

Bemerkungen
über das
Eiszeitproblem.

Von
Eugen Geinitz-Rostock.

Güstrow.
In Kommission der Buchhandlung von Opitz & Co.
1910.

31
Sonderabdruck aus
Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte
in Mecklenburg. 65. Jahrgang, 1911.

Bemerkungen über das Eiszeitproblem.

Von **E. Geinitz**-Rostock.

Die bewundernswert vorbereiteten und glänzend durchgeführten Verhandlungen und Exkursionen des 11. internationalen Geologenkongresses in Schweden haben den Teilnehmern eine Fülle von Belehrung und Anregung gegeben, besonders auch über schwebende allgemeine Fragen, von denen auch diejenigen über das Quartär weitgehendes Interesse fanden. Endgültig entschieden konnten diese natürlich nicht werden, u. a. schon wegen der Kürze der zu etwaigen Diskussionen zur Verfügung stehenden Zeit. Ich möchte hier über einige der Verhandlungsgegenstände und Beobachtungen berichten, dabei meine Ansichten und Beobachtungen, z. T. etwas ausführlich, mitteilend.

I. Zur Frage der Interglazialzeiten.

Mit Spannung wurde der Vortrag von R. Lepsius entgegengenommen, welcher über „die Einheit und Ursachen der Eiszeit“ sprach.

Im folgenden gebe ich einen Auszug seiner Arbeit über: Die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit in den Alpen. (Abh. Hess. Geol. L.-Anst. V. 1910.) Die vier alpinen Eiszeiten sollen nach der Ansicht der meisten alpinen Geologen durch kälteres Klima mit tieferer Schneegrenze der Alpen erzeugt worden sein, als den drei Interglazialzeiten, sowie der prä- und postglazialen Zeit zukam; ein kälteres Klima bewirkte den jedesmaligen Vorstoss der Gletscher, Aufhäufung von Moränen und Schottern (Akkumulation),

ein wärmeres Klima den jedesmaligen Rückzug, wobei Flüsse die Täler vertieft haben (Erosion, Terrassenbildung). Die gesonderte Lagerung der fluvioglazialen Schotter und der zwischenliegenden Fluss- oder Gletschererosionen sind die Stützen dieser Anschauung. Lepsius sucht diese beiden Tatsachen nicht durch Klimaschwankungen, sondern durch tektonische Bewegungen zu erklären. Wie für Nord-europa, so nimmt er auch für die Alpen an, dass die Gletscher der Hochalpen während der Diluvialzeit nur einmal in die alpinen Vorländer vorgestossen sind, nur einmal in die Zentralketten sich zurückgezogen haben, und dass die Schneegrenze zur diluvialen Eiszeit nicht tiefer lag als jetzt, sondern dass die Alpen selbst und ihre Vorländer, ebenso wie ganz Europa, sich zur Haupteiszeit in einem absolut höheren Niveau über dem Ozean befanden und deshalb ein etwas kälteres Klima als jetzt besaßen.

Für die Deckenschotter (löcherige Nagelfluh), die sich durchaus nicht überall in zwei durch Erosionstrennung gegliederten Abteilungen nachweisen lassen, nimmt Lepsius an, dass dieselben Flüsse, welche die älteren absetzten, auch die jüngeren abgesetzt haben, jedoch von unten her, also talaufwärts erodierten, weil zwischen beiden Absätzen der erste diluviale Einbruch der oberrheinischen Tiefebene unterhalb Basel und entsprechend der erste diluviale Einbruch der unteren Donauebene geschehen ist. Als Grundursache der Erosionen und Akkumulationen sieht er die sich im Verlaufe der Diluvialzeit öfters wiederholenden Absenkungen und Einbrüche der oberrheinischen Tiefebene an.

In der Tiefschweiz scheint die grosse Eisüberflutung keine lange Dauer gehabt zu haben, für Interglazial ist hier kein Nachweis geliefert. Die Jungmoränen sind nicht von dem zum zweiten Male vorstossenden Rhonegletscher abgesetzt worden, sondern von dem sich staffelmässig zurückziehenden Eis (in einem Stadium, welches dem gleichzeitigen Stillstandstadium der nordischen Gletscher auf dem baltischen Höhenzuge entspricht). Die Ursache des Rückzuges der Eismassen der „Haupteiszeit“ auf den Umfang der letzten Eiszeit in den Alpen war bedingt durch das Absinken der Alpen in ein gegen den

Ozean absolut tieferes Niveau. Eine genaue Berechnung der Schneegrenze ist nicht möglich.

Die Zurechnung von Moränen zu den Hochterrassen- oder zu den Niederterrassenschottern bleibt häufig willkürlich und zweifelhaft. Der grosse Abschnitt zwischen dem Vorstosse und dem Rückzug der alpinen Gletscher liegt nicht zwischen Decken- und Hochterrassenschottern, sondern er liegt zwischen Hochterrassen- und Niederterrassenschottern. Zu den „Altmoränen“ sind sämtliche Moränen des Vorstosses, zu den „Jungmoränen“ nur die des Rückzugsstadiums der letzten Eiszeit zu rechnen; Amphitheater, Endmoränenlandschaften sind nur im jüngsten Stadium erhalten, weil die grossen Gletscher der Haupteiszeit über alle früheren Stirn- moränen fortgingen und diese zerstörten. Die Gletscher der Haupteiszeit überzogen gleichmässig Berg und Tal mit ihren sandigen, lehmigen oder tonigen Grundmoränen und Blockmaterialien, während die fluviatilen Schotter gewisse Niveaus der Oberfläche einhalten mussten, weil sie eben von Flüssen und Schmelzwassern der Gletscher, aber nicht von den mächtigen Eismassen der Gletscher selbst abgesetzt worden sind; es lassen sich daher die Moränen der Haupteiszeit nicht auf Grund ihrer absoluten und relativen Höhenlagen nach ihrem Alter unterscheiden, wie die Schotter. Den Grad der Verwitterung von Blöcken in einer Moräne als Massstab für die Zeit ihrer Entstehung zu nehmen, hält L. für eine ganz unsichere und willkürliche Annahme.

Die sog. interglazialen Schieferkohlen von Utznach, Dürnten und Wetzikon sind intramoränale Ablagerungen der ältesten Diluvialzeit (vor der Haupteiszeit); die Alpengletscher steigen auch jetzt bis in die Waldregion hinab (vergl. Grindelwald, S. 53). Die Flora lässt auf ein dem heutigen ähnliches (nur vielleicht etwas trockeneres) Klima schliessen; das Fehlen der Buche spricht für kontinentales, nicht feucht atlantisches Klima. Güntenstall ist etwas jünger; gegenüber Brockmann wird wegen des Fehlens der Buche auch für diese Zeit ein kontinentales, nicht ozeanisches Klima angenommen.

Die Pflanzen der Dryasflora sind xerophile Arten. L. äussert dieselbe Ansicht wie Brockmann darüber,

indem er den Dryasfloren nur eine örtliche, keine tellurische Bedeutung zuschreibt. Das Klima zur ältesten Diluvialzeit war in den Voralpen wahrscheinlich kein wärmeres und kein kälteres als das jetzt dort herrschende; vor der Haupteiszeit wuchs ungefähr dieselbe Waldvegetation dort wie nach der Haupteiszeit.

Die Höttinger Breccie kann nicht als Beweis für die Existenz einer Interglazialzeit benutzt werden, die weisse Breccie mit ihrer pontischen Flora gilt L. als präglazial (pliocän).¹⁾

Verf. kritisiert noch die sog. Achenschwankung und das Bühlstadium, beide nach Penck postglazial, sowie die willkürliche Abtrennung von Deckenschottern und Hochterrassenschottern. „Terrestrische Anhäufungen von Flussschottern oder terrestrische Erosionen in Flusstälern vertragen der Natur der Sache nach keinen derartigen Schematismus, wie er bisher für das Eiszeitalter der Alpen und ihrer Vorländer durchgeführt werden sollte.“

Die alpinen Randseen sind aufgestaute Talwässer. Die Aufstauung erfolgte im allgemeinen dadurch, dass die betr. Talstrecken bei der Absenkung des Alpenkörpers zur jungdiluvialen Zeit ertranken, weil die Vorländer und die nächst vorliegenden Gebirge weniger tief absanken als der Alpenrand. Die Taltiefen der Alpen waren zum grossen Teil bereits vor der Eiszeit in ihren allgemeinen Formen vorhanden, das beweist die Lagerung der Moränen in den Tälern. Die Seetiefen sind ertrunkene Flusstäler, ertrunken in der jungdiluvialen (skandinavischen) Periode des Diluviums.

Ueber die Schneegrenzen sagt L.: „Den Berechnungen von Penck und Brückner wird der Boden entzogen, sobald wir während der diluvialen Zeit regionale tektonische Bewegungen der Alpen und ihrer Vorländer annehmen.“ L. nimmt an, dass die Schneegrenzen zur Haupteiszeit nur relativ tiefer lagen als jetzt, nicht absolut; als Ursache nimmt er

¹⁾ D. Aigner spricht die Höttinger Breccie für glazial an, gebildet zwischen zwei Moränen, deren Gletscher ein und derselben Eiszeit angehören, wenn sie auch nicht gleichzeitig bei Höttingen anlangten (vergl. auch Geinitz: Wesen und Ursache der Eiszeit. Archiv Nat. Meckl. 59, 1905, S. 43).

keine allgemeinen Klimaschwankungen an, sondern eine höhere Lage des Kontinentes und seiner Gebirge über dem Meeresniveau. Das Fehlen des Golfstromes, die entfernteren atlantischen Küsten, eine grössere Höhe des Kontinentes verringerten die Niederschläge; dagegen brachten die grössere Höhe des Alpenkörpers und die mächtigere Entwicklung der Schnee- und Gletschermassen eine stärkere Abkühlung der Luftschichten über dem Gebirge und dadurch stärkere Niederschläge hervor. Die grundlegenden Faktoren der Niederschlagsmengen können nicht so genau fixiert werden, um die Schneegrenzen der Eiszeit in den Alpen festzulegen.

