

Über die Mächtigkeit des europäischen Inlandeises und das Klima der Interglazialzeiten.

VON

FR. FRECH,

Professor an der Universität zu Breslau.

Eine der Hauptschwierigkeiten für die Auffassung des eiszeitlichen Problems bilden die interglazialen Perioden, d. h. die Erklärung für das wiederholte Zurückweichen und Vordringen der aus dem hohen Norden oder aus den Hochgebirgen stammenden Gletschermassen.

Der Wechsel der Moränen mit den durch Schmelzwasser gebildeten Schottern sowie dem aus den ausgewehten Sanden und Kiesen stammenden Löss ist unzweifelhaft, die Erklärung für einen wiederholten Klimumschwung steht jedoch bisher aus. Aber selbst wenn man jede Unterbrechung der Moränen durch Schotter auf eine Klimaschwankung zurückführen wollte, würde damit das Rätsel noch nicht gelöst, denn es werden für das norddeutsche Gebiet zwei oder drei, für die Alpen vier, für England aber gar sechs Eiszeiten angenommen und mit Namen belegt. In Nordamerika mit seinen drei Vereisungszentren steigt die Zahl der durch besondere Vereisungen ausgezeichneten Zeitabschnitte nach CHAMBERLIN und SALISBURY sogar auf elf, wobei allerdings die Eisvorstöße von drei verschiedenen Regionen stammen. Alle diese widerspruchsvollen Angaben führen zu dem Schluss, dass häufige Klimaänderungen recht unwahrscheinlich sind. Bevor wir aber des Rätsels Lösung zu finden suchen, empfiehlt es sich, die vorliegenden Beobachtungen nach zwei Richtungen kritisch nachzuprüfen.

I. Die eine Überlegung betrifft die *Tier- und Pflanzenwelt* der interglazialen Schichten, d. h. die Frage, ob aus den Säugetierformen der älteren Quartärschichten, z. B. des Rixdorfer Kieses, aus der Schnecken-

fauna des interglazialen Lösses oder aus der Rhododendron-Flora der Höttinger Kalkbreccie bei Innsbruck wirklich der Rückschluss auf ein wärmeres Klima der interglazialen Perioden oder Stadien berechtigt ist.

II. Die zweite Gruppe von Überlegungen betrifft die Mächtigkeit des norddeutschen Inlandeises. Eine Eismasse von 800—1,000 m Mächtigkeit, wie sie auf Grund verschiedener Erwägungen bisher angenommen wurde, braucht zu ihrem Abschmelzen längere Zeit und erheblichere Wärmemengen. Eine Eislage von 200 m Mächtigkeit — wie sie aus anderen Beobachtungen zu folgern ist — schreitet dagegen rascher vor und zurück. Mit dem Nachweis eines weniger mächtigen Inlandeises gewinnt demnach das ganze Problem ein anderes, d. h. weniger schwieriges Aussehen.

Ebenso wie man die Mächtigkeit des europäischen Inlandeises nach der Höhenlage beurteilte, in welcher auf den Hängen in dem deutschen Mittelgebirge¹ nordische Findlinge vorkommen, so glaubte man auch anfänglich für jede zwischen zwei Moränen lagernde Schotter- oder Lössbildung die Wiederkehr eines warmen Klimas annehmen zu müssen.

Das Vorkommen einzelner Überbleibsel des früheren warmen Klimas — *Brasenia*, *Elephas antiquus* u. a. — schien dieser Vermutung Recht zu geben. Besonderer Wert wurde vor allem dem häufigen Vorkommen des *Rhododendron ponticum* bei Innsbruck beigemessen, das mit Rücksicht auf die geographische Lage seines heutigen Vorkommens als Pflanze eines wärmeren und trockenen Klimas galt. In ähnlichem Sinne wurde der interglaziale Löss nach Analogie mit Ostasien als Kennzeichen trockener und wärmerer Zeiten gedeutet.

Alle diese biologischen und geologisch-physikalischen Erwägungen haben jedoch einer schärferen Prüfung nicht stand zu halten vermocht, und es verlohnte schon der Mühe, die von den verschiedenen Seiten zusammengetragenen Beobachtungen übersichtlich zu ordnen. Ausserdem vermag ich jedoch auf Grund eigener Beobachtungen neue Tatsachen hinzufügen.

Biologische Beobachtungen.

In dem altberühmten Kieslager von Rixdorf bei Berlin, das mir durch eigene Aufsammlungen genau bekannt ist, werden scheinbar wärmeliebende Formen in Gesellschaft von Kältetieren gefunden, und

¹ 555 m bei Gottesberg in Schlesien (nach ZIMMERMANN).

dies Zusammenvorkommen galt als beweisend für eine wärmere Inter-glazialzeit. Doch ist zunächst — aus ganz allgemeinen biologischen Gründen — das Zusammenvorkommen von Tieren extremer Wärmebedürfnisse vielmehr auf die immer häufiger beobachtete Anpassung der Warmtiere an kaltes Klima zurückzuführen. Es sei zunächst an altbekannte Dinge wie die Verbreitung der grossen Raubtiere (Tiger und Leopard) von den Djungeln Indiens bis in die Gebirge der Mandschurei und des Altai erinnert. Eine entsprechende Verbreitung besitzen in Amerika der Puma und Jaguar.¹ Die lokalen Varietäten, die man bei diesen vier grossen Katzenarten unterscheidet, bilden eben den Beweis dafür, dass kälteres Klima die vollkommen differenzierten Raubtierarten der wärmeren Gebiete nur wenig beeinflusst. Aber auch Pflanzenfresser der Tropen zeigen eine bis vor kurzem so zu sagen unbekannte Anpassungsfähigkeit an unser Klima. Die Antilopen der Berliner und Breslauer zoologischen Gärten werden an jedem einigermassen sonnigen Wintertage ins Freie gelassen, und eine aus Männchen, Weibchen und Jungen bestehende Familie der westafrikanischen Sumpfantilope (*Limnotragus scriptus*) hat sogar einen der strengsten Winter in Breslau überdauert, ohne etwas anderes als einen ungeheizten Stall zu besitzen. Dasselbe habe ich an einem rein tropischen Raubtiere, dem Malaienbär (*Ursus malaganus*), beobachtet. Die ostindischen Axis- und Schweinhirsche sind sogar in England und z. T. auch in Deutschland als Jagdwild in Parks eingebürgert.

Ebenso kann man jetzt in jedem zoologischen Garten beobachten, dass die Mehrzahl der alt- und neuweltlichen Affen, welche freien Ein- und Ausschluß haben, an jedem leidlichen Wintertage das Freie aufsuchen. Es ergibt sich, dass die Zahl der extrem wärmeliebenden Formen bei den Warmblütern recht beschränkt ist — es sind Giraffen, anthropomorphe Affen, Nashörner und Hippopotamus —, während grade die nackthäutigen Elephanten einen hohen Grad von Widerstandsfähigkeit besitzen.

Fast alle genannten Tiere sind jedoch nur unter den ungünstigen Einflüssen der Gefangenschaft beobachtet worden, und es ist beinahe selbstverständlich, dass auch die erste Etappe der Eiszeit wenigstens

¹ *Felis concolor olympus* MERRIAM aus Nordamerika und *Felis concolor patachonicus* MERRIAM sind die beiden vor allem durch bedeutende Grösse gekennzeichneten Varietäten der kälteren Gebiete, während die typische kleine Form des Puma in Zentralamerika und im Norden Südamerikas zu Hause ist.

von einem Teil der an ein gemässigttes Klima gewöhnten Tiere ohne Schaden überdauert werden konnte. So erklärt sich das Vorkommen von *Rhinoceros Mercki*, *Elephas antiquus* und *Ursus spelaeus* in den Rixdorfer und anderen Interglazialschichten.

Dagegen deutet das Vorkommen arktischer Typen — Mammut, Wollnashorn, *Bison priscus*, arktisches Renntier mit grossem Geweih — auf kaltes Klima hin. Denn nach der Eiszeit, d. h. bei dem Eintritt wärmeren Klimas, erlöschen grade diese Kälteformen am schnellsten. Sie sind also der Wärme gegenüber weniger widerstandsfähig als die Tiere des gemässigten Klimas im umgekehrten Falle.

