

5. Ueber die glacialen Bildungen der nord-europäischen Ebene.

VON HERRN AMUND HELLAND in Christiania.

Die Geologen, welche im norddeutschen Flachlande arbeiten, befinden sich in Bezug auf die glacialen Bildungen in einer ungünstigen Lage, insofern die erratischen Blöcke, Sande und Lehme im Diluvium zum grössten Theil aus fernen, nördlichen, von Deutschland durch das Meer geschiedenen Ländern stammen. Die älteren Formationen, über welchen die glacialen Bildungen liegen, gehen nur selten zu Tage aus und bestehen dabei meist aus lockeren tertiären Ablagerungen, in denen Spuren von Gletscherwirkung leicht verwischt werden. Die Geologen in England, Bayern, Norditalien und der Schweiz sind in dieser Beziehung weit günstiger situirt. Schon von einigen der Moränen vor den italienischen Seen kann man im Hintergrunde die Alpen, die das Material zu den glacialen Bildungen geliefert haben, sehen, und es ist hier mit keinen grossen Schwierigkeiten verbunden, sowohl die Berge mit den Gletscherschliffen, Roches moutonnées u. s. w., als auch die Moränen und die Ebene, wo die glacialen Massen zur Ablagerung gelangt sind, kennen zu lernen. Auch in Grossbritannien kann man die Ausdehnung der alten Gletscher im Lande selbst studiren. Im norddeutschen Flachlande dagegen hat man es vor Allem mit dem Ablagerungsgebiete des glacialen Materiales zu thun, dessen Heimath und Erosionsgebiet bekanntlich in nördlichen Ländern, in Schweden, Norwegen, Finnland und in der Ostsee liegt.

Diese geographischen Verhältnisse üben einen grossen Einfluss auf die theoretischen Ansichten der Geologen der verschiedenen Länder aus. Die norddeutschen Geologen, die eine gewisse gesetzmässige Ordnung in den glacialen Bildungen erkannt haben, sind sehr geneigt, im Diluvium auf dieselbe Weise wie in den gewöhnlichen älteren Formationen zu arbeiten, indem sie das Diluvium nach den sehr spärlichen organischen Resten genau zu gliedern versuchen. Wir aus dem Norden kommenden Geologen hingegen finden in Deutschland nordische Gesteine als Geschiebe mit Gletscherschliffen wieder, sehen viele Bildungen, die bei uns als unverkennbare Zeichen

alter Gletscher gelten, und wenden deshalb im deutschen Diluvium die gewöhnliche Observationsmethode für Gletscherbildungen an.

Hoffentlich ist aber die Zeit nicht fern, wo man sich im Grossen und Ganzen einer wünschenswerthen Uebereinstimmung über diese Frage erfreuen wird. Beobachtungen, welche die Geologen in Sachsen vor Kurzem gemacht haben, bestätigen nämlich auf das Schönste die Richtigkeit der von Herrn TORELL vertretenen Ansicht über eine allgemeine Gletscherbedeckung der norddeutschen Ebene. Es sind nämlich zuerst von Herrn CREDNER bei Klein-Steinberg in Sachsen, dann ferner von Herrn PENCK am Dewitzer Berg bei Taucha Gletscherschliffe auf anstehendem Gesteine nachgewiesen worden. Herr CREDNER hat diese Schliffe genau beschrieben, und ich verweise hier auf seine Darstellung. Ich will nur erwähnen, dass die Schliffe auf beiden Stellen von NW. gegen SO. streichen, dass die Entfernung beider Stellen ungefähr 16 Kilometer ist, dass Klein-Steinberg gerade südöstlich von den Schliffen beim Dewitzer Berg liegt, so dass eine Linie zwischen beiden Stellen zugleich die Richtung der Schliffe ist. Am Dewitzer Berg beobachtet man ausser zahlreichen parallelen Furchen und Streifen auf festem Quarzporphyr zugleich Roches moutonnées, deren Stosseiten gegen NW. liegen. Die Schliffe sind von einem Geschiebelehm, der abgeräumt wird, bedeckt gewesen, und dieser Lehm enthält zahlreiche nordische Geschiebe, die auch mit Gletscherschliffen versehen sind.

Es ist eine durch vielfache Beobachtungen gewonnene und wissenschaftlich nachgewiesene Erfahrung, die sich gewiss kein mit Gletschern vertrauter Geolog durch irgend welche theoretischen Betrachtungen nehmen lassen wird, dass solche Schliffe und Schrammen, wie die oben aus Sachsen erwähnten in Verbindung mit Roches moutonnées von Gletschern herrühren, so dass man überall, wo diese Erscheinungen beobachtet werden, den Schluss ziehen darf, dass die betreffende Gegend von Gletschern bedeckt gewesen ist. Wenn man dabei an die von SEFSTRÖM¹⁾ erwähnten und später von TORELL wieder nach-

¹⁾ Undersökning af de räfflor, hvor af Skandnaviens berg äro med bestämd rikning färade. Die Schliffe von Rüdersdorf sind im Anhang zu dieser Abhandlung erwähnt. Vetensk. Acad. Hand. für 1836. SEFSTRÖM bemerkt ferner, dass er bei Pirna auf einem harten Sandstein Schliffe beobachtet hat, doch fügt er hinzu, dass, da diese Schliffe für nicht geübte Augen nicht verständlich seien, er auf dieselben kein Gewicht legen wolle. Ferner berichtet er, dass die Basaltkuppe Winterberg, südöstlich von Schandau, ca. 1820 Pariser Fuss hoch „von der Geschiebefluth stark angegriffen und unterschritten war.“ Auf diese Bemerkungen SEFSTRÖM's darf sich die Aufmerksamkeit der sächsischen Geologen hinlenken, umsomehr, als die genannten Stellen eben an der Grenze des Verbreitungsbezirks der nordischen Geschiebe liegen.

gewiesenen Schliche bei Rüdersdorf erinnert, so ist durch diese Beobachtungen ein fester Standpunkt für die Erklärung des Diluviums gewonnen. Dass die Gletscher, welche diese Schliche in Deutschland hinterlassen haben, aus Norden herkamen, geht daraus hervor, dass über den Schlicfen sowohl bei Klein-Steinberg und am Dewitzer Berg, als bei Rüdersdorf ein Geschiebelehm mit zahlreichen nordischen, geschliffenen Geschieben liegt; dieser Geschiebelehm hat die normale Zusammensetzung einer Moräne; die Blöcke sind von sehr verschiedener petrographischer Zusammensetzung, liegen kreuz und quer, ohne alle Ordnung, und ohne dass eine Scheidung nach Grösse oder specifischem Gewicht stattgefunden hat; es ist keine Schichtung wahrnehmbar, die Blöcke sind geschliffen u. s. w., kurz, wir haben es auf beiden Stellen mit einer Grundmoräne zu thun, die auf dem geschliffenen Untergrunde liegt.

Bekanntlich haben die Schweizer Geologen die Verbreitung ihrer erratischen Blöcke und der Gletscherschliche genau verfolgt und sind durch ihre Beobachtungen dazu gelangt, dass sie die Ausdehnung, die Mächtigkeit u. s. w. ihrer alten Gletscher genau angeben können. Uns bleibt noch die zwar schwierigere, aber dankbare und interessante Aufgabe, die Bewegungsrichtungen, Verbreitung und die Mächtigkeit der Eismassen, die unsere Länder bedeckt haben, zu studiren.

Es handelt sich also darum, die Grenzen der aus Norwegen, Schweden und Finnland kommenden Eismassen anzugeben, die Spuren der alten Gletscherbedeckung zu beschreiben, die Mächtigkeit derselben auf der norddeutschen Ebene zu messen, die Bewegungsrichtungen der Eisströme zu constatiren, die Frage zu beantworten, ob diese Eisströme einmal oder mehrmals die nordeuropäische Ebene invadirt haben; es muss ferner untersucht werden, welchen Einfluss diese Eismassen auf den Untergrund ausgeübt haben, als sie die Configuration der Länder wesentlich verändert haben, und zu diesem Zwecke muss man es versuchen, sich einen Begriff von der Quantität der transportirten Gesteinsmassen zu bilden.

Da die Geschiebelehme in Holland, Dänemark und Norddeutschland die Zusammensetzung der Moränen haben, so fallen die Grenzen der Geschiebelehme mit den Grenzen der alten Eisströme zusammen.

Es wird bisweilen angegeben, dass die nordischen Geschiebe bis nach Calais gekommen sind. In Frankreich sind aber keine von Norden her stammenden Geschiebe nachgewiesen worden, so dass kein Grund vorliegt, die Grenze so weit gegen Westen zu ziehen. Auch von belgischen Geologen ist kein Vorkommen von nordischen Geschieben in Belgien constatirt. In Holland dagegen kommen solche bekanntlich massenhaft vor.

Der südlichste Punkt, wo nordische Geschiebe in Holland gefunden sind, ist nach Mittheilung des Herrn WINKLER in Harlem bei Oudenbosch in Nord-Brabant, in der Nähe von Breda. Nordische Geschiebe kommen also vereinzelt südlich von den Rheinmündungen vor; in der Regel findet man jedoch dieselben jenseits des Rheines nicht. Bei Wageningen am Rhein kommen auch nordische Geschiebe vor; sandiger Lehm, Sand und Kies mit nordischen Blöcken wechsellagern hier, doch wurden an dieser Stelle keine geschliffenen Geschiebe beobachtet. Der südlichste Punkt, wo ich in dem an Aufschlüssen armen Holland Bildungen von echt glacialelem Habitus beobachtet habe, ist bei Maaren, östlich von Utrecht. Hier kommen zahlreiche grosse, nordische Geschiebe vor: Granit (46 pCt.), Gneiss (23 pCt.), rother Sandstein (17 pCt.), Conglomerate (6 pCt.), Hornblendeschiefer (2 pCt.), Glimmerschiefer (2 pCt.), Thonschiefer (2 pCt.), rother Quarzit (1 pCt.), Serpentin (1 pCt.). Diese Blöcke sind häufig mit Gletscherschliffen versehen und erreichen eine Grösse von 1 Kub.-M.; die Ecken und Kanten sind, wie es fast immer an geschliffenen Geschieben der Fall ist, abgerundet, ohne dass die Geschiebe die Form von Geröllen bekommen haben. Das Profil zeigt, wie die Geschiebe kreuz und quer übereinander liegen, indem sie eine 1 M. mächtige Bank bilden, welche von einem bis 11 M. mächtigen Sande bedeckt wird. Dies Profil wird hier erwähnt, um das Vorkommen von geschliffenen Gesteinen in Holland bis in die Nähe des Rheines zu constatiren. Geschliffene Blöcke habe ich in Holland ferner auf der Insel Urk und bei Gröningen im Geschiebelehm beobachtet.

Ehe wir die Südgrenzen der Geschiebe von Holland aus weiter gegen Osten zu verfolgen suchen, muss hier das Vorkommen von nordischen, speciell norwegischen Geschieben in England in der Nähe von Hull erwähnt werden. Ein Theil von England und zwar die Landschaft Holderness gehört nämlich zum Verbreitungsbezirk der nordischen Geschiebe. Das Land an der Küste von Holderness in Yorkshire ist flach wie Holland, endigt aber gegen das Meer mit einem steilen Abfall, „the Cliff“, und hier wird auf eine lange Strecke hin ein natürliches Profil sichtbar. Der Cliff zeigt einen Lehm mit Geschieben, einen normalen Geschiebelehm (boulder-clay). Derselbe wird fortwährend durch das Meer zerstört, indem die Wellen während der Fluth den Fuss des Cliffes direct bespülen, während zur Ebbezeit ein Strand mit Geröllen, die aus dem Geschiebelehm ausgewaschen sind, trocken gelegt wird. Das Auswaschen des Lehmes und der Nachsturz des Cliffes schreitet rasch fort; es wird angegeben, dass hier auf der 36 engl. Meilen langen Küste jährlich 10 Fuss vom Meere zerstört werden; andere geben $2\frac{1}{2}$ Yard an. Man hat die

Quantität des zerstörten Landes zu 4 Millionen Tons berechnet. Die Folge dieser Verheerungen des Meeres ist, dass man hier von ganzen Dörfern und alten Kirchen erzählen hört, die früher da standen, wo das Meer jetzt wogt. Das Profil, welches jetzt an der Küste entblösst ist, lag also noch in historischer Zeit im inneren Lande.

Die Geschiebe, die im Lehme des Clifffes stecken, stammen theils aus Grossbritannien, theils aus Norwegen. Von britischen Gesteinen findet man Kreide, Feuersteine, Kalksteine, Sandsteine, Steinkohlen u. s. w.; Gletscherschliffe sind häufig; man findet z. B. Steinkohlen, die mit dem schönsten Gletscherschliffe versehen sind. Die Geschiebe sind am häufigsten von der Grösse einer Faust bis zu der eines Kopfes, doch kommen sie auch bis 1 Kubikm. Grösse vor. Ausser diesen einheimischen Gesteinen, die aus England oder Schottland stammen, kommen, wie erwähnt, norwegische Geschiebe vor. Diese letzteren machen jedoch nur wenige Procente der Gesamtmenge aus. Es kommen Granite vor; Gneisse sind nicht häufig, ferner Gabbro, Serpentin, Syenit und Porphy. Von zweien dieser Gesteine kann ich den norwegischen Ursprungsort genau angeben. Es ist der allgemein bekannte Zirkonsyenit von der Umgebung von Fredrikswärn und Laurwig und das als Rhombenporphyr bekannte Gestein, welche beide erratisch an der Küste von Holderness vorkommen.

Um die Identität dieser erratischen Blöcke mit den Gesteinen im Mutterlande zu constatiren, habe ich Handstücke makro- und mikroskopisch verglichen. Der Syenit von Fredrikswärn enthält bekanntlich einen Orthoklas, der sich durch Labradorisirung auszeichnet. Dieselbe Farbenwandlung findet man in den erratischen Syenitgeschieben wieder. In Dünnschliffen von letzteren und von dem norwegischen Gestein findet man überhaupt dieselben Mineralien mit demselben Habitus wieder. Die Hornblende z. B. gruppirt sich genau auf dieselbe Art um das Titaneisen; der Apatit tritt im Geschiebe wie im norwegischen Gestein auf gleiche Weise auf u. s. w.; kurz man findet auch mikroskopisch dieselben Eigenschaften wieder. Von den Dünnschliffen, die ich untersucht habe, sind es vor Allem die von Svenör in der Nähe von Fredrikswärn, die sich nicht von den Geschieben unterscheiden lassen. Weiter wies Herr DES CLOIZEAUX nach, dass der Orthoklas im Syenit von diesen Geschieben genau die optischen Eigenschaften wie derjenige des norwegischen Syenits hat. Was von diesem Syenit gilt, wiederholt sich auch bei dem Rhombenporphyr; auch an diesen Geschieben findet man mikroskopisch die Eigenschaften des norwegischen Gesteines wieder, wie dieselben von TÖRNEBOHM beschrieben worden sind. Ausser diesen bei-

den Gesteinen kommt auch erratisch in Holderness ein Granit vor, welcher makroskopisch mit dem in der Umgebung von Christiania auftretenden jüngeren Granit übereinstimmt. Mikroskopisch habe ich aber die Granite von beiden Fundorten noch nicht verglichen.

Ich fand die Syenitgeschiebe zwischen Withernsea und Hornsea, sowie bei Hornsea an der Küste von Holderness. Auch der Rhombenporphyr kommt bei Hornsea vor. Die vollständige Verbreitung der norwegischen Geschiebe in England kann ich aber leider nicht genau angeben. Nördlich kommen sie wenigstens bis Cornelian Bay nördlich von Scarborough in Yorkshire vor, denn in einer Geschiebesammlung in Lille, welche Herr BARROIS dort gesammelt hatte, sah ich den Rhombenporphyr wieder.

Die beiden mehrfach genannten Gesteine kommen, wie später erwähnt werden wird, auf der Westseite des Christianiafjordes vor, stammen also von dem südöstlichen Theil, nicht aber vom westlichen Norwegen her. Sie kommen, wie oben gezeigt, gemeinschaftlich mit britischen Gesteinen im Geschiebelehm vor. Bekanntlich hatte während der Eiszeit Schottland nebst dem nördlichen England ein Centrum der Gletscherbewegung. A. GEIKIE und B. N. PEACH beobachteten, dass die Gletscherschliffe an der Nordostküste von Schottland in Caithness aus dem Meere herauskommen und gegen das Land streichen. JAMES CROLE erklärte diese Erscheinung durch die Annahme, dass die aus Norwegen kommenden Eismassen, welche in der seichten Nordsee nicht in Eisberge zerfallen könnten, die Bewegungsrichtung der schottischen Eisströme beeinflusst hätten.¹⁾ Durch das Vorkommen von norwegischen Geschieben mit britischen im englischen Geschiebelehm wird dieser Gedanke noch wahrscheinlicher.²⁾ Die Eisdecke in England

¹⁾ The boulder-clay of Caithness a product of land-ice. Geol. Mag. VII. 1870.