Der Löss hängt nur indirekt mit der Vergletscherung Europas zusammen; er ist der Staub, der aus den Sanden und Schottern, welche von den Schmelzwässern der Gletscher aus den Moränenmassen ausgewaschen wurden, vom Winde ausgeblasen und auf Grassteppen ausserhalb der Gletscher abgesetzt worden ist. Die Lössgebiete dehnen sich im nördlichen Vorlande der Alpen hauptsächlich nördlich der Jungmoränenlandschaften aus, aber auf den Hochterrassen, niemals auf den Niederterrassen; er ist entstanden nach der borealen, während der atlantischen und vor der skandinavischen Periode der diluvialen Eiszeit. Zur Lösszeit herrschte in Westeuropa ein trockeneres Klima als jetzt, ein kontinentales Klima.

Während der Zeit des letzten Eisrückzuges (skandinavische Periode) konnten in Westeuropa keine Grassteppen mehr bestehen, weil das Klima ein feuchteres, ozeanisches wurde, daher kein Löss auf der Niederterrasse.

Es mag hier die Uebersicht der Perioden der diluvialen Eiszeit in Nordeuropa und den Alpenländern, ergänzt aus Lepsius, Geologie von Deutschland, II, 1910, S. 530 wiedergegeben werden:

I. Boreale Periode.

Vorrücken der nordischen Gletscher von den 4—5000 m hohen skandinavischen Hochgebirgen auf den nordeuropäischen Kontinent, der 5—600 m höher über dem Ozean stand als jetzt. Ost- und Nordsee waren Teile dieses Kontinentes, Europa durch die Atlantis mit Kanada verbunden. Nordeuropa wurde mit Eis bedeckt bis an die deutschen Mittelgebirge und bis nach Kiew.

Absatz der älteren Grundmoränen und der fluviatilen Deckenschotter; die Schmelzwässer der Gletscher und die Flüsse der deutschen Mittelgebirge flossen nach Süden ab. Die deutschen Mittelgebirge waren mit eigenen Gletschern bedeckt. —

Vorrücken der Gletscher aus den Hochalpen durch die zur pliocänen Zeit erodierten Flusstäler, und Vergletscherung der Vorländer. Die Alpen standen um etwa 13—1500 m höher ü. d. M. als jetzt, die Tiefschweiz etwa um 5—600 m, das schweizer Jura-gebirge lag relativ weniger hoch erhoben als jetzt.

In der ältesten Zeit Absatz der Deckenschotter, danach der Hochterrassenschotter. Relative Absenkung der oberrheinischen Tiefebene, in deren Folge der Rhein und seine Nebenflüsse talaufwärts ihre Täler tiefer einschnitten. Ebenso sank die Donauhochebene relativ gegen die höher aufsteigenden Alpen.

Die Decken- und Hochterrassenschotter werden von den Moränen der stärksten Vergletscherung im Alpenvorlande überdeckt.

Die Schieferkohlen von Utnach-Dürnten bildeten sich im Oszillationsgebiete des Rhein-Linthgletschers als eine intramoranale Moorablagerung.

II. Atlantische Periode.

Absenkung der Atlantis im nordatlantischen Ozean durch mehrere und durch zwei Haupt-Schollenbrüche. Rückzug der borealen Eisdecke vom Nordrande der deutschen Mittelgebirge bis auf den baltischen Höhenrücken in mehreren und in zwei Haupt-Etappen. Absatz der oberen Grundmoränen und der fluvioglazialen Sandmassen in den Gebieten, aus denen sich die nordischen Gletscher zurückzogen. Nur die höchsten Teile der deutschen Mittelgebirge trugen noch Gletscher.

Subaerische Entstehung der Dünen und der Lössformation, ebenfalls in zwei Hauptetappen.

In den Tälern der deutschen Mittelgebirge Umkehr der Flüsse nach Norden; Absatz der Hoch- und Mittelterrassenschotter.

Zuletzt Einbruch der Nordsee und Abtrennung von England und Frankreich durch den Kanal, der während der borealen Periode ein Flusstal war. —

Erste allgemeine Absenkung der Alpen. Infolgedessen erstes Zurückweichen der Gletscher aus den Vorländern.

Bildung der Lösssteppen auf den Hochebenen ausserhalb und auf den Altmoränen.

Erstes Auftreten des Menschen in Europa: paläolithische Zeit.

III. Skandinavische Periode.

Durch das tiefere Einsinken von Skandinavien und durch eine neu entstandene, auf Nordeuropa zugewendete warme Meeresströmung (Golfstrom) wird der gänzliche Rückzug der nordischen Gletscher von der baltischen Höhenlinie bis auf das norwegische Hochgebirge bewirkt.

Einbruch des Ostseegebietes: Meeresverbindung mit der Nordsee und über Finland bis zum weissen Meer.

Umdrehung des Unterlaufes der Oder- und Weichselflüsse in ihre nordöstliche und nördliche Richtung, mit Einmündung in die neue Ostsee. —

Zunächst langer Stillstand der Gletscher auf den Linien der äusseren Jungmoränen; gleichzeitige Bildung der Niederterrassenschotter.

Danach zweite grosse Absenkung von West- und Mitteleuropa. Infolgedessen erneuter Rückzug der Gletscher talaufwärts in die Alpentäler. Ertränkung der alpinen Randseen.

Zunehmende anormale Erwärmung Europas und der Mittelmeerländer durch den neu entstandenen Golfstrom.

Neolithische Menschen in Europa.

Wenn ich auch Lepsius in einigen seiner Darlegungen nicht ganz zustimmen kann, so war mir doch seine Ansicht, die eine Erweiterung meiner früher ausgesprochenen Idee von der Einheitlichkeit der Eiszeit ist¹⁾ durchaus sympathisch.

Der Fernerstehende mag allerdings aus der anschliessenden Debatte den Eindruck erhalten haben, dass die überwiegende Majorität die Auffassung von Lepsius vollständig ablehnte, doch glaube ich, dass bei einem der nächsten Kongresse der sarkastische Ausspruch Pencks, er habe selten eine Ausführung gehört, die ihn mehr von der Richtigkeit des Interglazialismus überzeugt hätte, nicht mehr allgemeine Zustimmung finden dürfte.

Besonders wichtig scheint mir das Betonen der tektonischen Bewegungen, auf deren Vorhandensein im Diluvium ja bereits von verschiedenen Seiten in neuerer Zeit hingewiesen worden ist. Die Hebungen und Senkungen haben auch in Deutschland eine bedeutende Rolle gespielt, nicht nur in Skandinavien.

Die grosse Bedeutung dieser tektonischen Bewegungen für die Eiszeit betont auch Deecke.²⁾ Er sagt dazu, es sei ganz und gar nicht nötig, allein aus dem Wechsel von Glazial und Fluvioglazial mehrere grosse Eiszeiten zu erschliessen. „Das kann durch eine einzige Eiszeit bedingt sein, falls Bodenbewegungen mitspielten.“ (p. 132.) Er betont weiter

¹⁾ s. meinen letzten Aufsatz über den Gegenstand: Zwei für die Glazialgeologie wichtige Arbeiten. Archiv. Ver. Nat. Meckl. 64, 1910. S. 1—19.

²⁾ W. Deecke: Ein Grundgesetz der Gebirgsbildung, IV, Jahrb. f. Min. 1910. I. S. 131 f.

die wesentliche Einwirkung der Senkungen auf die Terrassenbildung.

Auch Damasus Aigner hat in seiner Arbeit über das Tölzer Diluvium (referiert im Archiv 64, S. 72) die Bedeutung der Senkungen für die Bildung der Schotterterrassen betont; auch er gelangt zu ganz ähnlichen Resultaten und tritt für die Einheitlichkeit der alpinen Eiszeit ein. Um nur noch einige neuere Arbeiten zu nennen, sei hingewiesen auf die von Grupe, Siegert und Wolff, welche bezüglich der Terrassen der Weser, Leine, des Saale-Elb-systems, und des Rheins auf tektonische Bewegungen hinweisen.

An dieser Stelle sei auch auf die Arbeit von W. Ramsay: Orogenesis und Klima (Oefversigt Finska Vet-Soc. Förh. LII, Helsingfors, 1910) aufmerksam gemacht, welcher zeigt, dass die Vereisungsperioden (miotherme Perioden) mit Zeiten zusammenfallen, als die Berge und Landmassen ihre grössten Höhen erreichten, wo die Erdoberfläche in hohem Grade deformiert und uneben war, die wärmsten (pliothermen) Perioden dagegen in Zeiten, wo die Festländer fast eingeebnet waren. Die Quartärzeit und die Gegenwart gehören einer Zeit an, wo Höhen und Tiefen in hohem Grade vom mittleren Niveau abweichen. („Die interglazialen Epochen gehören auch der miothermen Periode an und sind nicht mit pliothermen Zeiten gleichzustellen.“) Ramsay zeigt, dass es das Relief der Erdoberfläche ist, welches den grossen Einfluss auf die Klimate ausübt.

v. Koenen machte auf die bedeutenden Verschiebungen der Meere zur Tertiärzeit aufmerksam; im Obermiocän traten arktische Formen auf und im Pliocän bildete sich eine scharfe Grenze zwischen arktischem Osten und tropischem Westen, die vielleicht in der Ablenkung des Golfstromes durch ein in der Atlantik vorspringendes Land ihre Ursache hat. „So ist die Eiszeit schon im oberen Pliocän eingeleitet und durch Wiedereinsetzen des Golfstroms abgeschlossen worden.“¹⁾

Krustenbewegung als primäre Ursache der Eiszeit nimmt auch Krischtafowitsch an²⁾: Nach ihm ist die Eiszeit in Europa und Nordamerika durch eine lange longitudinale Hebung der Erdkruste ver-

¹⁾ s. P. Wagner: Geographisches vom internat. Geologen-kongress, Geogr. Zeitschr. 16, S. 627.

²⁾ Sur la dern. période glac: Bull. Soc. belge, 24, 1910, 292.

ursacht, welche die warmen Aequatorialströmungen des Atlantik von dem Polarmeer abschnitt.

