

Über die Entstehung der Förden Schleswig-Holsteins.

Von Herrn **Felix Wahnschaffe** in Berlin.

Sonderabdruck

aus dem

Jahrbuch der Königl. Preuss. Geologischen Landesanstalt

für

1 9 1 2

Band XXXIII, Teil I, Heft 3.

Berlin.

Im Vertrieb bei der Königl. Geologischen Landesanstalt,

Berlin N. 4, Invalidenstraße 44.

1912.

Preis Mark 0,50.

Über die Entstehung der Förden Schleswig-Holsteins.

Von Herrn **Felix Wahnschaffe** in Berlin.

Die Frage nach der Entstehung der Förden, dieser meist tief in die Ostküste Schleswig-Holsteins eingreifenden Meeresbuchten, hat die Gelehrten seit FORCHHAMMER mehrfach beschäftigt, aber erst durch die fortschreitende Erkenntnis in der Glazialforschung war die Möglichkeit gegeben, der Lösung dieser Frage näher zu kommen.

Schon C. ACKERMANN¹⁾ und F. E. GEINITZ²⁾ haben, unter der Annahme, daß die ganze westliche Ostsee am Schlusse der Eiszeit noch ein Festland war, die Ansicht ausgesprochen, daß die Vertiefungen der Förden erst durch eine jungalluviale säkulare Landsenkung unter den Meeresspiegel geraten seien. Nach ACKERMANN sind die Förden Schleswig-Holsteins durch das Untersinken von Flußtälern unter den Meeresspiegel entstanden. GEINITZ hat später seine Ansicht dahin zusammengefaßt, daß das Litorinameer an der mecklenburgischen und holsteinschen Küste in Buchten und Flußmündungstrichter eingriff, die entstanden,

¹⁾ C. ACKERMANN, Beiträge zur physischen Geographie der Ostsee, Hamburg 1883, S. 120.

²⁾ E. GEINITZ, Die Seen, Moore und Flußläufe Mecklenburgs usw., Güstrow 1886, S. 126.

als infolge der Landsenkung die See jene niedrig liegenden Gebiete überdeckte¹⁾).

Wesentlich andere Auffassungen über die Bildung der Förden vertrat demgegenüber H. HAAS²⁾, indem er sich darauf berief, daß die westliche Ostsee bereits in der Interglazialzeit und beim Beginn der letzten Vereisung vorhanden gewesen sei. Nach ihm stellen die Förden alte, vielleicht schon in der Präglazialzeit aus tektonischen Mulden hervorgegangene breite Talrinnen dar, deren Flüsse sich in der Interglazialzeit in der Richtung von West nach Ost in die Ostsee ergossen und in erster Linie die Ausarbeitung der Förden bewirkt haben. Durch das Inlandeis der letzten Vereisung, sowie durch die Tätigkeit der Meereserosion sollen dann die Förden ihre gegenwärtige Ausgestaltung erlangt haben. Das von Osten nach Westen vorrückende Inlandeis schloß infolge seiner aufstauenden Wirkung die Förden an ihrem westlichen Ende durch Stauchungswälle ab und bewirkte, daß nun die Schmelzwasser von dem aufgestauchten Querriegel aus ihren Abzug nach Westen nehmen mußten. Nach HAAS sind die Förden die Produkte der summierten Wirkungen der Erosionstätigkeit des fließenden Wassers, des Meereswassers und des Inlandeises.

In den letzten Jahren hat E. WERTH³⁾ wiederholt darauf hingewiesen, daß die Förden gleich den Fjorden Norwegens und

¹⁾ F. E. GEINITZ, Die Eiszeit, S. 95 (Braunschweig 1906). — In einer kürzlich erschienenen Mitteilung über »Wallbergo (Oser), Rückenberge (Drumlins) und Zungenbecken im nordöstlichen Mecklenburg« vertritt GEINITZ jetzt die Ansicht, daß die breiten oberen Teile der mecklenburgischen NO-Täler, die (bis auf die Warnow) in das mecklenburg-pommersche Grenztal einmünden, als wannenförmige Zungenbecken aufzufassen seien, und daß die holsteinschen Förden als ertrunkene Zungenbecken bezeichnet werden können. (Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1912, Nr. 6, S. 167—169.)

²⁾ H. J. HAAS, Studien über die Entstehung der Förden (Buchten) an der Ostküste Schleswig-Holsteins, sowie der Seen und des Flußnetzes dieses Landes. (Mitt. aus dem Mineralogischen Institut der Universität Kiel 1888.)