²⁾ Es ist ein gewöhnliches Irrthum, dass ein in's Meer ausgehender Gletscher stets in Eisberge zerfallen müsste. Ob dies der Fall ist, hängt von der Mächtigkeit des Gletschers und der Tiefe des Meeres ab. Nach meinen in Grönland am Gletschereis angestellten Untersuchungen liegt von einem Eisberg $\frac{6}{7}$ unter dem Meere und $\frac{1}{7}$ über demselben. Dass nicht noch mehr unter dem Meere liegt, kommt daher, dass das Eis in den Eisbergen fast immer voll Luftblasen ist. Wenn ein Gletscherstrom von z. B. 700 Meter Mächtigkeit in's Meer hinausgeht, da wird die Kalbung oder die Bildung der Eisberge erst bei einer Tiefe von 600 Meter stattfinden können, ja Beobachtungen in Grönland zeigen sogar, dass ein Gletscher auf eine lange Strecke hin schwimmen kann, ohne in Eisberge zu zerfallen. Da die Nordsee un-tief ist, so konnten die Gletscherströme aus Norwegen, die sehr mächtig waren, da nicht kalben, sondern setzten als eine feste Decke fort. Unter solchen Umständen erleichtert sogar das Meer den Fortschritt

scheint die Themse nicht passirt zu haben, denn fremde Geschiebe aus England kommen südlich von diesem Flusse nicht vor. Wenn die aus unseren Ländern kommende Eisdecke mit der schottischen und englischen zusammenhing, dann kann aller Wahrscheinlichkeit nach die Grenze derselben von den Mündungen des Rheines bis an die Mündung der Themse gezogen werden.

Nachdem es so nachgewiesen ist, dass ein Theil von England zum Verbreitungsbezirk der nordischen Geschiebe gehört, wollen wir die Grenzen der Geschiebe in dem continentalen Europa weiter verfolgen. Wie wir sahen, ist auf einer Strecke in Holland der Rhein ungefähr die Grenze. Nach dem, was von verschiedenen Forschern mitgetheilt worden ist, repräsentirt eine Linie zwischen folgenden Stellen ungefähr die Grenze weiter gegen Osten: Jevenaar in Holland, Rheinberg, Essén, Dortmund, Unna, Werl, Soest, Paderborn; von da nördlich über Lemgo, Bodenwerden, südlich bis vor Hildesheim; dann den Harzrand entlang über Harzburg gegen Blankenburg; dann endlich am Südostrande des Harzes, westlich von Harzgerode, östlich vor Stolberg; dann macht die Linie eine grosse Biegung über Nordhausen, Mühlhausen, Langensalza, Erfurt bis nach Saalfeld, Gera, südlich von Zwickau, über Chemnitz, Pirna, Schlukenau, Warnsdorf, weiter bis nach Reichenberg in Böhmen, am Riesengebirge und an den Sudeten entlang bis Teschen in Schlesien, dann über Lublin in Polen hinaus; weiter in Russland kommen nordische Blöcke bis nach Kiew vor, der weiteren Grenze gehören Woronesch, Nischnei-Nowgorod an; die Geschiebe kommen noch weiter nördlich im Ural nicht vor, nähern sich aber diesem Gebirge; als Grenze der Geschiebe wird im nördlichen Russland die Tscheskaja Bucht angegeben. Wenn man es versucht, nach diesen Grenzen den Flächeninhalt der innerhalb dieser Linie liegenden Landesstrecken zu berechnen, dann ergiebt sich, dass dieses Areal in Holland, Dänemark und Deutschland zu 400,000 Quadr.-Kilom. veranschlagt werden kann; dazu kommen in Polen und Russland ohne Finnland ungefähr 1,700,000 Quadr.-Kilom.

Dass diese enorme Verbreitung von Geschieben von einer festen Eisdecke herrührt, geht aus vielen Erscheinungen hervor. Die Gletscherschliffe auf festem Gestein in Deutschland sind schon oben erwähnt. Wenn die Geschiebe mit Gletscherschliffen versehen sind, dann ist dies ein Beweis, dass sich

des Gletschers, indem ein Theil der Eismasse von dem Wasser getragen wird, so dass der Druck auf dem Boden geringer wird. Dieses Verhältniss darf bei der Betrachtung der Erscheinungen, um welche es sich hier handelt, nicht vergessen werden.

dieselben unter dem Gletscher oder vor dem Gletscher gefunden haben. Die zahlreichen geschliffenen nordischen Geschiebe liegen, wie erwähnt, meist in einem Geschiebelehm, der eine alte Grundmoräne repräsentirt. Wenn diese Grundmoräne unter einem Gletscher in Norddeutschland gebildet ist, dann kann man mit Recht auch verlangen, dass auch einheimische deutsche ebenso, wie die nordischen und baltischen Geschiebe geschliffen sind. Was die baltischen Geschiebe betrifft, so sind sowohl von Herrn CREDNER als von mir in Sachsen geschliffene Feuersteine nachgewiesen worden, obgleich die Feuersteine nicht zu den Gesteinen gehören, die leicht geschliffen werden. Herr SKERTCHLY, der mir in Suffolk einen grossen geschliffenen Block von Feuerstein zeigte, erzählte mir, dass Gletscherschliffe auf Feuersteinen im Allgemeinen, selbst in den aus Kreideschichten bestehenden Gegenden, gar nicht häufig wären. Geschliffene baltische Geschiebe in Sachsen beweisen, dass die grosse nordische Eisdecke sich über die baltische Kreideformation bewegt hat, ein Beweis, der insofern vielleicht als überflüssig betrachtet werden könnte, als die schönsten Gletscherschliffe auf festem Gestein schon längst in Dänemark bekannt sind.

Aber auch einheimische, deutsche, geschliffene Geschiebe können, wo es überhaupt festes Gestein giebt, gar nicht mehr als Seltenheiten betrachtet werden, und die einheimischen geschliffenen Geschiebe sind fast ein eben so gutes Zeugniß von ehemaliger Gletscherbedeckung, wie die Schliffe auf festem Gestein.

So kommen bei Teutschenthal bei Halle geschliffene Muschelkalke vor; solche hatte ich nicht nur selbst dort gesehen, sondern auch Herr v. FRITSCHE theilte mir mit, dass er dieselben öfters bei Halle beobachtet habe. Auch bei Rüdersdorf fand ich geschliffene Muschelkalke im Geschiebelehm. In grosser Menge und mit den schönsten Schliffen versehen wurden aber bei Mischütz in Sachsen einheimische geschliffene Geschiebe von den Herren CREDNER, DATHE und von mir beobachtet. Die geschliffenen Gesteine waren Grauwackenschiefer, Fruchtschiefer u. s. w., Gesteine, die nördlich vom Fundorte anstehen.

Die theoretische Bedeutung von einheimischen geschliffenen Geschieben ist klar. Da die Gletscherbewegung die einzige bekannte Naturkraft ist, durch welche solche Schliffe erzeugt werden, so beweisen diese Schliffe die frühere Existenz eines Gletschers in jenen Gegenden. Die aus deutschem Boden stammenden geschliffenen Geschiebe verdienen daher grössere Aufmerksamkeit als denselben bisher gewidmet wurde.

Nicht weniger interessant als die einheimischen geschliffenen Geschiebe scheint mir in dieser Verbindung das geo-

logische Auftreten des Geschiebelehmes zu sein. Der Geschiebelehm tritt nämlich bisweilen gangförmig auf, ein Vorkommen, das sich als Gletscherbildung nur schwer erklären lässt. Zuerst muss hier auf gewisse Erscheinungen in dem englischen „boulder-clay“ und im dänischen „Rullestensler“ (Gletscherbildungen, die mit dem Geschiebelehm identisch sind) aufmerksam gemacht werden.

Bei Thetford in Suffolk in England zeigte mir mein Freund SKERTCHLY folgendes Profil (von oben nach unten):

1. Geschiebelehm.
2. Kreide (3 Fuss mächtig).
3. Geschiebelehm (2 Fuss mächtig).
4. Kreide (4 Fuss mächtig).
5. Geschiebelehm (1½ Fuss mächtig).
6. Kreide.

Der Geschiebelehm, welcher zwischen den Kreideschichten 4 und 6 lag, keilte sich bald aus. Die englischen Geologen erklären, und gewiss mit Recht, dies Profil folgendermaassen: Der Geschiebelehm ist die Grundmoräne. Durch den Druck des Gletschers wurde die Grundmoräne zwischen die Kreideschichten hineingepresst, und auf diese Weise bekommt er das Aussehen, als ob er ein Lager zwischen den Kreideschichten bilde, wie es obiges Profil anscheinend zeigt. Es ist eben eine beginnende Zerstörung der Kreideschichten durch Gletschererosion. Schreitet nun diese Zerstörung weiter fort, so werden die Kreideschichten durch das Hineinpressen der Grundmoräne und den Druck des Gletschers in grosse Kreideschollen zerbrochen, und zuletzt hat man grosse Kreidefragmente in den glacialen Bildungen, so wie es zahlreiche Profile von Suffolk zeigen. Am grossartigsten kann man diese Zerstörung der Kreideschichten und das Hineinpressen des Geschiebelehms in dem schönen Profile von „Möens Klint“ in Dänemark beobachten. PUGGAARD ¹⁾ hat dies Profil und die Biegungen der Kreideschichten genau beschrieben und wies nach, dass der Geschiebelehm auch diese Biegungen mitmache. JOHNSTRUP zeigte, dass diese Biegungen der Kreideschichten und des Geschiebelehmes von Gletschern herrühren. ²⁾ Am Profile von Möens Klint beobachtete ich einen Geschiebelehm, der auf eine Strecke von 100 M. und mit einer Mächtigkeit von ungefähr 3 M. zwischen die Kreideschichten hineingepresst war, bis dieser Gang von Geschiebelehm sich am Ende auskeilte. Auf einer anderen Stelle an Möens Klint sieht man an der

¹⁾ Geologie der Insel Möen. Leipzig 1852.

²⁾ Om Hævnings fænomenerne paa Möens Klint. Skand. Naturf. 1873.

40 M. hohen Wand eine stockförmige Masse von Geschiebelehm quer durch die Kreideschichten setzen, sich fingerförmig in der Kreide auskeilend. FORCHHAMMER, der sich zuerst mit dem dänischen Geschiebelehm beschäftigte, nahm für denselben eine eruptive Bildung an; erst wenn man solche Profile, wie das hier erwähnte, gesehen hat, versteht man, wie er auf solche Gedanken kommen konnte. Wie JOHNSTRUP beschrieben hat, sind die Kreideschichten auf Moën gebogen, überkippt und durch die Pressung und den Druck des Gletscherstromes zum Theil in grosse Schollen zerfallen. Bei der Biegung und dem Zusammenschieben bedeckten natürlich die Kreideschichten eine kleinere Fläche als ursprünglich, und in die auf diese Weise gebildeten Zwischenräume sind Geschiebelehm und glaciale Thone und Sande hineingequollen und hineingepresst.

Solche gangförmigen Einpressungen von Geschiebelehm in Verbindung mit gestauchtem Untergrunde scheinen auch in Deutschland keine Seltenheiten zu sein, wenn auch nicht so schön auf längere Strecken entblösst, wie auf Möens Klint. Aehnliche Störungen und Stauchungen im Diluvialkies und im Bänderthon unter dem Geschiebelehm sind von Herrn CREDNER und mir vielfach in Sachsen beobachtet worden. Sehr interessant sind ähnliche Erscheinungen in den Braunkohlenflötzen bei Teutschenthal bei Halle, wo diese Flötze mit dem Geschiebelehm in Berührung kommen. Herr v. FRITSCH in Halle war so freundlich, mir dieselben zu zeigen. Man baut hier ein bis 10 M. mächtiges Braunkohlenflötz ab; über diesem Flötz liegt tertiärer Sand. Die tertiären Ablagerungen werden von den glacialen Bildungen bedeckt, nämlich von Kies und Bänderthon, über welchen Geschiebelehm mit Diluvialkies folgt. Alle diese Bildungen liegen aber nicht regelmässig über einander, sondern man kann folgende Erscheinungen beobachten:

1. Der Geschiebelehm setzt gangförmig und sackförmig in die Braunkohlenflötze hinein.

2. Die Kohlenflötze sind zum Theil, wo dieselben mit dem Geschiebelehm in Berührung kommen, gebogen.

3. Auch die Kohlen selbst sind bisweilen gangförmig in den Geschiebelehm gepresst.

4. Grosse losgerissene Schollen von dem tertiären Sande sind in den Geschiebelehm hineingekommen und treten gewissermaassen wie erratische Blöcke im Geschiebelehm auf; bisweilen setzen kleine Trümmer des Geschiebelehmes in diese Schollen hinein.

5. Auch der Diluvialkies ist bisweilen gangförmig in die Flötze hineingepresst.

6. Grosse Strecken des Kohlenflötzes sind in die diluvialen Bildungen gelangt und zum Theil im Diluvium abgebaut worden.

Bekanntlich liegen in Norddeutschland an mehreren Stellen grosse Kreideschollen im Diluvium; diese Schollen, die bisweilen von ausserordentlicher Grösse sind, wurden ehemals sogar für anstehendes Gestein gehalten, bis man sich überzeugt hatte, dass die angeblichen Kreideschichten das Diluvium überlagerten. Beispiele von solchen Kreideflötzen im Diluvium sind zwei Schollen im östlichen Holstein im Pariner Berg, mit einer Mächtigkeit von 12 Fuss (BRUHNS); die Schollen in Mecklenburg, z. B. bei Malchin, wo das Kreidelager im Diluvium 35 Fuss mächtig ist (BOLL) u. s. w. Oben ist beschrieben, wie in England und an Möens Klint durch Gletscherdruck die Kreideschichten gebogen und zerstört, wie der Geschiebelehm oder die Grundmoräne zwischen Kreideschichten hineindringt, — diese Beobachtungen erklären das Vorkommen von grossen Kreideschollen im Diluvium. Die Grundmoräne ist durch den Druck des Gletschers zwischen die Kreideschichten hineingepresst; danach sind die Kreideschichten losgerissen, durch die Bewegung des Gletschers mitgeschleppt worden und auf diese Art in's Diluvium gekommen. Auf ähnliche Weise wird das Vorkommen von Braunkohlenflötzen im Diluvium bei Teutschenthal zu erklären sein.

Während man im oberen Theile der Braunkohlenflöze und in den glacialen Bildungen bei Teutschenthal die erwähnten Störungen beobachten kann, lagern die unteren Theile der Flöze, die nicht von dem Gletscherdruck beeinflusst wurden, mit grosser Regelmässigkeit und ungestört.

Bei Rüdersdorf, eben dort, wo die Gletscherschliffe auf dem Muschelkalk auftreten, kann man, wie es von Herrn BERENDT und mir beobachtet wurde, ähnliche Erscheinungen wie am Möens Klint, aber in weit kleinerem Maassstabe beobachten. Bei Rüdersdorf wird, je nachdem der Abbau des Muschelkalkes fortschreitet, der bedeckende Geschiebelehm nebst den obersten Muschelkalkschichten abgeräumt. In der im Abräumen begriffenen Wand war ein Theil des Geschiebelehmes zwischen die Muschelkalkschichten gangförmig bis zu einer Tiefe von 1 bis 2 M. hineingepresst. Dabei waren die obersten Schichten gebogen und geknickt und zum Theil in plattenförmige Stücke zerbrochen. Der Muschelkalk, der härter und fester als die Kreideschichten ist, hat augenscheinlich einen grösseren Widerstand gegen den Druck und gegen das Hineinpressen des Geschiebelehmes geleistet; denn während die Kreideschichten an Möens Klint bis zu einer Tiefe von Hunderten von Fuss gebogen sind, und während der Geschiebelehm hier 100 und mehr Meter in die Kreideschichten hineingepresst wird, so gehen die Biegungen und Knickungen bei Rüdersdorf nur bis zu einer Tiefe von 1 bis 2 M., und der

Geschiebelehm dringt nur auf kurze Strecken in den Muschelkalk hinein. Ich kenne wenige Stellen, wo man einen in Bildung begriffenen oder richtiger einen eben in seiner Bildung unterbrochenen Geschiebelehm besser beobachten kann als hier. Die oberen Kalkschichten sind, wie erwähnt, gebogen, und zu gleicher Zeit grösstentheils zerbrochen; durch die Biegungen waren Zwischenräume gebildet, indem die gebogenen Kalkschichten, nachdem sie gebogen und geknickt wurden, eine kleinere Oberfläche bedeckten, und in die auf diese Weise entstandenen Zwischenräume war der Geschiebelehm sackförmig hineingedrungen. Von den durch das Zerbrechen der gebogenen Schichten entstandenen plattenförmigen Stücken waren schon mehrere in den unteren Theil des Geschiebelehmes gekommen, und einzelne von ihnen waren schon geschliffen. Im oberen Theile des Geschiebelehmes waren fast nur nordische Blöcke zu beobachten.