An der Annahme von Interglazialzeiten als einer allgemeinen Erscheinung hält Kr. allerdings fest; doch schliesst er aus der Verbreitung des Mammut und des paläolithischen Menschen, dass in dem Helvetio-Neudeckian (dessen Ablagerungen einen ununterbrochenen, 300 km breiten Saum längs der äusseren Grenze des Polono-Mecklenburgian bilden und, von ihm wieder überdeckt, auf dem sich 100 km weiter erstreckenden Saxonian lagern) das Eis nicht völlig verschwunden sei, sondern die baltischen Provinzen, Finnland und Skandinavien, eine Eisdecke getragen hätten.

Die Glazial- und Interglazialepochen entsprächen säkularen oszillatorischen Bewegungen der angenommenen Breitenbarrière, und zwar entsprächen erstere der Maximalhebung und fast völligen Schliessung des Polarmeeres, letztere den Epochen meridionaler Senkungen und zeitweiser Verbindung der Gewässer beider Ozeane.

Wenn wir sowohl präglaziale, wie glaziale Niveauschwankungen annehmen und ihnen grosse Bedeutung für das Zustandekommen und Rückgehen der Eiszeit zuschreiben, so ist andererseits hinlänglich bekannt, dass auch postglaziale bis rezente Schwankungen des Landes vorliegen. Auch hier mögen Veränderungen der Wasser- und Luftströmungen ihr Gefolge sein und ihrerseits auf das Klima der betr. Länder von Einfluss geworden sein. Dadurch erkläre ich die anormale Erwärmung, welche innerhalb der Entwicklungsreihe der postglazialen Ablagerungen Europas nachgewiesen zu sein scheint.

Ueber diese Erscheinung ist ein reiches Beobachtungsmaterial, welches freilich von den einzelnen Autoren sehr verschieden gedeutet und behandelt wird, in dem grossartigen Werke niedergelegt: Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der letzten Eiszeit (herausgegeben von dem Komitee des 11. internationalen Geologenkongresses, Stockholm, 1910). Die auf Deutschland bezüglichen Arbeiten sind im 2. Heft von Band 62 der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft zusammengestellt.

Wie jene Niveauschwankungen im Detail ihres tektonischen Bildes gestaltet waren, braucht hier nicht näher erörtert zu werden. Dass das Bild der Krustenbewegungen in Deutschland ein etwas anderes war, als in Skandinavien, ist selbstverständlich und auch bereits von mehreren Seiten betont worden, indem auf den Schollenbau des norddeutschen Flachlanduntergrundes hingewiesen wurde. Gagel sagt uns also nichts neues in seiner Polemik über die sog. Ancyclushebung und Litorinasenkung an den deutschen Ostseeküsten¹⁾, aus der er den Schluss ableitet, „dass die grossartigen Verbiegungen der skandinavischen Masse in postglazialer Zeit (höchstens in ihren letzten, minimalen Ausklängen und auch nicht überall bis an den südwestlichen Ostseerand gereicht haben und) sich hier in unregelmässige, kleine Schollenbewegungen umgesetzt haben.“

Dagegen betont auch Deecke, dass in allerjüngster postdiluvialer Zeit im norddeutschen Ost- und Nordseegebiet erhebliche Bodenveränderungen eingetreten sind (a. a. O. 130).

Gagel kommt zu dem Resultat, dass die Schollenbewegungen der Litorinasenkung an der Ost- und Nordseeküste nicht alle gleichzeitig aufgetreten sind und mehr lokale Erscheinungen gewesen seien, welche nirgends den Betrag von 20 m überschritten haben.

Diese „lokalen“ Erscheinungen sind aber merkwürdiger Weise allgemein verbreitet und erstrecken sich auf weite Entfernungen; das Beispiel des Warnowtales wurde angeführt; in Bützow, über 40 km von Warnemünde entfernt, liegt der alluviale Talboden der einmündenden Nebel im gegenwärtigen Seespiegel, also weit hinaus nach Süden muss die Höhenlage des Landes eine andere gewesen sein.

Ich brauche hier nicht auf alle Einwendungen Gagels einzugehen. Herr Gagel hat auch S. 212 meiner Arbeit über die geograph. Veränderungen des sw. Ostseegebietes (Geogr. Mitt. 1903) in der ihm geläufigen Weise gedacht. Um mir „Flüchtigkeiten²⁾ und innere Widersprüche“ nachzuweisen, reisst er zwei Sätze aus dem Zusammenhang heraus. Er hätte wohl die Worte auf S. 27 (3) beachten müssen, welche diese „inneren Widersprüche“ auflösen. Dort heisst es nämlich: „Auf der Karte sind die Ströme und Seen als wasserführend in dem ursprünglichen Mass angegeben, dabei ist aber zu beachten, dass sie wohl sehr rasch ihre Hauptmenge an Wasser verloren haben,

¹⁾ Jahrb. pr. geol. L.-A. 31, I, 225.

²⁾ Dass gerade Herrn Gagel der Druckfehlerteufel das Wort „Flüchtigkeit“ passieren lässt, klingt fast wie Ironie des Schicksals.

nachdem das Abschmelzen in den südlichen und westlichen Gebieten beendet war, und sie nur noch von den (allerdings zunächst wohl noch sehr reichlichen) Niederschlägen oder von den binnenländischen Sammelbecken gespeist wurden.“ Eine Seite vorher heisst es auch: „Die mächtigen Flüsse hatten meist nur ein kurzes Dasein“ u. s. w.

Um zu erklären, wie jene Stromtäler entstanden waren, hatte ich S. 26 (2) gesagt: „Die Ströme entsprangen den Endmoränenbogen im südlich und westlich benachbarten Endmoränenland“ u. s. w. (hiermit meinte ich, ihr Talbeginn liegt innerhalb der genannten Endmoränenbogen, in dem folgenden Satz hatte ich auch angedeutet, dass diese Täler wahrscheinlich subglazial gebildet sind.)

Ich möchte meine Stellung zu der Frage der sog. Interglazialzeiten an dem Beispiel von **Glinde und Schulau** erläutern, welches Wahnschaffe als eines der überzeugendsten Beispiele für tatsächlich interglaziale Verhältnisse angeführt hatte und auch nach Opposition durch Holst entschieden betonte.

Schröder und Stoller haben im Jahrb. der preuss. geol. L.-A. 27, S. 455—527, 1907 über „Diluviale marine und Süsswasser-Schichten bei Uetersen-Schulau“ eingehend berichtet. Nach Besichtigung der Lokalitäten habe ich dazu folgendes zu bemerken.

a) Schulau.

Der „Untere“ Geschiebemergel. Sehr richtig haben Schröder und Stoller die Grundmoräne am Schulauer Elbufer als eine Einheit aufgefasst. Während man früher wegen verschiedener Färbung und eingeschalteter Sedimente dort eine Trennung von oberer und unterer Moräne annehmen wollte, die zwei verschiedenen Vergletscherungen angehören sollten, gilt nach der heutigen Erkenntnis das Ganze als einheitlich, allerdings mit Wechsel von Kies- und Sand- (auch tonigen) Schichten. Es ist dies ja ein in Norddeutschland vielfach bekannter Fall, der uns eben zeigt, dass die Grundmoräne bei uns nicht in einem Guss abgelagert worden ist, sondern ein vielfacher, oft wohl durch Sedimentationen (sei es bei geringen Oszillationen durch fluvioglaziale Bildungen, sei es durch subglaziale Schmelzwässer) unterbrochener Absatz ist; die Steinpflaster und die sog. Fazetten-

geschiebe¹⁾, ferner auch die nicht selten zu beobachtenden Stauchungen sowohl im Geschiebemergel selbst, wie an den ihm eingelagerten Sedimenten (z. B. auch bei Schulau zu sehen), zeigen die gewissermassen schlierenförmige Auf- und Ineinanderlagerung der einander folgenden Moränenablagerungen.

Lokal mögen bisweilen grössere Sandeinlagerungen von praktischer Wichtigkeit werden, aber doch werden sie nicht als interglazial bezeichnet und man erklärt sie heute einfach als Produkte von Oszillationen und dergleichen.

Wenn also dieser Fortschritt gegenüber älteren Anschauungen als selbstverständlich angenommen wird, so ist es zu verwundern, warum man bei der obersten ebensolchen Abgliederung plötzlich Halt macht und hier die dünne Decke einer „Oberen“ Moräne als selbstständige Bildung von weittragender Bedeutung abgrenzt, wiewohl die Mächtigkeitsverhältnisse in krassem Widerspruch stehen mit den Anschauungen, die sich an das Vorhandensein einer gesonderten „Oberen“ Moräne bezüglich einer gleichwertigen zweiten Eiszeit knüpfen. Da muss eben der ganze übrige Rest einer einst mächtigen Moräne wegwaschen, das Ganze auf dies klägliche Minimum reduziert sein.

Und wenn dann selbst die Geschiebeführung im „Oberen“ und „Unteren“ keine erheblichen Differenzen zeigt, so erscheint die Frage berechtigt, warum geht man nicht in gleichem Sinne weiter und fasst auch die obere Geschiebemergel- resp. Geschiebesand-Decke und deren oberflächlichen Aufbereitungsstadien als noch zu derselben Moräne (mit ihren Sedimenteinschlüssen) zugehörig auf? Es ist eben alles „der“ eine Geschiebemergel, „die“ Moräne. Für Kartierungszwecke mag eine solche Trennung als obere Decke der Moränenbildungen bisweilen noch von Wert sein, weitgehende Schlüsse dürften aber daran nicht geknüpft werden. —

Ich glaube, dass mancher meiner Opponenten der bisherigen Darlegung gern zustimmen würde,

¹⁾ Die man gar nicht so selten findet wie es aus der neuerlichen Literatur erscheinen möchte; neulich, fand ich an der Stollera bei Punkt N eine grosse Anzahl.

wenn er nicht die gewichtige Tatsache beachten müsste, dass zwischen „oberer“ und „unterer“ Moräne fossilführende Schichten, also „interglaziale“ Schichten vorkommen.

