedeutung ist der eiszeitliche Dardanellenfluß für die Geschichte des gesamten Mittelmeeres. Er brachte ihm mit den etwas versalzten Schmelzwässern von Vergletscherungen nicht auch deren Schlammgehalt. Kaspi und Pontus waren großartige Klärungsbecken. Solche fehlten im Bereich des alten Kanalflusses, des zweiten großen Stromes im eiszeitlichen Europa. Beide Flüsse haben dasselbe Schicksal geteilt, ihre Gebiete sind weit hin untergetaucht durch das anschwellende Meer. Die Nordsee und der Kanal entziehen heute einen großen Teil des alten Kanalflusses den Blicken; unter dem Spiegel des Schwarzen Meeres begraben sind dessen eiszeitliche Ufer. Sichtbar aber sind die des Kaspi. Hier bietet sich die Möglichkeit, sie zu beobachten. Die Verfolgung von dessen ehemaligen Uferlinien kann einen wichtigen Teil des Zustandes von Europa während der Eiszeit aufhellen und gut belegte Tatsachen an Stelle von Vermutungen setzen. Überdies wird sich die Möglichkeit bieten, festzustellen, inwieweit hier Bewegungen der Erdkruste seither Veränderungen hervorgerufen haben und die alten Uferlinien, die horizontal gewesen sein müssen, verbogen oder verworfen haben. Hier ist ein weites Feld für russische Forscher. Die Untersuchungen der Amerikaner über die Uferlinien im Bereich der Großen Seen, die der Skandinavier im Ostseengebiete bieten ausgezeichnete Vorbilder.

Man kann sich nicht des Eindruckes entziehen, daß die eiszeitlichen Flüsse Europas wasserreicher waren als die heutigen. Aber es müssen deswegen damals nicht mehr Niederschläge gefallen sein. Sie waren vielmehr im Winkel zwischen dem atlantischen und mittelmeerischen Gestade gewiß geringer als heute, aber auch die Verdunstung war gemindert, und zwar in noch größerem Umfange. Wenn Mitteleuropa ein nordisches Klima hatte, so werden in seinen Flußgebieten Abflußfaktoren geherrscht haben wie heute in Schweden; nicht bloß 25—30%, sondern 60—80% des gefallenen Niederschlags würden abgeflossen sein. Entsprechendes wird für das Mittelmeergebiet gelten. Es fehlt nicht an direkten Hinweisen, daß Mitteleuropa niederschlagsärmer war als heute. Die Firnbecken in den Alpen sind zur Eiszeit nicht voller gewesen als heute. Die Oberflächen der alten Gletscher schließen sich an die heutigen unterhalb der gegenwärtigen Firngrenze an; wenn man die heutigen Gletscher in eiszeitliche verwandelt, so muß man ihre Zungen wachsen lassen, also hier das Schmelzen mindern, nicht aber die Ernährung oberhalb der Firmlinie steigern. Das eiszeitliche Europa war kühler und niederschlagsärmer als heute, deswegen aber nicht trockener, sondern eher feuchter. Die Niederschlagsarmut aber erscheint bedingt durch die geringere Wärme. Je kühler es ist, desto weniger wird verdunstet, nicht bloß auf dem Lande, sondern auch auf dem Meere, desto weniger Niederschlag kann dieses spenden.

Im Einklang hiermit steht das immer noch Wenige, was wir über das *Pflanzenkleid* wissen. Mitteleuropa war größtenteils waldlos. Aber wenn wir hier von einer hocheiszeitlichen Tundra sprechen, so dürfen wir nicht an die arktische