Wie man sieht, sind es Diluvialkiese, Sande, Braunkohlenflötze, Kreideschichten und Muschelkalke, überhaupt weichere Gesteine, die diese Erscheinungen des gestauchten Untergrundes und die anderen oben erwähnten Erscheinungen zeigen. In sehr festem Gestein wird man wohl nicht solche Phänomene beobachten; statt dieser hat man dann die „Roches moutonnées“.

Ueber die Mächtigkeit der Gletscher in Norddeutschland könnte man sich einen Begriff bilden, wenn man von der Voraussetzung ausgehen dürfte, dass die Berge in Deutschland, im Harz, Erzgebirge u. s. w. sich seit der Eiszeit nicht gehoben haben. Ueber die Mächtigkeit der Gletscher in Norwegen habe ich früher Beobachtungen gemacht, indem ich die Höhe der erratischen Blöcke oder der Gletscherschliffe an den Seiten der Thäler und der Fjorde maass und diese Höhen mit dem Niveau des Thalbodens oder mit der Tiefe der Seen und der Fjorde verglich. Es wurde auf diese Weise nachgewiesen, dass z. B. der Gletscher im Sognefjorde eine Mächtigkeit von 1755 M., im Hardangerfjorde von 1200 M., der Gletscher in Osterdalen am Tronfjeld 1100 M., am Sölenfjeld 1041 M. u. s. w. gehabt haben muss. Die erratischen Blöcke erreichen in Norwegen eine Höhe von über 1700 M., so z. B. auf Suletind in Valdres 1770 M., auf Sölenfjeld 1741 M., auf Tronfjeld 1600 M. u. s. w. Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass die centralen Partien von Norwegen mit einer Gletscherdecke, die mindestens eine Höhe von 1700 M. gehabt hat, bedeckt war. Von Norwegen und Schweden aus überschritt dann diese Eismasse die Küsten, unsere äussersten Inseln mit Gletscherschliffen bedeckend, weiter über die dänischen Inseln, über Schonen, Bornholm, Öland und Gotland, denn die Spuren von Gletscherwirkung sind hier bekanntlich unzweifelhaft; dann

ging die Eismasse weiter über Deutschland, hier, wie oben erwähnt, ebenso deutliche Spuren hinterlassend. Es muss angenommen werden, dass diese Eisdecke oder dieser Gletscher eine ähnliche Configuration hatte, wie das Inlandeis von Grönland. Dieses steigt nämlich, wie ich es früher beschrieben habe, immer sanft gegen das innere Land. Sowohl die älteren Beobachtungen von RINK, NORDENSKJÖLD und mir, sowie die neuesten von diesem Sommer (1878) stimmen alle darin überein, dass das Inlandeis sich gegen das innere Land hebt. Die letzte Expedition in Grönland, der es gelang am weitesten, ungefähr 10 geographische Meilen, in das Innere von Grönland einzudringen, erreichte eine Höhe von 4000 Fuss. Ueber diese Reise verdanke ich einem von den Theilnehmern, Herrn KORNERP, einige Mittheilungen. Nach einer Wanderung von fünf Tagen waren sie nur einige Meilen in das Innere vorgerückt und befanden sich da in einer Höhe von 2500 Fuss. Nach 11 Tagen waren sie ungefähr 10 Meilen in's Innere hineingedrungen, und die Eisdecke lag hier in einer Höhe von 4000 Fuss. Einige Berge erhoben sich hier aus dem Inlandeise bis zu einer Höhe von 5000 Fuss, also von 1000 Fuss über der Eisdecke, und von diesen Bergen aus sah man gegen das Innere keine Berge mehr. Das Inlandeise aber erhob sich in dieser Richtung bis zu einer grösseren Höhe als 5000 Fuss, wie man es von den erwähnten Bergen beobachten konnte.

Ungefähr auf eine ähnliche Weise muss die grosse Eisdecke von Norwegen, Schweden und Finnland diese Länder bis zu einer Höhe von 1700 M. oder mehr bedeckt haben, und von hier aus breitete sie sich mit abnehmender Mächtigkeit über Norddeutschland aus, zum Theil durch den Harz, die sächsischen und schlesischen Berge in ihrer Verbreitung gehindert. Die Höhen, welche die erraticen Blöcke auf dem Harz, in Sachsen und in Schlesien erreichen, sind daher von grosser Bedeutung für die Bestimmung einer Minimalmächtigkeit des grossen Gletschers. Herr LOSSEN theilte mir mit, dass die nordischen Blöcke auf dem Harz eine Höhe von 450 M. erreichen. Herr CREDNER wies nach, dass sie in der Lausitz bis zu einer Höhe von 407 M. vorkommen, Herr ORTH beobachtete die nordischen diluvialen Bildungen bei Waldenburg in Schlesien bis zu einer Höhe von 1400 Fuss (439,4 M.). Da wir annehmen können, dass die Eisdecke von den oben genannten Bergen gegen Schweden und Norwegen sich erhob (ebenso wie die oben erwähnte Eisdecke von Grönland sich von den westlichen Bergen gegen das Innere erhebt), so erlauben die erwähnten Beobachtungen eine Mächtigkeitsbestimmung auf eine sehr grosse Strecke der norddeutschen Ebene. Da die Eisdecke am Harz, in Sachsen und Schlesien in einer Höhe

von 400 bis 450 M. lag, und da diese Eisdecke sich gegen Schweden und Norwegen bis zu einer Höhe von 1700 M. hob, so muss dieselbe zwischen den genannten Bergen und unseren nordischen Ländern in einer Höhe zwischen 400 und 1700 M. gelegen haben, und die Minimalmächtigkeit mag auf jedem Punkte 400 bis 450 M. minus die Höhe des betreffenden Punktes über dem Meere oder plus die Tiefe des betreffenden Punktes unter dem Meere gewesen sein. Bei Berlin z. B. muss die Mächtigkeit mindestens 400 M. minus die Höhe Berlins (30 M.), folglich 370 M. gewesen sein. In der Ostsee, z. B. zwischen Gotland und Curland, wo das Meer eine Tiefe von 140 Faden (263 M.) hat, muss die Mächtigkeit 400 bis 450 plus 263 M. oder 650 bis 700 M. betragen haben u. s. w.

Was die Geschwindigkeit der Bewegung dieser Eis-massen betrifft, so können wir darüber kein bestimmtes Urtheil haben. Wahrscheinlich ist der Transport der Blöcke wenigstens in unseren norwegischen Fjorden mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten geschehen; die Gletscher in den grönländischen Fjorden bewegen sich nämlich sehr verschieden, je nachdem ein grosser Gletscher, der mit Eis von einem ausgedehnten District versehen wird, den Fjord erfüllt, oder ob es nur ein kleiner Fjord mit einem mässigen Eisstrom ist. Ueber die Geschwindigkeit der Bewegung des Inlandeises liegen keine Beobachtungen vor. Durch die letzte Expedition auf dem Inlandeise zeigte sich dieses von sehr verschiedener Beschaffenheit; bald war es einem plötzlich erstarrtem Meere ähnlich, indem ein Gipfel sich neben dem anderen erhob, so dass man in einem Tage kaum eine halbe Viertelmeile avanciren konnte, bald war das Eis verhältnissmässig eben, so dass man 2 Meilen im Tage vorrückte. Die Gipfel und Spalten im Inlandeise deuten wahrscheinlich Stellen an, wo das Eis sich mit grosser Geschwindigkeit bewegt, oder wo ein Thal unter dem Eise liegt. Auf dieselbe Weise müssen wir in der alten Eisdecke Nord-Europas eine verschiedene Bewegungsgeschwindigkeit annehmen. Die Resultate, zu welchen man kommt, wenn man die jetzt bekannten Gletscherbewegungen zu Grunde legt, weichen allerdings sehr von einander ab, je nachdem man eine mittlere Geschwindigkeit der alpinen Gletscher (20 Centim. in 24 Stunden) oder die grösste bekannte Bewegung der grönländischen Gletscher, nämlich 20 M. in 24 Stunden zu Grunde legt. Mit der letzteren Bewegung würde z. B. ein Block auf dem Wege von Schonen nach Sachsen (ungefähr 500 Kilom.) nur 70 Jahre, mit der mittleren Geschwindigkeit der alpinen Gletscher hingegen 7000 Jahre brauchen, um den Weg zurückzulegen. Gewöhnlich nimmt man in der Schweiz eine Tausende von Jahren dauernde Trans-

portzeit der Blöcke an. Nach unseren jetzigen Kenntnissen der polaren Gletscher ist es auch wohl möglich, dass dieser Transport nicht so grosse Zeit in Anspruch nahm.

Wir kommen jetzt zu den Bewegungsrichtungen der grossen Eisdecke. Dieselben lassen sich nach der Richtung, in welcher die Blöcke transportirt wurden, sowie nach der Richtung der Gletscherschliffe beurtheilen. Hier sind aber viele Schwierigkeiten zu überwinden. Zuerst muss man sich erinnern, dass die Geschiebe, die wir im Diluvium finden, eben das alte Land repräsentiren, das durch die Gletschererosion während der Eiszeit zerstört wurde. Wer viele diluviale Aufschlüsse besucht und überall die grosse Quantität z. B. von Feuersteinen gesehen hat, wird sich darüber einen Begriff bilden können, welche ungeheuren Massen von zerstörten Kreideschichten diese Feuersteine repräsentiren. Die glaciale Bildung ist ja über Tausende von Quadratmeilen verbreitet und 40, 100, 200, 300, ja auf der Insel Seeland bis über 400 Fuss mächtig; und an den meisten Stellen machen die Feuersteine mehrere Procent der Geschiebe aus und repräsentiren ja wiederum nur einen Bruchtheil der zerstörten Kreideschichten. Auf diesen Gegenstand werden wir später zurückkommen. Was von den Kreideschichten gilt, findet auch auf die anderen erratischen Gesteine Anwendung, so dass man sich immer bei dem Studium der Geschiebe erinnern muss, dass dieselben von ganz zerstörten Formationen oder Landstrecken herrühren können. Eine andere Schwierigkeit ist es, dass die Bewegungsrichtung wahrscheinlich zu verschiedenen Zeiten verschieden gewesen ist. Eine kleine Kuppe kann local die Bewegungsrichtung der Gletscherschliffe modificiren, wie man es in Norwegen oft beobachten kann. Wenn nun, wie eben erwähnt, grosse Strecken von Kreide z. B. im baltischen Meere zerstört worden sind, so ist diese Zerstörung natürlich nicht ohne Einfluss auf die Bewegungsrichtung gewesen.

Eine dritte Schwierigkeit ist die nicht hinlängliche Kenntniss sowohl der Gesteine, die in den glacialen Bildungen vorkommen, als auch der anstehenden Gesteine in Schweden, Finnland und Norwegen. Das ganze Territorium, von welchem die Blöcke transportirt sind, zusammen mit dem Areale, auf welchem die Blöcke zur Ablagerung gelangt sind, beträgt zwischen 3 und 4 Millionen Quadrat-Kilometer und die Kenntniss der auf diesem enormen Areal auftretenden Gesteine und Geschiebe kann schwerlich das Eigenthum einzelner Forscher werden. Durch das Zusammenarbeiten der geologischen Landesuntersuchungen der betreffenden Länder oder durch Errichtung einer Sammlung von Geschieben und Gesteinen aus allen diesen Ländern würde unsere Kenntnisse

der Erscheinungen, um welche es sich hier handelt, wesentlich gefördert werden.

Indessen liegen schon von mehreren Geologen Beobachtungen über die Verbreitung der Geschiebe vor, durch die man sich einen Begriff von den Bewegungsrichtungen bilden kann. Ich werde hier einige von diesen Beobachtungen und zwar nach den einzelnen Ländern erwähnen. Es handelt sich also zuerst um die Geschiebe, die von Norwegen, Schweden oder Finnland aus über die nordeuropäische Ebene transportirt sind; dann kommen die Geschiebe, die von Dänemark nach Deutschland gelangt sind, in Betracht und schliesslich diejenigen, welche auf deutschem Boden selbst bewegt wurden. In Verbindung mit dem Transport der Blöcke betrachten wir die Richtung der Gletscherschliffe.

Längst gegen Westen in Holderness kommen, wie oben beschrieben, Syenit von Fredrikswärn und Rhombenporphyr vor. In Norwegen treten diese beiden Gesteine geographisch so auf, dass man a priori erwarten konnte, dass dieselben auch erratisch zusammen vorkommen. Der Syenit von Laurwig tritt westlich vom Christianiafjorde, zwischen diesem und dem Langesundfjord auf. Der Rhombenporphyr kommt auf der Strecke vom Langesundfjorde, westlich vom Christianiafjorde bis nach Mjösen vor. Ausser in England fand ich den Rhombenporphyr auf der Insel Urk in der Züidersee; zwar nur einen einzelnen Block, aber makro- wie mikroskopisch von der Beschaffenheit des norwegischen Rhombenporphyr. Die beiden Gesteine, Syenit und Rhombenporphyr, kommen häufig in Jütland vor. Herr GOTTSCHE zeigte mir ein Handstück von dem Syenit von Fredrikswärn, welches er im Geschiebelehm bei Hamburg gefunden hatte. Der östlichste Punkt, wo ich diesen Syenit gefunden habe, ist Nakskov auf der Insel Laaland in Dänemark. Die Verbreitung dieser Geschiebe kann verschieden gedeutet werden. Die Eismasse, welche auf der Westseite des Christianiafjordes in das Meer hinausging, breitete sich vielleicht südlich, südsüdwestlich und südwestlich über einige von den dänischen Inseln, über Jütland bis nach Hamburg, weiter bis nach Holland und bis nach England aus, so dass sie eine fächerförmige Ausdehnung hatte; oder aber die Bewegungsrichtung war zu verschiedenen Zeiten verschieden, oder der Eisstrom ging zuerst südlich und südsüdwestlich über Dänemark und dann westlich, Holland berührend bis England. Nur die im südöstlichen Theil von Norwegen vorkommenden Gesteine sind erratisch in Dänemark und England gefunden. Die Wege der zahlreichen Gletscher, welche an der Westküste von Norwegen alle Thäler und Fjorde erfüllten, lassen sich von Norwegen aus durch

Untersuchung der Geschiebe nur schwer verfolgen, da die erratischen Blöcke theils auf dem Boden der Nordsee — die natürliche Fortsetzung der nordeuropäischen Ebene — theils in unterseeischen Meereshängen vor den Fjorden liegen, so wie ich es in früheren Arbeiten nachgewiesen habe. Die Länder, wo man Repräsentanten der Gesteine von der Westküste des südlichen Norwegen mit Hoffnung auf ein günstiges Resultat suchen könnte, waren das nördliche Schottland, die Orkney-Inseln, die Shetlands-Inseln und die Färöer. Hier treten nämlich Gletscherschliffe auf, die gegen Norwegen hinstreichen, und Herr CROLL hat es schon vor mehreren Jahren ausgesprochen, dass die genannten Inseln unter einer festen Eisdecke gewesen seien, und wir da skandinavische Blöcke zu erwarten hätten.¹⁾

Wenn wir zu sammeln versuchen, was über die Verbreitung der schwedischen Geschiebe bekannt ist, dann zeigt es sich sogleich, dass die verschiedenen Forscher sich mit Vorliebe mit den silurischen, versteinierungsführenden Gebirgsarten beschäftigt haben. Dies ist insofern natürlich, als die Versteinerungen die besten Anhaltspunkte für den Vergleich liefern, und ausserdem die Verbreitung der silurischen Schichten in den Mutterländern ziemlich genau bekannt ist. In anderen Beziehungen jedoch giebt die Verbreitung der silurischen Versteinerungen, sowie der Kreideversteinerungen nicht eben den besten Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Verbreitung der Gletscher. Eben diese versteinierungsführenden Schichten sind nämlich die weichsten und am leichtesten zerstörbaren, so dass grade von diesen Formationen die grössten Landstrecken zerstört worden sind. Dies ist auch lebhaft von den deutschen Forschern, die sich mit den erratischen, silurischen Gesteinen beschäftigt haben, gefühlt worden. So bemerkt F. ROEMER, dem wir so viele Untersuchungen über diesen Gegenstand verdanken, Folgendes über den Ursprungsort der silurischen Gesteine von Gröningen in Holland: „Möglich ist es allerdings, dass in der Nähe von der Insel Gotland und etwa zwischen ihr und den aus den ganz gleichen silurischen Gesteinen bestehenden russischen Inseln Ösel und Dagö ehemals noch andere Inseln oder zusammenhängendes Festland vorhanden gewesen ist, deren Zerstörung das Material für die obersilurischen Kalk - Geschiebe der nordeuropäischen Ebene ganz oder zum Theil geliefert hat.“²⁾ Auch Herr DAMES kam bei der Unter-

¹⁾ J. CROLL, The boulder-clay of Caithness a product of land-ice. Geological Magazine Vol. VII. No. 5. 1870.

