

XI. Zur Diluvialfrage.

(Briefliche Mittheilungen vom 3. Juli 1890.)

Von **F. M. Stapf** in Weissensee.

In seinen „Betrachtungen über die Art und Weise, wie die Geschiebelehme Norddeutschland's zur Ablagerung gelangt sind“ (Mittheilung aus dem mineralogischen Institut der Universität Kiel, Band 1, Heft 2, 1889) kritisirt Herr Professor H. I. Haas (p. 111—124) einige Resultate meiner Arbeit „Ueber Niveauschwankungen zur Eiszeit“ (Jahrbuch der Königl. Preuss. Geol. Landesanstalt, pr. 1888) und bringt dann (p. 124—136) eine Theorie über die Ablagerungsweise der Geschiebelehme, welche sich an meine eben kritisirten Resultate unmittelbar anlehnt und davon ausgeht (p. 132), „dass unsere Geschiebemergel eine Bildung sind, die nicht auf dieselbe Weise abgelagert worden sein kann, als die Grundmoräne der Gletscher der Gegenwart“ (was), „wie mir scheint, von den Anhängern der Inlandeistheorie noch nicht zur Genüge gewürdigt und in Betracht gezogen worden (ist)“. — Das ist eine Umschreibung oder Bestätigung meines von den Herren Berendt und Wahnschaffe „zurückgewiesenen“ (!) Satzes („Niveauschwankungen pp.“ p. 38): „Ein dem Schwedischen Krossstengrus gleiches Gebilde habe ich im norddeutschen Tiefland noch nicht gesehen“; *) oder der Formulirung desselben im neuen Jahrbuch für Mineralogie, 1889, Bnd. 1, S. 263: „Dieser Geschiebemergel ist keine Grundmoräne, wie man sie an Schweizer Gletschern sieht, auch kein Rullstengrus oder Krossstengrus; — aber er lässt sich damit ebensowohl vergleichen wie mit etwas anderem; und dasselbe gilt wohl auch von dem sog. unteren Diluvialmergel (Geschiebemergel) Rixdorfs“; oder meiner Folgerung („Niveauschwankungen pp.“ p. 40): „Wichtiger für die diluviale Bodenbildung als einzelne verschleppte Blöcke und Steine sind lehmige,

*) An m. p. 39: „Eigentliche Lehmlagerungen von einiger Ausdehnung, als unmittelbare Gletscherdeposita, fehlen“ (dem Grönländischen Inlandeis).

sandige, grantige Einschlüsse des Eises, welche zusammen mit etwaigen Geschiebe- und Gerölleeinschlüssen während des Abschmelzens allmählig zu Boden fielen, und wohl am besten die Entstehung des Geschiebelehms erklären. Der feinste suspendirte Schlamm setzt sich ab, wo Strömung und Wassertiefe den Niederschlag gestatten.“

Ich möchte Sie bitten, in Ihren „Mittheilungen“ Herrn Prof. Haas zunächst dafür danken zu dürfen, dass er es wagte, meinen verketzerten Ansichten näher zu treten, einiges davon sogar implicite zu adoptiren; ferner aber auch einige Missverständnisse in des Herrn Professor's Kritik meiner Arbeit berichtigen, und auf einige Irrthümer der neuen Theorie der Geschiebelehmbildung aufmerksam machen zu dürfen, ohne deren Beseitigung dieselbe unhaltbar wäre, während sie, entbehrlicher Anhängsel entkleidet, auf nichts mehr und nichts weniger zurückkommt als auf die von Herrn Professor Haas in seiner selben Abhandlung perhorrescirte Drifttheorie.

