

# DIE EISZEIT.



## ANTRITTS-REDE

BEI

UEBERNAHME DER ORDENTLICHEN PROFESSUR  
DER GEOLOGIE UND MINERALOGIE

AN DER HOCHSCHULE ZU TÜBINGEN

AM 21. NOVEMBER 1895

IM FESTSAAL DES UNIVERSITÄTSGEBÄUDES

GEHALTEN

VON

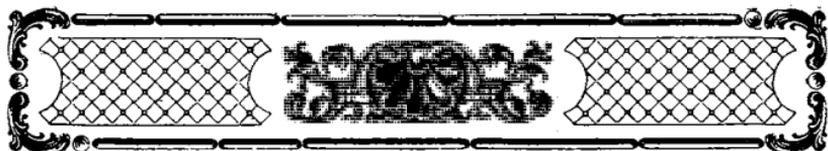
**E. K O K E N.**



**TÜBINGEN.**

VERLAG VON FRANZ PIETZCKER

1896.



## Hochansehnliche Versammlung!

Indem ich es versuche, in meiner Antrittsrede Sie in ein Gebiet zu führen, das immer noch des Rätselhaften und Unerforschten nur allzuviel umschliesst, bin ich mir bewusst, dass ich keinen erschöpfenden Bericht über das Geleistete erstatten kann und in der Entwicklung meiner eigenen Ansichten schon dieserhalb mir grössere Reserve auferlegen muss.

Auch in der Schilderung jener selbst in die Geschichte des Menschengeschlechtes mächtig eingreifenden Zeit kann ich nur so weit gehen, als sie mir eine Basis für andere Erwägungen schafft. Meine Aufgabe wird sein, Ihnen ein Bild zu geben, zu untersuchen, welche Gruppierung des Beobachteten den inneren Zusammenhang am Klarsten offenbart, und wie weit wir in den Versuchen, das Phänomen zu erklären, gehen dürfen, ohne den Boden der gesicherten Forschung zu verlieren.

Die Vorstellung einer Eiszeit gieng, wie Ihnen bekannt, von den Alpen aus. Studien, die man an den Gletschern machte, lehrten, dass sie einst viel bedeutender waren. Felstrümmer, die im Gebiete des Finsteraarhorns oder der Walliser Alpen auf den hochgeschwollenen Rhonegletscher geraten waren, sind durch den Genfer und Neuenburger See bis auf die Abhänge des Jura geschoben, wo sie als erratische Blöcke, als verirrte Fremdlinge im Kalkgebiete, nach dem Abschmelzen des Gletschers liegen blieben. Bis fast nach München, bis über Lyon hinaus, bis weit in die Poebene hinab lässt sich der alte Gletscherschutt nachweisen.

Die zwingende Gewalt solcher Beobachtungen drängte zur Annahme einer »Eiszeit«, wie Schimper sie kurz nannte, einer Zeit intensiverer Vergletscherung zunächst für die Alpen.

Im Norden harrten ähnliche Phänomene der Erklärung. War doch ganz Norddeutschland bis zur holländischen Grenze bestreut mit Feldsteinen, welche zum grössten Teile in Schweden ihre Heimat haben.

Man wagte aber bei den grossen Entfernungen zwischen Heimat und Lagerstätte der Findlinge und Angesichts der trennenden Meeresarme nicht, einen direkten Transport durch Gletscher oder strömendes Eis anzunehmen, sondern es kam zunächst durch Lyell die sog. Drifttheorie zur Herrschaft.

Für Lyell und seine Schule stand es fest, dass zur Eiszeit ein »diluviales« Meer einen grossen Teil Deutschlands

bedeckte. Wie in den Alpen, so waren auch in Skandinavien die Gletscher mächtig angewachsen und ragten von den Höhen bis zum Meere hinunter, und ihre von den Wogen abgeschlagenen Enden trieben als Eisberge mit den Strömungen des Meeres über die versunkene norddeutsche Ebene hin, die sie, hier und dort strandend und schmelzend, allmählich mit skandinavischem Gletscherschutt bedeckten.

Trotz der grossen Unwahrscheinlichkeiten, welche auch diese Hypothese noch enthielt, blieb sie lange die allein herrschende. Gegen die Wucht des persönlichen und wissenschaftlichen Einflusses Lyells konnte sich eine vereinzeltete Stimme wie die des deutschen Gelehrten Bernhards, der das Phänomen fast in der heute als richtig erkannten Weise erklärte, keine Geltung, überhaupt keine Zuhörer verschaffen.

In Schweden lagen die Verhältnisse ähnlich wie in den Alpen, so dass man sehr früh zur Annahme einer grossen Vergletscherung geführt wurde, deren Spuren sich heute noch durch geschliffene und geschrammte Felskuppen, durch verschleppte Geschiebe, alte Moränen und vieles Andere nachweisen lassen. Hier erstarkte allmählich die sog. »Glacialtheorie«, die dann, als auch durch deutsche Beobachtungen die alte Drifttheorie in ihren Fundamenten untergraben wurde und nur notdürftig noch gestützt werden konnte, plötzlich nach Deutschland übersprang und hier sofort zündete.

In Rüdersdorf bei Berlin sprach der schwedische

Forscher Tor ell, angesichts der abgeschliffenen und geschrammten, mit sog. Riesenkesseln und schwedischen Geschieben bedeckten Gesteinsfläche unter dem Abraum der dortigen Kalksteinbrüche, mit Bestimmtheit aus, dass solche Erscheinungen nur durch die Voraussetzung einer früheren Vergletscherung, eines Vordringens der skandinavischen Eisströme bis Berlin und weiter befriedigend zu erklären seien. Ich will nicht darauf eingehen, wie dieser Gedanke in wetteifernder Arbeit ausgebaut wurde, wie sich Beobachtung an Beobachtung reihte und wie ein Problem nach dem andern sich mit Anwendung der neuen Lehre entziffern liess. Genug — die Drifttheorie wurde durch die Gletscher- oder Glacialtheorie verdrängt und ersetzt.

Was wir erreicht haben und was wir als bewiesen glauben hinstellen zu dürfen, lässt sich kurz in folgender Weise zusammenfassen.

Infolge klimatischer Veränderungen, denen wir vorläufig nicht weiter nachgehen wollen, wuchsen wie in den Alpen so auch im Norden die Gletscher mächtig an. Sie begannen von der Wölbung der skandinavischen Halbinsel herabzusteigen nach allen Himmelsgegenden. Die nach Osten gerichteten Eisströme, mit den in Finnland erzeugten vereint, ergossen sich über einen grossen Teil Russlands, indem sie die Gegend der Ostsee, welche damals noch nicht als Meer existierte, überschritten. Die Eisdecke legte sich auch, sich nach Süden und Westen dehnend, über Norddeutschland bis zum Abfall

der Mittelgebirge und bis zur Rheinmündung hin, über die Gegend, die jetzt vom Kanal eingenommen wird, damals aber Festland war, und über den südöstlichsten Teil Englands. Der überwiegend grosse Teil des englischen Inselreiches war vergletschert durch die Eisströme, die von den schottischen Gebirgen herabquollen und sich in Norfolk mit dem skandinavischen Inland-eise berührten.

Aber die Eiszeit überzog noch viel grössere Flächen der nördlichen Hemisphäre. Grönland liegt heute noch wie damals im Zwange der Vereisung. Aus dem hohen Westen Nordamerikas, nur Alaska freilassend, verläuft die Südgrenze des amerikanischen Inlandeises in einem gewaltigen Bogen, der den Missouri und den Ohio einschliesst und die grossen Seen umspannt, bis zum 38. Breitengrade herunter, und dann zur atlantischen Küste, die sie bei New-York erreicht, ein gewaltiges Areal umziehend.