²⁾ Die Versteinerungen der silurischen Diluvialgeschiebe von Gröningen in Holland. N. Jahrb. für Mineralogie 1858.

suchung cenomaner Geschiebe von Bromberg und gewisser senoner von Königsberg i. Pr. zu dem Resultat, dass dieselben von zerstörten (oder jetzt durch die Ostsee verdeckten) Sedimenten herzuleiten seien.¹⁾

Ueber die Bewegungsrichtungen der Geschiebe im südlichen Schweden machte HOLMSTRÖM Mittheilungen.²⁾ Er wies nach, dass gewisse Gesteine, die auf dem Festlande Schwedens (Granit von Oskarshamn, Quarzit von Furöen in der Nähe von Oskarshamn, Helleflinta von Påskalleviken) anstehen, nach der Insel Öland gekommen sind, dass diese Gesteine in südöstlicher Richtung transportirt sind, und dass die Gletscherschliffe an der Küste von Schweden bei Oskarshamn mit dieser Richtung übereinstimmen, indem die Richtung der Schliffe hier von NW. gegen SO. geht. Diese Gesteine aus der Umgebung von Oskarshamn kommen aber auch auf anderen Stellen im südlichen Schweden vor, so in Schonen bei Lund und anderen Stellen in Südschweden; ferner sind mehrere derselben Gesteine auf der Insel Seeland in Dänemark von TORELL gefunden worden. Diese Gesteine sind also sowohl in der Richtung nach SO., als in der Richtung nach SW. befördert worden: Die Richtungen der Gletscherschliffe im südlichen Schweden gehen auch theils gegen SW., theils gegen S., theils gegen SO., wie es die Beobachtungen von HOLMSTRÖM am besten zeigen; in Schonen giebt es auch einzelne Schliffe, die gegen W. hinstreichen. Auf Gotland gehen die meisten Schliffe gegen SW., auf der Insel Öland zwischen S. und SSW., bei Oskarshamn gegen SO., in Bleknige bei Carlskrona und Carlshamn meistens in südlicher Richtung, im östlichen Schonen gegen SW., einzelne gegen S., im mittleren Theile von Schonen gegen SW. bis gegen W. u. s. w.

Es muss die Frage gestellt werden, ob alle diese Gletscherschliffe von verschiedenen Richtungen auch Systeme von sehr verschiedenem Alter repräsentiren. Zwar kann man, wenn, wie es bisweilen der Fall ist, zwei Schliffe sich kreuzen, dieselben dem Alter nach unterscheiden, wie man das Alter zweier sich kreuzender Gangzüge bestimmt, und es liegt in der That nahe, wie es die um das Studium der glacialen Bildungen hochverdienten schwedischen Forscher gemacht haben, die in verschiedenen Richtungen gehenden Schliffe dem Alter nach zu klassificiren. Hierbei muss aber nicht vergessen werden, dass die Schliffe, die wir beobachten, von dem sich bald

¹⁾ Zeitschr. d. d. geol. Ges. Bd. XXVI. pag. 773 und Bd. XXX. pag. 687.

²⁾ Jagttagelser ofver Istiden i södra Sverige. Acta Universitates Lundensis 1866.

zurückziehenden oder vielleicht schon im Rückzuge begriffenen Gletscher hinterlassen sind. Die im Anfange oder im mittleren Theile der Eiszeit gebildeten Schriffe können wir kaum hoffen wiederzufinden. Die Menge der zerstörten schwedischen sedimentären und massigen Gesteinen liefert hiervon den Beweis. Wenn wir nämlich, wie wir es später versuchen werden, die Quantität dieser diluvialen Massen in Deutschland und in Dänemark (und auch in Schweden selbst) berechnen und uns diese Massen nach Schweden zurückgefördert denken, dann werden dieselben nicht allein alle die Seen erfüllen, sondern auch das ganze Land über 200 Fuss erhöhen. Die alten Gletscherschliffe wurden also mit den Bergen, auf denen sie sich befanden, zerstört. Meiner Ansicht nach können sich zu derselben Zeit in derselben Gegend Gletscherschliffe von sehr verschiedenen Richtungen bilden, und dass dies in Ländern mit einer stark markirten Configuration wirklich der Fall ist, lässt sich direct beobachten. Als Beispiel führe ich den Fjord Kangerdlugssuak in Nordgrönland an. Dieser Fjord geht nach Westen, und der denselben erfüllende Gletscher hat auf der Nordseite Schliffe, die gegen Westen streichen, hinterlassen. Auf beiden Seiten des Fjordes münden von Norden und von Süden Seitenthäler, welche von grösseren und kleineren Gletschern (im Ganzen 22) erfüllt sind. Diese Gletscher folgen natürlich auch ihren Thälern, und da dieselben auf der Südseite des Fjordes gegen Norden, auf der Nordseite gegen Süden ausmünden, so streichen in diesen Thälern die Gletscherschliffe von Süden nach Norden und von Norden nach Süden, während sie im Hauptfjorde, wie erwähnt, von Osten nach Westen laufen. Zwar sind die Verhältnisse in einem schwach undulirten Lande, wie Süd-Schweden, von denen in den grönländischen und norwegischen Fjorden verschieden, indem eine continuirliche, von tiefen Thälern in ihrer Ausbreitung nicht gehemmte Eisdecke Süd-Schweden einhüllte, aber diese Eisdecke oder dieser Eisstrom war in gewissem Grade in seiner Bewegung vom Untergrunde und anderen localen Ursachen beeinflusst, und die in verschiedenen Richtungen hinstreichenden Gletscherschliffe Süd-Schwedens brauchen nicht von sehr verschiedenem Alter zu sein. Auch die einander kreuzenden Schliffe, deren Alter unterschieden werden kann, brauchen keine grösseren Aenderungen in der ganzen Gletscherbewegung zu repräsentiren. Den Beweis hierfür liefern z. B. die Beobachtungen, welche Herr SEBE im Hardangerfjorde gemacht hat.¹⁾ Obgleich nämlich der Gletscher, welcher diesen Fjord einst erfüllte, ganz im Fjorde eingeschlossen war, so dass seine

¹⁾ Mærker efter en Istid.

Bewegungsrichtung im Grossen und Ganzen immer mit der Richtung des Fjordes zusammenfallen musste, so kommen doch hier local sich kreuzende Schlicke vor, ohne dass eine allgemeine Veränderung in seiner Bewegung stattfand. Darin stimme ich mit den schwedischen Forschern überein, dass die Eismassen während der Eiszeit ihre Bewegungsrichtungen geändert haben. Erst dann aber lassen sich die verschiedenen Bewegungsrichtungen constatiren, wenn man die über einander liegenden Grundmoränen oder Geschiebelehme mit einander verglichen und für die erratischen Blöcke in jedem Geschiebelehm für sich den Ursprungsort gefunden hat. Die petrographische Zusammensetzung der Geschiebelehme ist nämlich wahrscheinlich nicht einmal auf derselben Stelle dieselbe. So wies HARTING nach, dass der oberste geschiebeführende Lehm auf der Insel Urk nur 2,2 pCt. Feuersteine enthielt, während ein darüber liegender, schwärzlich-grauer, sandiger, geschiebeführender Lehmmergel 38,5 pCt. Feuersteine ergab.¹⁾

Wenn wir nach den Angaben ROEMER's auf einer Karte Linien von Gotland bis zu allen den Fundorten, von welchen gotländische Geschiebe angegeben werden, ziehen, so zeigt sich auch hier wieder ein Transport nach verschiedenen Richtungen. Die silurischen Geschiebe von Gotland kommen westlich bei Gröningen in Holland, ferner an sehr vielen Stellen im norddeutschen Diluvium vor: z. B. in Oldenburg bei Jever, in der Mark bei Berlin, in Posen bei Meseritz, in Schlesien bei Trebnitz und Steinau, in Ostpreussen bei Lyck. Die Verbindungslinien von Gotland zu allen diesen Fundorten liegen zwischen SW. und SO., indem eine Linie von Gotland nach Gröningen südwestlich, nach Lyck in Ostpreussen gegen SO. verläuft. Zwar ist es wohl eine Möglichkeit, dass der grosse Eisstrom in der Ostsee sich getheilt und sich von da fächerförmig verbreitet habe, aber dies ist aus mehreren Gründen sehr unwahrscheinlich. Ein Transport von Blöcken von Gotland gegen SO. nach Lyck in Ost-Preussen und gegen Süden nach Schlesien würde mit den später zu erwähnenden Transportrichtungen von den Ostseeprovinzen, z. B. von Esthland nach Hamburg, collidiren, denn diese beiden Richtungen stehen fast senkrecht auf einander. Ein Gesteintransport durch Gletscher von Esthland nach Hamburg und von Gotland nach Schlesien konnte zu ein und derselben Zeit nicht stattfinden. Wir werden hier wieder zu der Annahme geführt, dass die Bewegungen der Eismassen zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden gewesen sind, oder aber wir müssen zugestehen, dass so grosse Landstrecken von sedimentären Gesteinen in den

¹⁾ Het eiland Urk. Utrecht 1853.

Ostseeländern zerstört worden sind, dass wir also auf Grund der Verbreitung der sedimentären Geschiebe überhaupt keine bestimmten Bewegungsrichtungen aufstellen können. Noch schwieriger wird die Sache dadurch, dass von demselben Fundorte Gesteine von Gotland und von Esthland angeführt werden. So giebt z. B. ROEMER an, dass man bei Lyck in Ostpreussen, bei Meseritz in Posen, bei Berlin und bei Grönningen sowohl Gotländer Korallenkalk als Kalk mit *Pentamerus borealis*, welche er mit Bestimmtheit auf Esthland und Dagö zurückführt, zusammen vorkommen. Ausser diesen beiden Kalken finden sich bei Meseritz in Posen Gesteine von der Insel Öland, vom Festlande Schwedens (Schonen oder Ost- und Westgothland) und endlich livländische, devonische Gesteine vor. Auch bei Lyck wurden ausser Gesteinen von Gotland und Esthland zugleich livländische Geschiebe nachgewiesen. Das Zusammenvorkommen dieser Diluvialgeschiebe scheint in der That für eine grossartige Zerstörung von silurischen Landstrecken zu sprechen. Eine Gletscherbewegung, welche zu gleicher Zeit vom Festlande Schwedens, von Öland, von Gotland und von Esthland Gesteine nach Meseritz brachte, ist kaum denkbar. Wenn aber die silurischen Inseln in der Ostsee nur Reste eines zerstörten silurischen Festlandes sind, so wird das Zusammenvorkommen aller dieser silurischen Geschiebe auf einem Fundorte verständlich; — aber auch dann müssen wir eine genaue Bestimmung der Gletscherbewegung durch die silurischen Geschiebe aufgeben. Es scheinen jedoch die erwähnten Schwierigkeiten durch neuere Untersuchungen wenigstens für viele versteinerungsführende silurische Geschiebe wegzufallen. Herr KRAUSE wies nach¹⁾, dass die Fauna der Beyrichienkalke im Diluvium mehr mit den Schichten auf Ösel als mit den Gotländer Kalken übereinstimmt. Die Beyrichienkalke kommen östlich bis Goldingen in Kurland vor. Wenn man nun diese Geschiebe in Kurland aus Gotland herleiten wollte, dann ergiebt sich eine fast östliche Bewegungsrichtung, was mit allen anderen bekannten Bewegungsrichtungen in dieser Gegend collidirt. Leitet man aber diese silurischen Geschiebe aus zerstörten Schichten in der Umgebung von Ösel her, dann fällt die angenommene östliche Bewegungsrichtung weg. Der von F. SCHMIDT 1858 ausgesprochene Gedanke, dass die obersilurischen Kalke die zerstreuten Trümmer einer Brücke vom Ohhesaare Pank auf Ösel nach Gotland seien, wird sich wahrscheinlich als richtig erweisen.

Von den zahlreichen massigen und von anderen verstei-

¹⁾ Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1877.

nerungslosen Gesteinen, die, aus Schweden stammend, jetzt im deutschen Diluvium liegen, sind es nicht viele, deren Ursprungsort genau nachgewiesen ist. Für gewisse rothe Sandsteine wird Dalarne, für gewisse Porphyre Elfdalen angegeben. - TORELL führt an, dass die Geschiebe in Mecklenburg und Dänemark aus Schweden, im nördlichen Jütland aus Norwegen stammen. A. PENCK wies nach, dass die Basalte im Geschiebelehm bei Leipzig nicht sächsischen Ursprungs sind, sondern dass dieselben aus Schonen und zwar aus dem Gebiet zwischen Ringsjön und Finjasjön gekommen sind. Auch er nimmt an, dass die Basalte in Schonen früher eine grössere Ausdehnung gehabt haben, weil die Basaltgeschiebe in Norddeutschland ziemlich verbreitet sind, während die jetzigen Vorkommnisse in Schonen nur beschränkt sind. Der Transport dieser Basalte ist gegen S. ca. 10° W. gerichtet gewesen. Wenn die im Diluvium bei Hamburg und in Holstein vorkommenden Basaltgeschiebe auch aus Schonen stammen, so hat von dort aus auch ein Transport gegen SW. stattgefunden.

Bemerkenswerth ist die Richtung der Gletscherschliffe in Finnland, indem diese im ganzen südlichen Theile des Landes mit ziemlicher Regelmässigkeit von NNW. bis SSO. streichen. Die ganze Strecke von der bottnischen Bucht über den Ladoga bis zum Onega scheint, wie TORELL gezeigt hat, und wie aus Karten über die Gletscherschliffe in Finnland hervorgeht, von einem mächtigen Gletscherstrom bedeckt gewesen zu sein, welcher die bottnische Bucht passirt haben muss. In Uebereinstimmung mit dieser Bewegungsrichtung sind auch Gesteine von Finnland und von der Umgebung des Onega-See's gegen SO. transportirt worden, wie es v. HELMERSEN und MURCHISON gezeigt haben. So wies ersterer den finnländischen Rappakiwwi auf vielen Stellen im russischen Diluvium nach, so bei Narva, Dorpat, Pskow, Seligersee, Orscha am Dnjepr, Dvissa an der Düna, ja nach den Beobachtungen des Herrn FEOFILAKTOW kommt im Diluvium in dem Kiewer Gouvernement noch der Rappakiwwi als Gerölle vor, zusammen mit Kalksteinen mit silurischen Versteinerungen, die FR. SCHMIDT sofort als aus Esthland abstammend erkannte.¹⁾ Dies setzt einen Transport gegen SSO. voraus. Merkwürdig ist die Höhe, welche die finnländischen Geschiebe in Russland erreichen, eine Höhe, welche diejenige des Ursprungsortes bei weitem übertrifft. So beträgt die bedeutendste absolute Höhe, welche die Rappakiwwiberge in Finnland erreichen, nicht mehr als 700 Fuss, und doch wies v. HELMERSEN Blöcke von Rappakiwwi auf dem

¹⁾ v. HELMERSEN, Studien über die Wanderblöcke. Mém. de l'Acad. des sciences de St. Petersburg, Serie VII. Bd. XIV.

Berge Orechova am Seligersee bis zu einer Höhe von 853 russischen Fuss und auf dem Berge Munnamäggi unweit Hahn-
hof bis zu einer Höhe von 1063 Fuss nach. Nach v. HEL-
MERSEN erreichen die höchsten hier in Betracht kommenden
Gegenden Russlands über 1400 Fuss, so im Gouvernement
Nowgorod 1417 bis 1470 Fuss, im Gouvernement Twer (Lapa-
tina) bis 1487 Fuss, und an allen diesen Punkten kann man
Wanderblöcke von krystallinischen Gesteinen sehen, die man
auf das Olonezer Gebiet und auf Finnland zurückzuführen be-
rechtigt ist (v. HELMERSEN). Durch diese Beobachtungen kann
man sich einen Begriff von der Mächtigkeit der Eiskecke machen,
welche Finnland und Russland bedeckt hat, indem dieselbe also
eine Höhe von mindestens 1487 Fuss auf dem Wege nach Twer
gehabt haben muss. Auch der Quarzit vom Onega kommt
nach den Beobachtungen v. HELMERSEN's in einer grösseren
Höhe, als er jetzt ansteht, erratisch vor. Als anstehendes
Gestein erreicht er eine Höhe von 350 Fuss, und in dem
Nowgorod-Gouvernement wird er erratisch in einer Höhe von
683 Fuss angetroffen.