Die von Haas intonirten Streitrufe: „Hie Inlandeis — Hie Drift“ werden in der That gegenstandslos, sobald man sich recht überlegt, dass Drift ohne Landeis nicht denkbar ist, dass die geologisch bedeutungsvollsten Glacialphänomene auf Wasserwirkung zurückgeführt werden müssen (weil eine grosse Landeisdecke ohne strömende Schmelzwasserschicht zwischen ihr und dem Untergrund bei den hier vorauszusetzenden klimatischen Verhältnissen überhaupt nicht möglich ist); dass „Drift“, in etwas erweitertem geologischen Sinn, nichts anderes meint als Transport von Detritus durch schwimmendes Eis und Fallenlassen (Ablagerung) des Detritus beim Wegschmelzen des Eises. Drift trat schon ein, sobald der Untereiswasserstrom so tief und breit wurde, dass das Gros des Eises darauf schwamm, wenn auch noch Berge oder Felder desselben an Klippen und Untiefen sitzen blieben, anliefen oder strandeten. Drift fand statt, wenn das flott gewordene Eis auf Eisstauseen oder Landseen schwamm. Drift von Packeis oder einzelnen Eisbergen auf offener See, das ist die „Drift“ der Geologen, ist offenbar nur eine der Modalitäten des allgemeinen Vorgang's. Da es mir ferne liegt, herkömmliche Bezeichnungen verschieben zu wollen, so kann ich principiell gleichartiges auch nicht als ungleichartiges anerkennen, weil es in neue Worte eingekleidet, oder in neuer künstlicher Abgrenzung, auftritt. Hauptsache bleibt hier, dass zwischen das Eis, welches der bisherigen Inlandeistheorie als diluviale Kraftmaschine (wenn nicht gar als Kraft!), Arbeitsmaschine,

Transportmaschine dient, und die bearbeitete Unterlage nun das Wasser tritt; und zwar nicht etwa als Accessorium, sondern als eigentlicher Träger der Kraft und der Lasten.

Es giebt so viele Vorgänge in der Natur und im technischen Leben, welche die sog. specifischen Glacialerscheinungen ohne Beihülfe von Eis unmittelbar erklären, dass man sich fragen darf, ob Eis für das Diluvium nicht überhaupt entbehrlich sei? — und man kann sich nicht verhehlen, dass damit grosse Schwierigkeiten beseitigt wären, welche jetzt durch das Hineinziehen (mittelst Analogieschlüssen) von Eis in altgeologische Vorgänge der Geophysik bereitet werden. Bei dem jetzigen Stand unserer Naturerkenntniss kommen wir aber nicht los von der Annahme nassen eisigen Klima's zur Diluvialzeit, und müssen deshalb mit den Consequenzen desselben auf gleichzeitige geologische Vorgänge rechnen; können dies aber auch um so freier, als die Voraussetzung ausgedehnter Vereisung (auch des Landes), viele Diluvialerscheinungen ungezwungen und leichter erklären lässt, als die Annahme bewegten Wassers allein, und ohne Eisdecke. Diesen meinen Standpunkt gegenüber den Diluvialtheorien würde ich sofort aufgeben können, wenn lediglich die sog. „Glacialphänomene“ auf eine Eiszeit deuteten, und nicht auch botanische, faunistische, mit einem Wort klimatologische, Gründe; selbst kosmische. So gleichgültig es auch den Diluvialgeologen sein mag, aus welchem Gesichtspunkt ich ihre Lehrgebäude betrachte, schien mir diese Erklärung doch geboten gegenüber der Beschuldigung Haas's (p. 112), dass ich gegen das Inlandeis der Diluvialzeit zu Felde zöge; worauf er allerdings einräumt, dass ich kein absoluter Gegner der Annahme von einer diluvialen Inlandeisbedeckung Nordeuropa's sei, dass mir die Drift allein nicht genüge, etc.

Dass das Inlandeis die Ostsee überschritten habe, und südwärts vielleicht die Oberoligocänhügel bei Glogau-Grüneberg erreicht, habe ich („Niveauschwankungen etc.“ p. 72) deutlich gesagt; bestätigt sich aber die Deutung der Schuttwälle in Mecklenburg und der Uckermark als „Endmoränen“ des skandinavischen Inlandeises, so würde dessen Grenze zunächst weiter zurück verlegt werden müssen — 7 Meilen nördlich von Rüdersdorf! — „Trotz der übereinstimmenden Beobachtungen und Untersuchungen von den Geologen der verschiedensten Länder“ (Haas l. c. p. 114) scheint mir aber die Voraussetzung ganz unhaltbar, dass das skandinavische Inlandeis je bis an die schlesischen Gebirge vor-