Für die Frage der Einheitlichkeit des Klimas der quartären Eiszeit ist somit die Entwicklung und Verbreitung der Landsäugetiere von grösster Bedeutung. Für die Einheitlichkeit der Wärme spricht das allmähliche Aussterben der Formen eines wärmeren Klimas im Altquartär Europas, das Fehlen irgend welcher selbständig gebildeter Säugetierspezies während der angeblich durch Klimaschwankungen bedingten Interglazialzeiten, endlich die Art des Vordringens der arktischen, aus Sibirien stammenden Säuger. Das sibirische Mammut und das wollhaarige Rhinoceros, die erst nach der Eiszeit in Europa allmählich erlöschen, sind während der durch eine hypothetische Wärmesteigerung gekennzeichneten Interglazialzeiten weder nach Finnland noch nach Skandinavien gelangt.

Besonders wichtig ist auch die von DEECKE hervorgehobene Seltenheit quartärer Säugetiere in Pommern. Die in den interglazialen bzw. intermoränischen Sanden der ganzen Provinz gefundenen Reste beschränken sich auf ein zweifelhaftes Vorkommen des Renntiers, auf zwei oder drei Nashornknochen und 12 Mammutzähne, die alle abgerollt und verwittert sind. Hieraus schliesst D. mit Recht, dass die interglaziale Eisfreiheit Pommerns nur kurze Zeit gewährt hat, d. h. das Eis hat sich während dieser Phasen nur etwa bis zur Mitte der heutigen Ostsee zurückgezogen und Skandinavien blieb — worauf ja auch die bekannten Beobachtungen von HOLST hindeuten — vom Eise bedeckt.

Das Zentrum der nordeuropäischen Vereisung war ebenso wie die Hochgebirgswälle der südeuropäischen Halbinseln von einheitlichen, die Kälteperiode überdauernden Eismassen bedeckt.

Zu einem gleichartigen Schlusse berechtigt für Nordamerika die in nördlicher Richtung mit beinahe mathematischer Regelmässigkeit erfolgende Abnahme der einheimischen, aus dem jüngeren Tertiär stammenden

Säugetiere. In gleichem Masse nehmen in Nordamerika die arktischen, aus Ostsibirien stammenden lebenden Säugetiere zu; eine Mischung der Faunenelemente ist nicht erfolgt.

Die Gründe des Aussterbens des Grosswildes vor und nach der Eiszeit.

Während der quartären Kälteperioden sterben überall in den gemässigten und in den polaren Zonen die grossen, einseitig spezialisierten und daher nicht mehr anpassungsfähigen Tiere aus und zwar:

1. Am Beginne der Quartärzeit erlöschen infolge einer Abnahme der Wärme die Formen des tropischen und warmgemässigten Klimas: *Hippopotamus major* in Europa, *Rhinoceros Mercki* JAEG., der unmittelbare Nachkomme einer tertiären italienischen Art (*Rh. etruscus*), ferner *Elephas antiquus*, der von einer jungtertiären Art (*Elephas meridionalis*) unmittelbar abstammt, endlich der Riesenbiber (*Trogotherium*) und *Elasmotherium*, der grösste und eigenartigste Vertreter der Nashörner (Wolgagebiet).

2. Sobald in Europa nach dem Abschmelzen der Eismassen eine allgemeine und dauernde Temperatursteigerung eintritt, verschwinden die arktischen, meist riesenhaften Säugetiere, so das Mammut (*Elephas primigenius*), das Knochennashorn (*Rhinoceros antiquitatis*), der Riesenhirsch und der Moschusochse¹ (letzterer in der alten Welt). Besonders bezeichnend ist das Ausweichen des Riesenhirsches nach Irland und das späte Erlöschen des gewaltigen Geweihträgers auf der waldarmen Insel.

3. Die nacheiszeitliche Klimaentwicklung zeigt sowohl in der Pflanzenwelt in Nord- und Osteuropa wie in der Umgestaltung der Meerestiere an der Küste Norwegens zuerst ein Heraufgehen der Wärme. Dieser Wärmesteigerung entspricht in den norwegischen Meeren das Auftreten portugiesischer (lusitanischer) Muscheln und Schnecken sowie in den Wäldern von Nordeuropa das Vorwiegen der Eiche.

Dieser nacheiszeitlichen wärmeren Phase folgt die Einwanderung der auf ein kälteres Klima hindeutenden Kiefer (*Pinus silvestris*) und die gegenwärtige in den norwegischen Küstenmeeren lebende Tierwelt.

4. Das Aussterben des aus Ost-Sibirien eingewanderten, kälteliebenden Mammut und des Nashorns wird also in Europa vor allem durch eine

¹ Der Moschusochse gehört zur Unterfamilie der Schafe (Ovinæ) und stellt demnach auch hier eine Gattung von verhältnismässig sehr bedeutender Grösse dar.

über das gegenwärtige Klima hinausgehende nacheiszeitliche Wärmesteigerung bedingt.

5. Beim Mammut lässt sich kurz vor dem Aussterben vor allem eine Verminderung der Grösse beobachten. Die zahlreichen Mammutfunde, die in Schlesien in den älteren Sanden des Odertales gemacht wurden, sind ausnahmslos kleiner als die Exemplare, die aus den eiszeitlichen Kiesen von Rixdorf bei Berlin vorliegen. Auch die Rhinocerosreste aus dem nacheiszeitlichen Löss gehören zu kleineren Exemplaren.

6. Die Erhaltung einzelner Tierformen beruht auf der Möglichkeit einer Rückwanderung in arktische Gebiete (Tundren-Renntier, Moschusochse). Dem Mammut und Knochennashorn wurde dagegen durch zeitweise Überflutung des östlichen Russlands der Rückweg nach Sibirien abgeschnitten; ebenso verhinderte die Entstehung des Beringmeeres die Rückkehr der amerikanischen Mammutheerden nach Ostasien.

7 a. Die Erhaltung einzelner Tierformen hängt ferner ab von der Möglichkeit einer Rückwanderung in das Hochgebirge (Gemse, Steinböcke, Schneehase, Schneehuhn) sowie von den Anpassungsbedingungen: der europäische Wisent, das Wald-Renntier Skandinaviens und Nordamerikas (woodland-caribou) stammen von Formen der arktischen Moossteppe ab und werden nach der Eiszeit zu Waldtieren.

7 b. In Südamerika und Australien hängt das Verschwinden der riesenhaften, zu sehr verschiedenen Gruppen gehörenden Pflanzenfresser während und vor der Quartärzeit mit einem Rückgang der Niederschlagsmenge zusammen, dem eine Verminderung der pflanzlichen Nährstoffe entspricht.

8. Das Auftreten und Verschwinden der grossen Raubtiere (Höhlenbär, Höhlenhyäne, Löwe) hängt nur von den Wanderungen ihrer Beutetiere ab und berechtigt daher kaum zu weitergehenden Rückschlüssen auf Klimaänderungen.

Die Verbreitung des Tigers und des Leoparden in Asien und Afrika, das noch bedeutendere Verbreitungsgebiet der grossen amerikanischen Katzen Puma und Jaguar hängt ausschliesslich von dem Vorhandensein geeigneter Nahrung ab.

9. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch das Aussterben des Säbeltigers (*Machærodus*), des am höchsten spezialisierten Raubtieres, zu verstehen. Die enorm verlängerten, mit sägeartiger Schneide versehenen Reisszähne und die Rückbildung der Kieferlänge deutet auf die Bekämpfung der grossen dickhäutigen Pflanzenfresser Mastodont, Elephant.

Nashorn und Nilpferd hin. Mit dem Erlöschen der Mehrzahl dieser wärmeliebenden grossen Pflanzenfresser vor der Eiszeit verschwindet der *Macharodus* in der alten Welt. In Nord- und Südamerika fällt sein späteres (nacheiszeitliches) Verschwinden ebenfalls mit dem Aussterben der Mastodonten und der Riesenfaultiere (*Megatherium*, *Megalonyx*, *Mylodon*, *Scelidotherium* u. a.) zusammen.

10. Keine geologische oder paläontologische Tatsache berechtigt zu dem Schluss, dass die eiszeitlichen Jägervölker allein — ähnlich wie die mit Mehrladern bewaffneten Kultur-Menschen — das Verschwinden des Grosswildes veranlasst hätten.

Wie die vorstehenden Ausführungen zeigen, sind paläontologische Tatsachen nur mit grösster Vorsicht für direkte klimatologische Rückschlüsse verwendbar. Es scheiden zunächst die tatsächlich ausgestorbenen Gruppen der Meerestiere aus. Nur wenn z. B. die lebenden lusitanischen Arten in den norwegischen Strandterrassen gefunden werden, wird man auf eine wärmere postglaziale Klimaphase schliessen dürfen, besonders wenn diesem Vordringen der Rückgang der alpinen Gletscher (Achensee-Schwankung) und die Vorherrschaft der Eiche (*Quercus pedunculata*) im Norden, Osten und Südosten Europas parallel geht. Als ganz unmöglich wird man aber die immer wieder aufgestellte Annahme bezeichnen müssen, dass das Vorkommen jungpaläozoischer Korallen in Spitzbergen ein sehr warmes Klima des Obercarbon beweist, weil die heutigen Madreporen nur bei dem Minimum von + 20° C. gedeihen.