MURCHISON verfolgte Quarzitblöcke und andere Gesteine
von der Nordwestseite des Onega bis südlich von Juriewetz an
der Wolga; dieselben sind 500 englische Meilen gegen SO.
transportirt worden.

Dass von Finnland und dem Olonez-Gebiet ein Transport
von Blöcken gegen SO. und SSO. stattgefunden hat, geht aus
den oben erwähnten Beobachtungen hervor. Dass von Finn-
land aus zugleich Blöcke nach Westen gelangt sind, ist eben-
falls wahrscheinlich. So theilte mir Herr ZIRKEL mit, dass bei
Kiel Blöcke von Kalkstein mit Pargasit und Chondroit vor-
kommen, und dass der Habitus dieser Mineralien ganz mit denen
aus Pargas in Finnland übereinstimmt. Hier ist also eine
südwestliche Transportrichtung der Blöcke anzunehmen.

In Holland fand sich auf mehreren Stellen (so bei Maaren,
auf Urk, bei Drenthe) Cordierit gangförmig mit Feldspath in
Gneiss, ohne dass der Habitus dieses Cordierit mit demjenigen
norwegischer Vorkommnisse übereinstimmt. Wahrscheinlich
stammt derselbe aus Finnland; zu einem Vergleiche dieses
Minerals und dessen Nebengestein mit dem finnländischen
hatte ich bis jetzt noch keine Gelegenheit.

Von den russischen Ostseeprovinzen sind viele von den
im deutschen Diluvium vorkommenden Geschieben herzuleiten.
Der Kalkstein mit *Pentamerus borealis* stammt aus Esthland,
und ROEMER bemerkt, dass sich bei keinem der in der Form
von Diluvial-Geschieben in der norddeutschen Ebene vorkom-
menden Gesteine die Herkunft oder das Ursprungsgebiet so
sicher bestimmen und in so enge Grenzen einschliessen liesse,

wie gerade bei diesen Kalksteinen mit *Pentamerus borealis*, weil nur in Esthland und auf der Insel Dagö ein Gestein von ähnlicher Beschaffenheit anstehend bekannt sei. Nach ROEMER ist dieser Kalkstein in vereinzelt Stücken von Lyck in Ostpreussen bis Gröningen in Holland verbreitet; er kommt in Posen, Schlesien und in der Mark vor. Er deutet also Bewegungsrichtungen gegen SSW. und SW. an.

Nach MARTIN stimmen die meisten in Holland vorkommenden silurischen Versteinerungen mit denen aus den russischen Ostseeprovinzen überein, und die wesentlichen Modificationen des esthländischen Pentamerenkalkes findet man in Holland wieder.¹⁾

Von Esthland aus hat aber auch ein Transport in süd-südöstlicher Richtung stattgefunden. Schon oben wurde erwähnt, dass silurische Geschiebe aus Esthland bei Kiew vorkommen. GREWINGK fand Geschiebe mit *Pentamerus borealis* auf Munnamäggi und Wöllamäggi in mehr als 1000 Fuss Höhe, und v. HELMERSEN traf dieselbe Versteinerung erratisch an der oberen Düna bei Druja. Nach demselben erreichen aber die silurischen Schichten in Esthland nicht über 400 Fuss, so dass hier wieder ein Beispiel von Geschieben, die höher als ihr Ursprungsort liegen, constatirt ist.

Gletscherschliffe scheinen in Esthland nicht selten zu sein. FR. SCHMIDT erwähnt dieselben von 20 Punkten und berichtet, dass in einigen Gegenden, namentlich den höher gelegenen im Innern des Landes, die Schrammung eine sehr gleichmässige zu sein pflege und die Richtung von NW. nach SO. vorherrschend sei. Im Gebiete des Pernaustromes bei Fennern jedoch ist die Richtung NO.-SW. beobachtet worden, und bei Wesenberg, Wassalem und auf Moon von Norden nach Süden.²⁾

Von Livland aus sind nach ROEMER devonische Geschiebe nach Lyck in Ostpreussen, nach Birnbaum und Meseritz in Posen und nach Stettin gekommen, zeigen also eine Bewegungsrichtung gegen SSW. und SW. an. Ferner theilte mir Herr GOTTSCHKE in Hamburg mit, dass jurassische Gesteine aus Curland (Popilani) bei Hamburg wie auf mehreren Stellen in Norddeutschland vorkommen.

Wir kommen jetzt zu den dänischen Gletscherschliffen und der Richtung, in welcher die dänischen Geschiebe befördert sind. Bei Faxö auf der Insel Seeland beobachtete FORCHHAMMER 3

¹⁾ Niederländische und nordwestdeutsche Sedimentär - Geschiebe. Leiden 1878.

²⁾ Untersuchungen über die Erscheinungen der Glacialformation in Esthland und auf Oesel. Bull. scient. Th. VI. der kais. Akad. der Wissenschaften.

einander kreuzende Schliffrichtungen auf dem Kalkstein. Die Richtungen waren gegen W., gegen WNW. und gegen NW. Auf Bornholm ist der höchste Punkt der Insel, Rytterknägten, ganz ausgezeichnet und völlig parallel geschliffen. Die Höhe ist 496 Fuss. Die Richtung der Schliße ist gegen SW., genau S. 42° W. Doch kommt auch eine westöstliche Bewegungsrichtung vor, z. B. auf dem nördlichsten Punkt von Bornholm, welcher Hammeren genannt wird. Von diesen aus Granit bestehenden Felsen bemerkt FORCHHAMMER, dass dieselben stärker geschliffen und deutlicher gestreift sind als irgend welche Granitfelsen, die er sonst gesehen hatte.¹⁾ Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass die mitten in der Ostsee liegende Insel Bornholm von einem sich gegen SW. und W. bewegenden Eisstrom bedeckt war, und derselbe über den gegen 500 Fuss hohen Gipfel der Insel hinging, welcher, wie erwähnt, mit Schliffen bedeckt ist.

Der feste Boden in Dänemark besteht bekanntlich aus Kreide, und die dänischen Kreideschichten lieferten in Gemeinschaft mit den deutschen das Material zu den im deutschen Diluvium überall verbreiteten Feuersteinen. Da die Kreideschichten mit Feuersteinen in den baltischen Ländern ziemlich verbreitet sind und vor der Eiszeit eine noch weitere Ausdehnung hatten, so lassen sich die Bewegungsrichtungen nach der Verbreitung der Feuersteine nicht gut beurtheilen. Die Feuersteingeschiebe nehmen, je weiter südlich man kommt, an Grösse ab. Im dänischen Geschiebelehm kommen Feuersteine von mehreren Fuss im Durchmesser ziemlich häufig vor; in Sachsen erinnere ich mich nicht, einen einzigen Block von dieser Grösse gesehen zu haben. Dies ist eine Erscheinung, die von vielen Beobachtern aus allen Ländern berichtet wird. Die Geschiebe werden im Allgemeinen kleiner, je weiter man vom Ursprungsorte sich entfernt. Weil nämlich die meisten unter dem Gletscher transportirt sind, so verlieren sie fortwährend durch Bearbeitung gegen einander und gegen den Untergrund an Grösse.

Einzelne charakteristische Gesteinsbildungen der Kreideformation von Dänemark, wie der Faxökalk und der Saltholmskalk, sind als Geschiebe in Deutschland wiedergefunden worden. Der Saltholmskalk kommt erratisch bei Neu-Brandenburg und Greifswald vor (Mittheilung des Herrn DAMES); ferner ist er von GOTTSCHKE bei Hamburg nachgewiesen; nach MEYN ist er in Holstein häufig; auch bei Berlin ist das Gestein mehrfach gefunden. Dies setzt eine südöstliche und südwestliche Bewegungsrichtung voraus, wenn nicht jetzt zerstörte Schichten von Saltholmskalk in der Ostsee vorhanden gewesen sind. Der

¹⁾ Oversigt over det danske Vidensk. Selsk. Forh. 1843. pag. 105.

Faxökalk von Seeland kommt bei Müncheberg in der Mark erratisch vor (DAMES), auch bei Hamburg (GOTTSCHÉ); ferner theilte mir Herr v. FRITSCH mit, dass er diesen Kalk auch bei Halle gefunden habe. Nach BOLL sind Geschiebe dieses Gesteins in der Gegend von Neu-Brandenburg in Mecklenburg häufig. Auch bei Moltzow auf Rügen ist er durch v. HAGENOW beobachtet worden. In Holstein ist das Vorkommen von Geschieben des Faxökalkes nach MEYN ziemlich häufig (ROEMER). Diese Vorkommnisse deuten wiederum Bewegungsrichtungen gegen SO., SSO. und SSW. an. Oben habe ich schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Schriffe bei Faxö nach FORCHHAMMER gegen W., WNW. und NW. streichen. Hier herrscht also keine grosse Uebereinstimmung zwischen der Richtung der Schriffe und dem Transport der Blöcke, ja man könnte behaupten, die Nicht-Uebereinstimmung sei so gross wie möglich, indem es Schriffe giebt, die gegen NW. streichen, während einige Blöcke gegen SO. transportirt sind. Dieses Beispiel ist insofern instructiv, als es zeigt, dass man nur mit Vorsicht die einzelnen Gletscherschriffe bei der Bestimmung der Bewegungsrichtung des Gletschers benutzen kann, indem nur noch die letzten Schriffe von dem Ende der Eiszeit vorhanden sind, deren Richtung local von der normalen Richtung abweichen kann.

Auch mit solchen von Bornholm identische Gesteine sind in Deutschland gefunden worden: so ein aus Bornholm stammender Kreide-Quarzit bei Gahlkow unweit Greifswald von BEYRICH, ferner Geschiebe von Arnagerkalk aus Bornholm, nach DAMES, in der Mark und bei Thorn, und nach GOTTSCHÉ bei Schulau an der Elbe. Hier sind noch die von DAMES beschriebenen Geschiebe von Bromberg zu erwähnen, welche wahrscheinlich von zerstörten (oder jetzt durch die Ostsee verdeckten) Sedimenten herzuleiten sind.

Wenn man von Bornholm aus Linien zu diesen Fundorten zieht, dann ergiebt sich wieder eine Bewegungsrichtung gegen WSW., SW., SSW. und SO. Die Gletscherschriffe auf Bornholm gehen, wie oben erwähnt, gegen SW.; auch einzelne gegen W.

Schliesslich kommen wir zu den Gesteinen, die in Deutschland selbst durch Gletscher dem Untergrunde entnommen und forttransportirt sind.

Die Muschelkalkgeschiebe von Rüdersdorf sind nach den Beobachtungen von ECK gegen SW. transportirt; die Gletscherschriffe gehen hier, wie oben erwähnt, gegen W. In Sachsen ist der Nephelindolerit vom Löbauer Berg (446 M. hoch) nach CREDNER bis nach Neucunnersdorf und Kottmarsdorf (405 M.) transportirt, einem Fundpunkte, der von der Heimath des

Nephelindolerits durch eine ungefähr 8 Kilom. breite und 120 bis 130 M. tiefe Bodeneinsenkung getrennt ist. Ferner sind Geschiebe von diesem Dolerit am Finkenhügel bei Warnsdorf in über 20 Kilom. Entfernung von dem Löbauer Berg gefunden worden (A. WEISE). Es hat hier also eine Bewegung gegen SSW. stattgefunden.

Im westlichen Sachsen ist von CREDNER und von mir mehrmals ein Transport von N. gegen S. und von NW. gegen SO. in Uebereinstimmung mit der Richtung der oben erwähnten gegen SO. hinstreichenden Gletscherschliffe, nachgewiesen worden. Hier muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei der Bestimmung der Bewegungsrichtung des Gletschers in der Regel nur die Geschiebe im Geschiebelehm benutzt werden dürfen. Der Geschiebelehm, welcher die Grundmoräne repräsentirt, giebt durch die Blöcke die Bewegungsrichtung an; die Diluvialkiese dagegen, die geschichtet und gerollt sind, verdanken in der Regel Gletschermoränen ihre Entstehung, sind durch diese transportirt, und da die Gletscherwässer auf grosse Strecken in Deutschland gegen die Bewegungsrichtung des von Norden kommenden Gletschers geflossen haben müssen, so folgt daraus, dass die Diluvialkiese viel von Süden stammendes Material enthalten. Dies ist im Geschiebelehm nicht der Fall und kann in der Regel auch nicht der Fall sein, es sei denn, dass alte von Süden nach Norden durch die Flüsse transportirte Geschiebe wieder in die Grundmoräne hineinkommen. Zwar giebt es Gegenden, wo die petrographische Zusammensetzung des Geschiebelehmes und des Diluvialkieses identisch sind; so wies z. B. FORCHHAMMER nach, dass in Seeland Geschiebethon von 21 Gruben (zusammen 1126 Steine) folgende Zusammensetzung hatte:

Urgebirge	44 pCt.
Uebergangsgebirge	16 "
Kreide	40 "

und er fand im Geschiebesande in 18 Gruben mit 1135 Stücken:

Urgebirge	45 pCt.
Uebergangsgebirge	14 "
Kreide	41 "

Auf der Insel Seeland aber gab es keine Berge, aus welchen die Flüsse der Eiszeit fremdes Material herführen konnten, die Gletscherwässer waren auf die Kreideschichten und auf die Moräne angewiesen, so dass jetzt die petrographische Zusammensetzung der beiden Bildungen übereinstimmt. Anders ist es in Sachsen, wo die aus den südlichen Bergen und von dem Gletscher kommenden Flüsse ihren Weg gegen Norden gegen

die Bewegungsrichtung des Gletschers suchen mussten. Hier finden wir wenigstens auf vielen Stellen einen grossen Unterschied zwischen der petrographischen Zusammensetzung des von den Gletscherflüssen abgesetzten Diluvialkieses und dem Geschiebelehm. So fanden z. B. Herr CREDNER und ich, dass der Diluvialkies bei Leipzig (Cormewitz und Napoleonsstein) 88 pCt. bis 92 pCt. Quarze, wesentlich tertiären Ursprungs, 4 bis 6 pCt. Kieselschiefer, 1 bis 2 pCt. Braunkohlenquarzite, 1 pCt. Feuersteine und 2 pCt. fragliche Porphyre enthielten, während der darüberliegende Geschiebelehm nur nordische Blöcke (Granite, Gneisse, rothe Quarzite, Conglomerate, Gabbro) mit Feuersteinen enthielt. Zwar findet man oft im Geschiebelehm Sachsens, wie in fast allen Geschiebelehmen einheimische Geschiebe (die geschliffenen sächsischen Geschiebe von dem Lehme bei Mischütz sind schon oben erwähnt), aber soweit die Beobachtungen im letzten Jahre in Sachsen mit Bezug auf diese Frage angestellt worden sind, hat es sich ergeben, dass der Geschiebelehm nur nordisches baltisches und einheimisches in südlicher Richtung transportirtes Material enthält, während die Diluvialkiese sowohl von Norden als von Süden stammende Gesteine enthalten können. Ueber diese Fragen würden gewiss Beobachtungen in den Grenzländern der alten Eisdecke, also in Sachsen, vor dem Harzrande und in Schlesiens, interessante Resultate ergeben.

Ferner sind in Deutschland folgende Transporte von Geschieben nachgewiesen. Nach Mittheilung von Herrn LOSSEN sind Gesteine, die nördlich vom Harze anstehen, auf den Harzrand transportirt. Jurageschiebe von der Odermündung kommen bei Eberswalde vor (DAMES). Gesteine vom oberen Lias von Grimmen in Vorpommern finden sich erratisch bei Ahrensburg, Oldeslohe und Zarpen, alles zwischen Hamburg und Lübeck (GOTTSCHÉ). Es wird hierdurch eine Gletscherbewegung gegen SW. und WSW. angedeutet.

Wenn man nach allen diesen Angaben Linien von dem Ursprungsorte nach den Fundorten im Diluvium auf einer Karte zieht, dann ergibt sich, dass eine grosse Anzahl von Linien einander kreuzen, ja für jedes charakteristische Gestein sieht es aus, als ob eben der Ursprungsort dieses Gesteins der Ausgangspunkt eines Gletschers sei; so gehen die Linien von Esthland, Gotland, Bornholm, Faxö und Saltholm in Richtungen aus, die zwischen SO. und SW. liegen. Dagegen kommen keine Transportrichtungen in den Quadranten von W. bis N., von N. bis O. oder von O. bis SO. vor. Alle diese Transportrichtungen sind vielmehr auf der Strecke von der Westküste Norwegens nördlich bis nach Nordkap und weiter östlich in Lappland und im weissen Meere zu erwarten, und eben

diese Areale sind vom Meere bedeckt oder, wie das nördliche Russland, wenig untersucht.