geschritten sei, weil nach Abschnitt VII: „Das Gebirgsdiluvium des Eulengebirges unter Berücksichtigung der Niveauschwankungen“ („Niveauschwankungen pp.“ p. 74 f.) die Diluvialgebilde am Gebirgsrand — und ich lege hinzu, tief in die Ebene hinein — ganz überwiegend aus heimischem Material bestehen, welchem nordisches in geringem Procentsatz beigemischt ist. Wie könnte eine vom skandinavischen Landeis geschobene Grundmoräne Material führen, das erst aussen vor ihr ansteht? [es sei denn, dass dasselbe bereits vor der Vereisung tief in die Ebene hinabgerathen und in Gesellschaft mit dem nordischen nachmals zurücktransportirt worden wäre]. Die charakteristische Mischung unseres (nichtumgelagerten) Gebirgsdiluviums aus internem und externem Material schliesst die Annahme seines Transportes bis an die Ablagerungsstelle, durch nordisches Schreiteis, aus. Haas's Ausfall gegen Ackermann (lc. p. 116) betrifft mich insoweit, als ich Ackermann's Arbeit benutzt und citirt habe (ohne deshalb aber alle seine Ansichten zu theilen, wie ja auch aus meinen „Diluvialstudien in Lappmarken“ hervorgeht). Ackermann's Arbeit war mir gerade wegen des (von Haas in's Lächerliche gezogenen) Bestrebens, eine Summe complexer Erscheinungen erst zu trennen und dann in conciser übersichtlicher Weise aneinander zu reihen, willkommen; und ich kann die Anmerkung nicht unterdrücken, dass Ackermann vermuthlich ebensowenig wie Haas oder ich an ein theatertableaumässiges Abschliessen und Wiederbeginnen der aufeinanderfolgenden Schwankungen des Ostseespiegels gedacht haben wird, obwohl er dieselben schematisch gruppirte. Den von Haas gegen Ackermann's Darstellungsweise erhobenen Vorwurf könnte man schliesslich jedem Versuch machen, eine, sei es periodische oder unperiodische, Reihe von Erscheinungen zur Erleichterung der Uebersicht in Abschnitte zu bringen, z. B. die jährlichen Witterungsphasen in 4 Jahreszeiten, oder die Tertiärperiode in 4 Unterabtheilungen etc.

Mit welchem Recht Haas (p. 117/119) die Natur der von mir als Strandmale gedeuteten Erscheinungen am Gotthard und am Eulengebirge bezweifelt, ist mir um so weniger verständlich, als er dieselben selbst nicht gesehen zu haben scheint. Es ist mir aber eine Genugthuung für alle Angriffe, denen ich deshalb schon ausgesetzt gewesen bin, dass erst von 1885 ab, nach Veröffentlichung meiner bezügl. Untersuchungen am Gotthard (Geol. Beob. im Tessinthal, 1881—83), die „Säter“ am Glommen, und Terrassen-

linien etc. am schwedischen Fjellrand, die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen haben; und dass nach meiner Schilderung der Eulengebirgischen Strandmale (Jahrbuch der Kgl. Preuss. Geol. Landesanstalt, seit 1883) auch anderwärts in Schlesien solche auftauchten. Die einzige Unsicherheit über die Natur dieser Gebilde kann wohl nur noch darin bestehen, ob sie dem offenen Meer oder grossen Binnenseen ihren Ursprung verdanken. Meine Vermuthung („Niveauschwankungen“ p. 10 Anm.) „dass man einst noch an recht vielen Orten Flachstrandformen wiedererkennen dürfte“ beginnt sich also zu bestätigen; noch vor kurzem sah ich ganz ähnliche Vorkommnisse auch in Siebenbürgen; meine „Diluvialstudien in Lappmarken; (Gaea. 1890, Heft I f; deren zweiter Abschnitt über hohe Strandmale handelt), will ich hier aber nicht heranziehen, um die Erörterung der Frage, wie sie mir vorher lag und hinsichtlich des Gotthard- und Eulengebirges noch liegt, nicht zu verwirren.