Gleiche Vorsicht erscheint bei der Deutung des Vorkommens der Landsäugetiere geboten. Grosse Raubtiere besitzen dort, wo sie genügende Nahrung finden, eine sehr weitgehende Anpassungsfähigkeit an Wärmeschwankungen. Das gleiche gilt für die Pflanzenfresser der vorwiegend wärmeren Zone. *Macacus tscheliensis* M. EDW. aus Nordchina steht der indischen *Macacus*art *M. rhesus* sehr nahe, aber ein zukünftiger Paläontologe, der aus dem Vorkommen dieser nordchinesischen Affen auf ein Tropenklima der nordasiatischen Gebirge schliesst, würde einen schweren Fehler begehen.

Auch die meisten tropischen und subtropischen Pflanzenfresser besitzen — hinlängliche Nahrung vorausgesetzt — eine grosse Verbreitungsfähigkeit.

Nur die arktischen und Gebirgsformen vermögen sich viel weniger leicht höheren Wärmegraden anzupassen. Dagegen hängt die Verbreitung der in eozänen Zonen heimischen Säugetiere ganz allgemein mehr

von der Nahrung, d. h. von der Niederschlagsmenge, als von der Wärme ab. Da die Raubtiere den Herbivoren folgen, erscheint der Faktor der Niederschlagsmenge und Niederschlagsverteilung als ausschlaggebend.

Postglaziale Flora und Landschneckenfauna in Südostdeutschland.

Für die Kenntnis der nach dem Rückzug des Inlandeises in Norddeutschland einwandernden Floren und Schneckenfaunen sowie für die daraus zu entnehmenden Rückschlüsse auf das Klima sind die Vorkommen von Canth und Ingramsdorf unweit Breslau von Wichtigkeit.

1. Canth.

Das östliche der deutschen fossilführenden Vorkommen von altquartärem Quellenkalk ist Paschwitz bei Canth unweit Breslau; dieser schon von BEYRICH beschriebene Fundort der *Helix (Campylaea) canthensis* enthält jetzt keine Aufschlüsse mehr. An Ort und Stelle ist nichts mehr zu sehen, da die Gruben längst verschüttet sind. BEYRICH erwähnt von dort, abgesehen von Limnæen und Valvaten, die z. T. auch im Museum zu Breslau vertretenen Arten:

Helix hortensis L. (eine der *H. austriaca* sich nähernde Abänderung).
H. pulchella MÜLL., *H. obvoluta* MÜLL., *H. fruticum* MÜLL., *H. rotundata* MÜLL., *H. verticillus* FÉR., *H. nitida* MÜLL., *Pupa pusilla* MÜLL. sp (= *P. vertigo* DRAP.), *Clausilia gracilis* PF. n., *Clausilia plicatula* DRAP., *Carychium minimum* MÜLL., *Carychium lineatum* ROSS. n., *Acicula fusca* WALK. sp.

Der Unterschied von den schlesischen Lössschnecken (unter denen *Pupa muscorum*, *Succinea oblonga*, *Helix arbustorum* und *Buliminus tridens* MÜLL. besonders häufig sind) wird schon von BEYRICH betont.

Zusammen mit den Landschnecken kommen nach meinen eigenen Bestimmungen 6 verschiedene Planorbisformen vor: *Planorbis calculiformis* SANDB., *P. contortus* L., *P. micromphalus* SANDB., *P. umbilicatus* SANDB. (die typische Form und eine etwas involutere Varietät). endlich *Planorbis corneus* L. var. nov. (eine eigentümliche evolute Abänderung, welche eine entschiedene Ähnlichkeit mit der tertiären *P. Mantelli* DUNK. besitzt).

Die Zone der *Helix canthensis* wird in Thüringen zum »Interglazial 2«, d. h. in die Zeit des Rückzuges der Eismassen versetzt. Wahrscheinlich gehört demnach auch in Schlesien das Vorkommen von Canth dieser Zeit an, und die — nicht mehr aufgeschlossenen — Quellkalke würden somit Einlagerungen im oberen Diluvialsand bilden. Die alten Angaben über

das Vorkommen, wonach die 1—3 m mächtige Kalklage in einer Tiefe von 0,3—5 m unter der Oberfläche vorkommt, würde dem nicht widersprechen. Die vorkommenden Blätter von Erle und Strauchahorn gehören zu lebenden Arten.

2. Ingramsdorf bei Breslau.

Ingramsdorf liegt an der Bahnstrecke Breslau—Freiburg am Südostabhange des 273 m hohen Pitschenberges, der sich gegen 100 m über die etwa 175 m über N. N. befindliche Fundstelle erhebt.

Die Südwand der Tongrube, in der die postglaziale Flora und der Schneckenmergel gefunden wurden, zeigt nach GÜRICH¹ folgendes Profil.

12. Alluvialer Lehm mit Torfeinlagerungen.
11. Alluvialer Flusskies.
10. Gröberer Kies mit äolischen Kantengeschieben.
9. Sandiger Ton mit humosen Einlagerungen.
8. Torf mit toniger Einlagerung in der Mitte.
7. Schneckenmergel mit Rhinoceroskiefer.
- 6 a. Humose dünne Schicht.
6. Mergeliger geschichteter Kalk.
5. Einfache Lage haselnussgrosser Quarzgerölle.
4. Sand des unteren Diluviums mit Einlagerungen von lehmigem Sande.
3. Lehm mit Andeutungen von Bankung und vereinzelt nordischen Geschieben: Untersilurischer Kalk, Toneisenstein mit Pflanzenresten, geschrammt.
2. Lehm, bändertonartig.
1. Tertiärer bunter Ton.

Die Bearbeitung der postglazialen Flora durch Dr. FR. HARTMANN hat sich auf die Schichten 6—8 erstreckt. Die Schichten 1—5 und 9 erwiesen sich bis jetzt als fossilfrei.

Nach GÜRICH sind die Schichten 2—5 glazial. Die interglaziale Natur von 7 wird nach GÜRICH durch einen aufgefundenen Rhinoceroskiefer gewährleistet, dessen Erhaltung für die Auffindung an primärer Lagerstätte spricht. Da das schlesische Tiefland nur von der ersten, grossen

¹ G. GÜRICH, Der Schneckenmergel von Ingramsdorf und andere Quartärfunde in Schlesien. Jahrb. Preuss. Geol. Landesanstalt XXVI (1905), S. 43. Besonders wichtig ist die im Folgenden ausführlich besprochene Dissertation von Dr. F. HARTMANN, Die fossile Flora in Ingramsdorf. Breslau 1907.

Vereisung betroffen wurde, ist der Ausdruck sinterglazial in übertragenem, d. h. uneigentlichem Sinne zu verstehen; er umfasst das sog. Interglazial Norddeutschlands und die Epoche der letzten Vereisung, die Schlesien nicht mehr erreichte. Inwieweit die einzelnen Schichten postglazial sind, lässt sich also schwer entscheiden.

Ausser dem genannten Rhinoceros wurden von tierischen Resten in der Schicht 7 gefunden: Backenzahn eines Nagers, Schuppen, Schädelknochen und Wirbel von Fischen, sowie ferner folgende Mollusken: *Succinea Pfeifferi* ROSSM., *Limnaea auricularia* LAM., *L. ovata* DRAP., *L. peregra* MÜLL., *L. palustris* MÜLL. var. *corvus* GMEL., *L. palustris* MÜLL. var. *turricula* HELD., *Planorbis albus* MÜLL., *Ancylus lacustris* L., *Bithynia tentaculata* L., *Valvata piscinalis* MÜLL., *Pisidium fontinale* PFEIFFER, *Unio* spec. Weiterhin fand HARTMANN Mandibeln sowie Flügelbruchstücke von Käfern und anderen Insekten.

Bis zu dem Funde von Ingramsdorf waren aus dem Südosten Deutschlands keine quartären Pflanzen bekannt. Die am weitesten gegen Südosten vorgeschobenen Fundorte sind Deuben bei Dresden und Klinge in der Provinz Brandenburg. Aus dem Känozoicum sind nur untermiocäne Floren, namentlich die von Schossnitz bei Canth und Trebnitz untersucht worden.