Es ist daher notwendig, die als interglazial bezeichneten Vorkommnisse auf diese Frage hin nachzuprüfen. Dabei bin ich nun allerdings zu anderen Resultaten gelangt, als Schröder und Stoller:

Das Torflager vom Schulauer Elbufer ist nicht interglazial, sondern postglazial oder spätglazial.

Schröder und Stoller geben an, dass das Torflager zunächst von 0,6—1,5 m geschiefreiem, stellenweise horizontal humusstreifigem Spatsand bedeckt wird und dieser von der oberen Grundmoräne überlagert werde; diese ist durchschnittlich 1,5--2 m mächtig und besteht grösstenteils aus ungeschichtetem, kiesigem Geschiebesand, welcher stellenweise so viel tonige Teile enthält, dass er dort als sandiger oder kiesiger Geschiebelehm bezeichnet werden kann, z. T. enthält er schlierige, sandig-tonige Partien, „die als Resultat starker Pressung in der Grundmoräne aufzufassen sind“; hier führt er sehr viele fest gepackte kleine scharfkantige Feuersteine; es ist „nicht ein Sand mit einzelnen Blöcken und Kiesstückchen, sondern durch das schlierige Ineinandergreifen von Sand, lehmigen Kiesen und Blöcken wird durchaus der Eindruck einer allerdings nahezu tonfreien Moräne hervorgerufen“.

Das Hangendste bildet Dünensand von 1—2 m Mächtigkeit.

Ich habe nun aber nicht die Ueberzeugung gewinnen können, dass die in dem Profil, Taf. 14, mit „ δg (δm)“ bezeichnete, unter dem Flugsand und auf dem geschichteten Spatsand gelegene sandige Schicht eine Moräne oder deren Auswaschungsrest darstelle, sondern wurde vielmehr an die in Sand- resp. Kiesgruben sehr häufige Erscheinung von oberflächlicher Umlagerung der zu Tage tretenden Schichten erinnert:

Hier (in den Sandgruben) sieht man, wie von der Oberfläche her durch die Arbeit von Regen, Wind, Frost (z. T. auch stehendem Wasser), niederen Tieren und Pflanzenwurzeln der Sand seine Schichtung verloren hat, wie die Kiesschichten zu Steinlagen oder

Nestern umgewandelt sind, wie eine gewisse Menge des feineren Sandes verloren gegangen ist und dadurch bisweilen eine Anreicherung an gröberem Material entsteht, die schliesslich den Eindruck von „Deckkies“ hervorruft. (Schliesslich ist vielleicht auch bisweilen an die „Solifluktion“ Anderssons zu denken.)

Dies sind ja bekannte Dinge, an die aber erinnert werden muss. Aehnliche Profile, früher als oberdiluvialer Geschiebesand über unterem Diluvium gedeutet, erwähnt auch A. Jentzsch, allerdings in anderem Zusammenhang, als Umbildungen in Binnenseen, Z. d. g. G. 1905, -428-.

Die Hauptmasse bildet auch in Schulau Sand, dem unregelmässig oder schlierenweise verteilt gröberes Material beigemischt ist, die Färbung ist meist eine etwas intensivere gelbe als die des unteren Sandes; eine scharfe Grenze gegen den liegenden Sand ist nicht zu finden. An der Oberfläche solcher Steinester lagen auch windgeschliffene Steine, die allerdings von oben herabgerutscht sein können und nicht dem eigentlichen Lager anzugehören brauchen. Endlich die zerbrochenen Feuersteinstückchen sind auch in den erwähnten anderen Gegenden eine ganz gewöhnliche Erscheinung, sie haben mit Glazialdruck nichts zu tun, sondern sind Verwitterungs- und Frosterscheinungen.

Das Schulauer Torflager war also bedeckt von Feinsanden mit eingelagerten kiesigen und tonigen Zwischenschichten; dieses hangende Sedimentlager ist später zur Zeit der Flugsandbildungen in seinen oberen Teilen umgelagert und wahrscheinlich an Mächtigkeit reduziert worden, die subaërisch (teilweise vielleicht auch aquatisch) umgelagerten Teile dieser Sanddecke sind als Grundmoränenreste einer zweiten Eiszeit angesehen worden.

Eine andere Frage ist die, woher stammen die hangenden Sandlager? ebenso wie bei (dem schon von G. Müller als postglazial erkannten) Lauenburg, Beldorf und Klinge scheint hier über ein altes Torflager eine grössere Inundation aus näherer oder grösserer Entfernung ihre Massen ausgebreitet zu haben (s. u.).

b) Glinde.

In Glinde boten i. J. 1910 die Grube VI und weiter die Gruben I und II ausgezeichnete klare Profile.

Grube VI (Riedemann, a. a. O. S. 498, Taf. 15): Der Beschreibung habe ich wenig hinzuzufügen. Eine deutliche Moräne lagert auf dem Ton, mit seiner Torfbedeckung teils direkt und zwar auf glatt eingeebnetem Boden beim nördlichen Grubeneingang, teils (der Hauptsache nach) von dem Torflager durch geschichtete Sande getrennt. Die Moräne ist sehr sandiger Geschiebelehm, an der unteren Grenze gegen den Sand zuweilen aufgeschichtet; im Süden, wo der Torf etwas einfällt und mächtiger wird, ist auch der Sand mächtiger und der Geschiebemergel wird dünner, kiesig und blockreich.

Schröder und Stoller erwähnen die Schichtung der Sande und die stellenweise Anreicherung an dunklen Partien.

Grube I: Auch hier fand ich die Angaben bestätigt; im nördlichen Teile der Grube wird die Grundmoräne als sich auskeilend angeführt, grosse Blöcke liegen teilweise im Ton eingedrückt; die in Fig. 2 angegebene Ueberlagerung des Torfes durch Moräne war nicht zu sehen; die Grundmoräne ist meist stark kiesig. Der hangende „Dünensand“ hat z. T. eine dünne schwarzstreifige Zwischenschicht, sowie unten ein Kleinsteinpflaster.

Grube II („schon im Bereich des Pinnaualluviums“ gelegen): Nach der Schilderung a. a. O. S. 487 liegt hier von oben nach unten:

0,2—1 m Schlick,
 0,5 m alluvialer Grastorf,
 durchschnittlich 1,5 m schichtungsloser Geschiebesand,
 2,2—3,9 m geschiebefreier geschichteter Sand,
 nach Ost einfallend, unten mit Humusstreifen,
 1,7 m diluvialer Torf, z. T. durch Sand in zwei Lager geteilt,
 blauer Ton, mit zahlreichen Senken an der Oberfläche.

„Das Hangendste wird von ca. 3 m mächtigen Dünensanden gebildet.“

„Grundmoräne wurde nur einmal in lehmiger Fazies als dünne, auskeilende Lage beobachtet, sonst ist sie auf eine dünne Schicht von grösseren und kleineren Geschieben reduziert.“ Im Jahre 1910 fand sich an der Westwand der Grube ein etwas anderes

Bild als das a. a. O. S. 488 gezeichnete: Schön geschichteter Sand auf deutlich entwickeltem Steinpflaster, in dem auch geschrammte Blöcke liegen. Nach Süden dacht sich der Berg ab, das Steinpflaster fehlt, direkt auf dem Ton liegt Feinsand; dann folgt der Torf zwischen beiden. Einzelne Blöcke liegen auf dem Ton, mit Windschliffen. Bald beginnt wieder das Steinlager im Sand. Der Feinsand über dem Torf und dem Ton ist feingeschichtet und zwar folgt seine Schichtung der Kontur des Hügels mit Uebergusschichtung: es ist der mit „D“ bezeichnete Sand.

Mitten im geschichteten Feinsand liegen Driftblöcke mit Windschliffen; so lag ein grosser Block inmitten des wohlgeschichteten Feinsandes, derselbe ist durch Eisgang dahin geführt und später windgeschliffen, er ist kein Auswaschungsrest einer Moräne.

In der südöstlichen Ecke liegt 0,75 m horizontaler Feinsand mit einer Steinsohle diskordant über den genannten Feinsanden, bedeckt von 0,2 m Schlick; im Norden sieht man auf den geschichteten Sanden etwas alluvialen Torf.

Ton mit Torfdecke steigen im SO der Grube hoch an, das Einfallen der Schichten verläuft nach dem benachbarten Tal der Pinnau; daher sieht man auf der Nordseite der Grube nur Feinsand, mächtig, wohl geschichtet, ca. 20° nach N einfallend, konkordant auf seinem Liegenden.

Ganz deutlich ist in dieser Grube also zu sehen, wie die Schichten des unteren Torflagers mit ihrer mächtigen konkordanten (unten torfstreifigen) Sandauflagerung und mitsamt der geringen oberen alluvialen Torfdecke zur Talniederung der Pinnau geneigt sind, direkt mit zu der Talniederung gehören. Dabei mag beachtet werden, dass die gesamten Schichten den Eindruck einer ziemlich gleichmässigen Ablagerungsfolge machen, die von der Zeit der unteren Torfbildung bis zur Bildung der rezenten Aue wohl ununterbrochen verlaufen ist; für grössere Abtragung etwaig noch irgendwo dazwischen gewesener mächtiger Moränenbildungen ist kein Platz vorhanden.

Diese drei Aufschlüsse von Glinde genügen. Die übrigen Gruben standen unter Wasser, die Wedelsche Ziegelei wurde nur kurz besucht; in ihr fand ich

den mächtigen „unteren“ Geschiebemergel gleich dem Schulauer, an welchen von Elbtale her schräg geschichteter Sand (als Talgrand und -sand zu bezeichnen) angelagert war.

Der Ton von Glinde ist gegen 5 m mächtig und von Sand unterlagert. Er führt in seinen unteren Teilen eine z. T. reiche marine Fauna von gemässigtem Klima. Seine Unterkante liegt in dem Tiefborloch bei etwa -5 m.