Warum die Geschiebe von einem Ursprungsorte bald gegen SO., bald gegen SW. transportirt sind, lässt sich auf verschiedene Weise erklären, doch kann ich nicht entscheiden, welche die richtige ist. Die südwestliche Richtung herrscht auf der Strecke von Holland über Norddeutschland, Süd-Schweden bis nach Esthland vor. Vielleicht ist die südöstliche Transportrichtung, die auch mehrmals vorkommt, nur eine scheinbare, indem sowohl der Faxökalk als der Saltholmer, Arnager und Gotländer Kalk alle früher eine weit grössere Verbreitung in der Ostsee gehabt haben, so dass die südöstlichen Linien, statt nach Faxö, Saltholm, Bornholm und Gotland gezogen zu werden, eigentlich bis zu irgend einem Punkte in der Ostsee, wo das Gestein vor der Eiszeit anstehend war, verlaufen sollten. Andererseits wissen wir, dass die Gletscher lokal ihre Bewegungsrichtung verändern, je nachdem ein Hinderniss zu überwinden ist, oder wenn eine Kuppe oder härteres Gestein im Wege steht. Die einander kreuzenden Gletscherschliffe zeigen deutlich, dass dasselbe mit den grossen Gletscherströmen, die Nordeuropa bedeckt haben, der Fall war. Die Zerstörung eines Schichtensystems durch Gletschererosion konnte den ursprünglichen Weg für eine grosse Strecke ändern, die Quantität von Schnee, die in den verschiedenen Ländern fiel, konnte den einen Gletscherstrom mächtiger als den anderen machen, so dass z. B. der aus Schweden und der Ostsee kommende Gletscher den finnländischen zurückdrängen konnte, indem er sich südlich, südöstlich, und südwestlich ausbreitete. Zu anderen Zeiten wurden die Eismassen von Finnland und Russland so mächtig, dass sie einen Weg nach SW. forciren konnten, wodurch die schwedischen Eismassen eine mehr westliche Richtung einschlugen. Nur durch ein genaues Studium der Geschiebe in den verschiedenen Geschiebelehmen, und durch das Vergleichen nicht nur der sedimentären Gesteine, sondern auch der krystallinischen können wir, wie schon oben erwähnt, hoffen, einmal die verschiedenen Bewegungsrichtungen der grossen nordeuropäischen Gletscherströme kennen zu lernen.

Wir kommen jetzt zu der wichtigen Frage, ob diese Gletscherströme nur einmal oder vielleicht mehrmals die norddeutsche Ebene invadirt haben? A priori ist es ja sehr wahrscheinlich, dass die grossen Eismassen, die von der Menge des in Norden gefallenen Schnees sehr beeinflusst waren, schon aus diesem Grunde Schwankungen unterworfen waren. Eine ähnliche Frage ist es auch, ob die Gletscher sich so weit zurückgezogen haben, und so lange von

der norddeutschen Ebene verschwanden, dass man berechtigt ist, zwei oder mehrere nach einander folgende „Eiszeiten“ anzunehmen. Die Fragen hängen auf das Innigste mit der Gliederung des Diluviums zusammen, und so lange man eine allgemein gültige Gliederung des Diluviums nicht gefunden hat ¹⁾, dürfen diese Fragen nicht im Allgemeinen beantwortet werden. Doch giebt es Profile im Diluvium, bei deren Betrachtung sich dieser Gedanke von grossen Schwankungen des Gletschers oder von zwei oder mehreren „Eiszeiten“ unwillkürlich aufdrängt. Ich mache in dieser Beziehung auf das Profil bei Rixdorf unweit Berlin aufmerksam, wo mir die glacialen Ablagerungen von den Herren BERENDT und LOSSEN gezeigt wurden. Hier liegen von oben nach unten folgende Bildungen:

1. Geschiebelehm, 3 M. mächtig.
2. Sand, im unteren Theile auch Kies und Blöcke enthaltend, ungefähr 10 M. mächtig.
3. Geschiebelehm, 3 M. mächtig, und
4. wieder Sand.

Die beiden Geschiebelehme enthalten geschliffene nordische Blöcke. In dem Sande zwischen den beiden Geschiebelehmen sind Reste von Säugethieren, die mir Herr DAMES vorlegte, gefunden; es sind *Elephas primigenius*, *Rhinoceros antiquitatis*, *Canis lupus fossilis*, *Ovibos priscus*, *Cervus euryceros* etc. Ferner zeigte mir Herr BERENDT ein Rennthierhorn von demselben Fundorte. Auch kommt *Paludina diluviana* hier und zugleich im Geschiebelehm 3. vor.

Die Geschiebe liegen in den Geschiebelehmen kreuz und quer ohne Ordnung und Schichtung. Geschliffene Geschiebe kommen gleichfalls in beiden Lehmen vor; diese haben sich folglich beide unter einem Gletscher befunden und können

¹⁾ Dass eine allgemein gültige Gliederung des Diluviums zu finden ist, muss als sehr zweifelhaft betrachtet werden. Die Bohrungen in derselben Stadt geben ja die verschiedensten Profile, und in der That, wenn man einen modernen Gletscher betrachtet, dann giebt ja derselbe zu den verschiedensten Bildungen Veranlassung. Im Gletscherbache unter dem Gletscher kann eine Bildung von Kies und Sand stattfinden, während zu derselben Zeit in der nächsten Nähe, wo der Gletscher auf dem Untergrunde ruht, eine Grundmoräne, also ein Geschiebelehm gebildet wird; vor dem Gletscher häuft sich wieder eine Geschiebeansammlung als Endmoräne auf, während sich auf den Inundationsflächen des Gletscherbaches vor dem Gletscher thonartige Ablagerungen in den Wasseransammlungen bilden. Obgleich nun die diluvialen Ablagerungen einem derartigen Bilde an vielen Stellen entsprechen, so sei damit nicht behauptet, dass die Unterscheidung z. B. von einem oberen und unteren Geschiebelehm nicht für grosse Strecken gültig sei; wir können aber kaum hoffen, diese Geschiebelehme auf dieselbe Weise, wie z. B. die Zone der *Avicula contorta* verfolgen zu können.

am natürlichsten als zwei Grundmoränen gedeutet werden. Diese beiden Geschiebelehme sind, wie gesagt, durch eine Sandablagerung, die die genannten Säugethierreste enthält, geschieden. Die Knochen machen gar nicht den Eindruck, dass sie einen langen Transport ausgehalten haben, und nach ihrem Vorkommen sind sie jünger als der Geschiebelehm 3. (siehe oben), den sie überlagern, und älter als der Geschiebelehm 1, der über denselben liegt. Danach kann dieses Profil folgende Geschichte der Umgegend von Rixdorf andeuten: Der ältere Geschiebelehm repräsentirt eine ältere Moräne und somit eine ältere Gletscherbedeckung. Die Sandablagerung gehört einer Zeit an, da der Gletscher dort nicht vorhanden war, so dass die genannten Säugethiere damals in der Umgebung lebten. Der Gletscher hatte sich somit zurückgezogen, und die Ablagerung zwischen den beiden Geschiebelehmen gehört einer interglacialen Zeit an. Später kamen aber die Eismassen wieder, wie es der Geschiebelehm 1, also die jüngste Moräne, zeigt. Es muss daran erinnert werden, dass noch andere ältere, durch Bohrungen aufgeschlossene diluviale oder glaciale Bildungen sich unter den hier erwähnten Ablagerungen zeigen. Giebt es mehrere echte Geschiebelehme mit versteinierungsführenden geschichteten Ablagerungen dazwischen, dann ist die konsequente Deutung dieser Bildungen die Annahme von Schwankungen der Gletscher oder von mehreren interglacialen Zeiten. Nicht jede Sand- oder Kiesablagerung, die über Geschiebelehm liegt und von Geschiebelehm bedeckt wird, darf jedoch als ein Zeugniß von einer interglacialen Zeit betrachtet werden, denn sowohl unter als vor einem Gletscher können von den Gletscherwässern solche Ablagerungen abgesetzt werden. Erst durch das Vorkommen von Thierresten, wie die genannten Säugethiere, die ja ebensowenig unter einem Gletscher wie auf dem Boden des Meeres leben konnten, wird eine Annahme von einer interglacialen Zeit wahrscheinlich, wenn nicht sogar nöthig. Künftige Beobachtungen müssen die Frage, ob die Gletscherströme mehrmals dagewesen sind, beantworten. Da die Forscher, die sich mit der Gliederung des Diluviums beschäftigt haben, fast immer zwei Geschiebelehme unterscheiden, ist es nicht unwahrscheinlich, dass sich nur zwei Gletscherinvasionen ergeben werden, dem oberen und unteren Geschiebelehm der deutschen Geologen entsprechend.

Schon oben wurde es erwähnt, wie die Gletscher, welche die norddeutsche Ebene bedeckten, den Untergrund bearbeitet haben. Die Profile von Möens Klint und in Suffolk zeigten, wie der Geschiebelehm zwischen die Kreideschichten hinein-

gedrungen war; dieselben waren als gebogene, losgerissene Kreideschollen in's Diluvium gekommen, und ist die ausserordentliche Grösse dieser Kreideschollen, die mehrmals für anstehendes Gestein gehalten wurden, von verschiedenen Beobachtern erwähnt worden. Erscheinungen, mit den eben in Betracht gezogenen verwandt, wurden in Deutschland bei Halle in der Braunkohlenformation und bei Rüdersdorf im Muschelkalk beobachtet. Braunkohlenflötze waren bei Teutschenthal in's Diluvium geschoben, und bei Rüdersdorf war der Muschelkalk bis zu einer Tiefe von 1 bis 2 M. gebogen und zu gleicher Zeit zerbrochen, und einzelne von den zerbrochenen Stücken waren schon in den Geschiebelehm gekommen. Dass also die Gletscherströme eine zerstörende Wirkung auf dem Untergrunde gehabt haben, geht aus diesen Beobachtungen hervor. Schon mehrmals ist darauf aufmerksam gemacht worden, und es ist von mehreren ausgezeichneten Kennern des deutschen Diluviums stark betont worden, dass Landstrecken in der Ostsee zur diluvialen Zeit zerstört worden sind. Dass die Kraft, welche die grossen Kreideschollen und die Unmasse von Geschieben so weit transportirt, welche den Geschiebelehm zwischen die älteren Schichten hineingepresst, welche die Blöcke geschliffen und die Rundhöcker geformt hat, zugleich die Kraft ist, welche die alten Schichten in der Ostsee zerstört hat, liegt auf der Hand; die Betrachtung des Diluviums führt daher zur Erörterung der Gletschererosion.

Erst bei dem Studium der sedimentären Formationen kann man sich einen Begriff von der Grossartigkeit der in den geologischen Zeiträumen stattgefundenen Erosion bilden. Formationen von einer Mächtigkeit von 5000, ja 10000 Fuss bedecken grosse Strecken der Erde, und die Mächtigkeit aller Formationen vom Silur bis zur Jetztzeit kann wahrscheinlich zu 70,000 Fuss angeschlagen werden. Um das Material zu allen diesen Ablagerungen zu liefern, mussten hohe Berge, ganze Länder mehrmals durch Erosion zerstört werden. Wenn wir daher vor einem tiefen Thal im festen Gestein stehen, dann brauchen wir wegen der Grossartigkeit der Erscheinung kein Bedenken zu haben, anzunehmen, dass ein solches Thal durch Erosion gebildet ist, denn in den sedimentären Formationen liegen Quantitäten von erodirtem Material vor, gegen welche sämtliche Thäler der Welt Kleinigkeiten sind. Dies ist so offenbar und allgemein bekannt, dass es vielleicht Manchem überflüssig erscheint, darauf aufmerksam gemacht zu haben.

Schon HUTTON und PLAYFAIR haben es ausgesprochen, dass „die Flüsse im Allgemeinen ihre Thäler ausgehöhlt

haben“¹⁾, und was diese beiden Autoren über Flüsse und Seen bemerken, ist nicht minder genial als ihre anderen bekannteren geologischen Theorien. Nicht nur haben sie die Thalbildung durch Erosion genau erklärt, sondern sie haben auch, was die Seen betrifft, erkannt, dass „irgend eine Ursache, mit der wir nur wenig bekannt sind, wenn nicht bei der Bildung, so doch gewiss bei der Erhaltung der Seen zu wirken scheint.“²⁾ Nach dem damaligen Standpunkt der Wissenschaft konnte die Bildung der Seen nicht erkannt werden. Der wesentlichste Fortschritt in Beziehung auf die Erosion seit der Zeit HUTTON's und PLAYFAIR's ist die Erkennung der Bildung der Seen durch Gletschererosion, wie wir es dem Director der geologischen Landesuntersuchung von England, Professor RAMSAY verdanken.³⁾ Viele Geologen in Schottland, England, Amerika und in den englischen Colonien haben schon vor vielen Jahren erkannt, dass die Seen und Fjorde in nördlichen Ländern durch Gletschererosion gebildet sind. Durch viele Beobachtungen in Norwegen, Grönland, Baiern und Norditalien habe ich mich von der Richtigkeit dieser Theorie überzeugen können und in dieser Beziehung muss ich auf eine Reihe meiner früheren Arbeiten verweisen.⁴⁾ Auch NORDENSKJÖLD kam bei seinen Untersuchungen der Fjorde in Spitzbergen zu dem Resultat, dass dieselben durch Gletschererosion gebildet wären. „Wenn man“, so bemerkt er, „genau die Ufer der Fjorde untersucht und sieht, wie dieselben sich mehrmals gegen das Innere in Zweige zertheilen, um schliesslich von einem alten Gletschercircus oder von einem noch wirksamen Gletscher quer abgeschlossen zu werden, so sieht man deutlich, dass die gewöhnliche Theorie für Thalbildung, nämlich die Annahme, dass die Thäler auf plutonischem Wege hervorgebracht seien, hier keine Anwendung finden kann, sondern dass die Fjorde Spitzbergens, die von Wasser erfüllten Thalsenkungen, von denen hier die Rede ist, sich nach dem Ende der miocänen Zeit gebildet haben, und zwar durch die denudirende Einwirkung von Eisströmen von einem Inlandeise, das wahrscheinlich viel ausgedehnter als das, welches jetzt das Innere von Spitzbergen bedeckt, gewesen ist.“⁵⁾

Auch von einem Forscher in Süddeutschland, der sich mit

¹⁾ PLAYFAIR: Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth 1802.

²⁾ l. c. pag. 364.

³⁾ Journ. of the geol. Soc. Vol. XVIII. 1862. On the glacial origin of certain lakes in Switzerland.

⁴⁾ Ein Resumé von den Beobachtungen findet sich in: Journ. of the geol. Soc. 1877. On the See-Fjords of North-Greenland.

⁵⁾ NORDENSKJÖLD: Udkast til Isfjordens og Belsomids Geologi. Geol. För. Förh. Bd. II.

der Verbreitung der alten Gletscher beschäftigt hat, ist die erodirende Kraft der Gletscher erkannt worden. Major STARK in München wies nach, „dass die baierischen Seen und die alten Endmoränen überall zusammenfallen, indem die letzteren vor den Seen liegen, und dass die Seen nie ausserhalb der Moränengrenze der Karte liegen, ja dass ausserhalb dieser Grenze nicht der kleinste Teich zu finden ist, welcher nicht durch Menschenhand gebildet worden wäre, während innerhalb derselben zahlreiche Seen und grosse und kleinere Teiche in Menge angetroffen werden.“¹⁾

Obgleich es von vielen ausgezeichneten Kennern der Gletscher und der glacialen Bildungen (RAMSAY, DANA, TYNDALL, GEIKIE, NORDENSKJÖLD und mehreren anderen) nachgewiesen worden ist, dass die Fjorde und die in nördlichen Ländern so überaus zahlreichen Seen durch Gletschererosion gebildet sind, so ist diese Wahrheit von den französischen und deutschen Geologen nicht allgemein anerkannt. Die Gletscherschliffe und die Roches moutonnées sind genau beschrieben worden, die Verbreitung der Blöcke verfolgt, die glacialen Bildungen gegliedert, aber die grossartigsten Wirkungen der Gletscher, die Fjordbildungen und die Seen sind von den meisten Gletscheruntersuchern übersehen worden. In der That befinden sich viele Forscher den glacialen Bildungen gegenüber in derselben Lage wie ein Bergmann, der einen Steinbruch untersuchen will und dann das Gezähe, die Bohrlöcher und ihre Richtung, die Halden u. s. w. beschreibt, aber den Steinbruch selbst und dessen Grösse vergisst. Dass die Erosion der Gletscher erst später erkannt ward, liegt übrigens in der Natur der Sache. Erst mussten die Gletscher selbst und ihre frühere Verbreitung studirt werden, ehe man sich mit der Erosion der alten Gletscher beschäftigen konnte.