Gegen Haas's Argument, dass das von mir in Frage gesetzte ^{praeglaciale} _{glaciale} Meer noch andere Spuren hinterlassen haben müsste als Strandlinien, ist einzuwenden, dass etwaige paläontologische Spuren, welche der Diluvialfegung entgangen wären, der Hauptsache nach unter hundert Fuss dickem Schutt, auf einer Fläche von tausenden von Quadratkilometern, höchstens zufällig durch eins der spärlichst vertheilten Bohrlöcher entdeckt werden könnten; dass aber solche Spuren bei Grüneberg wirklich vorkommen, habe ich in „Niveauschwankungen“ p. 68 nach Jäkel angeführt, welcher (Z. d. D. G. G. 1887, p. 282) von einer Kiesschicht mit grossen nordischen Geröllen, 73—77 m unter Oberfläche, nach Herrn Schröder's Angabe, „Fragmente von Conchylienschalen“ beiläufig erwähnt. Jeglicher Interpretation dieser Anmerkung enthalte ich mich; muss hier aber nochmals auch an die Yoldienähnlichen Thonkörperchen erinnern, welche ich in dem den Lehm unterlagernden blätterigen Thon bei Reussendorf und Seitendorf gefunden habe („Niveauschwankungen“ p. 84/86), und welche wohl verdienten näher untersucht zu werden, anstatt todt geschwiegen oder als Thongallen abgefertigt. Nun hat aber das schlesische Driftmeer in der That noch andere Spuren hinterlassen als Strandlinien, nemlich Lehm- und Thonablagerungen; abgesehen von Strandklippen, und Strandbänken (überhaupt Bildungen von der Kategorie der schwedischen svallgrus, stengärden, strandreflar und dergl.), welches alles im VII. Kap. der „Niveauschwankungen“

beschrieben, und p. 107 resumirt worden ist. Beyrich selbst hat die Strandgerölleablagerung in 555 m M. H. zwischen Hexenstein und Hausdorf (lc. p. 81); eine im Strandsaum liegende lehmige Ablagerung des von mir vermutheten Diluvialmeer's in 560—565 m M. H. (lc. p. 83); u. a. hierhergehörige Vorkommnisse am Eulengebirge gesehen.

Haas's Zweifel an der unrichtigen Deutung der von mir in Geol. Beob. im Tessinthal beschriebenen und auf Bl. I und VII der Gotthardbahnkarte eingetragenen Lithophagenlöcher auf beiden Seiten des Gotthard würden schwerer wiegen, wenn sie auf Selbstanschauung und nicht auf vorgefasster Meinung beruhten. Unter den mancherlei Löchern im Dolomit glaube ich einigermassen solche unterscheiden zu können, welche durch drehende Bohrung erzeugt sind; und zwar auf Grund professionell-technischer, nicht geologischer, Kriterien. Die erst später von Stutz im Erstfelder Thal aufgefundenen Pholadenlöcher habe ich in „Niveauschwankungen“ p. 4 nach *Revue géologique Suisse* erwähnt. Wäre mir damals die in meiner angegebenen Quelle fehlende, von Haas (lc. p. 119; nach *Neuem Jahrb. f. Min.*) citirte Detailbeschreibung zur Hand gewesen, so hätte ich Stutz, Pholadenlöcher vielleicht nicht erwähnt, wenigstens nicht bevor ich sie gesehen hätte; aber keinesfalls möchte ich so kühn wie Haas aus der Lagerfolge von Liasschiefer auf Röthidolomit schliessen (lc. p. 120): „dass es Pholadenlöcher des Jurameer's waren, welche den Röthidolomit anbohrten“. Dies ist eine gänzlich willkürliche Deutung (um mich mit Haas's Worten auszudrücken) und eine um so unwahrscheinlichere, als nach Stutz „die oberste Lage“ des gelben Dolomits von unzähligen Pholaden angebohrt worden ist.

Wenn Haas (lc. p. 120 Anm.) die Voraussetzung eines Driftmeer's gegenüber „einer auf unzählige beweiskräftige Beobachtungen gestützten diluvialen Inlandeisbedeckung“ zu den geologischen Phantasieen rechnet, so scheint er nicht nur zu übersehen, dass viele erfahrene ältere Geologen die von der Existenz des Inlandeis abhängige Drifttheorie nie aufgegeben haben, sondern auch dass er sich selbst, trotz dieser „unzähligen beweiskräftigen Beobachtungen“, veranlasst findet, die Lehre der Ganzeistheoretiker hinsichtlich der Ablagerungsweise des Geschiebelehm's durch eine Theorie corrigiren zu wollen, welche, um möglich zu sein, Drift voraussetzt — wie bereits angedeutet wurde und weiter unten näher erörtert werden soll. In der Wahl seiner Beispiele für