Von Interesse ist eine Nebeneinanderstellung der beiden Tiefbohrungen von Glinde und Schulau:

Schulau (a. a. O. S. 522):

- 1,5 m Dammerde,
- 5,0 „ grauer sandiger Geschiebemergel,
- 6,0 „ sandiger Kies,
- 17,0 „ grauer sandiger Geschiebemergel,
- 18,5 „ kiesiger Spatsand,
- 20,0 „ grauer Geschiebemergel,
- 21,0 „ kiesiger Sand,
- 27,0 „ grauer Geschiebemergel,
- 28,0 „ sandiger Kies,
- 38,0 „ grauer Geschiebemergel,
- 95,5 „ sehr sandiger bis kiesiger Geschiebemergel,

hier, d. i. bei ca. -80 m, Miocän.

Die tiefe Lage der Tertiäroberkante zeigt auch hier wieder die voreiszeitliche höhere Lage des Geländes an. Eine nur durch 4 geringe sandige Einlagerungen unterbrochene, bis 94 m durchbohrte Moräne erläutert die Mächtigkeit, zu welcher die Moräne anschwellen kann (wenn auch vielleicht bei Schrägstellung der Bänke der wahre Wert etwas weniger beträgt). Und dieser gewaltigen Einheit soll als gleichwertig der dürftige „Geschiebesand“ über dem Torflager entsprechen!

Glinde (a. a. O. S. 506):

- 4,5 m Abraum,
- 9,8 „ Ton, unten mit Schalresten,
- 10,5 „ Quarzsand mit Muscheln,
- 19,5 „ Spatsand kalkfrei,
- 22,0 „ tonstreifiger feiner Sand, kalkfrei,
- 22,5 „ tonstreifiger feiner Sand, kalkhaltig,

- 28,5 m Bändertonmergel,
- 30,0 „ grauer Geschiebemergel,
- 38,0 „ nordische Sande mit aufgearbeitetem
Tertiärmaterial,
- 40,5 „ nordischer Kies,
- 47,5 „ nordische Sande mit viel Tertiär-
material,
- 48,0 „ (?) grauer Geschiebemergel,
von da ab, d. i. bei ca. —43 m Miocän.

Abgesehen von einer 0,5 m dicken fraglichen Bank von Geschiebemergel auf dem Miocän haben wir hier im wesentlichen diluviale Sedimente vor uns: 17,5 m nordische Kiese, z. T. reich an einheimischem Material, bedeckt von 1,5 m Geschiebemergel¹⁾, der nach oben in 18 m Bänderton, Schluffsand und Spatsand hinführt, in der oberen Hälfte schon entkalkt; darüber folgen die muschelführenden Sande und Tone.

Man hat hier wahrscheinlich eine altglaziale Erosionsrinne, deren Ausfüllung durch verschieden wechselnde Gewässer erfolgte, mit einer geringfügigen Zwischenschiebung von (?) Moränenmaterial oder Steinton, dem wieder mit wachsender Fliessgeschwindigkeit der Absatz von Bänderton und Sand folgt, bis in der alten Senke infolge Senkung des Landes Gelegenheit zum Absatz eines spätglazialen marinen Tones gegeben wird, nach dessen Trockenlegung (bei geringfügiger Hebung) allmählich sich die Torflager entwickeln, die ihrerseits wieder von Sanden und Gletschervorstossmaterial teilweise überschüttet werden, bis dann endlich nochmals Torf und Schlick in jenen immer noch in ihrer Anlage massgebend erhaltenen Senkungen abgelagert wurde.

Da das Tertiär erst bei —43 m kommt, so liegt hier wieder eines der nunmehr fast unzähligen Beispiele vor, die zeigen, dass der vorquartäre Boden

¹⁾ Uebrigens braucht eine solche dünne Geschiebemergelbank innerhalb von Sedimenten gar nicht immer als direkter Moränenabsatz gedeutet zu werden. Ich habe schon mehrfach darauf aufmerksam gemacht, dass solche Lager sehr wohl als „steingemischter Ton“ im Sinne Leiviskäs, oder Absatz von Schlammeswasser gebildet sein können (s. Mitteil. Meckl. geol. L.-A. XX. S. 18).

höher als jetzt gelegen haben muss und dass Senkungen des Landes während oder nach Absatz des Diluviums stattgefunden haben.

Die Gliner Aufschlüsse zeigen also in verschiedenartiger Ausbildung eine meist sandige Moräne, resp. Moräne mit unterlagerndem Sand- oder Steinpflaster mit Sanden (geschichtet und ungeschichtet) über einem Torf- und Tonlager, und auch der Ton führt in seinen unteren Teilen, ebenso wie sein liegender Sand, Fossilien und zwar marine Konchylien gemässigten Klimacharakters, und die Bohrung hat darunter fluvioglaziale Sande und Tone und eine kleine Bank von (?) Geschiebemergel gefunden: „Die fossilführenden Schichten sind also „intramoränal“; „Die einwandfreie Basis für die Annahme zweier Vergletscherungen und einer sie trennenden Interglazialzeit ist damit vorhanden“ (a. a. O. S. 526). Und doch ist meiner Ansicht nach dieser Schluss nicht berechtigt:

„Zur Zeit der Entstehung der Torflager von Glinde hat in jenem Gebiet ein relativ feuchtes, gemässigt bis kalt gemässigt Klima geherrscht.“

Der Torf ist zwar autochthoner Gras- resp. Sumpftorf, aber er enthält auch zahlreiche aus der Nähe verschwemmte Holzsplitter (Häckseltorf) oder wirr-gelagerte Baumstammbruchstücke und wird in den oberen Teilen oft eine reine Schwemmbildung; der hangende Sand ist vielfach reich an Torfresten, welche die schwarzstreifigen oder dunkelgefärbten Partien bilden.

Die schwächliche oder überhaupt nicht vorhandene Moräne, ihre „Reste“, den sog. Geschiebesand und die Blöcke oder Steinlagen, als Repräsentant einer neuen grossen selbständigen Eiszeit zu betrachten, wäre doch in Wirklichkeit nichts anderes, als einer Theorie zuliebe den Tatsachen und den übrigen Ueberlegungen Zwang anzutun.¹⁾

¹⁾ Vergl. 19. Beitrag z. Geol. Meckl.: Archiv 60, 1906, S. 29. Auf eine ausführliche Erwiderung auf die Gegenbemerkung von Schröder und Stoller a. a. O., S. 524/5 verzichte ich.

Viel anspruchsloser und dabei wahrscheinlicher, auch durch beobachtete Verhältnisse unterstützt, ist die Erklärung, dass es sich hier um lokale Vorstöße von Gletscher - Wasser und -Eis handelt, welche jene post- oder spätglazialen Torflager in kurzer Zeit mit jenen geringen sandigen Moränen, mächtigeren Sanden und einzelnen Blöcken bedecken liess.

Man lese die Arbeit von R. Tarr: Some phenomena of the Glacier Margins in the Yakutat Bay Region, Zeitschr. f. Gletscherkunde III, die im vorigen Archiv 64, referiert ist.¹⁾

Der Malaspinagletscher, war lange Jahre unbeweglich, längs seiner Stirn und auf dem Gletscher-
rande selbst hatte sich eine üppige Waldvegetation entwickelt; eine plötzliche Bewegung der Eismassen verursachte ein Ueberwältigen des Waldes durch Moräne, Steinblöcke und Schlammwässer, alluviale Aufschüttungen auf dem torfigen Waldboden. Tarr bemerkt: „Nach dieser Methode (begrabene Torflager als Anzeichen von interglazialen Perioden zu deuten) würde ein späterer Beobachter diese Episode im Leben des Malaspinagletschers als Beweis von zwei Glazialepochen mit einer eingeschalteten Periode interglazialer Bedingungen deuten, während in Wirklichkeit die ganze Folge der Ereignisse nur etwa innerhalb eines Jahrhunderts stattgefunden hat“; es „ist Vorsicht nötig in der Verwertung von Torf, Wald und Bodenzonen als Grundlage für Folgerung auf Glazialepochen und Wechselbeziehung weit getrennter Moränengebiete“.

Meine Auffassung der Glander Verhältnisse ist also folgende:

In spätglazialer Zeit, als jene Gegend im allgemeinen eisfrei war, entwickelten sich dort auf den spätglazialen Tonlagern, welche zu der weiten Niederung der heutigen Pinnau gehören resp. dahinweisen, (unter dem hierfür günstigen Klima) die beschriebenen Torfmoore; diese wurden bei Gelegenheit von Gletscherausbrüchen von dem in östlicher

¹⁾ S. auch Geinitz: Revolutionäre Anschauungen über die Eiszeit, „Aus der Natur“, Berlin, VI, 1910, S. 218.

(nordöstlicher) Gegend noch stagnierenden Eisrand¹⁾ mit Sanden (torfstreifig!) und auch geringem Moränenmaterial überschüttet, ohne dass die wesentlichen orographischen Verhältnisse dadurch geändert wurden.²⁾

Aehnlich mag es bei den Torflagern von Wedel gewesen sein. In gleicher Weise ist die Ueberschüttung der „interglazialen“ Torflager von Lauenburg, Beldorf, Klinge u. a. zu erklären (s. o. Schulau).

Im Pinnautal sehen wir eine Wiederholung der Vorgänge in ein und demselben Tal: Sand, mariner Ton und Torf („interglazial“), darüber Sand mit teilweisem Moränenvorstoss, und alluvialen Torf und Schlick. Die angenommene grosse folgende „letzte Eiszeit“ hat die Spuren nicht verwischt; viel einleuchtender ist es, die gesamten Ablagerungen als eine ununterbrochene Folge an den Schluss der dortigen Vereisungszeit zu verlegen.