Der Fund von Ingramsdorf ist daher der erste und bis jetzt einzige, der diluviale Pflanzen im Südosten Deutschlands aufgedeckt hat.

Bei genauer Untersuchung stellte es sich heraus, dass die Schicht 7 GÜRICH'S nicht einheitlich ist, sondern in ihrem untersten Teile, nach dem Vorkommen von *Betula nana* L. zu urteilen, auf glaziales Klima deutet. HARTMANN hat sie aus diesem Grunde in drei Etagen mit der Bezeichnung 7 a, 7 b und 7 c zerlegt.

In der Schicht 6 fanden sich häufige Abdrücke von *Chara* und in 7 c Blattfragmente von *Betula verrucosa* EHRE.

Die Schicht 7 c stellt den typischen Schneckenmergel von Ingramsdorf dar und besteht aus hellem, gelbbraunem Mergel, der durch das sehr häufige Vorkommen von Schnecken- und Muschelschalen charakterisiert wird, die schon weithin als weissglänzende Punkte zu erkennen sind.

Überblickt man das Resultat der Untersuchungen in beifolgender Tabelle, so kann man nach HARTMANN in der Flora drei verschiedenartige Elemente unterscheiden.

1. Pflanzen mit Anpassung an eine geringe Wärmemenge, wie z. B. *Betula nana*.

2. Arten, die einer grösseren Wärmemenge bedürfen, wie *Acer tataricum*, *Tilia platyphyllos*, *Najas marina*.

3. Wasserpflanzen, die bis zu einem gewissen Grade von der Wärme unabhängig sind. Hierher gehören in erster Linie die *Potamogeton*-Arten, in geringerem Masse die übrigen Wasserpflanzen, wie die Nymphaeaceen und die Arten von *Ceratophyllum*. Diese Gruppe muss ebenso wie die nicht sicher bestimmten Arten bei der Prüfung der klimatischen und pflanzengeographischen Verhältnisse zunächst ausscheiden.

GÜRICH hatte sämtliche von HARTMANN untersuchten Schichten als interglazial gedeutet; und zwar hält er ihre Zugehörigkeit zum Postglazial für ausgeschlossen, einmal wegen des Fundes des Rhinoceroskiefers, und ferner, weil er in der unteren Lage der Schicht 10 Kantengeschleife nachwies. Die unter den Schichten 6–9 liegenden Lehme sind nach ihm als Vertreter der Grundmoräne anzusehen.

Übersicht der von F. Hartmann in Ingramsdorf gefundenen quartären Phanerogamen.

	S c h i c h t .						Bisher gefunden glazial.
	6	6a	7a	7b	7c	8	
1. <i>Picea excelsa</i>	—	—	—	—	—	!	—
2. <i>Pirus silvestris</i>	—	—	—	—	!	—	!
3. <i>Potamogeton natans</i>	—	—	!	—	!	—	—
4. <i>P. perfoliatus</i>	—	—	!	—	!	!	—
5. <i>P. crispus</i>	!	—	!	—	—	—	!
6. <i>P. pusillus</i>	—	—	—	—	!	—	—
7. <i>P. pectinatus</i>	—	—	—	—	!	!	—
8. <i>P. spec.</i>	!	—	—	—	—	—	—
9. <i>Najas marina</i>	—	—	—	—	!	!	—
10. <i>Phragmites communis</i>	—	—	—	—	!	—	—
11. <i>Carex caspitosa</i>	cf	—	—	—	—	—	—
12. <i>C. pallescens</i>	—	—	!	—	!	—	—
13. <i>Eriophorum spec.</i>	—	!	—	—	—	—	—
14. <i>Luzula spec.</i>	—	—	—	—	—	!	—
15. <i>Iris Pseudacorus</i>	—	—	—	—	!	—	—
16. <i>Salix alba</i>	—	—	—	—	!	—	—
17. <i>S. fragilis</i>	—	—	—	—	!	—	—
18. <i>S. repens</i>	?	—	—	—	—	—	!
19. <i>Corylus Avellana</i>	—	—	—	—	!	—	—
20. <i>Carpinus Betulus</i>	—	—	—	—	!	!	—

	S c h i c h t						Hierher gefunden glazial
	6	6a	7a	7b	7c	7	
21. <i>Betula verrucosa</i>	—	—	—	—	—	—	—
22. <i>B. nana</i>	!	!	!	—	—	—	!
23. <i>Alnus glutinosa</i>	—	—	—	—	—	—	?
24. <i>Quercus pedunculata</i> oder <i>sessiliflora</i>	—	—	—	—	—	—	—
25. <i>Ulmus</i> spec.	—	—	—	—	—	—	—
26. <i>Polygonum</i> spec.	—	—	—	—	—	—	—
27. <i>Nymphæa alba</i>	—	—	—	—	—	—	—
28. <i>Nuphar luteum</i>	—	—	—	—	—	—	—
29. <i>Ceratophyllum submersum</i>	—	—	—	—	—	—	—
30. <i>C. demersum</i>	—	—	—	—	—	—	!
31. <i>Ranunculus Flammula</i>	—	!	—	—	—	—	—
32. <i>Trifolium</i> spec.	—	—	—	—	—	—	!
33. <i>Prunus spinosa</i>	—	—	—	—	—	—	—
34. <i>Acer tataricum</i>	—	—	—	—	—	—	—
35. <i>A. campestre</i>	—	—	—	—	—	—	!
36. <i>Tilia platyphyllos</i>	—	—	—	—	—	—	!
37. <i>Trapa natans</i>	—	—	—	—	—	—	—
38. <i>Cornus sanguinea</i>	—	—	—	—	—	—	!
39. <i>Ledum palustre</i>	—	?	—	—	—	—	—
40. <i>Alectorolophus</i> spec.	—	—	?	—	—	—	—
41. <i>Sonchus</i> spec.	—	cf	—	—	—	—	—
42. <i>Composit.</i> spec.	—	—	—	—	—	!	—

Da aber in den Schichten 6, 6 a und in der untersten Lage der Schicht 7 Pflanzen auftraten, die in einem interglazialen Klima kaum gedeihen konnten, da ferner gleichzeitig so zerbrechliche Gebilde wie die Oogonien von *Chara* in vorzüglichem Erhaltungszustande vorkommen, so muss hieraus gefolgert werden, dass die fossile Flora sich auf primärer Lagerstätte befindet.

Fassen wir *Betula nana* als Leitfossil für glaziales Klima auf, so würden die Schichten 6, 6 a und 7 a einer kalten Periode entsprechen. *Betula nana* könnte aber auch sehr gut die Eiszeit überdauern und als Relikt noch in der Epoche des zweiten sogenannten Interglazials vegetiert haben.

Heute findet sich die Zwergbirke in Schlesien noch auf der Iserwiese und den Reinerzer Seefeldern.¹ Sie ist also während der wärmeren

¹ E. FIEB, Flora von Schlesien (1881), S. 400; SCHUBE, Flora von Schlesien (1904), S. 120.

Periode auf die Gebirge emporgestiegen und hat sich an den genannten Standorten, die ein ihr zusagendes Klima besitzen, bis auf den heutigen Tag erhalten. Die nächsten Fundstellen liegen bei Gottesgab im Erzgebirge und im Böhmerwalde. Auf der Heuscheuer wurde die Zwergbirke angepflanzt, konnte aber nicht gedeihen und ist längst wieder verschwunden.

Bis jetzt ist *Betula nana* die einzige sicher nachgewiesene echte Glazialpflanze; arktisch-alpine Weiden wie *Salix retusa*, *S. herbacea*, *S. polaris* konnte HARTMANN ebensowenig auffinden, wie *Dryas octopetala*. Nur das negative Ergebnis, dass typische Moorpflanzen fehlen — *Ledum palustre* ist nicht sicher nachgewiesen — lässt vorläufig die Annahme nicht zu, dass sich zu jener Zeit ein Hochmoor gebildet habe. Es fehlen typische Torfmoose (*Sphagnum*) vollständig, und die aufgefundenen Arten von *Hypnum* gehören keinesfalls moorbildenden Sippen an.

Andererseits deutet das relativ häufige Vorkommen von *Potamogeton*-Arten und die grosse Mannigfaltigkeit der Characeen auf grössere Wasseransammlungen hin, als die in Mooren eingesprengten kleinen Wasserbecken zu sein pflegen. Die Flora scheint sich demnach in den Schmelzwässern eines zurückweichenden Inlandgletschers und an dessen Ufern angesiedelt zu haben.