„Erscheinungen welche sich schlechterdings nicht anders als durch Eiswirkung erklären lassen“ ist Haas (l. c. p. 124) übrigens nicht recht glücklich, wenn er „Stauchungserscheinungen“ citirt — denn wer sollte dabei nicht an die Geschichte vom Kieler Bach auf Rügen denken; oder „Gletschertöpfe“ — denn solche sind noch nie durch Eis ausgekreiselt worden, nicht einmal wenn sie unter Gletschern entstanden, wie dies häufig genug vorkommt. (Es ist mir unbekannt, wann und durch wen die frühere Bezeichnung: Riesentöpfe, Strudellöcher, marmites, potholes, jättegrytor — in Gletschertöpfe umgewandelt, und so eine neue „Glacialerscheinung“ geschaffen worden ist, — welche aber des wirbelnden Wasser's ist); oder „geschrammte Stellen anstehender Gesteine“ — denn abgesehen davon, dass solche auch durch schuttbeladene Lawinen, durch ganz gewöhnliche Muhrgänge und sonstiges Schuttschleifen erzeugt werden (Geol. Beob. im Tessinthal, p. 62, 68, 90), verdient die Ansicht derjenigen Geologen, von Murchison bis auf Nordenskjöld, wohl auch ein bischen Beachtung, welche Packeis und Eisbergen das Abschleifen zuschreiben; um so mehr als diese Träger von Schutt und Geschiebellehmmaterial schliesslich irgendwo auflaufen mussten, wenn sie nicht zu bald wegschmolzen.*)

Meinen Gedanken bei Fixirung der mechanischen Bedingungen für Inlandeisbewegung scheint Haas, nach seiner mehrere Seiten umfassenden Kritik (p. 122 f.) zu urtheilen, allerdings nicht richtig erfasst zu haben. Es handelt sich (hier und in ähnlichen Fällen) nicht darum, in bekannte, oder leicht abzuleitende, mechanische oder hydraulische Formeln, gewisse, dem gegebenen Fall muthmaasslich entsprechende, Coefficienten und sonstig enumerische Werthe einzusetzen, um ein Zifferresultat herauszumultipliciren, welches nicht mehr werth wäre als ein ohne Formelkram direkt gemuthmaasstes; sondern lediglich um die Bestimmung von Grenzwerten des Gefälles, ausserhalb welcher Fortbewegung überhaupt nicht mehr stattfinden kann. Demgemäss sind („Niveauschwankungen“ p. 23, 25, 31) meine Voraussetzungen formulirt, und das Unterschieben anderer ist nicht statthaft. Es steht p. 31: „dass es sich hier bei Benutzung hydraulischer Formeln lediglich darum handelt,

*) Trotz alledem wiederhole ich hier aus „Niveauschwankungen“ p. 40: „Gletscherschliffe sind immer noch eins der besten Kriterien für ehemalige Bedeckung einer Landstrecke mit Schreiteis; ganz ähnliche Schliffe können aber auf manchfache andere Weise entstehen“.

über die theoretischen Bedingungen klar zu werden, unter welchen günstigsten Falles Bewegung eintritt. Entsprechen diese Bedingungen der Erfahrung nicht, so wird Bewegung (aus der angenommenen Ursache) um so weniger stattfinden können, als eine Menge Hindernisse vorliegen, die in der Rechnung keinen Ausdruck finden“. Ich habe das Minimalgefälle berechnet, unter welchem Eisbewegung aus vorausgesetzter Ursache eintreten kann; in Wirklichkeit muss — wegen Unebenheiten des Wegs und vielen anderen Bewegungshindernissen — das Gefälle grösser gewesen sein; und ich mache der stricten Inlandeistheorie eine Concession,*) wenn ich dennoch den gefundenen Grenzwert als thatsächlichen gelten lasse; ist es mir doch nicht darum zu thun, eine auf annehmbare Grenzen zurückgebrachte Inlandeisdecke zu bestreiten, sondern lediglich die mechanischen Schwierigkeiten zu beseitigen, welche der Annahme einer solchen entgegenstehen. In welcher Weise bei der Annahme von Thalrinnen, entlang dem schuttbeladenen Untereis-Wasserstrom oder querüber, die theoretischen Bedingungengleichungen sich ändern würden, war für mein diesmal gestecktes Ziel — nämlich Ermittlung eines Gefällegrenzwertes — völlig irrelevant, hat auch nichts mit der „Vorstellung“ zu thun, welche (nach Haas's Vorstellung) ein „jeder denkender Mensch“ über die Oberflächengestaltung Norddeutschland's vor der Diluvialzeit sich machen soll. Der beredete Hinweis Haas's (p. 123) auf das viele Meter mächtige erratische Material zwischen den Mündungen des Rhein's und den nördlichsten Erhebungen des Ural's imponirt mir nicht, so lange dies Material nicht cubicirt und davon abgezogen ist, was nicht von Skandinavien stammt. Dass der schwedische Wall schon vor der Silurzeit zu einem flach gewölbten Flur denudirt war, und dem Inlandeis mit keinen alpinen Gebirgen zum Wegschleifen dienen konnte, erhellt aus der eben rasirten Oberfläche der steil aufgerichteten Krystallinischen Schiefer, worauf wir, ausserhalb der Fjelle, von Småland bis Jemtland die Schichten des Dalasandsteins, Cambriums und Silurs söhlig oder schwebend abgelagert finden. Als wesentliches Material, welches das Eis — oder