Vielleicht würde sich mancher mit dieser Erklärung befreunden, wenn er hierbei nur die stratigraphischen Verhältnisse zu berücksichtigen brauchte, insbesondere wenn er sich daran erinnert, dass auch in der eigentlichen „Haupt“-Eiszeit natürlich ähnliche Gletscherausbrüche und Oszillationen in reichem Masse stattgefunden haben, dass wir Beispiele kennen, wie aus der Hauptendmoräne sich auf kurze Zeit (vielleicht nur jahresweise) Gletscherzungen herausgestreckt haben, deren Geschiebemergel mitten im Sandrgebiet liegt³⁾. Aber „dass diese Fauna und Flora direkt am Eisrande gediehen sei, wird doch wohl niemand annehmen wollen, ebenso erscheint es uns auch unmöglich, dass sie in einem Gebiet heimisch waren, das ständig von Oszillationen des Inlandeises bedroht wurde,“ schreiben Schröder und Stoller.

¹⁾ Ob das Haupteis damals bereits an der nahen baltischen Hauptendmoräne stationär war, oder ob es etwas weiter ausserhalb stand, ist gleichgiltig und vorläufig nicht zu ermitteln.

²⁾ Ob der bei Heist, Holm usw. als „Oberer“ kartierte Geschiebemergel wirklich der „jüngeren Vereisung“ angehört, und nicht vielleicht mit dem sog. Unteren von Schulau zu parallelisieren ist, also älter ist als die Torflager, ist nach dem oben gesagten unsicher.

³⁾ Vergl. z. B. diese Erscheinung bei Panschenhagen-Grabowhöfe, beschrieben in Geinitz, Endmoränen Meckl., Mitteil. IV Meckl. Geol. L.-A., S. 11, 1894.

Aber an diesen Gedanken wird man sich nun doch gewöhnen müssen, und das Dogma aufgeben von dem kalten Allgemeinklima der Eiszeit (Eiszeiten) und warmen Klima der Interglazialzeit (-zeiten), welches ein- oder sogar mehrmal die Gletschermassen zum völligen Rückzug nach den skandinavischen resp. alpinen Höhen gezwungen haben soll.¹⁾

Brockmann-Jerosch hat in seiner interessanten Arbeit über die fossilen Pflanzenreste des glazialen Deltas bei Kaltbrunn²⁾; welche ich ebenfalls im letzten Archiv (64, 1910, S. 1) referiert habe, nachzuweisen versucht, dass die Annahme, es haben während der Eiszeit tiefe Temperaturen geherrscht, unrichtig ist, dass die Eiszeiten, wie auch die Interglazialzeiten (von der Risseiszeit an) ein ausgesprochen ozeanisches Klima besessen haben, dass Anzeichen dafür fehlen, dass jene Zeit jemals in Mitteleuropa durch eine Periode mit kontinentalem Klima unterbrochen war.

Die Eiszeiten sind in allererster Linie durch Erhöhung der Niederschläge in fester Form hervorgerufen, während der ganzen Dauer einer Vergletscherung war die durchschnittliche Temperatur der heutigen sehr ähnlich. „Der Annahme einer grösseren Einheitlichkeit als sie bisher meist angenommen wurde, steht nichts im Wege, sie wird sogar direkt sehr wahrscheinlich.“

Die sog. Dryasflora entspricht nicht einem Zeitabschnitt, sondern einer Zone, in den Alpenvorländern schmal, in Norddeutschland breiter, dem rückweichenden Eise unmittelbar folgend und oft von

¹⁾ Eine sehr schöne präzise Zusammenfassung dieser bisher allgemein geltenden Anschauung und deren Begründung gibt A. Penck in seinem Vortrag „Die Entwicklung Europas seit der Tertiärzeit“, Resultats scient. du Congrès internat. de Botanique, Wien 1905. Jena 1906, mit Karte.

Manchen erscheint diese Auffassung, dass während der Interglazialzeiten das Eis völlig zurückgegangen sei (z. T. sogar noch weiter als heute) bereits so unwahrscheinlich und durch keinerlei Beobachtungen unterstützt, dass sie ihre Anforderung etwas zurückstellen und (unter Annahme einer geringeren Dicke des „letzten“ Landeises) sagen, es habe sich nur etwa bis zur Mitte der heutigen Ostsee zurückgezogen, habe sich auch wegen seiner geringeren Dicke rascher, d. h. nur innerhalb weniger Jahrhunderte vor und dann wieder rückwärts bewegen können (Frech 1910 s. u.).

²⁾ In Jahrb. d. St. Gall. Natw. Ges. für 1909.

den gleichzeitig wachsenden wärmebedürftigeren Pflanzen begleitet oder wenigstens unmittelbar gefolgt. Die Vegetationsbedingungen mussten in kurzer Distanz vom Gletscher derart sein, dass die heutige Waldflora die nötigen Wärmebedingungen fand; allerdings konnten die vom Inlandeis veranlassten starken Winde, sowie häufige Schlamm- und Sandausbrüche aus dem Eisrande vielfach einer anspruchsvolleren Laubvegetation verderblich sein.

Auch bezüglich der Säugetierfauna kommt Brockmann zu gleichen Resultaten. „Die nordischen Tiere verdanken ebenso wie die Dryasflora ihre Existenz der Eisnähe, während die Waldtiere und sehr wahrscheinlich auch die grossen ausgestorbenen Säuger in dem nahen, reichen ozeanischen Laubwald ihren Lebensunterhalt suchten.“

Brockmann bestätigt somit meine Ansicht¹⁾, dass zu Beginn und z. T. auch noch während der Eiszeit nicht kälteres Klima geherrscht habe, sondern etwa das heutige. Uebrigens brauchen wir uns vorläufig gar nicht auf die Frage des Klimas während der Gesamtglazialzeit festzulegen, es mögen während des Maximums infolge der Spezialerscheinungen kältere Zeiten zustande gekommen sein; es handelt sich im wesentlichen nur um die Klimabedingungen des letzten Abschnittes der Eiszeit (der spätglazialen Periode), aus der uns die häufigen Gletscher- und Schmelzwasservorstösse mit ihrem Gefolge erhalten sind, also der „atlantischen Periode“ von Lepsius. Für diese nimmt auch Lepsius ein ozeanisches Klima an. Es war die Zeit, als das Eis sich zurückzog, das Land befreit wurde und in der die zahlreichen Vorstösse des Eises oder seiner Schmelz- und Eisschlammwässer erfolgten.

Neuerlich hat auch F. Frech²⁾ auseinandergesetzt, dass „das Klima der Eiszeit im Westen und Süden von Mitteleuropa ein ozeanisches gewesen sein muss, ähnlich wie heute in Patagonien, Alaska, Neuseeland usw.“ und dass die letzte Interglazialzeit wie

¹⁾ Wesen und Ursache der Eiszeit, 1905, S. 4.

²⁾ Ueber die Mächtigkeit des europäischen Inlandeises und das Klima der Interglazialzeiten. Stockholm 1910.

die Eiszeiten selbst ein ozeanisches Klima besessen habe.¹⁾

Frech betont wie Brockmann, dass „paläontologische Tatsachen nur mit grösster Vorsicht für direkte klimatologische Rückschlüsse verwendbar“ sind; die Entwicklung und Verbreitung der Landsäugetiere sei von grösster Bedeutung.

„Für die Einheitlichkeit der Wärme spricht das allmähliche Aussterben der Formen eines wärmeren Klimas im Altquartär Europas, das Fehlen irgendwelcher 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 Nashorn, 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.“ Das Vorkommen arktischer Typen deutet auf kaltes Klima hin²⁾; denn nach der Eiszeit, d. h. bei dem Eintritt wärmeren Klimas, erlöschen gerade diese Kälteformen am schnellsten; sie sind

¹⁾ Die „Interglazial“pflanzen sind nicht Wärme liebende, sondern ozeanische Arten.

Der Löss ist nicht interglazial, sondern glazial und postglazial: „Der Fluss schuf damals mit seinen unregelmässigen Schmelzwässern 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 konnte, als Löss an. Demnach entspricht keiner der der Rückzugsperiode der Gletscher angehörenden Lössen einem trockenwarmen Klima, alle entstanden vielmehr durch mechanische, nicht aber durch „klimatische Kräfte“ (a. a. O. S. 18). Skandinavien blieb immer vom Eise bedeckt, das Eis zog sich nur bis zur mittleren Ostsee zurück; auch im Süden (z. B. Schlesien) fehlt die jüngere Vereisung und ist nur eine Vereisung nachzuweisen, es war also in Schlesien (wo das Landeis nur eine Mächtigkeit von ca. 200 m hatte) während des sog. Interglazials 2 und des Glazials 3 bereits das Eis endgiltig verschwunden; daher kann die Entwicklung des Interglazials 2 und des oberen Geschiebemergels (Glazial 3) in Brandenburg und Pommern zeitlich keine grosse Bedeutung besessen haben.“

²⁾ Nach Brockmann waren die nordischen Tiere an den Eisrand gebunden, würden also nicht für ein allgemein kaltes Klima beweisend sein.

also der Wärme gegenüber weniger widerstandsfähig als die Tiere des gemässigten Klimas im umgekehrten Falle.“

II.

Es knüpft sich an die oben besprochenen Fragen eine Fülle von anderweitigen an, die hier nicht alle erörtert werden können. Nur einige Andeutungen mögen erlaubt sein, hauptsächlich etwaige Einwendungen gegen unsere Ansicht betreffend.

Man sagt, die eiszeitlichen Erscheinungen waren so allgemein über die Erde verbreitet, um die nördliche Hälfte, wie in den Südpolargegenden, dass man dafür doch wohl allgemeine, kosmische Ursachen annehmen müsse. Wenn wir lernen, dass ebenso in Nordamerika gewaltige tektonische Bewegungen vor und zur Eiszeit stattgefunden haben, die wir wohl als gleichzeitig mit den europäischen ansetzen dürfen, so darf man vielleicht diese Erdrindenbewegungen auch noch weiter ausgedehnt denken und in den südlichen Teilen der Erde ähnliche Krustenbewegungen nachweisen. Die durch die Bewegungen im Norden verursachten Störungen der Luft- und Wasserströmungen würden aber vielleicht auch genügen, um für die übrige Erde die abnormen Niederschlagsverhältnisse einer Eiszeit zu bedingen. (Vergl. übrigens auch W. Ramsay, a. a. O. S. 36.)