Eigentümlich und für die Erklärung der Eiszeit wichtig ist es, dass in den furchtbar kalten Gegenden Nordsibiriens fast keine Spuren der Vergletscherung sich finden. Die Ostgrenze des russischen Glacialgebiets verläuft von der Wolga steil nach Norden zum Eismeere. In der Gegend des Timan hat der spätere Einbruch des arktischen Meeres die Spuren einer lokalen Eiszeit fast vernichtet. Jenseits des Urals werden die Anzeichen noch spärlicher; die ausgedehnten marinen Schichten sind vorwiegend. Auf dem Hoch-

plateau Sibiriens herrschte jedenfalls ein continentales Klima, nicht so trocken vielleicht wie heute, aber auch nicht feucht genug, um solche Schneemassen abzugeben, wie sie zur Bildung von Gletschern erforderlich sind.

Richten wir nun unser Augenmerk wieder auf Norddeutschland. Der alte Moränenschutt der diluvialen Eisdecke lagert noch heute dort, wo ihn diese zurückliess, wenn auch durch Wasser, Wetter und Wind vielfach verändert. Aus ihm, der zusammengefeigt ist von den jetzt kahlen und unfruchtbaren Felsengerüsten der nordischen Landmassen, ist der fruchtbarste Boden Norddeutschlands, aber auch der bewegliche Sand der Mark und der Dünenwall unserer Küsten hervorgegangen. Ueberall tritt er scharf in die Charakteristik der Landschaft ein.

Noch unter dem tiefsten Moränenmaterial trifft man hie und da Ablagerungen an, die in kleinen Seen unweit des Eisrandes sich gebildet haben, denn sie liegen häufig auf nordischem Sande oder Kies, den die Gletscherbäche abgesetzt hatten, der gleichsam dem nahenden Verderben voraus wanderte. Die Tiere und Pflanzenreste in diesen sog. praeglacialen Ablagerungen gestatten uns einen Einblick in die Zeit der anfangenden Vereisung, und wir sehen, was man zunächst nicht vermuten würde, dass wir solche Pflanzen, solche Tiere vor uns haben, die auch heute der Gegend eigen sind vermischt mit einigen Formen (wie Ahorn und Walnuss),

die eher noch auf etwas höhere Jahrestemperatur schliessen lassen.

Wir lernen daraus, dass wesentlich auch andere Ursachen in die Entfaltung der trostlosen Eiswüsten hineinspielen müssen, als strenge Kälte, ja, dass die Eisströme sich geradezu fremdartig in Verhältnisse einzwängen, die sie zu erzeugen nicht im Stande gewesen wären.

Von höchster Wichtigkeit ist ferner, dass weithin sich eine sog. »Interglacialzeit« nachweisen lässt. Das Eis verschwand aus diesen Gegenden und auf dem befreiten Boden siedelten sich wieder die alten Pflanzen an, ohne grosse Lücken in ihren Reihen, und drängten dem Rande des weichenden Eises nach. Die Tierwelt aber ist geändert; ein Rest der alten Gesellschaft ist durchsetzt von Eindringlingen aus dem hohen Norden, denen der Eisrand eine Wanderstrasse geschaffen hatte, die sie zu einer bedeutenden Ausdehnung ihres Wohngebietes veranlasste.

Offenbar müssen wir hier noch unterscheiden zwischen Anfang, Mitte und Ende der Interglacialzeit, denn im Anfang und am Ende wirkten die Eisfelder doch etwas abkühlend auf das Klima ein. Ferner ist die Lage der Fundstätten von Bedeutung, ob südlich, ob nördlich, ob fern oder nahe dem Rande des Eises; die Phase der Interglacialzeit wird durch das topographische Moment, durch die Ortslage noch wesentlich beeinflusst.

So sehen wir die interglacialen Säugetiere zu sehr

verschiedenartigen Gesellschaften vereint. In der Mitte der Interglacialzeit und in günstig gelegenen Gegenden tauchen Formen wieder auf, die von den jüngsten tertiären Faunen Mitteleuropas und des Südens übergeblieben sind und die ihren indisch-asiatischen Ursprung nicht verleugnen. Sie drängen im Interglacial stärker nach Norden, als im sog. Praeglacial, das doch offenbar schon unter dem Zeichen der zunehmenden Vergletscherung stand. An anderen Orten ist der Charakter der Säugetiere ein mehr nordischer. Das rastlos wandernde Mammut erscheint jetzt aber überall; erst an den Meeresstrassen von Messina und Gibraltar wird seinem Wandertriebe eine Grenze gesetzt.

Noch einmal drang das Inlandeis, im Norden wieder erstarkt, vor und begrub unter seinem Moränenschutt die interglacialen Schichten. In diese Zeit fällt eine auffallende Veränderung des Klimas zum Schlechteren, die sich in einem Wechsel der Tier- und Pflanzenwelt widerspiegelt, und um so mehr auffallen muss, als ja das Binneneis thatsächlich an Ausdehnung schon verloren hatte.

Längs des ganzen Randes des Inlandeises bildet sich eine Zone aus, die, bewachsen mit echt arctischen Pflanzen wie Zwergbirke, Polarweide, Dryas u. a., den Tundrangebieten des hohen Nordens zu vergleichen ist und auch von denselben Tieren aufgesucht wurde, die in jenen leben. Scharen von Lemmingen stellen sich ein, gefolgt von Eisfüchsen und anderen Tieren. Daneben erhalten sich

nach wie vor die ersten Einwanderer, Mammut, Rhinoceros, Moschusochse, Rentier, Wisent und andere.

Weiter im Süden gieng die Tundra in die eigentliche Steppenlandschaft über, die sich auch weit nach Westen, bis an die atlantische Küste Frankreichs und bis nach England hin ausdehnte; überall findet man die Reste der charakteristischen Steppentiere, zu denen die kleinen Pferdespringer und Ziesel, aber auch grosse, wie die Saiga-Antilope, gehören. Zu den geologisch charakteristischen Erscheinungen dieser Zeit gehört die Bildung mächtiger Löss- und Lehmlagerungen, die aus staubfeinen Sand-Partikeln zusammengesetzt, in ihrer Lagerung oft auf ein Thalgehänge, auf das der Leeseite oder des Windschattens, beschränkt und wesentlich als Ablagerungen staubeladener Winde, welche die vom Eise freigegebenen Moränenflächen fegten, anzusehen sind. Sie bedecken im Rheinthale, z. B. bei Mosbach, aber auch im Weserthale, die alten Flussschotter, und treten in den vergletschert gewesenen Gebieten Norddeutschlands immer über, nie unter glacialen Moränenbildungen auf. Niemals sind dort die kleinen Steppentiere im interglacialen Moränengruss, niemals in den Flussschottern gefunden. Zeitlich wie faunistisch ist die Grenze im Norden scharf.

Als das Eis allmählich aus Deutschland verschwand, folgte die arktische Flora unmittelbar, die Steppe aber nicht im gleichen Masse nach, sondern sie eroberte nur einige randliche Partien des alten Tundrangebietes.

Sie, die vielleicht schon in der interglacialen Zeit angelegt wurde, kam in der spätglacialen gleichsam zum Stillstand, während der Rand des Eises sich weiter und weiter nach Norden entfernte, und wurde allmählich, indem auch die klimatischen Störungen sich wieder ausglich; durch die Ausbreitung des Waldes überwuchert. Wo, wie bei Thiede im Braunschweigischen, die im Löss und Lehm begrabene Tierwelt eine gleichmässige Abstufung aus der Tundrenfauna durch die Steppen- und die Waldfauna zeigt, da kann man die skizzierten Vorgänge aus dem geologischen Profile ablesen; hier erhält man aber auch den Eindruck, dass die Entfaltung der Steppe weit inniger mit der Spätglacialzeit, dem definitiven Schwinden des Eises verknüpft ist, als mit dem Interglacial.