Ein wesentlich deutlicheres Bild gewähren die Ablagerungen der späteren wärmeren Periode (Schichten 7 c und 8). Hier finden wir in reicher Anzahl Bäume und Sträucher, die durchaus ein mildes Klima mit warmem Sommer verlangen. Es sind dies: *Tilia platyphyllos*, *Acer campestre*, *Acer tataricum*, *Carpinus Betulus*, ferner *Corylus Avellana* und *Cornus sanguinea*. Auch unter den Wasserpflanzen treten uns Formen entgegen, die nicht in so weitem Grade anpassungsfähig sind wie die Potamogetonaceen, deren Arten zum Teil hoch ins Gebirge emporsteigen; es sind dies *Nymphaea alba* und *Nuphar luteum*; hierzu kommen die beiden *Ceratophyllum*-Arten, *Trapa natans* und die jetzt in Schlesien sehr seltene *Najas marina*.

Acer tataricum erreicht in seiner heutigen Verbreitung Deutschland nicht mehr. Auch fossil ist dieser Ahorn bis jetzt noch nicht in Deutschland aufgefunden worden. F. PAX, der die fossilen Ahorne eingehend studiert hat, kennt ihn fossil nicht.

Das Vorkommen von *Acer tataricum* bei Ingramsdorf setzt somit ein wärmeres Klima voraus, als es jetzt in Schlesien herrscht. Der tatarische Ahorn ersetzt somit gewissermassen die in den sog. interglazialen Schichten sonst nur selten fehlende *Brasenia purpurea*, nach

der vergeblich gesucht wurde. Da das Areal des Baumes nach PAZ in der Gegenwart bis an die Hugelregion der Karpathen reicht, muss man annehmen, dass er während der wärmeren postglazialen Episode durch die mahrtsche Pforte bis nach Mittelschlesien vordrang, um später wieder auszusterben.

Das ehemalige Vorkommen von *Acer tataricum* in Schlesien stimmt gut überein mit dem Auftreten der *Helix (Campylaea) canthensis*, einer der podolischen *Helix banatica* ausserordentlich nahestehenden oder identen Form, die in dem etwa gleichaltrigen Quellenkalk von Paschwitz bei Canth vorkommt. Die Zone der *Helix canthensis* wird in Thüringen zum sogenannten Interglazial 2, d. h. in die Zeit des Rückzuges der grossen Eismassen versetzt.

Die beiden Schichten 7c und 8 erhalten einen verschiedenartigen Charakter durch das Auftreten zweier Nadelhölzer: der Kiefer in 7c und der *Picea excelsa* in 8.

Das Studium der Flora ergibt nach HARTMANN folgendes. Zuerst erschien in Mittelschlesien die Zwergbirke, gleichzeitig oder doch nur sehr kurze Zeit nach ihr die Kiefer.¹ Die grösste Verbreitung der Kiefer scheint in den Anfang der wärmeren Periode zu fallen.

Bei der weiteren Zunahme der Temperatur wurde die Kiefer allmählich durch die Eiche verdrängt, die zuerst mit ihr zusammen auftrat. Die Ingramsdorfer Eiche muss, nach der Grösse der Fruchtbecher zu urteilen, unter sehr günstigen klimatischen Bedingungen gewachsen sein. In ihrem Gefolge befanden sich die Linde, der Feldahorn und die Hainbuche, ferner die Haselnuss und der Hartriegel. Als diese Phase am wärmsten war, erschien auch *Acer tataricum*.² Zu dieser Zeit des tatarischen Ahorns scheint die Kiefer vollständig gefehlt zu haben. Jetzt erscheint die Fichte, die von Osten her einwandert. Es

¹ A. SCHULZ nimmt an, dass dieser Baum während des kältesten Abschnittes der kalten Periode neben der nordischen Birke der herrschende Waldbaum war. Diese Annahme wird durch paläontologische Beobachtungen nirgends unterstützt. Zwar führt C. A. WEBER in der Diluvialflora von Lutjen-Bornholt *Pinus silvestris* unter Pflanzen einer glazialen Vegetation an. Die Begleitpflanzen lassen aber sicher nicht auf einen kältesten Abschnitt der kalten Periode schliessen; ferner geht diese Schicht nach unten allmählich in ein Interglazial über, und drittens ist Lutjen-Bornholt bis jetzt der einzige Ort, an dem *Pinus silvestris* zusammen mit *Betula nana* vorkommt. Die Annahme von SCHULZ erhält hierdurch keine Stütze, zumal die Kiefer sonst überall in interglazialen Schichten nachgewiesen wurde.

² In dem nun folgenden kühleren Klima der Schicht 8 verschwinden *Acer tataricum* und die Eiche, während die Linde und der Feldahorn den Standort behaupteten, die Hainbuche an Häufigkeit sogar zunimmt.

ist wohl möglich, dass sie sich auf den Höhen der Sudeten schon vorher angesiedelt hatte und nun in die Ebene vordrang. Diese Ergebnisse stimmen vollständig mit denen anderer Aufschlüsse überein. In Norwegen, Schweden und Dänemark treten die Waldbäume in derselben Reihenfolge auf: Birke, Kiefer, Eiche, Fichte.

Die Buche fehlt auffallenderweise in den Ablagerungen von Ingramsdorf vollständig. Schon vorher hatte F. PAX¹ diese Tatsache für die Diluvialflora Oberungarns nachgewiesen und besonders betont, dass die Einwanderung der Buche in eine relativ sehr späte Zeit fällt. Auf dem Südbahng der Kapathen sei die Reihenfolge von den Waldbäumen genau dieselbe wie in Nordeuropa und in Schlesien. Auch in Oberungarn erfolgt meist nach der Eiszeit mit der Einwanderung der Birke und der darauf folgenden Kiefer- und Eichenflora eine regelmässige Steigerung der Wärme bis über die heutige Temperatur. Die darauf folgende Einwanderung der Fichte entspricht einer erneuten, der Gegenwart entsprechenden Abkühlung.

Wie verhalten sich nun die bekannten Vorkommen interglazialer Pflanzen und Lössschnecken in den Alpen und ihrem Vorland zu den Beobachtungen in Südost-Deutschland?

Vor allem entspricht die Flora der Höttinger Brekzie bei Innsbruck einem typisch ozeanischen Klima und nicht warmen oder gar trockenwarmen Temperaturverhältnissen. Die Pflanzen, welche auf ein warmes Klima hindeuten sollten, lassen sich heute mit aller Entschiedenheit als solche Arten bezeichnen, die ein sehr feuchtes Klima verlangen, welchem zudem grosse Extreme fehlen. Es sind also nicht wärmeliebende, sondern ozeanische Arten. Zu diesem Schlusse sind zu gleicher Zeit und unabhängig voneinander HANDEL-MAZETTI (1909) und BROCKMANN-JEROSCH (1909)² gelangt.

Die botanischen Darlegungen von HANDEL-MAZETTI gehen auf Beobachtungen im Sandschak Trapezunt zurück. Kurz darauf im Frühjahr 1909 habe ich übereinstimmende Beobachtungen über das Feuchtigkeitsbedürfnis des *Rhododendron ponticum* auf ausgedehnten Reisen in der Vilajet Kast und Trapezunt (Ordu und Kerasunt) machen können. Eine ausführlichere Wiedergabe meiner Beobachtungen an dieser Stelle

¹ F. PAX, Flora von Gajocz in Oberungarn.

² H. BROCKMANN-JEROSCH, Das Alter des schweizerischen diluvialen Lösses. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1909, S. 450. Die folgenden Darlegungen sind wesentlich diesem wichtigen Aufsätze entnommen.

erübrigt sich, da ich vollkommen mit den Wiener Forschern übereinstimme. Erwähnen will ich nur, dass mir mit der Zeit meiner geologischen Aufnahmen in der Gegend von Innsbruck die Bedeutung der Biologie des *Rhododendron ponticum* in lebhafter Erinnerung war.

Besonders erwähnenswert ist jedoch die Unabhängigkeit des *Rhododendron ponticum* von der Höhenlage und der Schneebedeckung. Ich beobachtete die Pflanze von wenigen hundert Metern Meereshöhe bis 1400 m und zwar an allen feuchten Stellen und konnte besonders feststellen, dass der strenge aber schneereiche Winter 1908/09 ihrem Gedeihen keinerlei Nachteil gebracht hatte. Unter den bis Mitte Mai 1909 dauernden, ursprünglich viele Meter mächtigen Schneewehen und Lawinen tauten die Alpenrosen frisch und gesund hervor.