*) Meine Annahme, dass der Herd des baltischen Eises an den Syltopparne gelegen habe, ist gleichfalls — als Concession der Glacialtheorie gegenüber — nur deshalb gemacht worden, weil diese Fjellparthie, als die der Ostseeküste nächste und höchste, die günstigsten Gefälle bietet. Dass die Herde des schwedischen Inlandeises in Wirklichkeit östlich von dem jetzigen Gebirgsrücken zu suchen sind, habe ich anderswo in Detail abgehandelt.

die Muhre unter ihm — auf dem damaligen schwedischen Wall zu bewältigen vorfand, stelle ich mir die labilen Klippen, die Gesteinstrümmer, den Kabook-, Laterit- oder Namiebartigen Verwitterungsschutt eines mässigen Berg- oder Hügellandes vor; das Eis fegte, transportirte, schlif und polirte oberflächlich, — an den Zauber einer tief eingreifenden, Berge abtragenden, ganze Thäler und Seebecken auskolkenden, „gewaltigen, dem Inlandeise innewohnenden Erosionskraft“ (Haas lc. p. 130) kann ich aber nicht glauben, nachdem ich bereits 1882, in Geol. Beob. im Tessinthal p. 73 ff., gezeigt habe, welche schleifende Arbeit ein gegebener Eisstrom, in gegebener Zeit, auf Gestein bekannter Festigkeit überhaupt verrichten könnte; — weniger muss er, mehr kann er nicht geleistet haben.

Die Exposition der neuen Geschiebelehmtheorie erinnert an einen Eiertanz, welchen ihr Redactor zwischen Inlandeis und Drift aufzuführen sich zur Aufgabe gestellt hat; und wobei er sich noch mehr verwickelt und verwirrt durch das Hineinziehen einer für den Bildungsvorgang sehr entbehrlichen „Art und Weise der Inlandeisbewegung . . . welche Stapff entgangen ist“ (lc. p. 114). Ich war nicht wenig erstaunt als dies Novum von Haas (p. 133) die Verschiebung des Schmelzpunktes durch Druck präsentirt zu finden, worüber ich doch schon 1881—83 in Geol. Beob. im Tessinthal geschrieben hatte (p. 50): „Ist aber die durch grossen Druck herbeigeführte Herabsetzung des Schmelzpunktes Ursache der Viscosität und Beweglichkeit des Eises, so setzt dieselbe gleichfalls eine Eistemperatur wenig unter 0° , oder von 0° , voraus. Denn um Eis von -1° zu schmelzen, ist schon ein Druck von 133 Atm. oder ca. 1400 m Gletscherdicke erforderlich. Solche Mächtigkeit besitzt kein Gletscher im Tessingebiet und hat nie einer besessen. Unabhängig von der Gletscherdicke kann allerdings auch durch Hemmung der bewegten Masse lebendige Kraft in Druck (resp. Wärme) umgesetzt, und dadurch Schmelzung unter dem Gefrierpunkt herbeigeführt werden. Nach Beseitigung solchen Druckes würde das Geschmolzene auf einem Boden kälter als 0° aber sofort wieder erstarren und festfrieren; die Existenz flüssiger Grundmoräne wäre unmöglich, wenigstens im Winter und unter den oberen Parthieen eines Gletschers; die Bewegung keine continuirliche“; und p. 70: „Die geringe Gletschertiefe schliesst den Gedanken aus, dass das Gewicht des Eises ausgereicht habe, um eine continuirliche Schmelzung am kalten Boden und dadurch Fortbewegung zu erzeugen; der Boden musste wärmer