Der hier entwickelte typische Verlauf der nordischen Vereisung erleidet wohl Ausnahmen, doch dürfte keine wichtig genug sein, den allgemeinen Schluss auf die Folge der Erscheinungen zu erschüttern. Es ist oft kaum möglich, die verschieden alten Moränen zu trennen, wenn sie ohne deutliche Zwischenbildung einander überlagern, und ebenso schwer ist es festzustellen, wenn nur eine Moräne vorhanden ist, ob sie der älteren oder der jüngeren Phase der Eiszeit angehört oder beide vertritt. Die Grenze der zweiten Vereisung liegt weiter gegen Norden zurück, als die der ersten, aber man darf sie auch nicht als eine gleichsam concentrische Curve construieren, sondern die nie ruhenden Hebungen

und Senkungen, für die Skandinavien ein klassisches Beispiel ist, mussten dem Strom des Eises oft ein anderes Bett anweisen und konnten ihm unerwartet den Abfluss in eine Gegend erleichtern, wohin er früher nicht dringen konnte. Sehen wir doch auch das Meer wandern und schwanken, je nachdem Senken sich öffneten oder vergiengen. Ein Arm der Nordsee findet in der Interglacialzeit seinen Weg quer durch Holstein und streckt sich bis zum frischen Haff, und mehrfach war die Südküste Englands vom Meer umspült und dann wieder mit dem Continente verbunden.

Viel Gewicht lege ich auf das erst in die letzten Phasen der Eiszeit fallende Erscheinen der arktischen Flora, wie sie durch *Betula nana*, *Salix polaris* und *Dryas octopetala* repräsentiert ist.

Hätten diese Gewächse vor der Eiszeit in Skandinavien existiert, so würden sie auch beim ersten Vorstoss der Eisfelder über die Grenzen des Landes nach Deutschland und Ebstland gedrängt sein, während sie thatsächlich erst viel später erscheinen, Einwanderer aus Sibirien wie das Mammut, aber viel langsamer sich verbreitend, viel genauer den klimatischen Bedingungen gehorchend. In die alpine Flora dringen die nordischen Ankömmlinge erst nach der Interglacialzeit ein, und überall, wo in der Nähe der Ostsee sich Reste von *Salix polaris*, *Betula nana* etc. in klarer Lagerung fanden, sieht man sie in Ablagerungen eingeschlossen, die über den obersten Moränenbildungen liegen. Auf

der kurischen Nehrung habe ich die schon früher bekannte, später nicht sicher wiedergefundene Schicht mit arktischen Laubmoosen genauer untersucht; sie liegt unmittelbar auf dem Moränenmergel, unter dem Sande der ältesten Dünen.

Dagegen sind an der Norfolkküste Beobachtungen gemacht, welche unseren Annahmen direkt widerstreiten. Sie sind unvereinbar mit der berechtigten Voraussetzung, dass der innerliche Zusammenhang zwischen der brittischen und der continentalen Vereisung sich auch in übereinstimmender oder doch gleichsinniger Veränderung der Tier- und Pflanzenwelt erweisen müsse.

Man unterscheidet hier über verschiedenen, von fast allen Autoren zum jüngsten Abschnitt der Tertiärzeit gerechneten Meeresabsätzen zunächst das sog. Forestbed mit zahlreichen Einschlüssen von Landpflanzen und Landtieren, unter denen schon Wisent, Mammut und Mochusochse sich befinden, dann eine marine Schicht mit arktischen Muscheln, wie *Leda myalis*, welche an anderen Stellen in eine Süßwasserbildung mit Blättern der Polarweide, der Zwergbirke und *Dryas octopetala* übergeht, und über diesen die Moräne der ältesten Vereisung, den Boulderclay. Das Forestbed wird von einigen englischen Geologen noch zum Tertiär gerechnet, von anderen als Praeglacial den Gebilden der Eiszeit angereiht.

Es fällt auf, dass gerade im brittischen Inselreich, welches zwar in der Diluvialzeit mit dem Continente zusammenhieng aber doch nur eine weit in das

Meer hinaustretende Halbinsel war, dass gerade hier schon in einer so frühen Epoche sich nordische Gäste einfinden, welche auf dem ausgedehnten, ihnen breit zugänglichen Continente in wesentlich anderer Folge erscheinen. Lyell vermutete, und Dawkins schliesst sich ihm an, dass bei der Ausbeutung des Forestbeds, welche fast stets durch Fischen und Dredgen geschehen muss, ungleichaltrige Tierreste vermengt wären. Das hilft uns aber nicht über die grössten Schwierigkeiten hinweg, welche das frühe Auftreten der arctischen Flora bereitet, und man kann auch kaum noch zweifeln, dass Mammut und Wisent an dieser Stelle zusammen mit Löwe, Hyäne und Nilpferd gelebt und zusammen ihr Grab gefunden haben. An dieser Klippe könnte unsere Annahme über das Vorrücken der Organismen in grossen Frontlinien von Nordosten her und zwar nicht als Herolde, sondern im Gefolge der Eiszeit, zum Scheitern kommen.

Ich glaube aber, dass die verschiedenen, an der Norfolkküste entwickelten Schichten nicht in die richtige Orientierung gegenüber den festländischen Ablagerungen gebracht sind. Gestatten Sie mir nur einige kurze Hinweise, wie die Beobachtungen, die nicht bestritten werden, einer anderen Deutung nicht unzugänglich sind.

Unter dem Steilabfall der Küste, der von der Grundmoräne des skandinavischen Gletschers gebildet wird, dem mit erratischen Blöcken gespickten Boulderclay, nagen die Wogen an dem erwähnten Forestbed, das

meist im Meere verborgen, nur bei tiefziehender Ebbe zugänglich wird. In Schlamm und Sand erstickte Stämme zahlreicher Baumarten haben den Namen hervorgerufen. Ein grosser Fluss, vermutlich der Rhein, trat hier in Berührung mit den Aestuarien der Nordsee. Vor unserem geistigen Auge ersteht das Bild eines prächtigen Küsten-Waldes, in dem Eiche, Buche, Ahorn, Hasel, Weissdorn, Cornelkirsche und viele andere in bunter Mischung gediehen. Es ist ein versunkenes Stück Wald-einsamkeit der Gegenwart, aber bevölkert von einer Märchenwelt grosser Säugetiere. Die Riesengestalten dreier plumper Elephantenarten, Nashörner und Nilpferde drängten sich neben flüchtigen Wildpferden, Hirschen, Elchen und Wildschweinen an den Tränken zusammen, die das Gestade eines Sees bot. Biber führten ihre kunstvollen Bauten auf, in den wilden Dickungen streiften die räuberischen Wölfe, Bären, Hyänen und eine ausgestorbene Löwenart. Das ist die Tierwelt, die in unseren Breiten den Anfang der Gegenwart bezeichnet, als die tertiären Formen allmählich ausstarben oder nach dem wärmeren Süden gedrängt, durch die Thiere der nördlichen gemässigten Zone ersetzt wurden. Vielmehr als das Zusammenleben von Elephanten oder Hyänen mit Hirsch und Pferd ist das Auftreten einzelner nordischer Gestalten geeignet, unser Nachdenken zu wecken. Gehören die aufgefundenen Reste des Mammuts, des Wisent, des Vielfrass und vor allem des Moschusochsen wirklich dem Forestbed an, sind sie nicht aus höheren

Schichten ausgewaschen und durch die Brandung mit den anderen vermengt, so ist dies Beweis genug, dass das Vordringen arktischer Formen im vollen Gange war, dass andere Länder schon unter dem Zeichen der Eiszeit standen.

Unter dem Forestbed stösst man beim Graben auf muschelreiche Thone. Die Nordseearten überwiegen, aber mehr als der sechste Teil lebt heute in den eisigen Gewässern des Nordens. Dieselbe Eigentümlichkeit beherrscht auch noch die Molluskenwelt des tiefer lagernden, also älteren Norwich Crag; selbst in dem noch älteren Red Crag kommen arktische Meeresmuscheln vor, wenn auch weniger zahlreich. Auch der Norwich Crag muss sich im Mündungsgebiete eines Stromes gebildet haben, der zuweilen Kadaver grösserer Landtiere in das Meer hinausführte; vier Arten der hier gesammelten Säugetiere kommen auch noch im Forestbed vor, darunter die wichtigen *Elephas antiquus* und *Trogontherium Cuvieri*, die beide im mittleren Diluvium Deutschlands gefunden sind.