Die Ansicht gewinnt mehr und mehr Verbreitung, dass die von Penck und Brückner mit so grossem Fleiss und Scharfsinn auf physiogeographischer Basis konstruierten Schneegrenzen doch nicht so absolut sichere Unterlagen für die daraus gezogenen weitgehenden Schlüsse geben können (s. auch Lepsius, S. 118 und Brockmann, S. 86). —

Wenn man die speziellen floristischen und faunistischen Spezialuntersuchungen von „Interglazialfunden“ verfolgt, so findet man häufig eine Aufeinanderfolge, die eine Aenderung des Klimas innerhalb der Ablagerung anzugeben scheint, sei es von kalt zu warm, sei es umgekehrt. Solche Befunde werden verallgemeinert zugunsten der Er-

fordernisse der Interglazialzeit. Vielfach aber treten Widersprüche mit dem Schema auf, die man dann damit zu erklären sucht, dass gewisse Schichten entweder nicht abgelagert oder durch Denudation verschwunden sein müssen. Zu einem gleichmässigen Bild lassen sich die Einzelpunkte meist nicht vereinigen. Sehr häufig erschweren auch Lagerungsstörungen die Uebersicht. Am besten lassen sich solche Widersprüche lösen durch die Annahme, dass es sich eben um getrennte, lokal eventuell ganz verschieden beeinflusste Vorkommnisse handelt. An der einen Stelle kann eine kältere oder wärmere Wasser- oder Luftströmung scheinbare Gegensätze geschaffen haben, während an anderen normalere Bedingungen herrschten. Biologische Erwägungen ermöglichen recht wohl die Annahme des Zusammenlebens (Zusammengedrängtseins) kalter und gemässigter Tiere und Pflanzen und bei den marinen Ablagerungen spielten sicher die Strömungen eine grosse Rolle.

Wir werden wohl dahin kommen, zahlreiche der sogenannten Interglazialablagerungen als spätglazial zu betrachten; der Anfang ist schon mit der Parallellisierung des Cyprinentons mit dem Eemien gemacht. Vergl. auch die Schilderung des Ristinge Klint von Andersson (Quartär Nordeuropas, S. 214.)

Vielfach ist die einzige Stütze für Annahme interglazialen Alters die Angabe, dass der deckende Sand übergeht in Geschiebesand oder als solcher zu betrachten ist, und dass letzterer weiterhin, aber eben nicht auf den in Frage kommenden Schichten selbst, auf welche es gerade ankommt, in „echte Grundmoräne“ übergeht. Dies spricht für die Gleichzeitigkeit der Bildungen.

Von Interesse ist auch die häufig wiederkehrende Bemerkung bei solchen an Talungen gebundenen Ablagerungen, dass die spätglazialen Schmelzwässer vorgebildete alte Wasserwege wieder benutzt haben. —

Ein Hauptargument für die Annahme kälteren Klimas zur Eiszeit ist, dass man die Randregionen des diluvialen Eises nur mit den Polareisgebieten vergleichen dürfe: dort sind dieselben überall von einem breiten Gürtel vegetationsarmen Bodens umrandet; die in Waldgebiete hineinreichenden Gletscher von Alaska und Neuseeland werden als Ausnahmefälle

angesehen. Die abschmelzende Eisdecke habe einen bedeutenden Einfluss auf das Klima der benachbarten Gebiete ausgeübt. „Es muss daher während der Eiszeit in dem südwärts an den Eisrand grenzenden Streifen Europas ein rauhes („periglaziales“) Klima geherrscht haben, etwa wie es Geikie oder Weber voraussetzen.“

Nach unserer Auffassung aber schwand dieser Saum sehr rasch mit dem rückweichenden Eise, so dass ihm unmittelbar die herrschende Waldflora folgen, z. T. sogar ihn ersetzen konnte. Die Pflanzenfunde — in diesem Lichte betrachtet — sprechen mehr für unsere Annahme, als für die andere.

Es wird diese Annahme (dass es sich um Analogien mit Alaska und Neuseeland handelt) leichter, wenn wir bedenken, dass unser und das nordamerikanische „Landeis“ aus einzelnen Loben zusammengesetzt war, die sich allerdings ebenso wie die alpinen Gletscher im Maximum der Vereisung flächenhaft vereinigt haben, aber im Anfang und am Schluss der Eiszeit, als das Eis weniger mächtig war, sicher nicht selten eisfreies Land (driftless areas) in wechselnder Form zwischen sich liessen.

(In Nordamerika ging die Vereisung von drei Zentren aus, das Labrador-, Keewatiu- und Cordilleren-Eis schob seine verschiedenen Zungen mit verschiedenen Zeitintervallen vor, dadurch entstanden teilweise Uebereinanderlagerung von Moränen, Bedeckung von Moräne über verwitterten Böden oder pflanzenführenden Schichten.) —

Eine Einwendung könnte man vielleicht gegen die oben betonte Hypothese häufiger Gletscher- ausbrüche anführen: In Schweden, wo sogar das Jahresrückschreiten des Eises an den zahlreichen kleinen Endmoränen mit den Jahresschichten des Bändertones (Eismeertones) so ausföhrlich verfolgt wird, müsste man doch auch sehr häufig derartige Lokalvorstösse beobachtet haben, welche die Sedimente wieder mit Moräne überschüttet hätten. Abgesehen davon, dass dies gar nicht ausgeschlossen ist, muss noch darauf hingewiesen werden, dass dort die Verhältnisse insofern andere sind, als der Eisrand im Wasser stand, wodurch die Spuren etwaiger Vorstösse gemildert oder verwischt werden mussten. —

Die Annahme von zeitweise vorhandenen eisfreien Gebieten kann auch, — abgesehen von Stellen, die nur als Lokalerscheinung aufgefasst zu werden brauchen (s. Tornquist, N. Jahrb. f. Min. 1910, I, S. 46 und Lepsius, Geol. Deutschl. II, S. 506)¹⁾ — dazu dienen, um die vielfach betonten Vorkommnisse von kalkfreien oder verwitterten Moränen und Glazial-sedimente, die „interglazialen Verwitterungs-zonen“, zu erklären.

Das tiefgründig verwitterte Diluvium, das z. T. unter frischem Diluvium liegt, soll nach Gagel²⁾ durch einen früheren, sehr viel längeren und intensiveren Verwitterungsvorgang in einer Interglazialzeit entstanden sein. —

Für jeden objektiven Beobachter muss die grosse Unsicherheit auffällig sein, die in den Angaben bezüglich der südlichen Ausdehnung der letzten Vereisung, sei es ihrer Grundmoräne, des „Oberen“ Geschiebemergels, sei es ihrer Endmoränen, herrscht. Man vergleiche z. B. die vier neuesten Karten: Penck, Uebersichtskarte der eiszeitlichen Gletscher in Europa, Congr. intern. Bot. 1905, Jena 1906, Keilhack, Endmoränen und Urstromtäler Norddeutschlands, Jahrb. pr. G. L-A, 30, I, 1909, Habenicht, Spuren der Eiszeiten in Norddeutschland, Geogr. Anzeiger, 10, 1910, und F. Leverett, Comparison of North American and European glacial deposits, Zeitschr. f. Gletscherkunde, IV, 1910, Taf. III: Wenn man hier die Endmoränen von Nord nach Süd verfolgend vergleicht, sieht man wie die Auffassung der einzelnen Züge ganz verschieden ist; eine Karte zeichnet Züge noch als zur letzten Vereisung gehörig,

¹⁾ Ein Beispiel, wie sog. Interglazialprofile gedeutet werden können, bot sich mir kürzlich in der Stadt Ludwigslust. In dem dortigen Talsandgebiet finden sich auf engem Raum zusammengedrängt recht verschiedene Profile mit Entkalkungserscheinungen im Sand. Abgesehen von der oberflächlichen Entkalkung und Gelbfärbung der Heidesande und Deckkiese finden sich dort kalkarme, grauschwarze oder auch lehmgelbe Sande zwischen kalkhaltigen Sanden oder unter Geschiebemergel.

Es handelt sich dort um tiefgreifende, vielleicht auch durch seitliche Grundwasserströmung unterstützte, postglaziale Verwitterung innerhalb der an Tertiärmaterial angereicherten „Lokalsande“.

²⁾ Gagel, Z. d. g. Ges. 1910, -321- und Tornau, Jahrb. pr. geol. L-A. 31, S. 312, 1910.

welche von der anderen als „der grossen, vorletzten“ zugerechnet werden. Nur die äussersten gelten als die nicht zur letzten zu rechnenden, weil sie stärker verwittert sind und z. T. von Löss bedeckt sind. Und doch fällt jedem Beschauer der gleichförmige Verlauf aller Endmoränen auf: in Pencks Karte ist sehr klar dargestellt der völlige Parallelismus des baltischen Endmoränenzuges mit dem jüngeren skandinavischen Rückzugsstadium; das Gebiet der grössten Verbreitung zeigt neben dem allgemeinen Parallelismus die bekannten (hier nicht in Betracht kommenden) lobenförmigen Ausläufer. Unwillkürlich drängt sich als der nächstliegende Gedanke die Vorstellung auf, dass alle jene Endmoränenzüge nur die Rückzugsstadien einer einmaligen Eisbedeckung darstellen, (analog dem Verhältnis der alpinen Alt- und Jungmoränen), von denen selbstverständlich die älteren der länger andauernden Verwitterung und Zerstörung mehr preisgegeben waren als die jüngeren.

Mit den Nachweisen des „Oberen“ Geschiebemergels in den südlicheren Gebieten steht es fast noch schlimmer. Das Beispiel Emmerleff-Sylt¹⁾ ist eines der vielen, wo man auf Grund petrographischer Differenzen das Alter der Moräne festlegt.

Auch die grosse Unsicherheit in den Versuchen, die Interglazialvorkommnisse in die erste oder zweite Interglazialzeit unterzubringen, die wiederholten Schwankungen der Ansichten hierüber, die zahllosen Fragezeichen in den betr. Tabellen, müssen uns stutzig machen.