als 0° sein, damit beides stattfinden konnte. Da aber die innere Temperatur des Gletschereises nahezu 0° beträgt, so genügt ein geringer Druck, damit es im Innern schmelze, um unmittelbar darauf wieder zu erstarren. Dieses ununterbrochene Oscilliren der einzelnen Theile zwischen zwei Aggregatzuständen lässt eine ständig anhebende und ständig wieder gebremste Bewegung zu und verleiht dem Gletschereis als Ganzem gleichzeitig die Eigenschaften des Festen und Flüssigen.“ Da an diesen Sätzen nichts zu ändern war, so habe ich dieselben in den von Haas kritisirten „Niveauschwankungen“ p. 25 und 20 citirt, z. Thl. wörtlich. Wenn aber bei der Verschiebung des Gefrierpunktes durch Druck dem Eis auch Beweglichkeit, oder die Eigenschaft zu fließen, verliehen wird, so bleibt die dazu erforderliche bewegende Kraft nach wie vor die Schwerkraft, welche nun aber auf schwach geneigter schiefer Ebene (von etwa $9'$ nach einer Schätzung in „Niveauschwankungen“ p. 26) die Bewegungshindernisse zu überwinden vermag. Etwas neues ist es also wieder nicht, was Haas (p. 135) sagt: „Auf diese Weise konnte das Inlandeis selbst bei geringerem Gefälle, als sonst nothwendig gewesen wäre, um ein Schreiten desselben anzunehmen, rascher und schneller vorwärts geschoben werden“.

Dass die Eisdecke der ehemaligen Tessin- und Reussgletscher in keinem Fall 700—800 m überstiegen, diese hohen Werthe aber erst durch Aufstauung und am Ende des Stromes (Lago Maggiore) erreicht hat, wurde in Geol. Beob. im Tessinthal p. 61, 63, 66/67 gezeigt; dass die Dicke des Inlandeises im allgemeinen überschätzt worden ist, und in Grönland vielleicht 100—400 m erreichen kann, aber nicht 800 m, wurde in „Niveauschwankungen“ p. 18 ff. entwickelt; dass das ehemalige Lappländische Eis überhaupt ungefähr 600 m dick war, aber in keinem der discutirten Fälle über 800—900 m, in „Diluvialstudien in Lappmarken“ (Gaea. 1890 p. 273 ff.). Diese Dicken reichen aber nicht aus, um den Schmelzpunkt einen einzigen Grad herabzusetzen (von Druck durch plötzliches Aufhalten der Bewegung ist jetzt nicht die Rede); Eis von $-\frac{1}{2}^{\circ}$ auf Boden kälter als $\frac{1}{2}^{\circ}$ unter Null blieb trotz des Druckes an seiner Unterlage gefroren; Abschmelzen von unten — mit oder ohne Unterstützung durch Druck — trat aber ein, sobald die Bodentemperatur 0° überstieg. Diese Hauptbedingung für die Bewegung des Schreiteises musste aber auch bei dem grossen skandinavischen Eis erfüllt sein, sobald es Seen abstaute,

welche nach Suess u. a. Strandlinien am Rand der Fjelle und mitten zwischen denselben zu Meereshöhen von 500—700 m verursacht haben; (Näheres hierüber siehe in „Diluvialstudien in Lappmarken“ II). Mir wenigstens ist es unverständlich, wie eiskaltes Schmelzwasser unter Polzirkelbreite, selbst in Bassins von tausenden von Quadratkilometern, hätte flüssig bleiben können, wenn ihm nicht ständig vom Boden Wärme zugeführt worden wäre. Ueberstieg aber die Bodentemperatur schon am Hochfjell 0° , so muss sie abwärts gegen das Tiefland noch höher gewesen sein; und die ganze Inlandeisfläche musste ständig von unten abschmelzen, ohne dass irgend welche Schmelzpunktverschiebung durch Druck dazu erforderlich war, und jene Wasserfluthen erzeugen, welche auch ohne grosse Gefälle dem Eisrand, oder natürlichen Abzügen unter dem Eis, zuströmend, die wesentlichsten mechanischen Diluvialerscheinungen hervorbrachten. Wie in Wasser eingetauchtes, resp. darauf schwimmendes, Eis durch seinen eigenen Druck an seiner Unterfläche einer Schmelzpunktverschiebung überhaupt unterworfen sein könnte, ist mir übrigens ebensowenig verständlich, wie z. B. dass ein Taucher unter dem Kiel eines schwimmenden Schiffes von dessen Last erdrückt würde. Haas's Ideen über den Einfluss der Schmelzpunktverschiebung durch Druck auf Geschiebelehmbildung stellen sich nicht nur als entbehrlich heraus, sondern in dem Hauptpunkt sogar als unrichtig, — wenigstens insofern dieselben todten Eisdruck voraussetzen. Sobald sie sich aber auf den durch Aufhalten der Eisbewegung hervorgebrachten Druck basiren, folgt schon aus obigen Citaten (Geol. Beob. im Tessinthal, p. 50 und 70) ihre Unhaltbarkeit; denn aus Eis von 0° kann in einer Umgebung unter 0° , eben kein Wasser gequetscht werden, welches bei Aufhören des Druckes (wenn auch nur für einen Augenblick) als Wasser stehen bliebe oder seiner Wege flösse. Dies zeigt schon das bekannte Experiment mit dem von einem Draht durchschnittenen Eisbalken. *) „Dass die untere Bewegungsfläche des Inlandeises nicht fest sein kann“ (wie Haas p. 133 sagt), ist in allen meinen hier citirten Schriften hervorgehoben worden (auch