Wenn ich meine Ansicht hier kurz präzisieren soll, so ist es die, dass diese älteren, meist in das Tertiär eingerechneten Cragsschichten, welche vom unbestrittenen Tertiär durch eine Discordanz getrennt sind, unseren tiefsten Schichten des glazialen Diluviums und auch den alten Schottern der Flüsse gleichaltrig sind. Unter den grossen Elephanten ist *Elephas antiquus* erst in der Diluvialzeit in Italien eingewandert und von hier aus

nördlich vorgedrungen, und auch *Elephas meridionalis* ist mehr im Diluvium wie im Pliocän Italiens zu Hause, soweit gut beglaubigte Funde vorliegen. Das Auftreten arktischer mariner Muscheln deutet darauf hin, dass in die norwegische See schon grosse Gletscher ihre Eisenden abstiessen, welche die nach Süden und Westen damals geschlossene Bucht abkühlten und damit die Einwanderung aus dem Norden hervorriefen. Dann rückt das Forestbed, welches durch seine Molluskenfauna den Beweis liefert, dass wieder ein wärmeres Meer die Küste bespülte, wohl dasselbe, das sich östlich bis zum Pregel erstreckte, in die Interglazialzeit im alten Sinne ein. Es wird dadurch direkt äquivalent den Mosbacher Sanden im Rheinthale, in denen dieselbe Säugetierfauna gefunden ist. Die Stellung der sog. Freshwaterbeds mit ihren Resten nordischer Pflanzen und des steppenbewohnenden *Spermophilus* ist dann am Ausgange der Interglazialzeit, und sie sind jedenfalls beträchtlich jünger als die erste kontinentale Vereisung. Der Geschiebmergel, der sie bedeckt, ist nicht die Moräne dieses alten Inlandeises, sondern die eines viel späteren, erneuten Vorstosses der skandinavischen Eismassen.

Wir dürfen bei der Betrachtung der nordischen Vereisung nicht vergessen, dass die Schatten des Ereignisses auch weiter nach Süden fielen, dass in den Alpen und einigen benachbarten Gebieten sich ein Herd der Vereisung gebildet hatte, und dass von diesem Centrum aus die Eisbildung noch auf manche andere

Höhe übersprang. Wo nicht das Eis direkt in die geologische Ausgestaltung der Länder eintrat, waren es die gewaltigen Wassermassen, die infolge der starken Niederschläge in den Gebirgen sich in unseren Thälern zum Meere wälzten. Die von diesen wilden Gewässern angehäuften Kies- und Geröllbänke, die gegenwärtig weit über dem Niveau der Flüsse an den Berglehnen hängen, sind die zeitlichen Äquivalente des von den Gletschern in anderen Gegenden aufgehäuften Moränenschuttes, und ihre Ablagerung weist ähnliche Unterbrechungen und Perioden auf wie diese. So kann man die verschiedenaltigen Thalterrassen in ungefähre Parallele bringen mit den verschiedenen Vorstössen der Gletscher und den entsprechenden Moränenresten. In Zeiten, in denen die Gletscher gewaltig anwuchsen, wurden auch die Flüsse mächtiger, und führten mehr Schutt aus den Gebirgen thalab und vermochten ihn auch in grösserer Höhe auf den Thalgehängen abzusetzen. Zeiten des Rückganges der Vereisung sind auch solche niedrigeren Wasserstandes. Im Einzelnen bereitet aber die Chronologisierung dieser Gebilde grosse Schwierigkeiten, da sie bei ihrer Entstehung vielfältigen lokalen Einwirkungen ausgesetzt waren. Das gilt auch für die Lössanhäufungen, die hier nicht den einheitlichen Charakter wie im Norden haben. Die grossen Abschnitte der nordischen Vereisung spiegeln sich auch im Verlaufe der alpinen Eiszeit. Zwischen die Moränen eingeschaltet, trifft man hier und da interglaciale Ablagerungen.

gerungen, deren Pflanzenreste zu ähnlichen Schlussfolgerungen drängen wie die prae- und interglacialen Pflanzen des Nordens, dass nemlich die altangesessene Pflanzenwelt durch die Eisfelder nur in mässige Entfernung von ihren Wohnsitzen abgedrängt war und dass sie sich bei günstigen Oscillationen des Eisrandes wieder einstellte. Die in der sog. Höttinger Breccie gefundenen Pflanzen lassen noch den weiteren Schluss zu, dass während der Interglacialzeit die nach Westen vordringende Steppenflora der Gegend um den Pontus euxinus mit einem Teile der einheimischen Gewächse in erfolgreichen Mittbewerb trat, und es ist sehr wahrscheinlich, dass die Elemente der pontischen Florä dem Lauf der grossen Flüsse, wie des Rheines, folgend, sich bis in die norddeutsche Ebene verbreitet haben, wo sie noch heute sporadisch sich erhalten. Lehrt doch der Löss, welcher im Rheinthal die älteren Schotter deckt und schon manche Funde von Steppentieren geliefert hat, wie ähnlich die klimatischen Bedingungen hier denen der südrussischen Steppen gewesen sind.

Später erst erreichten die borealen Pflanzen die Alpen; in den Ablagerungen von Dürnth, Höttingen, Lugano u. a. sucht man sie vergeblich. Ihr Eintreffen bezeichnet auch hier die letzte Phase der Eiszeit, da bald der Rückzug des Eises folgte. Alle Fundpunkte liegen nach SCHRÖTERS sorgfältiger Zusammenstellung über den Moränen; sie sind also jünger als die entsprechende Vergletscherung.

Während so in grossen Zügen das Bild der alpinen Eiszeit dem der nordischen ähnelt, halte ich es doch für bedenklich, einen exakten Parallelismus im Verlaufe vorzusetzen und insbesondere die Anzeichen einer häufigeren Vergletscherung, die man in den Alpen nachweisen kann, nun auch in die nordischen beziehentlich in alle nordischen Verhältnisse hinein interpretieren zu wollen. Es ist doch sehr die Frage, ob das einem Continente gleiche Inlandeis in demselben Masse beweglich war wie die Eisdecke eines Hochgebirges. Jede klimatische Schwankung äussert sich in Alpengegenden viel unruhiger und wird viel empfindlicher registriert. Es kann leichter zu Rückzügen und Vorstössen der Gletscher kommen, während die schwerfällige Masse des Binneneises gewissermassen erst auf eine Summierung der klimatischen Änderungen reagierte. Für jemand, der das norddeutsche Flachland und die Beschaffenheit seiner eiszeitlichen Gebilde genauer kennt, wird es sehr schwer, an mehr als zwei Vergletscherungen zu glauben. Ehstland, Livland etc. und ein Teil Ostpreussens haben nie mehr eine Vergletscherung erlebt. Hypothesen, wie sie neuerdings von JAMES GEIKIE in seinem bewundernswerten Werke über die Eiszeit (*The great Ice age*) eingeführt werden und die darin gipfeln, 6 Eiszeiten und 5 Interglacialperioden anzunehmen, sind Kombinationen von Zuständen verschiedenster Gegenden, die nicht nach einander, sondern neben einander sich herausgebildet haben. Doch hierüber mag man verschiedener