Es ist hier die Absicht nicht, diese Theorie über die glacielle Bildung der Fjorde und Seen näher zu erörtern; vielleicht werde ich später Gelegenheit haben, meine Arbeiten über diesen Gegenstand zu sammeln und die analoge Configuration von Norwegen, Grönland, der Schweiz und Schottland, trotz des verschiedenen geologischen Baues nachzuweisen. Augenblicklich interessirt uns nur die Quantität des im deutschen Diluvium liegenden nordischen Materiales und der Einfluss, welcher das Zurücktransportiren desselben nach den Mutterländern haben würde. Eine solche Berechnung der erraticen Massen ist mit Schwierigkeiten verbunden; erstens weil grosse Quanta in der Nordsee und vor der Westküste Nor-

¹⁾ Die baierischen Seen und die alten Moränen. Zeitschr. des deutschen Alpenvereins Bd. IV. 1873.

wegens liegen, und diese Massen sich natürlich jeder Berechnung entziehen. Aber selbst die glacialen Bildungen, die sich über dem Meere befinden, sind nur an wenigen Stellen durchbohrt, so dass man dieselben in ihrer ganzen Mächtigkeit kennt. Nehmen wir aber einen grossen See, z. B. Wenern, welcher der grösste See Schwedens ist, und vergleichen wir denselben mit der Quantität der erratischen Massen auf der Insel Seeland. Wenern ist 5215 Quadr.-Kilom. gross, bedeckt also eine Fläche grösser als ein Drittel des Königreichs Sachsen. Die Insel Seeland ist etwas grösser, nimmt nämlich 6708 Quadr.-Kilom. ein. Die grösste Tiefe Wenerns ist 286 Fuss oder 89 M.; die Tiefen sind übrigens verschieden und kleinere Inseln und Untiefen liegen in dem See, aber die Maximaltiefe ist, wie eben erwähnt, 89 M. Die Insel Seeland besteht aus Geschiebelehm (Rullestensler) und Diluvialkies und Sand (Rullestenssand); wie es in dem See Wenern Inseln und Untiefen giebt, so ragen aus diesen glacialen Bildungen an einzelnen Stellen (so bei Faxö) Kreideschichten hervor, ohne jedoch eine grosse oberflächliche Verbreitung zu besitzen. Während aber die grösste Tiefe Wenerns 286 Fuss ist, so erreicht die grösste beobachtete Tiefe oder die Mächtigkeit der glacialen Bildungen auf Seeland 402 Fuss oder 126 M. Nach JOHNSTRUP ist nämlich bei Slagelse auf Seeland die Kreideformation erst nach Durchbohrung der hier vor Allem aus Geschiebelehm bestehenden glacialen 402 Fuss mächtigen Bildungen angetroffen worden.¹⁾ In Ringsted hat man die Kreideschichten nicht erreicht, obgleich man 332 Fuss (104 M.) in dem Geschiebelehm gebohrt hatte. Die grösste Mächtigkeit der glacialen Bildungen ist hier also 37 M. grösser als die grösste Tiefe des Wenern-Sees. Nun ist, wie oben erwähnt, die Oberfläche Seelands grösser als diejenige des Wenern-Sees. Wenn also die Mächtigkeit des seeländischen Diluviums nach den Grenzen der Insel nicht stärker abnimmt als die Tiefen des Wenern-Sees nach dem Ufer abnehmen, so ergibt sich hieraus, dass die glacialen Bildungen auf Seeland in Quantität die Wassermassen des Wenern-Sees übertreffen, mit anderen Worten, dass das seeländische Diluvium den Wenern-See mehr als ausfüllen würde. Nehmen wir an, dass die Mächtigkeit des Diluviums auf Seeland nach denselben Gesetzen wie die Tiefe des Wenern-Sees abnähme, so scheint diese Annahme nicht übertrieben, da ja das Diluvium auf den Küsten von Seeland fast überall mit einer gewissen Mächtigkeit ansteht, während der Wenern-See seinem Ufer entlang selbstverständlich keine Tiefe hat. Nach dieser Voraussetzung ist die Quantität von

¹⁾ Om Hævnings fænomenerne paa Møens Klint. Skand. Naturf. 1873. Zeits. d. D. geol. Ges. XXXI. 1.

diluvialen Massen auf Seeland 1.8 Mal so gross wie die Wassermengen des Wenern-Sees. Von diesen diluvialen Massen gehören, wie die genauen oben erwähnten Zählungen von FORCHHAMMER zeigen, 40 pCt. den zerstörten Kreideschichten an; das Uebrige sind Gesteine, die in Dänemark nicht anstehen, nämlich 44 pCt. aus dem Urgebirge und 16 pCt. aus dem Uebergangsgebirge. FORCHHAMMER wies ferner, wie oben erwähnt, nach, dass der Geschiebethon auf Seeland dieselbe petrographische Zusammensetzung wie der Geschiebesand hat. Von diesen 40 pCt. Geschieben aus der Kreideformation dürften wohl viele aus schwedischen Kreideschichten stammen; nehmen wir aber an, dass alle dänischen Ursprungs seien, so müssen wir, um die Quantität von fremden erratischen Massen zu finden, 40 pCt. abziehen, und nach den eben gemachten Voraussetzungen würden dann die im seeländischen Diluvium liegenden erratischen fremden Massen 1,08 der Wassermenge des Wenern-Sees ausmachen; diese fremden Massen würden mit anderen Worten den See ausfüllen.

Sich einen genauen Begriff von der mittleren Mächtigkeit des Diluviums in Deutschland, Holland, Dänemark und Russland zu bilden, ist nach unseren jetzigen mangelhaften Kenntnissen schwer. Doch ist es, wenn man sich mit der Grossartigkeit der Erscheinung, um die es sich hier handelt, vertraut machen will, nöthig, dass man mit den zwar nicht genauen, sondern nur wahrscheinlichen Zahlen einige vergleichende Berechnungen vornimmt. Das ganze Gebiet, um das es sich handelt, zerfällt in zwei grosse Theile, das Erosionsgebiet und das Ablagerungsgebiet der grossen Gletscherströme. Das Erosionsgebiet umfasst Norwegen, Schweden und Finnland, die Länder also, wo das anstehende Gestein gewöhnlich nicht durch glaciale Bildungen verborgen ist, wo die Bergmassen mit Gletscherschliffen versehen fast überall zu Tage ausgehen, und wo die Fjorde und Seen als beckenförmige Vertiefungen im festen Gestein in grosser Menge vorkommen. Das Ablagerungsgebiet ist die nordeuropäische Ebene, wo das anstehende Gestein fast überall von den glacialen Ablagerungen verborgen ist, und wo daher Gletscherschliffe verhältnissmässig selten zu beobachten sind. Diese Eintheilung ist natürlich nicht streng durchführbar, denn auch der Boden von Deutschland ist, wie oben erwähnt, der erodirenden Kraft der Gletscher ausgesetzt worden; daher finden sich auch einheimische Geschiebe im Geschiebelehm, und daher kommen Gletscherschliffe noch in Sachsen vor. Auf der anderen Seite sind in unseren nördlichen Ländern bedeutende glaciale Ablagerungen vorhanden. Ein derartiger auffälliger Gegensatz ist in allen alten Gletscherländern, ebenso bei den kleinen mo-

dernen Gletschern und vielleicht am leichtesten in der Gegend der norditalienischen Seen zu beobachten, wo die Moränen und die lombardische Ebene das Ablagerungsgebiet für die aus den Alpenthälern kommenden Gletscher repräsentiren.

Was die aus Norwegen erodirten Massen betrifft, so entziehen sich dieselben der Beobachtung und Berechnung, indem sie in der Nordsee und im Atlantischen Meere liegen. Wir müssen uns auf Schweden und Finnland beschränken. Die Oberfläche von Schweden ist 443,440 Quadr.-Kilom. gross, wovon 42,612 Qu.-Kilom. oder 9,6 pCt. auf Seen fallen. Finnland umfasst 373,536 Qu.-Kilom., davon sind 41,670 oder 11,2 pCt. Seen.¹⁾ Zusammen machen die Länder also etwas über 800,000 Qu.-Kilom. aus.

Berechnen wir nach den oben angeführten Grenzen das Areal, über welches nordische Geschiebe vorkommen, dann ergibt es sich, dass dasselbe in Deutschland mit Dänemark und Holland 400,000 Qu.-Kilom. einnimmt; in Russland ohne Finnland ist das Areal ungefähr 1,700,000 Qu.-Kilom. Folglich macht das ganze Areal ungefähr 2,100,000 Qu.-Kilom. aus. Wenn wir die auf diesem Areal liegenden diluvialen Massen mit den finnländischen und schwedischen Seen vergleichen wollen, dann müssen wir in Betracht ziehen, dass in Jütland norwegische Gesteine zahlreich vorkommen und auch in Holland nachgewiesen sind, obgleich die meisten Geschiebe in diesen beiden Ländern Schweden entstammen. Ziehen wir aus diesem Grunde das Areal, welches in Dänemark und in Holland von glacialen Massen bedeckt ist, oder ungefähr 60,000 Qu.-Meilen ab, so bleibt als Ablagerungsgebiet für schwedische und finnländische Gesteine 2,040,000 Qu.-Kilom.

Die Mächtigkeit der glacialen Bildungen ist sehr verschieden; auf der Insel Seeland fand man, wie oben gezeigt, bei einer Bohrung 402 Fuss (126 M.); auch bei Hamburg und bei Berlin giebt es Bohrungen, die bis über 100 M. in's Diluvium gehen. Gegen die Grenzen nimmt es, wie es scheint,

¹⁾ Der Flächeninhalt von Norwegen beträgt 316,583 Qu.-Kilom., wovon 7581 Qu.-Kilom. oder 2,4 pCt. Seen sind. Obgleich es demnach aussieht, als ob Norwegen an beckenförmigen Vertiefungen ärmer als Schweden und Finnland sei, so ist dies doch nicht der Fall. Die meisten unserer Seebecken sind nämlich vom Meere erfüllt, so dass dieselben als Fjorde an den Küsten auftreten. Die Fjorde sind nicht nur von dem Meere erfüllte Thäler, sondern sie sind auch beckenförmige Vertiefungen. Der innere Theil der Fjorde ist nämlich am tiefsten, und zwar weit tiefer als das Meer an den Küsten und in der Nordsee. Wenn man daher auch die vom Meere erfüllten Becken mit in die Berechnung hineinziehen könnte, dann würde sich wahrscheinlich Norwegen am reichsten an beckenförmigen Vertiefungen oder alten Gletscherbetten zeigen.

an Mächtigkeit ab. Die mittlere Mächtigkeit bei Halle kann somit zu 15—20 M. angeschlagen werden. Ueber die Mächtigkeit in Russland wissen wir nicht viel. v. HELMERSEN giebt einige Mächtigkeiten an, und es scheint, dass weder die Ablagerungsweise, noch die Mächtigkeit von den deutschen Verhältnissen verschieden sind. Es geht aus seinen Beobachtungen hervor, dass Mächtigkeiten zwischen 150 bis 200 Fuss nachgewiesen sind, ohne dass der Untergrund erreicht wurde. Dass auch im Innern von Russland die diluvialen Massen eine nicht unbedeutende Mächtigkeit besitzen, ergibt sich aus einem Profile bei dem Dorfe Kessjkowa, 12 Werst südlich von der Stadt Klin, oder 69 Werst nördlich von Moskau: Ein 7 Fuss mächtiger Lehm lag hier über einer 42 Fuss mächtigen Ablagerung von fremden Geschieben. Die Unterlage dieser glacialen Bildungen war nicht zu sehen, so dass diese Zahl nur die minimale Mächtigkeit repräsentirt.

Die mit dem Diluvium vertrauten Forscher, mit welchen ich über die Mächtigkeit des Diluviums conferirt habe, waren der Ansicht, dass eine mittlere Mächtigkeit von 100 Fuss zu wenig und dass 150 Fuss die wahrscheinliche mittlere Mächtigkeit sei. Da aber ein Theil der diluvialen Massen nicht fremden Ursprunges ist, so werden wir eine Mächtigkeit von 100 Fuss annehmen. Nach dieser Annahme würden die glacialen Massen, wenn dieselben nach Schweden und Finnland zurückgeschafft würden, die Oberfläche dieser Länder, welche, wie erwähnt, 800,000 Quadr.-Kilom. ausmacht, um 255 Fuss erhöhen.

Untersuchen wir nun, in welchem Verhältnisse die diluvialen Massen zu den Seen der beiden Länder stehen. Die Oberfläche der Seen beträgt, wie erwähnt, in Schweden 42,612 Quadr.-Kilom., in Finnland 41,670 Quadr.-Kilom., zusammen also 84,282 Quadr.-Kilom. Leider kennen wir die Tiefen aller der Seen nicht, so dass wir die mittlere Tiefe nicht berechnen können. Die Maximaltiefe des grössten Sees, des Wenern, ist, wie erwähnt, 89 M., und die mittlere Tiefe desselben kann auf kaum mehr als 45 M. veranschlagt werden. Nehmen wir diese mittlere Tiefe des grössten Sees als diejenige aller Seen, so scheint diese Zahl nicht zu klein, und die Wassermenge, die wir dadurch erhalten, eher zu gross als zu klein zu sein. Nach den oben gemachten Voraussetzungen von einer Mächtigkeit der fremden diluvialen Massen von 100 Fuss (13,37 M.) und von einer mittleren Tiefe der schwedischen und finnländischen Seen von 45 M., würden die glacialen Massen die Seen 16 bis 17 Mal ausfüllen.¹⁾

¹⁾ Es ist kaum ein Zufall, dass in der Nähe von den grössten

Bei diesen Berechnungen darf nicht vergessen werden, dass nicht nur Schweden und Finnland, sondern auch der Boden der Ostsee grosse Quantitäten von Geschieben geliefert hat. Vergleichen wir daher die Wassermassen der Ostsee mit den diluvialen Massen.

Die Ostsee mit der bottnischen, finnischen und rigaischen Bucht ist ungefähr so gross wie Schweden, macht nämlich circa 8000 geogr. Qu.-Meilen oder ungefähr 440,000 Qu.-Kilom. aus. Wenn man die Mittelzahl von 130 in der Ostsee gemachten Tiefenmessungen nimmt, so erhält man 284 schwedische Fuss oder 84,4 M. als mittlere Tiefe. Diese Zahl ist wahrscheinlich ein wenig zu gross, da die meisten der benutzten Tiefenmessungen in einiger Entfernung von der Küste liegen. Nichtsdestoweniger würden nach diesen Voraussetzungen die diluvialen Massen hinreichen, um die Ostsee 1,6 Mal auszufüllen.

Natürlich sind die fremden Massen theils aus den Seen, theils aus den Thälern und dem festen Lande, theils aus der Ostsee gekommen. Wie wir eben gezeigt haben, würden dieselben auf Schweden und Finnland vertheilt, die Oberfläche um 255 Fuss erhöhen; sie würden die Seen Schwedens und Finnlands 16 bis 17 Mal und die Ostsee 1,6 Mal ausfüllen. Wir sehen folglich, wenn wir alles Material über die Seen, über das feste Länd und in die Ostsee vertheilen, dass es genügt, um die Seen auszueben und das ganze Land von Schweden und Finnland um 80 Fuss zu erhöhen, und dass dann noch Material vorhanden ist, um die Ostsee auszufüllen.¹⁾

schwedischen und norwegischen Seen Reste von silurischen Formationen auftreten. Dies ist der Fall mit Mjösen, Randsfjord, Tyrifjord, den drei grössten Seen im südlichen Norwegen, ferner mit Wenern, Wetteren, Storsjöer und Siljansjöen in Schweden. Diese Seen scheinen alte silurische Landstrecken zu repräsentiren, die, da sie aus weicheren Gesteinen bestanden, leichter als die härteren krystallinischen Gesteine ein Opfer der Erosion wurden.