Wenn die Interglazialflora des *Rhododendron ponticum* ein trockenwarmes Klima ausschliesst, der Löss aber einem trocken-warmen Klima seine Entstehung verdanken soll, so wäre es undenkbar, dass der echte Löss gleichaltrig mit Hötting sei; denn da der echte Löss beinahe bis an den Fuss der Alpen reicht, so ist es ausgeschlossen, dass zwei entgegengesetzte Klimate so nahe nebeneinander hätten existieren können.

Da die Lössse bekanntlich am häufigsten in trockenen Klimaten Asiens sind, lag es nahe, aus ihrem Vorkommen in Europa auf frühere Niederschlagsarmut zu schliessen. Allein auch unter anderen Verhältnissen kann Löss entstehen. Es bedarf zu seiner Bildung nur eines *unbewachsenen Denudationsgebietes*, eines *trockenen Windes* und einer mehr oder weniger *bewachsenen Auffangsfläche*.

»Zur Zeit, als die grossen Gletscher, die bis an den Ausgang der Alpentäler vorgeschoben waren, wieder zurückwichen und deren zurückgelassene Schotter¹ und Grundmoränen vom Föhn ausgetrocknet wurden, verblies der Wind den feinen Staub weit über die Fläche bis ans Meer. Der Staubbiederschlag häufte sich zu fruchtbarer Lösserde an. Bald bedeckte der Löss ganz wie in vielen Teilen von Deutschland den Boden bloss $\frac{1}{2}$ bis 1 m, bald 10 und 15 m.« (ALBERT HEIM.) Aber auch noch jetzt geht die Lössbildung weiter.

Nun enthält der echte Löss, also der Löss der Risssschotter, tierische Fossilien, die sich in dieser kalkreichen Ablagerung relativ gut erhalten. MÜHLBERG hat in überzeugender Weise dargetan, dass die *Lössschnecken die Annahme eines wärmeren Klimas gar nicht zulassen*; kommen doch

¹ Genauer wäre Schotter, denn auch in Neuseeland entsteht heute der Staub nicht aus Moränen, wohl aber aus Schottern.

von den 32 Arten, die im echten Löss in der Schweiz gefunden wurden, heute noch 14 in diesen Gegenden häufig vor, andere dagegen sind selten und lieben höhere, kühlere Gegenden, so gerade *Succinea oblonga*, die häufigste Lössschnecke, die jetzt nur bei Petersburg in analoger Häufigkeit verbreitet ist; 3 Arten kommen jetzt nur noch in arktischen und alpinen Gebieten vor» (Verhandl. schweiz. naturforschend. Gesellschaft 1907. S. 104). Demnach ist es undenkbar, dass in dem zur Lössbildung nötigen Denudationsgebiet ein wesentlich wärmeres Klima geherrscht hat als heute. Aus dem gleichen Grunde ist es aber auch unmöglich, dass Kälte oder Trockenheit diese Denudationsgebiete geschaffen haben. Da also klimatische Faktoren diese vegetationslosen oder vegetationsarmen Gebiete nicht geschaffen haben können, so ist es nur denkbar, dass mechanische Faktoren einzelne Gebiete vegetationsfrei gehalten haben: die vegetationsfeindlichen, diluvialen Flüsse.

Die echten Lössen liegen auf den Talhängen oder aber auf den Schottern der Risseiszeit selbst. Im letztern Falle sind die darunter liegenden Schotter unverwittert, woraus hervorgeht, dass die Lössbildung mit der Schotteraufhäufung zusammen in die gleiche geologische Periode fällt. Nun entsprechen aber die Schotter jeweils einem Gletschervorstoss, sind also glazial und nicht interglazial, und demnach wäre auch der echte Löss nicht eine Bildung des Interglazials sondern der Zeit der grössten Ausdehnung der Gletscher selbst.

Während der grossen Ausdehnung der Gletscher brachten die Schmelzwasser grosse Mengen feiner, zermahlener, aber chemisch unverwitterter Gesteinstrümmel. Auf den Schotterfeldern lagerten die Schmelzwässer bei jedem Schwanken des Wasserstandes die Gletschertrübe ab, und so entstand häufige Gelegenheit zur Staubbildung.

Ausser dem sogenannten echten Löss finden sich in der Schweiz noch eine Reihe von jüngeren postglazialen Lössen, über die wir besonders durch die Arbeiten von FRÜH (Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. Zürich, 1899, 1900. Eclog. geol. Helvetiæ, 1903) unterrichtet sind.

Noch klarer als beim echten Löss lässt sich bei den spätglazialen Lössen die Altersfrage verfolgen. Sie liegen alle innerhalb der Endmoränen der letzten Eiszeit und sind also jünger als die maximale Ausdehnung derselben.

Nach allen bisherigen Funden liegt der Löss auf unverwitterten Moränen und Schottern der Rückzugsstadien der letzten Eiszeit oder auf den frischen Gletscherschliffen, woraus hervorgeht, dass die Bildung

des Lösses sofort auf die betreffenden Bildungen folgte. Also können die verschiedenen Lössse nicht gleichaltrig sein, sondern entsprechen den verschiedenen Rückzugsstadien der Gletscher.

Wer nun in dem Löss nur das Produkt eines trocken-warmen Klimas sieht, müsste für jede Altersstufe dieser Lössse eine trocken-warme Periode annehmen; die erste würde der Zeit der inneren Moränen entsprechen, eine zweite läge zwischen dieser Zeit und dem Buhlstadium, eine dritte, am schärfsten ausgesprochene zwischen dem Buhl- und Gschnitz-Stadium.

Von den bisher nachgewiesenen 31 Arten der Lössschnecken fehlen in der Liste von FRÜH bei drei Arten die Angaben über das heutige Vorkommen. Von den 28 andern kommen nach FRÜH heute noch 26 im Rheintal vor. Eine grosse Zahl dieser Schnecken lebt vom Laube, einige verlangen feuchte Wohnbezirke. *Nirgends* aber ist eine *Spur* von Arten zu sehen, die ein trocken-warmes Klima zulassen oder gar *verlangen* würden. Also ist es bei diesem Löss einfach undenkbar, dass klimatische Faktoren das vegetationsfreie Denudationsgebiet geschaffen hätten.

Es gibt demnach auch hier wieder nur eine befriedigende Erklärung: der Fluss, in unserm speziellen Falle der Rhein, schuf damals mit seinen unregelmässigen Hochwässern die breiten Schotterflächen und hielt sie vegetationsfrei. Der Staub wurde von föhnartig verschärften Winden ausgeblasen und häufte sich an den Talseiten, besonders da, wo er vom Wasser nicht mehr weggeschwemmt werden könnte, als Löss an. Demnach entspricht keiner der der Rückzugsperiode der Gletscher angehörenden Lössse einem trocken-warmen Klima, alle entstanden vielmehr durch mechanische, nicht aber durch klimatische Kräfte.

Da nun auch die postglazialen Lössse den Gletschern auf dem Rückzuge folgten und wie die eiszeitlichen Lössse aus Schottern ausgeweht sind, zugleich aber eine der heutigen sehr nahestehende Fauna beherbergen, so kann zur postglazialen Quartärzeit in südlichem Mitteleuropa nicht ein alpines oder arktisches Klima geherrscht haben, sondern ein solches, welches in den durchschnittlichen Temperaturen dem heutigen nahe stand. Da aber trotz dieser Temperatur die Gletscher so weit herabreichten, so können nur die festen Niederschläge die Vergrösserung der Gletscher bewirkt haben. Es muss also das Klima der Eiszeit im Westen und Süden von Mitteleuropa ein ozeanisches gewesen sein, ähnlich wie heute in Patagonien, Alaska, Neuseeland u. s. w.

Der postglaziale Löss ist nun bedeutend weniger mächtig als der echte Risschotter. Da der Löss nicht das Produkt eines bestimmten Klimas, sondern mechanischer Faktoren war, so mussten diese beim echten Löss stärker und länger wirken, das heisst die Gletscher mussten längere Zeit eine Stellung einnehmen, die die Lössbildung gestattete, sie durften also nicht zu sehr abnehmen, nicht zu weit in die Alpen zurückweichen. Dass sie auch wirklich nicht weit zurückgegangen sind, ist zum Mindesten wahrscheinlich, da die Erosion, die zwischen der III. und der IV. Vergletscherung stattgefunden hat, relativ unbedeutend ist.