Meinung sein. Das Bedenkliche liegt nur darin, dass diese Hypothese sofort zur Begründung oder Abrundung einer anderen ins Treffen geführt wird, und zwar einer Hypothese, welche die letzte Ursache des Hereinbruches der Eiszeit aufzudecken unternimmt. Verschiedene Erwägungen sind für mich bestimmend, gegenüber GEIKIE'S Ausführungen einen sehr abwartenden Standpunkt einzunehmen. So gut wir auch über das Phänomen der Eiszeit im Allgemeinen unterrichtet sind, so sehr hapert es doch bei den Einzelheiten. In Norddeutschland ist man nach dem gescheiterten Versuche, im ersten Anlaufe alle Hindernisse zu nehmen, in die Periode des ruhigen Sammeln und Sichtens der Thatsachen getreten. Für einen grossen Teil Deutschlands ist das Berliner Profil, das wir auch unserer Schilderung zu Grunde gelegt haben, massgebend, aber je mehr wir nach Osten oder nach Westen uns entfernen, desto stärker werden die Abweichungen. Die samländische Steilküste bietet einen der schönsten Aufschlüsse im Diluvium, und bietet auch zweifellos das ganze Diluvium der Gegend, von dem nichts durch atmosphärische Abwaschung entfernt ist; nun hier ist eine Teilung überhaupt nicht durchführbar. Vieles spricht dafür, diesen Geschiebemergel samt den eingelagerten Sanden dem oberen Diluvium des Berliner Profils zu parallelisieren, was auch GEIKIE befürwortet. Dann fehlt hier die Moräne des älteren Eisstromes, denn nach unten schliesst dies Diluvium eng an die Oberfläche des tertiären Samlandes an, ohne

dass Steinpackungen oder dergl. die Reste eines älteren Geschiebemergels verrieten. Ich will hier einschalten, dass ich überhaupt mit ausgiebigen, über weite Flächen ausgedehnten Zerstörungen der einen oder anderen Moräne nicht gern rechne. Vertikale Gliederung des Reliefs durch tief einschneidende Wasserläufe ist sehr häufig, aber die Flächen zwischen den Rinnsalen sind in der Alluvialzeit wenigstens nicht allzusehr verändert, davon zeugt schon die Erhaltung der Moränenformen mit ihren kleinen Hügeln, Åsars u. s. w. Es ist auch beachtenswert, dass man meist den oberen Geschiebemergel aus Residuen zu rekonstruieren sucht. Die untere Moräne, welche den Gewässern des abschmelzenden älteren Eises wie denen des nahenden jüngeren ausgesetzt war, ist doch offenbar die stärker bearbeitete und dabei gut erhalten.

Das Alter einer Grundmoräne wird häufig allein nach der Geschiebeführung bestimmt und auch GEIKIE schätzt dieses Mittel sehr. Auch hier muss man aber vorsichtig sein. Es ist ziemlich gleichgültig, ob wir die Geschiebe des Holländer Geschiebemergels aus Ebstland oder aus Schweden ableiten, denn die Transportrichtung bleibt im Grossen dieselbe; eine ganz andere Wichtigkeit erlangt aber die exakte Heimatsbestimmung für die Geschiebe des Ostens. Früher wurden fast alle untersilurischen Blöcke auf Ebstland zurückgeführt; die Mischung mit schwedischen blieb dabei sehr rätselhaft. Jetzt weiss man, dass dieselben Untersilurgesteine auch

am Rande des bottenischen Busens anstehen, und für die Mehrzahl der früher als ehstländischer Echinosphäritenkalk angesprochenen Stücke glaube ich die sichere Übereinstimmung mit dem schwedischen oberen grauen Orthocerenkalk nachweisen zu können. Damit kommen wir aber auf eine ganz andere Bewegungsrichtung des alten Eisstromes, als wie meistens angenommen wurde. Die Argumentation, dass man für einen Geschiebemergel, den man in das untere oder obere Diluvium setzt, zugleich eine bestimmte Transportrichtung müsse nachweisen können, hat etwas von der *petitio principii* an sich.

Eine grosse Rolle bei der Lenkung der vordringenden Eismassen haben jedenfalls die Dislokationen der Erdrinde gespielt und von diesen wissen wir noch sehr wenig. Sicher ist, dass jene Oberfläche Norddeutschlands, auf welcher die Eismassen sich zum erstenmale heranwälzten, jetzt vielfach in einer Tiefe liegt, die sie damals nicht hätte haben können, ohne Meer zu sein. Sicher ist auch, dass im Pliocän und Praeglacial eine Ostsee noch nicht existierte und dass diese Senke sich erst im Verlaufe der Eiszeit herausgebildet hat. Dass die intensive Abkühlung des Bodens unter den kilometerdicken Eishüllen und die folgende Erwärmung nach dem Abschmelzen die alten Wundränder der Spalten wieder in Bewegung setzen, neue aufreissen konnte, ist mindestens wahrscheinlich. Wenn nun eine Senkung noch während der Vereisung eine Hohlform schaffte, so musste notwendig der gewaltige Druck des Eises die

tieferen Schichten samt ihrer Innen- und Grundmoräne in diese Richtung hineinpressen, und auch hierdurch mögen auffallende Bewegungs- und Transportänderungen hervorgerufen sein, die wir nicht notwendig als Symptome einer anderen Eiszeit zu deuten brauchen.

Manches deutet darauf hin, dass die ganze diluviale Zeit mit ihren Gegensätzen und Strömungen in einen relativ engen zeitlichen Rahmen gespannt ist. In grossen Wellen flutet das organische Leben über die Länder, hier fliehend, dort erobernd, und vom Eroberer wieder zum Flüchtling herabsinkend. Einander fremde Faunen und Floren durchdringen sich, aber immer wieder drängt der klimatische Wechsel zur Scheidung des künstlich zusammen Geschweissten. In der Mitte der Interglacialzeit lebten Nilpferd, Löwe und Hyäne mit Rentier, Moschusochse und Wisent in denselben Ländern, zuweilen an denselben Plätzen, dann trieb die heranahende Kälte der späteren Eiszeit die Arten weit auseinander.

Diese wechselnden Zustände herbeizuführen genügen Zeiträume, mit denen der Geologe sonst kaum rechnet. In 10000 Jahren konnten, bei im Allgemeinen beständigen Vorrücken des Eises, weiter Länder zu Eiswüsten werden, mindestens ebenso rasch konnte ein Klimawechsel sie vom Eise wieder befreien, und in diese Zeit wird ein bestimmter Ort Flut und Ebbe verschiedenartiger Organismen und verschiedenartiger Klimaformen erfahren.

Auch die Anhäufungen von Kies und Schotter, die

unsre Thäler erstickten und deren Reste hoch über dem gewöhnlichen Wasserstande an den Lehnen hängen, sind nicht beweisend für uferlose Zeiträume. Man muss sich überhaupt hüten, die Mächtigkeit einer Ablagerung in direktes Verhältnis zu der Zeit ihrer Bildung zu setzen. Hundert Fuss Sandstein können sich relativ rasch gebildet haben; fossile Baumstämme, welche aufrecht um mehrere Meter die Schichten gleichsam durchwachsen, beweisen, wie rasch die Einhüllung durch lockere Massen gehen kann.

Ich erinnere, um die Schnelligkeit grosser Umänderungen des Vegetationsbildes zu stützen, an die grossen Abschnitte der Moorbildungen, die in Dänemark nachgewiesen wurden. Nach der Zeit der arktischen Pflanzen folgten sich die Zeiten der Zitterespe, der Kiefer, der Eiche und der Buche, resp. Erle und Birke. Reste des Menschen, der jüngeren Steinzeit angehörend, finden sich seit der Zitterespenperiode. Es unterliegt aber kaum einem Zweifel, dass diese ganze jüngere Steinzeit nicht weiter zurückdatiert, als die Erinnerungen der alten orientalischen Kulturvölker reichen.

Wenn das Meer sich landein über einen Kontinent bewegt, wenn es sog. Abrasionsflächen durch Gebirge und Hochebenen legt und diese wieder mit Felstrümmern und Strandgeröllen überzieht, so pflegt der Geologe diesen ganzen Vorgang gleichsam in einen Moment zusammen zu ziehen; er rechnet überall die Schichten als gleichzeitig, welche auf den abgenagten Schichtköpfen

des alten Festlands liegen und Reste eines gleichen Tierlebens einschliessen. Die Bildung der Meeresab-sätze begann am einen Orte jedenfalls um sehr grosse Zeiträume früher als an einem andern, aber gegenüber der endlosen Perspektive geologischer Zeitrechnung, die uns eine Schöpfung aus der andern hervorgehend zeigt, erscheinen derartige langsame Prozesse doch als einfache Ereignisse. Wenn man sieht, wie z. B. innerhalb der Folge von Untersilurstufen, wie sie in Ebstland FRIEDR. SCHMIDT durchforscht hat, die Arten sich allmählich um-ändern, und wenn man dagegen das Beharrungsver-mögen der Arten abwägt, welches sie durch die ganze zugängliche Zeit des Menschengeschlechtes fast unge-ändert hindurchgehen lässt, so begreift man, dass dort ungeheure Zeiträume konsumiert sind, gegen welche alle Unebenheiten der Rechnung vollkommen verschwinden.