*) Uebrigens kann in Eis eingeschlossener Detritus, wegen des oscillirenden Wechsels 2er Aggregatzustände im Innern des Eises (veranlasst durch anhebenden und wieder schwindenden Druck), das Eis rascher durchdringen als ausserdem der Fall sein würde; denn wenn ein Eistheilchen momentan flüssig wird, sinkt auch ein darin eingeschlossenes Schlammartikel einen entsprechenden Weg.

in jener über „das „glaciale“ Dwykaconglomerat Südafrika's“); und um nicht dahin missverstanden zu werden, als ob ich mir etwa einen (physikalisch unbekanntem) intermediären Aggregatzustand zwischen Eis und Wasser vorstelle, sei gesagt, dass ich lediglich eine mechanische Mischung von Eis und Wasser (Eisbrühe) im Auge habe.

Dass, wie Haas verschiedentlich hervorhebt, der Geschiebemergel nicht „durch solche gewaltige, unter dem Eis circulirende Schlammströme abgesetzt sein kann“, u. dergl. (p. 122, 124, 125), ist mir ganz unzweifelhaft; theils weil ich in den Grundmoränen jetziger Gletscher nur an solchen Stellen Schmitzen lehmartiger Ablagerungen gesehen habe, wo der Strom gehemmt, über ein gewöhnliches Bett gedrängt, überhaupt lokal zur Ruhe gebracht war; theils weil bei der Tracirung von Aufschlaggräben, Röschen, Schlammgräben u. dergl. erfahrungsgemäss angenommen wird, dass die geringste Wassergeschwindigkeit etwa 0,2 m pr. Sek. betragen muss, wenn das Absetzen von Schlamm, und 0,4 m, wenn Versandung verhindert werden soll; und weil die Wassergeschwindigkeit am Kanalboden nicht übersteigen darf:

auf schlammigem Grund	0,1	m,
„ thonigem	„ 0,15	„
„ sandigem	„ 0,3	„
„ kiesigem	„ 0,6	„
„ grobsteinigem	„ 1,2	„

damit das Bett nicht angegriffen (erodirt, abgespült) wird. Bei Wassergeschwindigkeiten über 0,1—0,4 m konnte also das Absetzen der den eigentlichen Geschiebelehm (ich meine hier nicht dessen Schuttäquivalente) charakterisirenden lehmigen Theile nicht stattfinden; und solche geringe Geschwindigkeiten treten in Kanälen bei Gefällen von 0,000022—0,00035 (kaum $0^{\circ} \frac{1}{10}'$ — $0^{\circ} 12'$ Neigung) ein, wenn als Mittelwerth des Reibungscoefficienten 0,007565 und als Verhältniss zwischen Umfang und Fläche des Querprofils $\frac{1}{5}$ —2 angenommen wird. Obwohl diese, bei Kanälen gewöhnlichen, Verhältnisse nicht für Untereisströme gelten, so bezeichnen die ihnen entsprechenden angegebenen Gefälle immerhin eine untere Grenze auch für solche, während als obere Grenze 0,0095 ($0^{\circ} 33'$) angenommen werden muss, bei welchem Gefälle, nach „Niveauschwankungen“ p. 32, Untereisströme rasch genug fließen, um Detritus zu bewegen, dessen Korndicke der Stromtiefe gleichkommen darf. Es ist also zu übersehen, dass in Untereismuhren