Auch die Schieferkohlen von Uznach führen zu dem gleichen Schlusse. Sie liegen auf Schottern und sind von Schottern überlagert. Aber auch zwischen den verschiedenen Kohlenflützen liegen Schotter. Also herrscht überall Aufschüttung, nirgends Erosion. Aufschüttung findet sich aber nur bei relativ grosser Gletscherausdehnung, und daraus ist weiter zu schliessen, dass die Gletscher sich nicht weit zurückgezogen hatten. Auf ein starkes Zurückweichen der Gletscher wurde ja nur aus der Interglazialflora gefolgert. Die Interglazialflora von Hötting entspricht aber nur einem feuchten, nicht einem warmen Klima.

Es liegt also zum mindesten nahe anzunehmen, dass die letzte Interglazialzeit nicht so stark ausgeprägt war. Auch sie besass, wie die Eiszeiten selbst, ein ozeanisches Klima, und ihre Flora unterscheidet sich dementsprechend von der jetzigen.

Ganz übereinstimmende Beobachtungen über die geringe Bedeutung des letzten Interglazials und des letzten Gletschervorstosses liegen aus Norddeutschland vor. Wir beginnen mit einer Betrachtung über den Höhepunkt der Eiszeit, d. h. über die Mächtigkeit, welche das Inlandeis an seiner Südgrenze in Schlesien und Polen erreicht hat.

Die Dicke des Landeises in Schlesien.

Die neuen Forschungen in der Antarktis waren für die Erkenntnis der eiszeitlichen Vergangenheit Norddeutschlands eben so wichtig, wie die Beobachtungen am Malaspina-Gletscher für die Alpen im Eiszeitalter.

Von den älteren Untersuchungen in Grönland ist besonders die Feststellung von Wichtigkeit, nach der die zungenförmigen Ausläufer des Inlandeises infolge des Druckes der nachdringenden Massen bergauf

fließen können (v. DRYGALSKI). Für die Mächtigkeitsbestimmung der Eisdecke sind demnach die Funde nordischer Gesteine am Aussenrande unserer Mittelgebirge nur mit Einschränkung zu verwenden. Die schmalen Zungen, mit denen das Eis bis nach Glatz, Wustegiersdorf, Waldenburg und noch weit darüber hinaus bis Kloster Grussau, d. h. bis in Höhen von 555 m (Gottesberg) vordrang, berechtigen noch nicht dazu, diese Höhenlagen ohne weiteres der Dicke des nordischen Eises gleichzusetzen.

Für diese Bestimmung sind vielmehr die Nunataker ausschlaggebend, die durch die rein orographische Form, durch die Gletscherschliffe und durch das Vorhandensein oder Fehlen der Felsenmeere, d. h. des lokalen Verwitterungsschutttes ihre Lage über oder unter der quartären Eisdecke, zu erkennen geben. Wenn auf harten widerstandsfähigen Gesteinen wie den kambrischen Quarziten des polnischen Mittelgebirges keinerlei Glättung, Schliffe oder Kritze, wohl aber eine ausgedehnte Blocklage zu beobachten ist, so wird man mit LOZINSKI¹ auf eine Eisfreiheit der höchsten Erhebung schliessen können. Das polnische Mittelgebirge bildete also einen Nunatak, und die maximale Mächtigkeit der Eisdecke wurde demnach hier mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit auf nur 200 m berechnet.

Es lag nun die Frage sehr nahe, ob in Schlesien auf den das Hügelland und die 300—400 m Isohypsen überragenden Erhebungen des Zobtens und Rummelsberges ähnliche Beobachtungen möglich sind. Die Vorbedingungen sind allerdings hier viel weniger günstig, da die höchsten Erhebungen durchweg aus chemisch leicht zersetzbaren Gesteinen wie Granit und Gabbro (am Gipfel des Zobtens) bestehen. Ferner erschwert die dichte Waldbedeckung und endlich auf den Gipfeln des Zobtens und Rummelsberges das Vorhandensein ausgedehnter Baulichkeiten die Beobachtung. Da also die direkte Untersuchung der Felsfläche unter normalen Verhältnissen ausgeschlossen ist, bleibt nur die Beurteilung der Bergform übrig.

Die Landschaftsformen des subsudetischen Hügellandes sind nun durch ausgesprochene Rundung und Abgeschliffenheit gekennzeichnet. Die Wirkung der chemischen Verwitterung und der Erosion hat während der ganzen Tertiärzeit andauert und die durch Brüche und Absenkung oder Hebung der Schollen geschaffenen Höhenunterschiede als-

¹ Sitz.ber. der Deutschen geol. Ges. 1910.

bald wieder ausgeglichen. Die gleichmässige Erosion des Landeises sowie die Ablagerung glazialer und äolischer Sedimente haben dann noch zum weiteren Ausgleich der Unebenheiten beigetragen.

Nur bei Felskuppen, die dauernd über die Eisoberfläche emporragten, war der Spaltenfrost im Stande, steilere Abhänge zu schaffen.

Nun ist es gewiss kein Zufall, dass sowohl der Gipfel des Rummelsberges als auch in ausgedehntem Masse die Spitze des Zobtens wesentlich steilere Gehänge aufweisen, als die Mitte und der Fuss des Abhanges. Am deutlichsten lassen die Isohypsen des Messtischblattes die Gegensätze erkennen.

Nun ist an und für sich die Spitze eines mittelhohen Berges der chemischen Verwitterung allseitiger und stärker ausgesetzt als die tieferen Hänge, und die Überflutung durch Eis würde in erster Linie die schärferen Spitzen und steileren Gehänge abhobeln und abrunden. Ein machtvolleres Eingreifen des Spaltenfrostes wird aber durch die geringe Höhe beider Berge ausgeschlossen.

Alle chemischen und physikalischen Faktoren waren also während und nach der Eiszeit bestrebt, die schroffen Formen abzurunden.

Wenn trotzdem der Gipfelbau sowohl am Zobten wie am Rummelsberg bemerkenswert steile Formen aufweist, so ist dieser Umstand nur so zu erklären, dass beide als Nunataker über der Eisfläche aufragten.

Am Rummelsberg konnte ich die folgenden Beobachtungen machen:

Die 80 m hohe Gipfelkuppe des Rummelsberges, welche über der 330 m hohen Geländestufe mit einem deutlich ausgeprägten Absatz emporragt, entspricht einer eisfreien Nunatak. Denn:

1) Der Steilabsturz liegt im Norden, während nach S die Gipfelkuppe viel flacher abdacht. Ein über den Gipfel selbst fliessendes Landeis hätte aber vornehmlich grade die Nordseite abschleifen müssen, während sich im S ein steiler Absturz gebildet hätte.

2) Das Gestein der Kuppe ist sehr stark verwittert, nur an wenigen Stellen tritt der anstehende Granit zu Tage. Die Glazialerosion hätte aber allseitig, vor allem auf den Seiten und im N überall das feste Kerngestein herausschleifen müssen.

3) Unterhalb der 330 m Stufe ist unweit der sogenannten Sammelbirke Quarzitgeröll als eine von N stammende Lokalmoräne aufgeschlossen.

Nordische Geschiebe fehlen ganz oder fast ganz.¹

¹ Die am Wege liegenden Gerölle sind wahrscheinlich ebenso wie Sandstein-Schlacke als Pflastermaterial herbeigeschafft worden.

Wäre eine mächtigere Eismasse über den Berg hinweggeströmt, so müssten nordische Findlinge überall verteilt sein.

So aber konnte ich dieselbe Beobachtung wie zwischen Waldenburg und Altwasser machen. Auch hier sind in der grossen, von der Bahn durchschnittenen Ziegelei fast nur Karbongerölle, d. h. Lokalmoräne zu finden.

Genauere Angaben über die Schichtenfolge lassen sich aus den Bohrtabellen der Grubenziegelei Neu-Weissstein entnehmen.

Es lagert nach den Tabellen zu oberst:

- 1) stark sandiger Lehm bzw. lehmiger Sand;
 - 2) eine dünne Schicht Geschiebemergel (lokal mit Bänderton an der Basis). Der Mergel wird nach S zu mächtiger;
 - 3) darunter reiner Sand in wechselnder Mächtigkeit;
 - 4) darunter mächtiger Geschiebemergel;
 - 5) darunter Bänderton;
- und zu unterst
- 6) Sandstein der Steinkohlenformation.

Beobachtungen an Lokalmoränen.