Anders bei der Glacialzeit. Manche Arten sterben aus, manche tauchen im Beginn plötzlich auf, aber wir haben kaum einen Fall der Artenänderung, der in diese Periode fiel. Sie ist relativ kurz und doch reich an Bewegungen. Wir dürfen nicht mehr in der weitfassen- den Weise des Geologen die Herausbildung der ein- zeln Phasen als relativ gleichzeitig ansetzen, sondern wir müssen der Welle der Veränderungen nachgehen und genau feststellen, ob sie in diesem oder in jenem Lande früher eintraf. Die Phasen der Eiszeit sind für verschiedene Länder nicht absolut gleichzeitig, sondern sie verschränken sich, damit verschränken sich auch so-

wohl die Wanderzüge der Organismen wie die Beziehungen der verschiedenen Ablagerungen aus dieser Zeit in complizierter Weise. Die Interglazialzeit Sachsens und der Mark fällt nicht genau zusammen mit der des südlichen Schwedens; da nun eine solche Interglazialzeit noch eine Abtönung von kalt zu warm und von warm zu kalt einschliesst, so geraten diese Phasen mehr in Quincunxstellung als in Parallele. Jede Region erlebt einen Cyclus von Eiszeitphasen, der zunächst aus sich selbst heraus beurteilt werden will. Die untere Grundmoräne bezeichnet für jeden Ort die Zeit der ersten Vereisung, aber die Eiszeit hat nicht überall gleichzeitig eingesetzt.

Diese Cyclen sind für uns noch von besonderem Interesse, weil in ihnen der causale Zusammenhang erdgeschichtlicher Vorgänge sich klarer offenbart, als sonst zu beobachten ist. Wir scheiden geologische Meeresformationen nach dem Wesen der in ihnen eingeschlossenen Tierreste. Nicht immer stehen die aufeinander folgenden Tierwelten in genetischem Zusammenhang, wie Stamm und Sprössling; viel häufiger erscheinen ganz neue Arten, die nicht an die alten anknüpfen, ein Vorgang, den ich als Transgression der Faunen bezeichnet habe. Das geologische Ereigniss, das den Zustrom der neuen, den Abfluss der alten Elemente der Fauna bedingt, kennen wir meist nur sehr unvollkommen. In der Glacialzeit beherrscht ein fester Rhythmus der Klimaschwankungen die Folge der Organis-

men. Jeder Phase entspricht eine bestimmte Physiognomie der Tiere und Pflanzen und jede Oscillation findet sofort ihr Echo.

So wird es uns nur in sehr unvollkommener Weise gelingen, die Eiszeit durch scharfe Schnitte in annähernd gleichwertige Teile zu zerlegen, und es wird sich mehr empfehlen, das Ganze als Ganzes, als eine Einheit zu behandeln. Im Gegensatz zu J. GEIKIE, der alle Vorgänge auseinanderzieht und sie zeitlich zu subordinieren bemüht ist, möchte ich lieber zusammendrängen. Ohne das genaue Studium der diluvialen Ablagerungen als solcher zu unterschätzen, glaube ich doch die leider oft nur sehr spärlichen Reste der Säugetiere und Pflanzen in erster Linie berücksichtigen zu sollen. Sie treten hier nicht als Leitfossilien im strengen Sinne auf, aber sie registrieren genau den klimatischen Charakter und den Grad der glacialen Beeinflussung. Besonders dürfte die Analyse der Mischfaunen sich als fruchtbar erweisen und Rückschlüsse auf den Stand der Vereisung erlauben.

Ich möchte das Bild der Eiszeit noch durch ein paar Ausführungen vervollständigen, welche sich auf das Auftreten des Menschen und die Einwirkung der Eiszeit auf seine Geschicke, seine Kultur beziehen. Eine solche müssen wir anerkennen, ohne vorläufig in das Einzelne eindringen zu können. Durch zahllose Funde wird bewiesen, dass während der Eiszeit in den Ebenen und in den Höhlen der Täler von Frankreich und Belgien Menschen wohnten, welche eine verhältnismässig

hohe Kultur besaßen, die weit entfernt von jedem tierischen Zustande der mancher moderner Naturvölker überlegen war. Für sie war die Eiszeit nicht gerade eine Bedrängung, denn sie lebten ausserhalb der vergletscherten Gebiete, aber doch eine Schranke und dadurch zugleich ein für die Entwicklung wohlthätiger Zwang zu gegenseitiger Annäherung.

Die Zeugnisse primitiver Kunst bei den Höhlenbewohnern des Périgord müssen uns mit Achtung erfüllen, als die ersten Versuche, die von aussen empfangenen Eindrücke zu sammeln, zu verarbeiten, vielleicht auch ändern mitzuteilen.

Wir müssen uns aber hüten, in diesem Winkel Europas die Wiege des Menschengeschlechtes oder auch selbst nur der europäischen Rassen zu erblicken. Die Geschichte des Menschen reicht unendlich viel weiter zurück und verliert sich im Dunkel der Tertiärzeit. Damals schon waren die Steppen Südamerikas von Menschen bewohnt, welche durch den Gebrauch des Werkzeugs, des Handwerkzeugs und selbstgewählter Waffen den Tieren als denkende Wesen gegenüberstanden.

Die weite Ebene, die Steppe — sie tritt uns hier in ihrer hohen Bedeutung für die Entwicklung des Jagd- und Hirtenlebens greifbar entgegen. Die Anzeichen, dass der Mensch selbst in der Tertiärzeit schon eine weite Verbreitung hatte, mehren sich so, dass man die Augen nicht mehr dagegen verschliessen kann. Der Zweifel ist viel mehr angebracht gegenüber den Ver-

suchen, kärgliche quartäre oder diluviale Funde zu Beweisstücken für angebliche Mittelglieder zwischen Affen und Mensch zu stempeln.

Um ungezählte Jahrtausende müssen die Pampaschichten Südamerikas oder die Tertiärablagerungen Burmas hinter der europäischen Eiszeit zurückliegen.

Aber auch die Menschenreste, die in Nordamerika unter dem Moränenschutte des Inlandeises hervorgezogen sind, führen eine beredte Sprache. Auch hier schon der Mensch, gleichzeitig mit den Bewohnern des Sommethales und der Höhlen von Périgord, von jeder Verbindung mit ihnen ausgeschlossen durch die Eisdecken, welche auf dem Norden des neuen und des alten Kontinents lasteten.

In neuerer Zeit haben sich die Funde gemehrt, welche auch auf eine partielle Besiedelung Deutschlands und eines grossen Teiles Russlands hinweisen. Nur in Skandinavien fehlen sie, hier nistete sich der Mensch erst ein in der jüngeren Steinzeit, in der Zeit der Kjökkenmöddinger. Hier waren keine Ebenen, in denen er den Rentierheerden folgen, dem Wildpferde oder dem Mammut nachstellen konnte, hier herrschte die furchtbare Majestät des Eises und des Meeres, welches noch in spätglacialer Zeit in die Felsen des sinkenden Skandinaviens seine Brandungsmarken grub, die jetzt wieder von einer Höhe von 600 Fuss auf die Wogen des Nordmeeres herniedersehen. Vom Norden sind also die eiszeitlichen Menschen Deutschlands nicht zu uns ge-

kommen, wahrscheinlich aber auch nicht aus dem Westen, denn wir vermissen die Technik der französischen und belgischen Nachbarn in Geräten und Waffen.