Tundra mit gefrorenem Boden denken, sondern müssen das subarktische Pflanzenkleid Islands im Auge haben, sowie die alpine Region unserer Hochgebirge. Die eiszeitliche Tundra dürfte das atlantische Gestade Europas, soweit es nicht vergletschert war, nördlich des Golfes von Biskaya erreicht haben, denn hier lag die Schneegrenze allenthalben so tief, daß für Wälder darunter kein Platz war, wenn auch niedere Bäume fortkommen konnten, die sich auf Island schon 400 m unter der Schneegrenze einstellen. Ostwärts wird es anders gewesen sein. Dort, wo die eiszeitliche Schneegrenze sich über 1000 m hebt, also östlich 10° östlicher Länge von Greenwich, können in tieferen Lagen schon größere Bestände vorhanden gewesen sein, und weiter östlich, wo sie in der Umrahmung des pannischen Beckens auf mehr denn 1800 m ansteigt, kann es ausgedehnte Wälder gegeben haben. Ob sie in den großen Lößgebieten unterbrochen waren, ist eine offene Frage. Wer mit Ferdinand v. Richthofen annimmt, daß niedere Vegetation für die Lößablagerung unerlässlich ist, wird bejahen; wer aber sieht, wie im Rheintal der Alpen oberhalb des Bodensees auch Wald als Staubfänger dient, wird verneinen. Eine zwingende Notwendigkeit, Trockensteppen im südöstlichen Europa während der letzten Eiszeit anzunehmen, liegt nicht vor. Gemeinsame Züge in der alpinen und der subarktischen Waldflora, das Auftreten von Zirbe und Lärche in beiden erheischen vielmehr die Annahme von eiszeitlichen Wältern zwischen beiden. Und wenn Steppentiere in der Fauna des atlantischen Europa gegen Schluß der letzten Eiszeit auftreten, so müssen wir nicht auf einen Zusammenhang der dortigen subarktischen Tundra mit kontinentalen Trockensteppen folgern, sondern es können Lichtungen und Wiesen im Walde Steppentieren die Möglichkeit zu Wanderungen gegen Westen geboten haben. Trockengebiete, wie sie heute die Nordgestade des Pontus begleiten und den Kaspi im Norden umgeben, lassen sich im eiszeitlichen Europa nicht erkennen. In seinem Mittelmeergebiete dürfte Wald geherrscht haben. Holzreste in den Moränen der eiszeitlichen Gletscher der Südalpen tun dar, daß diese so im Walde endeten, wie heute der Malaspina-gletscher Alaskas. Ob inmitten der Pyrenäenhalbinsel und am Osten der Balkanhalbinsel wie jetzt trockene Gebiete vorhanden waren, entzieht sich noch unserer Kenntnis.

Noch ist es nicht möglich, das Landschaftsbild für ganz Europa, soweit es durch die Lebewelt bedingt ist, mit gleicher Sicherheit zu zeichnen wie es die vergleichend physikalisch-geographische Betrachtung gestattet. Daß zwischen dem Gebiete südlich der großen nordischen Vereisung und dem Mittelmeere einerseits und den mediterranen Halbinseln andererseits, daß zwischen Westen und Osten Unterschiede im Pflanzenkleide vorhanden waren, ergibt sich mehr aus jener Betrachtung als aus beweisenden Funden. Was wir von der *Tierwelt* wissen, beschränkt sich auf den erstgenannten Raum. Die hier vorkommenden Säugetierreste stehen in Einklang mit dem allmählichen Übergang einer subarktischen Tundra in Wald, auf den wir folgerten. Mammút und wollhaariges Rhinoceros waren durch ein dichtes Haarkleid gegen eiszeitliche Kälte geschützt; gleich dem zeitgenössischen Renntier, dem Pferde und dem Rind fanden sie zusagende Nahrung in den vorhandenen Pflanzen; man könnte aus dem häufigen Vorkommen ihrer Gebeine geradezu auf eine Nahrungsfülle schließen, wenn man sich nicht vor Augen hielte, daß es sich um Reste aus Tausenden von Jahren handelt. Das Element, welches heute für die arktische Fauna bezeichnend ist, ist im genannten Raume vornehmlich im

feuchten, baumarmen Westen vertreten und gelangt erst, nachdem der Hochstand der Vereisung vorüber war, zu weiterer Verbreitung. Welche Tiere in den Wäldern der Mittelmeerhalbinseln gleichzeitig mit der Mammutfauna Mitteleuropas lebten, bedarf noch der Aufhellung. Wer Verschiebungen der Klimagürtel im Auge hat, wird hier während der Eiszeit eine Fauna erwarten, die während der letzten Interglazialzeit in Mitteleuropa herrschte; wer indes von den einzelnen Faunen ausgeht, ist leicht geneigt, wegen deren Gleichheit die eiszeitlichen des Mittelmeergebietes für gleich alt mit den interglazialen Mitteleuropas zu halten. Das stärkere Argument ist meines Erachtens das physikalisch-geographische.