Wo Nunataker über das norddeutsche Eis hervorragten oder der Oberfläche nahe kamen, breitet sich die Lokalmoräne in südlicher Richtung fächerartig aus. Je mehr die einheimischen Gesteine an Zahl der nordischen Fremdlinge überwiegen, um so höher hat die Nunatak aufgeragt, um so geringer war somit auch die Mächtigkeit des Landeises. In der Umgebung des Quarzitschieferzuges des östlichen Rummelsberges in Schlesien überwiegt der Quarzitschiefer dermassen, dass es nach den gewöhnlichen Aufschlüssen an Wegen und Schottergruben unmöglich ist zu unterscheiden, ob eine transportierte Lokalmoräne, oder nur das halbverwitterte Ausgehende des anstehenden Quarzitschiefers vorliegt.

Profil von Waldenburg-Altwasser Kiesgruben bei Freiburg.

Ähnliche Beobachtungen machte ich in der Ziegelei, welche zwischen den Stationen Waldenburg und Altwasser von der Hauptbahn durchschnitten wird. Das abgebaute Material ist typischer Bänderton,

der in sehr unregelmässiger Weise mit Geschiebemergel und Geschiebelehm wechsellagert. Die Aufschlüsse der Ziegelei veranschaulichen die Lagerungsformen, welche der in den Waldenburger Kessel aufwärts strömenden Zunge des Inlandeises entsprechen. Trotz der gewaltigen Mächtigkeit, welche Schotter und Sande am Gebirgsrand in den Kiesgruben bei der nahe gelegenen Stadt Freiburg besitzen, treten bei Waldenburg die gröberen Geschiebe vollkommen zurück. Ein grosser Teil der ganzen Sedimentmächtigkeit wird bei Waldenburg durch Bänderton, d. h. durch die feinsten Abschlämmungsprodukte gebildet, die sich in einen Talkessel absetzen. Die Geschiebe, welche sich bei dem lebhaften Abbau der Ziegelei in ziemlicher Menge anhäufen, bestehen mit verschwindenden nordischen Ausnahmen aus wenig geschrammtem, kaum kantengerundetem Steinkohlensandstein, d. h. aus Lokalmoräne. Wäre das nordische Eis in der Mächtigkeit eingedrungen, welche der Höhenlage der von ZIMMERMANN bei Gottesberg in 550 m nachgewiesenen nordischen Blöcke entspricht, so wäre das unbedingte Überwiegen der Sandsteinblöcke bei Waldenburg unerklärlich. Es ist aber nur eine wenig mächtige Eismenge nach Waldenburg und dann sich gabelnd nach Grüssau und Wüstegiersdorf vorgedrungen, auf welche die Blöcke herabrollten.

Beobachtungen in der schlesischen Ebene.

Für die Bestimmungen der Mächtigkeit des Inlandeises kommen neben den Beobachtungen an anstehenden festen Gesteinen auch die aus Bohrungen und anderen künstlichen Aufschlüssen abzuleitenden Folgerungen in Betracht. Der normale Zusammenhang des schlesischen Quartärs aus liegendem Geschiebemergel, hangendem Geschiebesand und Einlagerungen von Bänderton zeigt zunächst bemerkenswerte Verschiedenheiten insofern, als in geringen Entfernungen die Grundmoräne oder der Sand allein für sich das ganze Quartär aufbauen.

So beobachtete ich im Kreise Rosenberg (Ober-Schlesien) ein ausschliessliches Vorkommen von Geschiebemergel im W der Stadt Rosenberg. Die gleiche Wahrnehmung machte ZIMMERMANN in der Bohrung bei Gr. Zölling, Kreis Oels (ebenfalls rechts der Oder). Auch hier besteht das Quartär bis 47 m Tiefe nur aus Geschiebemergel. Auch in den Tongruben bei der Stadt Trebnitz überwiegt Geschiebemergel unbedingt, Bänderton und Sand bilden lokal begrenzte Einlagerungen.

Nördlich von Trebnitz bei Heidewilxen herrscht dagegen der Quartärsand ebenso unbedingt vor. Exakter liess sich dasselbe Verhalten bei ca 40 für die Guhrauer Stärkefabrik ausgeführten Bohrungen feststellen. In diesen — ebenfalls rechts der Oder liegenden Vorkommen — wurde bis zur Tiefe von 27 m Sand ohne jeden Geschiebemergel angetroffen, nur in der Mitte schiebt sich lokal eine $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ m messende Lage von Bänderton ein.

Voreiszeitliche Höhenunterschiede und ihr Bestehen nach der Elzeit.

Eine dritte Erwägung, welche gegen eine grosse Mächtigkeit des Inlandeises spricht, ist die Tatsache, dass die präglazialen, aus weichem Ton und noch weniger widerstandsfähigem Braunkohlensand bestehenden Erhebungen der schlesischen Ebene durch die Erosionskraft des Eises nur sehr unvollkommen abgetragen worden sind.

Die Trebnitzer Hügel zeigen im Innern deutliche flachgespannte Sättel, die aus tertiärem Ton und Sand bestehen, und überragen auch jetzt die umgebende Ebene. Das Odertal bei Breslau entspricht, wie das regelmässige Auftreten artesischen Wassers im Tertiär beweist, einer präglazialen (postmiozänen) Mulde.

Da die Mächtigkeit der glazialen oder fluvio-glazialen Gebilde bei Trebnitz geringfügig ist, entspricht die orographische Höhe auch der tektonischen Erhebung des Tertiärs über die Umgebung.

Selbst dort, wo die heutige Landoberfläche die bezeichnende Flachheit der schlesischen Ebene aufweist, birgt der Untergrund oft sehr bedeutende Höhenunterschiede in der Oberkante der Braunkohlenformation. Es gibt kaum eine flachere Gegend als den Kreis Guhrau, wenn man von der Bartsch-Niederung absieht, die sich auch nur um wenige Meter einsenkt. Trotzdem zeigt, wie 50 Tiefbohrungen bei der neuen Stärkefabrik Nechlau beweisen, die Oberkante der Braunkohlenformation Höhendifferenzen bis zu 40 m auf eine Horizontalentfernung von 100—200 m.

Das rechts der Oder in den Kreisen Trebnitz und Steinau aufragende »Katzengebirge« findet also eine zweifellose unterirdische Fortsetzung nach Nordwesten, und auch der nordwestliche Verlauf des Odertales entspricht einer jungtertiären Faltung, deren Oberflächenformen weder durch die präglaziale Verwitterung noch durch die glaziale Abtragung vollkommen beseitigt worden sind. Sogar links der Oder

zeigen die niedrigen Höhenrücken der Ebene südlich und westlich von Breslau ein ausgesprochenes Streichen von NW — SO bis WNW — OSO. Auch hier schimmern die durch die Gletscherwirkung noch keineswegs zerstörten Formen des Untergrundes durch.

Für die geringe, nur ca 200 m betragende Dicke des Landeises spricht also Folgendes.

1) Die oberhalb von 330 m von Eise nicht bearbeitete Kuppe des Rummelsberges weist auf dieselbe Eismächtigkeit von 200 m hin, die LOZISKI im polnischen Mittelgebirge beobachtet hat.

2) Das Eis war ausser Stande, die aus weichen Tertiärtonen und Sanden zusammengesetzten präglazialen Unebenheiten in Schlesien abzutragen.

3) Auf rasches Abschmelzen der wenig mächtigen Eisdecke deutet die Tatsache hin, dass lokal das gesammte Quartär nur aus Sand und Kies (Guhrau, Heidewilzen) oder nur aus Geschiebemergel (Gr. Zöllnig, Rosenberg) oder nur aus Bänderton und Geschiebemergel besteht.

4) Infolge Fehlens eines letzten Eisvorstosses (III. Eiszeit) in Schlesien, wo bei vollständiger Entwicklung nur ein Geschiebemergel nachgewiesen ist, war während des sogenannten Interglazials 2 und des Glacials III bereits das Eis endgültig verschwunden.

5) Daher kann die Entwicklung des Interglazials 2 und des oberen Geschiebemergels (Glacial III) in Brandenburg und Pommern zeitlich keine grosse Bedeutung besessen haben.

6) Damit stimmt die durch DEECKE festgestellte Seltenheit von interglazialen Säugetieren in Pommern gut überein: das letzte Interglazial war in Pommern, d. h. in geringer Entfernung von dem fortbestehenden Inlandeis, nur unbedeutend entwickelt.

7) Trotzdem entspricht die Florenfolge von Ingramsdorf 1) Birke, 2) Kiefer, 3) Ahorn (= Maximalverbreitung der Haselnuss in Skandinavien), 4) heutige Flora dem in Norwegen und Oberungarn beobachteten postglazialen Klimawechsel.