Übrigens wird anerkannt, dass es untunlich ist, die Pencksche Gliederung ohne weiteres auf Norddeutschland zu übertragen (Gagel, Jb. L.-A. 30, 1, p. 237). Auch das Leverettsche Schema erweist sich bei näherer Betrachtung seiner Ausführungen als recht unsicher basiert.

Lepsius schreibt in seiner Geologie von Deutschland II, S. 507:

„Die Flachlands-Geologen sind schliesslich in so viele Widersprüche mit sich selbst geraten über die Altersbeziehungen der verschiedenen Geschiebemergel

¹⁾ Gagel, Jahrb. pr. G. L.-A. 28, 581, 1907; Z. d. g. G. 1910, -326-. Lepsius, Geol. Deutschl. II, 505.

im norddeutschen Tieflande oder ihren drei oder vier Glazial- und Interglazialzeiten, dass sie die einheitliche Auffassung der nordischen Vergletscherung von E. Geinitz und von den schwedischen Geologen (Torell, Holst, Holmström, Moberg u. a.) eigentlich als eine Erlösung aus einer unmöglichen Position freudig ergreifen und nun ihrerseits durch ihre genauen und sorgfältigen Studien im norddeutschen Flachlande weiter befestigen sollten, statt sich gegen dieselbe immer noch mit Hand und Fuss zu sträuben.“ —

Eine Schwierigkeit muss erwähnt werden betr. der Annahme einer präglazialen Landerhebung: Es ist dies das Vorkommen von marinen Fossilien in Ost- und Westpreussen (auch Posen).¹⁾ Ihre sekundäre Lagerstätte erschwert noch mehr die Erkenntnis der Tatsachen. Mögen sie präglazial sein — wenn nicht z. T. spätglazial — so fragt es sich, wie war es möglich, dass diese (häufig mit Landbildungen verknüpften) teils arktischen, teils gemässigten marinen Bildungen zustande kamen? standen sie nach West oder nach Ost mit dem Ozean in Verbindung? waren es Meeresarme und -buchten?

Hier sind noch manche Beobachtungen erforderlich, bis man sich ein klares Bild von den Verhältnissen machen kann.

Jedenfalls waren es keine tiefen Meeresteile, wie schon aus der engen Verknüpfung der Lager mit Süsswasserablagerungen hervorgeht.

Im Westen (Holstein) waren etwas andere Verhältnisse als im Osten und Norden (Preussen und Skandinavien).

Das nahe Beisammenvorkommen von arktischer und gemässiger mariner Fauna lässt viel eher auf lokale Verhältnisse, wie Meeresströmungen, als auf allgemeine Klimaveränderungen schliessen, so dass eine gemischte Fauna oder die in derselben Gegend vorkommenden beiden, noch nach ihrer Fauna getrennt gehaltenen Vorkommnisse gleichaltrig (eventuell mit geringen Zeildifferenzen) sein werden.

Die *Yoldia* dürfte aus dem Eismeer herbeigeführt sein, die gemässigten Formen aus dem atlantischen Meer. —

Zum Schluss sei auch der vielbesprochenen Frage der Glazialerosion gedacht. Dass der Gletscher im Stande sein soll, wie ein Fluss Täler zu erodieren, glaube ich nicht, vielmehr neige ich

¹⁾ s. die Kartenskizze von Tornquist, N. Jahrb. f. Min. 1910. I. S. 39.

mich zu der Ansicht A. Heims, dass man die Leistung des Gletschers überschätzt.

Die kolossalen Massen Glazialschuttes, die von Skandinavien herübergefrachtet sind, erweisen aber einen riesigen Betrag der Abtragung der dortigen Gebirge, die ja zu grossem Teil die auflagernden Schichten auch bis auf die uralte Peneplain weggeführt haben soll. Unsere Geschiebe sind zum weitaus grössten Teil unverwittert; eine säkulare Verwitterung des früheren skandinavischen Bodens ist danach ausgeschlossen, wenigstens nicht in hervorragendem Masse heranzuziehen.

Eine mechanische Zertrümmerung der skandinavischen Gebirgsarten hat also stattgefunden¹⁾. Zu ihrer Entstehung können wir auf den von Salomon betonten Spaltenfrost hinweisen (den er neuerlich für den Untergrund der Gletscher zu erweitern suchte). Ich möchte dabei noch auf die von Lozinski betonten mechanischen Verwitterungserscheinungen in periglazialen Gebieten verweisen²⁾. Lozinski macht darauf aufmerksam, dass in den periglazialen Gebieten der Spaltenfrost in höchstem Grade wirksam war und wie heute in den Polarländern, so damals eine tiefgehende mechanische Zertrümmerung der Gesteine herbeiführen konnte. Solche rezente mechanische Zertrümmerung hat kürzlich B. Högbom sehr schön von Spitzbergen³⁾ demonstriert.

Ein vorzügliches Beispiel der gewaltigen Wirkungen der Frostsprengung haben wir im Fichtelgebirge, wo die Blockmeere der Granite mit ihren inselförmig stehen gebliebenen Bergresten diese Wirkung aufs schönste illustriert; auf der „Platte“

¹⁾ Wenn man unter den Hunderten von frischen Geschieben vereinzelte verwitterte findet, so darf man annehmen, dass diese wohl meistens bereits in verwittertem Zustande zu uns gekommen sind und nicht erst in unserem Boden zerfallen sind.

²⁾ W. v. Lozinski: Ueber die mechanische Verwitterung der Sandsteine im gemässigten Klima. Krakau, Bull. Acad. Sc. 1909 und Referat von P. Wagner, a. a. O., S. 628.

³⁾ B. Högbom: Einige Illustrationen zu den geologischen Wirkungen des Frostes auf Spitzbergen. Bull. Geol. Inst. Upsala, IX, S. 41. 1910. Wir finden hier treffliche Beispiele von Spaltenfrostwirkung und von beginnender Karbildung illustriert. (Das Vorkommen von Karen in einem Gebirge darf daher nicht als alleiniger Beweis für eine Vergletscherung desselben angeführt werden.)

sehen wir geradezu, wie die plattig abgesonderten und von Quersprüngen durchsetzten Granitmassen flach abgestürzt sind und fast durch Aufrichten der ganzen Schuttmasse wieder in ihre ursprüngliche Lage gebracht werden könnten. Eine Verfrachtung der Blöcke hat dort nicht oder nur in geringem Masse stattgefunden. Wir können wohl sicher die Bildung jener Blockmassen in jene niederschlagsreichere Diluvialzeit verlegen, als bei höherer Lage des Landes die Berge in dem Bereich des stärkeren Gebirgsfrostes waren.

So werden denn auch die skandinavischen Berge in der präglazialen Zeit ihrer Hebung in den Bereich des Spaltenfrostes gelangt sein, wodurch dann die Lieferung der Blockmassen ermöglicht war.

Hierdurch erklärt sich wohl auch die meist kantengerundete Form unserer Granit- und Gneissfindlinge.¹⁾

Auch die Högbomsche Beobachtung,²⁾ dass der weichere Silurkalk der Glazialertrümmerung oft mehr Widerstand geleistet hat, als das härtere Urgestein, spricht ja für die Annahme des kräftigen Agens: Spaltenfrost und „Ausräumung“.³⁾

Uebrigens muss zugegeben werden, dass wenn man die kolossale Ausräumung Skandinaviens bedenkt, dies der Annahme einer wiederholten solchen

¹⁾ Dabei möchte ich auf eine Tatsache aufmerksam machen, die wahrscheinlich mit in der stärkeren Kleinzerklüftung des Gesteins ihren Grund hat; nämlich dass die Findlinge von Graniten oder Gneissen meist eine viel bedeutendere Grösse haben, als die der Grünsteine und Porphyre. Dass wir bisweilen auch riesige plattige Silurkalke finden, ist bei deren plattiger Schichtung leicht verständlich und es ist auch leicht zu verstehen, wie bisweilen grosse, schollenartige Silurkalke herübergebracht sind, die an Ort und Stelle dann zerfallen und eine auffällige Anreicherung der Gegend an Silurgeschieben veranlasst haben.

²⁾ Geol. Fören. Förh. 1899, 189.

³⁾ Nur zum Teil hat mit dieser Frage der Transport grosser Schollen durch das Eis etwas zu tun. Es handelt sich hier meist um einheimische, bisweilen auch baltische Gesteinsmassen, die vom Untergrund der Nähe losgerissen sind, ein weiter Transport ist meist nicht erfolgt.

Indes mahnt auch Deecke vor einer Ueberschätzung der sog. aufpflügenden und stauchenden Wirkung des Inlandeises (a. a. O. 133).

Arbeitsleistung in mehreren Eiszeiten angepasst werden könnte. Aber die Studien über die skandinavischen Leitgeschiebe¹⁾ haben keine Unterbrechung in der Vereisung nachweisen können, vielmehr einen allmählichen Uebergang innerhalb der Bewegungsrichtungen des Eises.

¹⁾ s. Milthers: Scand. Indicator Boulders. Danm. geol. Unders. II, 23, 1909.

Rostock, im November 1910.

Inhalt.

	Seite
Zur Frage der Interglazialzeiten	1
Lepsius, Ueber die Einheit und Ursachen der Eiszeit	1
Lepsius, Uebersicht der Perioden der Eiszeit	5
Bedeutung der tektonischen Bewegungen	7
Niveauschwankungen der Litorinazeit	9
Schulau	11
Glinde	14
Tarr, Malaspinagletscher	20
Brockmann-Jerosch, Ozeanisches Klima der Eiszeit ..	22
Frech, Klima der Interglazialzeiten	23
Allgemeine Verbreitung des Glazialphänomens	25
Schneegrenzen	25
Flora und Fauna der Interglazialbildungen	25
Randregionen, eisfreies Land, driftless areas	26
Gletscherausbrüche	27
Interglaziale Verwitterungszonen	28
Au-dehnung der letzten Vereisung	28
Marines Präglazial in Preussen	30
Glazialerosion, Spaltenfrost, Ausräumung Skandinaviens	30