Von Tier- und Pflanzenwelt abhängig, erscheint auch der *Mensch* im Bilde des eiszeitlichen Europas. Er meidet wie jene das Gebiet der Vergletscherungen, lebt aber außerhalb desselben und weiß hier die Hindernisse zu überwinden, die sich seiner Verbreitung entgegenstellen. Er überschreitet die großen eiszeitlichen Ströme, die im Winter mit Eis überbrückt sind, aber in die vergletscherten Gebirge dringt er nicht ein; trockenen Fußes konnte er nach dem mit dem Festland verbundenen England kommen. Ob er schon der Seeschiffahrt kundig war, wissen wir nicht. Allem Anschein nach war er durch das Mittelmeer immer von seinen afrikanischen Nachbarn getrennt, während ihm Landwege nach Asien nördlich vom Pontus und Kaspi offenstanden, und er nach Kleinasien gelangen konnte, wenn er den Dardanellenstrom zu überschreiten vermochte. Nahe dem Saume der großen nordischen Vergletscherung streifte er als Mammut-, Pferde- oder Renntierjäger in einem stark kontinentalen Klima umher, gegen dessen Winterkälte er sich schützen mußte. Er fand in der Tundra Brennstoffe, um sich Feuer machen zu können. Wir kennen seine Herdstellen, wissen aber recht wenig, was er brannte. Er rastete im freien Lande, dort, wo Löß angeweht wurde, hatte also Kleidung nötig, er wohnte in Höhlen, die nicht ausfroren, weil die mittlere Jahrestemperatur über 0° blieb. In der Umgebung der nordischen Vergletscherung erscheint er in Mittel- und Osteuropa südlich des alten Kanalflusses wie ein Vertriebener aus Jagdgebieten, die vom Eise eingenommen worden waren. Wie er in den Wäldern des Mittelmeergebietes hauste, ist noch nicht bekannt, ob er auch hier hin- und herschweifte, oder gewisse Wohnplätze bevorzugte, wissen wir noch nicht. Im Lößgebiete kehrte er nachweisbar zur selben Stelle mehrfach zurück, wie übereinandergelagerte Kulturschichten erweisen, ja an einzelnen Stellen scheint er geraume Zeit geweilt zu haben, wie die Mengen angehäufter Knochen von Mammut, Pferd oder Renntier annehmen lassen. Gehörig aufgeräumt hat er unter diesen eiszeitlichen Säugern. Das Mammut hat die Eiszeit nicht überlebt; es ist ausgestorben, vielleicht ausgerottet. Pferd und Renntier haben sich aus Mitteleuropa zurückgezogen, dieses in die Zirkumpolare gebiete, jenes nach Zentralasien. Inwieweit hierbei der Mensch mitgewirkt hat, ist eine Frage. Jedenfalls war er schon während der letzten Eiszeit eine tätige Kraft in der Landschaft. Aber noch stand er ganz unter dem Zwange der großen Naturgewalten und vermochte seine Umwelt nicht nach seinen Bedürfnissen zu gestalten. Auf den Millionen Quadratkilometern des unvergletscherten Europas haben gewiß schon Zehntausende, wenn nicht Hunderttausende gelebt. Sie waren dort Zeugen eines großen Geschehens, das nicht bloß unseren kleinen Erdteil, sondern die ganze Erde betroffen hat und tief eingegriffen hat in die Geschichte unseres Geschlechts.

Nachwort

Eine Schilderung von Europa zur letzten Eiszeit nimmt sich in einem Strauße landeskundlicher Arbeiten wie eine Schneeblume unter freundlichen Blüten aus und bedarf daher einer gewissen Rechtfertigung. Diese liegt in dem Wunsche, daß ich Norbert Krebs, dem lieben ehemaligen Schüler, zu seinem 60. Geburtstage gereifte Ergebnisse aus meinem Forschungsfelde darbieten möchte, dem er bei seinem landeskundlichen Schaffen immer volle Aufmerksamkeit und tiefes Verständnis entgegengebracht hat. Ausdrücklich möchte ich bemerken, daß mir fern liegt, den Geographen auf ein neues Arbeitsfeld hinzuweisen; er hat mit der Gegenwart genug zu tun und kann die Vergangenheit getrost dem Geologen überlassen. Immerhin wird es vielleicht so manchem Geographen von Nutzen sein, zu sehen, wieviel die Ergebnisse der vergleichenden allgemeinen Erdkunde zur Aufhellung landeskundlicher Zusammenhänge beitragen können, während andererseits dem Geologen es möglicherweise von Wert ist, zu sehen, wie sehr die methodische Betrachtungsweise des Geographen, die mit dem Nebeneinander von verschiedensten Erscheinungen zu tun hat, auch für die geologischen Probleme anwendbar ist.