Einige versprengte Funde in der Mark und die merkwürdige Ansiedelung von Taubach im Thüringischen, die uns den Menschen als Zeitgenossen auch des *Elephas antiquus* zeigt, abgerechnet, verkettet sich das Auftreten des Menschen in bemerkenswerter Weise mit der Zeit der Tundra und Steppe, mit den Funden nordischer Pflanzen und Tiere, unter denen das Rentier das Wichtigste ist. Die Wanderzüge des weidenden Rentiers und die der palaeolithischen Jäger fallen oft zusammen; unstedt durchzog er die Täler und Steppen, nur dort, wo die an den Thalgehängen angeschnittenen Höhlen ihm Obdach gewährten, siedelte er sich zeitweise, vielleicht zur günstigen Jagdzeit an.

Die Wegspuren menschlichen Wandertriebes scheinen nach einer Richtung, nach dem Nordosten, zu convergieren. Hier liegt die Quelle, welche Tiere und Pflanzen über Europa ausströmte, als die Eiszeit ihren Höhenpunkt erreicht hatte. Dem südwärts gerichteten Drängen schloss sich wohl auch ein Teil jener asiatischen Menschenrasse an, von deren Existenz uns z. B. die Funde von Krasnojarsk am oberen Jenisei erzählen und deren Ausdehnung längs der Ost- und Südgrenze der eiszeitlichen Moränenzüge mehrfach nachgewiesen ist.

Mit Mammutknochen zusammen fanden sich die

Spuren des Menschen bei Kijew im diluvialen Lehm des Dnjepr-Ufers, mit Mammut und Ren bei Gontzy b. Poltawa, am Ufer des Don bei Woroneje und bei Karatscharowa a. d. Oka.

Eine ganz andere Frage ist, ob wir mit jenen, sagen wie kurz, Steppenmenschen, deren Dasein wir von Schaffhausen und der Schussenquelle durch Mitteldeutschland bis nach England verfolgen können, die auch in Mähren und Polen uns entgentreten, die späteren oder gar die jetzigen Völkerstämme derselben Gegenden in Verbindung bringen dürfen. Das wird schwer jemals ganz klar zu stellen sein, doch halte ich es nicht für wahrscheinlich.

Eigenartig ist auch die Erscheinung, dass die verhältnismässig hohe Kultur der französisch-belgischen Palaeolithen, welche man auf ihr erzwungenes Ausharren auf der Scholle infolge der im Süden, Osten und Nordosten sich wälzenden Eisströme und auf die Verengerung auch des eisfreien Gebietes durch die hochgeschwollenen Ströme zurückführen könnte, dass diese Kultur sich abschwächt, je näher wir dem Ende der Eiszeit kommen, so dass man geradezu von einem Verfall zu der Zeit reden kann, welche etwa der höchsten Entwicklung der Steppen und Tundren bei uns entspricht. Die Schranken waren gefallen, das Eis nach Norden entwichen oder auf die höchsten Berge isoliert, die Steppe erreichte das biskayische Meer, sie zog riesige Herden des Wildpferdes hinter sich her — ist es zu kühn anzunehmen, dass der alte Wandertrieb wieder entfesselt wurde?

Nirgends in der Erinnerung der Völker haftet eine beredte Sage von der Eiszeit und keines der jetzt existierenden ist vielleicht in seiner Kindheit noch Zeuge dieses grossen Phänomens gewesen. Aber wären auch alle die Stämme, welche wir während der Eiszeit kennen oder vermuten müssen, ausgetilgt — ein Moment wird doch bedeutend für die menschliche Entwicklung genannt werden müssen, die teils erzwungene, teils freiwillige grossartige Bewegung und Mischung der zerstreut lebenden Rassen infolge der Veränderung ihrer natürlichen Grenzen und Nährgebiete.

Wir kommen zum letzten Teile unserer Betrachtungen, zu der Frage nach der Ursache der Eiszeit.

Um zunächst den klimatischen Charakter der Glacialzeit richtig zu würdigen, ist es nötig, bis auf das Tertiär zurückzugehen. Wir sehen dann, dass die Glacialzeit als Schlussglied eines im Tertiär wirksamen Abkühlungsprozesses der nördlichen Länder eintritt; sie wird durch das Pliocän, dies durch das Miocän und Oligocän vorbereitet. Aber an die Eiszeit reiht sich die Gegenwart mit klimatischen Verhältnissen, welche wieder mehr denen des Pliocäns gleichen. Die Temperatur hebt sich, die Organismen fluten wieder zum Norden zurück; nur an den Polen haftet noch ein Rest der Eiszeit als fremdartiges Erinnerungszeichen.

Das Anschwellen der Gletscher während der ersten Phase der Eiszeit bedeutet nach meiner Ansicht nicht notwendig einen Rückgang in der mittleren Temperatur,

wie sie im letzten Pliocän für einen Ort galt, denn es hängt zunächst und viel mehr von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft ab. Sibirien war weder zur Diluvialzeit noch in der Gegenwart im Stande, Gletscher zu erzeugen, auf Neuseeland reichen sie in die Region der Baumfarne und Palmen hinab. Die erste Voraussetzung ist also feuchtere Luft, der so gewaltige Niederschläge entzogen werden konnten, wie sie in den Eismassen der nördlichen Hemisphäre aufgespeichert waren.

Alle Hypothesen, welche nur beweisen wollen, dass und warum im Eingang der Diluvialzeit ein Rückgang der Wärme eintrat, fassen das Problem von der falschen Seite.

Wir sahen nun, dass das Inlandeis, welches in Norddeutschland in direkte Berührung mit einer geradezu üppigen Vegetation trat und die alt einheimische Tierwelt an seinem Rande duldet, nicht in Deutschland, sondern auf den Höhen Skandinaviens gebildet war. Die meisten Gebirge Deutschlands waren viel zu niedrig, um die Luft bis zur Abgabe solcher Schneemassen abkühlen zu können, dass sich Firn und Gletscher bilden konnten, nur die Alpen waren fähig, im Herzen Europas eine Eiszeit hervorzurufen, welche das verkleinerte Abbild der nordischen ist. Da ringsum das Klima so warm war, dass eine normale Vegetation bis an den Fuss des Hochgebirges reichte, so liegt hier die Ursache der Schneeniederschläge nur in der Höhe der Alpen, das heisst mit andern Worten, alles war klimatisch so

wie jetzt, nur wurde die grosse Eismaschine der alpinen Spitzen stärker gespeist und konnte mehr liefern.

Es tritt hier hervor, welche Wichtigkeit eine möglichst exakte Entscheidung der Frage hat, in welche Phase der Eiszeit die Funde arktischer Pflanzen zu versetzen sind. Wer annimmt, dass schon mit Eintritt der ersten Vereisung die arktischen Gäste hier eingetroffen waren, gerät notwendig in eine ganz andere Bahn des Schliessens. Solange aber die Beobachtungen für mich sprechen, glaube ich von dem beträchtlichen Temperaturfall um  $5^{\circ}$  C., wie er berechnet ist, absehen zu können.

Der Parallelismus zwischen der Eiszeit der Alpen und der nördlichen Gegenden spricht von vornherein dafür, dass die Erklärung des Phänomens ähnlich ausfallen muss. Es bedarf nur eines geringen Sinkens der Temperatur bei hohem Wassergehalt der Atmosphäre, um die Anhäufung kalossaler Eismassen einzuleiten, die sich dann allmählich selbst auseinanderdrängen und von dem Herd der Erzeugung aus soweit vorgeschoben werden, wie die Kraft des oben wirkenden Druckes und das Relief der Gegend es gestatten. Durch einfache geologische Vorgänge kann sowohl das Fallen der Jahrestemperatur wie die Anreicherung der Atmosphäre mit Wasserdampf herbeigeführt werden, aber es herrscht eine ganz eigenartige Tendenz, den einfacheren Erklärungen aus dem Wege zu gehen und sie durch gesuchte und gekünstelte, wenn nicht gar phantastische zu ersetzen.