¹⁾ Es soll hiermit nicht behauptet werden, dass die Ostsee nur ein Erosionsbett des grossen baltischen Gletscherstromes sei, obgleich auf der anderen Seite ein solcher Gedanke nur wegen der Grossartigkeit der Erscheinung nicht verworfen werden kann. Vor der diluvialen Zeit ist die Ostsee als ein Meer kaum dagewesen. Da wir nämlich im deutschen Diluvium eben die Gesteine von der Umgebung der Ostsee wiederfinden, so müssten, wenn die Ostsee zur eocänen, miocänen oder pliocänen Zeit existirt hätte, zahlreiche tertiäre Versteinerungen im Diluvium auf secundärer Lagerstätte vorkommen. Die tertiären Versteinerungen im Diluvium sind nach ROEMER die Sternberger Kuchen und die Blöcke des Stettiner Gesteins BEYRICH'S, deren Ursprungsort in Deutschland zu suchen ist, und die keine allgemeine Verbreitung haben; von tertiären Versteinerungen ist es der Bernstein und gewisse verkieselte Hölzer, die allgemein verbreitet sind. Wäre die Ostsee vor der diluvialen Zeit also ein Meer dagewesen, dann würde im Diluvium eine Fülle von tertiären marinen Versteinerungen vorkommen, mit den

Bei dieser Berechnung ist keine Rücksicht auf die in Schweden und Finnland selbst liegenden glacialen Massen, die nicht unbedeutend sind, genommen. Da ferner noch in Holland gotländische Geschiebe liegen, so ist zu erwarten, dass dieselben noch weiter nördlich in der Nordsee mit den norwegischen vermischt vorkommen. Ferner gingen wahrscheinlich die subglacialen Flüsse Deutschlands in die Nordsee hinaus, wie es noch in postdiluvialer Zeit der Fall gewesen zu sein scheint, so dass wir auch annehmen müssen, dass viel von dem Detritus dem Meere zugeführt ist. Auf der anderen Seite sind die Ostseeprovinzen als Ablagerungsgebiete betrachtet worden, obgleich sie, wie die erraticen Blöcke zeigen, vielleicht ebenso gut als Erosionsgebiete betrachtet werden könnten. Die grösste Schwierigkeit liegt natürlich in der Feststellung der mittleren Mächtigkeit des Diluviums, welche hier zu 100 Fuss zu veranschlagen ist, was nach unseren zwar mangelhaften Kenntnissen von Diluvium als am wahrscheinlichsten angesehen wurde. Denn es ist zwar die Mächtigkeit nach den Bohrungen bei Hamburg, bei Berlin, auf Seeland und in Ostpreussen grösser, aber anderwärts giebt es ja einige Stellen, wo das Diluvium fehlt und entweder von den Flüssen wieder zerstört worden oder nie dagewesen ist. Aus allen diesen Gründen wird diese Berechnung sehr unsicher; da aber eine mittlere Mächtigkeit von nur 2 M. hinreichen würde, um alle Seen Schwedens und Finnlands, selbst wenn dieselben eine mittlere Tiefe von 45 M. haben, auszufüllen, so geht so viel aus dieser Berechnung hervor, dass die Configuration unserer Länder zur glacialen Zeit wesentlich verändert worden ist, was ja auch längst durch viele Beobachtungen nachgewiesen ist.

Schliesslich muss noch die Frage gestellt werden, ob diese Gletscherströme, als sie sich auf der norddeutschen Ebene

silurischen und den Kreideversteinerungen an Zahl wetteifernd. Nun wäre es zwar ein grosser Sprung von der Nicht-Existenz vor der Eiszeit auf Bildung durch die diluvialen Kräfte zu schliessen, doch lassen sich mehrere Gründe für einen solchen Schluss anführen: Das Vorkommen von Resten leicht zerstörbarer Formationen in der Umgebung der Ostsee, eben wo dieselbe am breitesten ist, das ganz analoge Vorkommen der grossen amerikanischen Seen in weicheren Gesteinen und mit grossartigen glacialen Bildungen an deren Südseiten, die Mächtigkeit und die Entwicklung des Diluviums in den Ländern südlich von der Ostsee, endlich, wie oben erwähnt, die quantitative Seite der Sache. Diese Frage über die Bildung der Ostsee muss natürlich Gegenstand specieller Untersuchungen werden, ehe man sich darüber eine bestimmte Meinung bilden kann. Für die unter analogen Verhältnissen auftretenden amerikanischen Seen nehmen mehrere amerikanische Geologen (Sir LOGAN, NEWSBERRY und andere) eine glaciale Bildung an.

zurückzogen, bei diesem ihrem Rückzuge an irgend einer Stelle verweilten, was durch das Vorhandensein von Endmoränen nachgewiesen werden könnte. Ehe Andeutungen in dieser Richtung gemacht werden sollen, ist eine sowohl in Norwegen als in Baiern und Norditalien gemachte, damit in Verbindung stehende Beobachtung zu erwähnen. Die Seen in Norwegen liegen häufig in Reihen hinter einer Endmoräne. So lassen sich in Norwegen mehrere Reihen hinter einander liegender Endmoränen nachweisen und hinter jedem Moränenzug findet sich eine Reihe von Seen. Diese Seen können zweierlei Art sein; entweder sind sie nur dadurch gebildet, dass die Endmoräne als ein Damm in einer thalförmigen Einsenkung auftritt, so dass sich Wasseransammlungen hinter solchen Moränen bilden. Diese Seen sind meistens untief. Die andere Art von Seen, die hinter der Moräne liegen, sind beckenförmige Vertiefungen im festen Gestein, so dass dieselben auch dann existiren würden, wenn die Moräne weggenommen würde. Major STARK bemerkt in seiner Abhandlung über die bairischen Seen und die alten Moränen mit Recht Folgendes: „Wo sich solche Seen und Teiche finden, werden auch Moränen anzutreffen sein, oder mit anderen Worten: die alten Gletscher hatten eine Ausdehnung, welche mit den nicht durch Menschenhand gebildeten Seen und Teichen ihr Ende erreichte.“ Ferner bemerkt er, „dass als erstes Kennzeichen und practischer Fingerzeig behufs Bestimmung der alten Gletschergrenze, oder, was damit zusammenhängt, der Wirkung der Eiszeit in niedrigeren Breiten, das Vorkommen von solchen Seen und Teichen, begleitet von Torfgründen (Ried, Filz genannt) angesehen werden könne, woran sich in zweiter Linie die Untersuchung anzureihen hätte, ob in deren Nähe alte Moränen angetroffen würden.“

Während die Seen in unseren norwegischen Gebirgen überaus zahlreich sind, während sie in Schweden 9,6 pCt., in Finnland 11,2 pCt. der ganzen Oberfläche bilden, während überhaupt alle Länder, die, wie Schottland, Grönland, Neu-Seeland, Ausgangspunkte für Gletscher gewesen sind, förmlich von ihnen wimmeln, so trifft man in den deutschen Gebirgen, wie im Erzgebirge, Harz u. s. w., die keine Centra der Gletscherbewegung gewesen sind, kaum eine einzige nicht durch Menschenhand gebildete grössere Wasseransammlung an. In dem norddeutschen Flachlande dagegen findet sich vor Allem in der Provinz Preussen, in Pommern und in Mecklenburg eine grosse Anzahl von meistens kleineren Seen. Gegen Süden werden derselben immer weniger, und mit der oben angegebenen Grenze der erraticen Blöcke hören sie auf, um erst wieder in

Baiern an der Nordgrenze der alpinen Gletscher wieder anzufangen, wie es von STARK beschrieben ist.¹⁾

Wenn nun also die Frage gestellt wird, ob sich in Deutschland Endmoränen der im Rückzug begriffenen Gletscherströme finden, dann wendet sich natürlich der Gedanke zuerst nach der Seenplatte. Ich verdanke Herrn BERENDT die Kenntniss einer Anhäufung von Geschieben bei Liepe in Brandenburg, einige Meilen von Eberswalde, und nachdem ich diese besucht habe, zweifle ich nicht, dass die von Herrn BERENDT gegen mich ausgesprochene Vermuthung, dass dieselbe vielleicht eine Endmoräne sein könne, die richtige ist. Der Höhenrücken, welcher sich in westnordwestlicher Richtung hinzieht, hat eine typische Moränenstructur. Die Geschiebe von Granit, Gneiss, Gabbro, Graptolithenschiefer u. s. w. kommen ohne Ordnung vor, in Blöcken bis zu einer Grösse von einigen Kubikmetern zusammengehäuft; zwischen den Blöcken liegt ein sandiger, kalkhaltiger Lehm; Gletscherschliffe kommen auf den Geschieben vor u. s. w. Hinter dieser Endmoräne lag ein See. BOLL hat früher die Verbreitung der Geschiebe in Mecklenburg studirt und giebt an, dass dieselben in drei Streifen vorkommen, die das Land von NW. nach SO. durchziehen.²⁾ Die eben erwähnte Endmoräne ist eben der südöstliche Theil von einem dieser „Streifen von Geröllen“, und BOLL giebt auf seiner Karte die Verbreitung derselben bis nach Fürstenberg an. Hinter dieser Moräne liegen mehrere kleinere Seen; die Fortsetzung der Endmoräne würde ungefähr das Südende des Müritzer Sees treffen. Ausser diesem Streifen von Geröllen wird ferner eine andere ebenfalls in NW. bis SO. oder richtiger zwischen NW. und WNW. streichende Ansammlung von Geröllen auf der Karte von BOLL angegeben. Dieser Streifen streicht an den südwestlichen Enden des Tollense Sees, des Malchiner Sees und mehrerer anderen Seen vorbei, deren Längsrichtung quer auf der Streichungsrichtung der Geröllanhäufung stehen. Weiter gegen NO. liegt noch ein dritter mit den anderen paralleler Streifen an der pommerschen Grenze. Wenn diese Geröllstreifen, was ja wahrscheinlich ist, über ihre ganze Ausdehnung dieselbe Zusammensetzung haben sollten, wie auf der Strecke bei Liepe, so herrscht hier wahrscheinlich ein Verhältniss analog dem aus Norwegen oben erwähnten, da mehrere Reihen von Seen hinter den Moränenzügen liegen. Nach dieser Auffassung zog sich also der Glet-

¹⁾ Die echt vulcanischen Seen, wie die Maare in der Eifel, sind von den Bildungen, um welche es sich hier handelt, ganz verschieden.

²⁾ Geognostische Skizze von Mecklenburg. Zeitschr. d. d. geolog. Ges. Bd. III.

scherstrom bis auf der Strecke von Liepe (in der Nähe vom Oderbruch) bis zum Müritzer See in Mecklenburg zurück; danach zog er sich noch ein wenig mehr gegen NO. bis zu der Linie, die zwischen den südwestlichen Enden des Malchiner Sees und Tolense Sees verläuft, und endlich verweilte er noch auf einer Linie, welche in nordwestlicher Richtung auf der Grenze zwischen Mecklenburg und Pommern hinstreicht. Ob nun die Seen auf der Seenplatte sich in verschiedenen grösseren Reihen, jede Reihe einem Stadium des im Rückzuge begriffenen Gletschers entsprechend, einordnen lassen, kann erst durch spätere Beobachtungen festgestellt werden. Wahrscheinlich aber lassen sich in Mecklenburg drei Züge von Endmoränen mit entsprechenden Seen nachweisen. Die Seen selbst sind dann entweder nur als Wasseransammlungen hinter den Moränen aufzufassen, oder sie sind in den älteren diluvialen, tertiären oder vielleicht noch älteren Schichten durch Gletschererosion gebildet. Darüber müssen Tiefenmessungen und Untersuchungen des geologischen Baues des Ufers entscheiden.

Die oben erwähnte Moräne bei Liepe wird von der Oder beim Oderbruch durchbrochen. Augenscheinlich ist die Oder, wie mir Herr BERENDT auf einer Excursion nachwies, früher nicht durch die Moräne gegangen, sondern ist vor der Moräne, am Fuss derselben entlang nach der Elbe geflossen. Ueberhaupt haben im Allgemeinen die Flüsse die grösste Schwierigkeit, die Moränen zu durchbrechen. Sowohl aus Norditalien, wie aus Norwegen könnte ich Beispiele nachweisen, wo die Flüsse grosse Umwege machen, da dieselben die Moränen nicht durchschneiden können. Dies ist bei dem Studium der alten Flussläufe in Deutschland nicht zu vergessen. BERENDT wies nach ¹⁾, dass die alte untere Elbe nichts anderes als die Vereinigung der ehemaligen Oder und Weichsel ist. Die Weichsel floss in dem grossen weiten Thal über Bromberg, Nakel, Küstrin bis in den jetzigen Oderbruch. Der Fluss wandte sich aber hier keineswegs nördlich durch das heutige, zu jener Zeit als solches nicht bestehende Oderthal, sondern nahm einen noch vorhandenen, weniger bedeutenden Abfluss über Buckow und durch das rothe Luch in einem ausgeprägten Thale, das der Finow-Canal naturgemäss benutzt hat, in seiner bisherigen westlichen Richtung weiter über Neustadt-Eberswalde bis in die Gegend von Oranienburg (BERENDT).

Was kann die Ursache zu diesem sonderbaren alten Flusssysteme sein? Erinnern wir uns an die eben erwähnten Verhältnisse bei Liepe oder beim Oderbruch, so zeigt sich, dass die

¹⁾ Abhandlungen zur geolog. Specialkarte v. Preussen Bd. II. Heft 3.

Oder früher nicht durch die Moräne gegen Norden gebrochen, sondern in westlicher Richtung geflossen ist, weil sie diese grossartige Anhäufung nicht durchbrechen konnte. Wenn es, wie wir annehmen, in Brandenburg und Mecklenburg einen von dem im Rückzuge begriffenen Gletscher gebildeten Moränenzug giebt, dann war die Ostsee noch von Gletschereis erfüllt. Dieser im Rückzuge begriffene, die Ostsee aber noch erfüllende Gletscher dehnte sich wahrscheinlich über Mecklenburg, Pommern und Preussen, überhaupt über die Strecke, die sich durch eine so grosse Anzahl von Seen auszeichnet, aus, und bildete durch seine Endmoränen einen Wall gegen die von Süden her kommenden Flüsse. Die Folge davon war, dass alle diese Wassermassen der Weichsel, der Oder u. s. w. ihren Weg die Endmoräne oder die Gletschergrenze entlang gegen Westen suchen mussten, wie es von BERENDT beschrieben ist. Erst später, nachdem der Gletscher sich längst zurückgezogen hatte, nahmen die Flüsse ihre jetzigen Wege in nördlicher Richtung.

Ich habe es oben versucht, im Diluvium auf dieselbe Weise wie in echt glacialen Bildungen zu observiren. Im Diluvium ist fast noch mehr als in anderen Formationen ein theoretischer Standpunkt nöthig. Diejenige Theorie ist die beste, welche die grösste Anzahl von Beobachtungen für sich zu sammeln vermag. Meiner Ansicht nach werden erst dann die Untersuchungen im Diluvium fruchtbar werden, wenn man die Auffassung TORELL's mit der Theorie von RAMSAY über die Gletschererosion verbindet, indem man zu gleicher Zeit den von mehreren Forschern ausgesprochenen Gedanken von mehreren Eiszeiten vor Augen hat.

Druckfehlerverzeichniss

für Band XXXI.

- S. 69 Z. 15 v. o. lies: „Zevenaar“ statt Jevenaar.
 - 71 - 3 v. o. - „nicht schwer“ statt nur schwer.
 - 89 - 17 v. o. - „Gletscherwässern“ statt Gletschermoränen.
 - 90 - 6 v. o. - „Connewitz“ statt Cormewitz.
 - 95 - 3 v. u. - „Ice-Fjords“ statt See-Fjords.
 - 95 - 1 v. u. - „Belsounds“ statt Belsomids.
 - 99 - 28 v. o. - „60000 Qu.-Kilom.“ statt 60000 Qu.-Meilen.
 - 100 - 4 v. u. - „100 Fuss (31,37 M.)“ statt 100 Fuss (13,37 M.).
 - 219 - 29 v. o. - „Culmfauna“ statt Culmflora.
 - 220 - 9 v. o. - „Floren“ statt Flora.
 - 358 - 6 v. o. - „herausgepresst“ statt gesprengt.
 - 363 - 8 v. o. - „und“ zwischen Zusammenstellung
 und der.
 - 365 - 18 v. o. - „Gesteinsfeuchtigkeit“ statt -thätigkeit.
 - 367 - 20 v. u. - „Rissen“ statt diesen.
 - 374 - 21 v. o. - „Pulverisirung“ statt Polarisirung.
 - 380 - 8 v. u. - „die“ statt der.
 - 382 - 14 v. u. - „Grünschiefer“ statt Glimmerschiefer.
 - 383 - 20 v. u. - „0,71“ statt 8,71.
 - 384 - 9 v. u. - „4,10“ statt 4,40.
 - 385 - 6 u. 7 v. u. lies: Natron 5,77“ statt Natron 0,97
 „Kali 0,94“ statt Kali 5,77.
 - 662 - 1 v. o. lies: „südlichen“ statt nördlichen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Helland Amund

Artikel/Article: [Ueber die glacialen Bildungen der nordeuropäischen Ebene. 63-106](#)