Geologische Probleme werden gegenwärtig von sehr verschiedenen Seiten in Angriff genommen, und dementsprechend ist auch die Methode eine verschiedene. Noch zu keiner Zeit seit dem Bestehen der Geologie als fest begründeter Wissenschaft sind aber die Hypothesen so ins Kraut geschossen. Es ist wahr, das tatsächliche Material ist durch emsige Arbeit vermehrt, wir haben der Natur auch das eine oder andere Geheimnis ablauschen können, aber die wenigsten der Hypothesen, welche das A und O zusammen zu haben glauben, stützen sich auf die ganze Summe des Erreichten, viele und zwar gerade diejenigen, welche die grösste Tragweite haben, gehen überhaupt nicht von geologischen Stützpunkten, sondern von einer fremden Wissenschaft aus und meinen, durch Ausnutzung einiger in dieser gewonnenen Sätze die Geologie bemeistern zu können.

Man hat im buchstäblichen Sinne Himmel und Erde in Bewegung zu setzen gesucht.

Die Erscheinung der Präcession der Nachtgleichen, Veränderungen in der Schiefe der Ekliptik, in der Lage der Apsidenlinie, in der Excentricität der Erdbahn, welche in grossen Perioden sich bald fast zum Kreise rundet, bald in Form einer länglichen Ellipse streckt, Verlagerungen des Schwerpunktes im Erdkörper und damit auch seiner Rotationsaxe und der Pole, dann wieder Verlängerung der Rotationsdauer oder des Stermentages durch die Einwirkung des Flutphänomens, das alles und noch vieles andere, wie der jetzige und

der frühere Zustand der Sonne, unserer Wärmespenderin, ja selbst die Bewegung des ganzen Sonnensystems durch den Weltenraum, wobei die Erde in wärmere und kältere Räume geraten kann, je nachdem wir uns einem Fixstern nähern oder von ihm entfernen — ist zum Überdruß discutirt.

Manche der auf kosmischen Vorgängen fussenden Hypothesen sind wohl im Stande, die eine oder die andere Seite des gewaltigen Phänomens zu erklären, aber selbst die best begründete, von CROLL und neuerdings von BLYTT mit Geschick verteidigte, steht ratlos vor der Thatsache, dass in der langen Serie der geologischen Formationen, deren Bildung kaum vorstellbare Zeiträume umfassen muss, nur selten und ohne jede Andeutung einer periodischen Verteilung die Einwirkung des Eises sich nachweisen lässt. Hie und da bekunden grosse Blöcke, welche in feinkörnige Sedimente eingebettet sind, dass Eisschollen schon damals ihre Rolle als Verschlepper von Gesteinen gespielt haben. In den Talchir-Ablagerungen Indiens und den Dwykaconglomeraten Südafrikas sind uns vielleicht die Moränen grosser Eisfelder der Permzeit erhalten, aber vergebens suchen wir nach gleichsam rhythmischen Wiederholungen des Phänomens, und doch müssten wir solche finden, wenn thatsächlich eine astronomische Ursache, etwa die in regelmässigen Intervallen sich verändernde Excentricität der Erdbahn, zu Grunde liegt. Wir müssten sie finden, ob die Periode nun 21 000 Jahre beträgt oder 160 000

oder das Doppelte, denn die Veränderungen, welche die Erdrinde und ihre Bewohner in den der historischen Geologie zugänglichen Zeiten erlitten haben, lehren, dass solche Zahlen doch nur kleine Bruchteile der Summe von Äonen sind, die schon dahinrauschten.

Neuerdings hat HANSEN, mit Verurteilung der von ADHEMAR und CROLL verfochtenen Hypothese und mit Anerkennung, dass die Verteilung von Wasser und Land, die sich mit der Verschiedenheit der Excentricität der Erdbahn nicht ändert, insbesondere die Meere mit ihrer grossen Wärmecapazität, der Hauptfaktor für das Klima sind, die alte Ansicht von der Verschiebung der Pole resp. der Erdaxe wieder in den Vordergrund geschoben.

Ob geologisch nachweisbare Vorgänge in der Erdrinde das Gleichgewicht so stören können, dass die Rotationsaxe eine wesentliche Lageveränderung erfährt, ist mindestens sehr zweifelhaft. Die Pendelbeobachtungen der Geodäten haben dargethan, dass unter den aufgetürmten Hochgebirgen spezifisch leichtere Erdrindeteile (sog. »Massendefekte«) sich befinden, während die ozeanischen Böden spezifisch dichter sind; die Senkungsgebiete würden also dennoch den Gebirgsländern die Wage halten. Wenn aber wirklich die gewaltige, in schnellster Rotation befindliche Masse der Erde von Vorgängen in der dünnen und spezifisch viel leichteren Rinde so beeinflusst werden könnte, dass die Rotationsaxe sich verschöbe, welche Konsequenzen soll man da ziehen für die Abplattung der Erde, welche doch zugleich mit der

Rotationsaxe sich verschieben muss, wenn sie es aber nicht thäte, eine derartige Deformation des Erdsphäroids darstellen müsste, dass alle anderen supponierbaren Veränderungen dagegen verschwindend klein sind? Und wenn sich die Abplattung verschiebt, welche gewaltigen Stauchungen und Knickungen der Rindengesteine müssten wir nachweisen können, von denen uns die polaren Sedimentärschichten nichts berichten! Meine Ansicht bleibt ungeändert, dass die Veränderungen in der Umgrenzung von Meer und Festland, eventuell mässige Hebungen und Senkungen ausreichen, das Hereinbrechen und das Verschwinden der Eiszeit zu erklären.

Wir sind allerdings noch nicht in der Lage, in die geologischen Veränderungen, welche sich in der Tertiärzeit abspielen, den Übergang in das Quartär oder Diluvium begleiten und auch während der Eiszeit und ihrer verschiedenen Phasen nicht rasten, einen organischen Zusammenhang zu bringen. Dennoch dürfte man auf diesem Wege der Lösung des Problems näher kommen, als durch Spekulationen über allgemein wirkende, kosmische Ursachen. Die grösste Veränderung in der Verteilung von Meer und Land betrifft im Tertiär den riesigen asiatischen Kontinent, aus dem sich sowohl die transuralischen Ausläufer des nördlichen Meeres wie das grosse, die Mitte durchsetzende Meer zurückziehen. In Nordamerika vollendet sich die seit der Kreidezeit eingeleitete Trockenlegung des Inneren. Vergessen wir auch nicht, dass die Aufwölbung der grössten Gebirgsketten der Erde in diese Zeit fällt.

Die exzessiven Klimate der weiten, von Gebirgen durchschnittenen <sup>v</sup><sub>J</sub>Kontinente, besonders die aus den Hochebenen Asiens hervorbrechenden Winde lieferten den arktischen Gegenden die nötige Kälte, um die mit Feuchtigkeit beladene Luft zu reichlichen Niederschlägen zu veranlassen. Der Pflanzenwuchs im Gebiete der Arktis noch während der jüngsten Tertiärzeit lehrt, dass an Feuchtigkeit hier kein Mangel war, dass es dagegen an Kälte fehlte, diese Luftfeuchtigkeit in Schnee umzusetzen.

Ich will die zahlreichen geologischen Daten, die man kombinieren kann, um die einzelnen Phasen der Eiszeit, die Interglacialzeit, den Rückgang der Eisbildung und den Übergang zur Gegenwart zu erklären, nicht einzeln auführen. Das ist Sache einer Abhandlung, und ich will auch gar nicht versuchen, einen Beweis zu führen, der noch nicht geführt werden kann, sondern dies einfach als *causa quaerendi* hingestellt haben. Die beobachteten Thatsachen lassen sich, das gebe ich zu, nicht so unzweideutig gruppieren, dass man mit Ruhe ein: So ist es — aussprechen könnte. »Je fester man sich aber an die Beobachtung anschliesst, um so klarer und weiter wird der Ausblick, um so freier das Urteil. Jede Hypothese, welche in voraus-eilendem Fluge die Schwierigkeiten vernachlässigt und meint, dass sie später von selbst sich lösen werden, wenn nur erst der einheitliche Gesichtspunkt gewonnen ist, legt eine Binde um unsere Augen.«