³⁾ E. WERTH, Studien zur glazialen Bodengestaltung in den skandinavischen Ländern. Zeitschr. der Ges. für Erdkunde zu Berlin 1907, Heft 1 und 2. Fjorde, Fjärde und Förden. Zeitschr. für Gletscherkunde 1909, Heft 5. Zur Entstehung der Förden. (Eine Erwiderung.) Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges. 1909. Briefl. Mitt. S. 401—404.

den Fjärden Schwedens durch ein beckenförmiges Bodenrelief ausgezeichnet sind, d. h. für sich oder zusammen mit den sie landeinwärts fortsetzenden Rinnen aus einem oder mehreren hintereinander liegenden, durch Schwellen von einander getrennten Becken bestehen. Er hat daher ihre Entstehung nicht auf fluviale Erosion, sondern auf die Tätigkeit subglazialer Schmelzwasser zurückgeführt und besonders betont, daß die Förden wie alle typischen Glazialtäler ein ungleichmäßiges Sohlengefälle im Gegensatz zu echten Flußtälern besitzen. Er hält es für das Wahrscheinlichste, daß die Förden durch subglaziale, dem Eisrande zustrebende Schmelzwasserströme ausgefurcht sind und verhält sich ablehnend gegen die Beziehungen postglazialer Niveauschwankungen zur Entstehung der Fördenbuchten. Dieser Ansicht hat sich auch GAGEL¹⁾ angeschlossen, fügt jedoch hinzu, daß damit noch nicht alle Eigentümlichkeiten der Förden erklärt und alle Schwierigkeiten beseitigt seien.

R. STRUCK²⁾ hat sich 1904 gegen die Ansichten von HAAS über die Entstehung der Kieler Förde gewendet und an den diluvialen Ablagerungen nachgewiesen, daß dort keine Schotter eines interglazialen Flusses vorliegen, sondern in normaler Weise ausgebildete Ausschlammprodukte der Grundmoräne des letzten Inlandeises. Da sich das Eis während der Abschmelzperiode in Schleswig-Holstein von Westen nach Osten zurückzog, müssen die Schmelzwasser von Anfang an nach Westen geflossen sein, und nicht erst der Hornheimer Riegel südlich der Kieler Förde, sondern das im Osten lagernde Inlandeis zwang sie, sich westwärts einen Abfluß zu suchen. STRUCK hat damals die Fördentäler für ein Produkt der Erosionstätigkeit der subaërisch mit natürlichem Gefälle von Osten nach Westen fließenden Schmelzwasser der letzten Vereisung gehalten, die speziell bei der Kieler Förde mehrere zwischen Endmoränenstaffeln gele-

¹⁾ C. GAGEL, Zur Geologie Schleswig-Holsteins. (Dieses Jahrb. f. 1909, Bd. XXX, Teil II, S. 236.)

²⁾ R. STRUCK, Der baltische Höhenrücken in Holstein. (Mitt. d. Geographisch. Ges. und d. Naturhist. Museums in Lübeck. 2. Reihe, Heft 19, 1904, S. 58 ff.)

gene Staubecken nachträglich zu einem Becken vereinigten. Durch die Litorinasenkung gerieten die Täler der Förden unter den Wasserspiegel der Ostsee, wodurch auch die letzten Ausläufer der Fördentäler von der am Rande der Hügellandschaft belegenen Wasserscheide ab jetzt ein von Westen nach Osten sich neigendes Gefälle besitzen. Später hat STRUCK¹⁾ sich dahin geäußert, daß alle Fördentäler gleichzeitig sukzessive mit den Endmoränen bei dem Rückzuge des Eises von den Schmelzwässern ausgefurcht worden sind, aber nicht nur subaërisch, wie er bisher angenommen hatte, sondern daß sie, entsprechend den WERTH'schen Darlegungen, bereits unter dem Eise von den subglazial fließenden Schmelzwässern vorgebildet wurden, wobei die Schwellen verschiedenen Endmoränenstaffeln entsprechen sollen. Die erste Anlage der Täler aber soll auf tektonische Vorgänge in dem prä-quartären Gebirge zurückzuführen sein, wie HAAS bereits angenommen hat.

W. WOLFF²⁾ hat die Förden wie WERTH als radiale Schmelzwasserrinnen bezeichnet. Er suchte jedoch das merkwürdige Ansteigen ihrer Talböden nach dem ehemaligen Eisraude dadurch zu erklären, daß er eine große subglaziale Entwässerung des baltischen Eisstromes nach Norden annahm. Die Förden wurden ihr schließlich tributär, indem die Schmelzwasser beim zunehmenden Abschmelzen des westlichen Eisrandes nicht mehr nach Westen über die Endmoräne hinweg, sondern nach Osten subglazial in die Tiefe strömten. Die Richtung des östlichen Gefälles der Förden wird von WOLFF nicht als Folge der Litorinasenkung angesehen, die nach Westen und Osten außerordentlich weit reichte und den Charakter einer großen einheitlichen Krustenbewegung hatte, inner-

¹⁾ R. STRUCK, Übersicht der geologischen Verhältnisse Schleswig-Holsteins. Festschrift des XVII. Deutschen Geographentages, Lübeck 1909, S. 142—144.

²⁾ W. WOLFF, Über die Entstehung der schleswigschen Förden. Zeitschr. der Deutsch. geolog. Ges. 1909, Briefl. Mitt. S. 224—227. — In dem »Überblick über die geologische Entwicklung Schleswig-Holsteins in der Quartärperiode« (Heimat, Jahrg. 22, Heft 1) hat WOLFF seine Hypothese nicht aufrecht erhalten; er läßt sie jetzt aus Schmelzstromrinnen, Gletscherauskolkungen und zufällig entstandenen Niederungen hervorgehen.

halb welcher Teilbewegungen (Schollenverschiebungen) höchstens eine untergeordnete Rolle gespielt haben sollen. In seiner Erwiderung vertritt WERTH die entgegengesetzte Ansicht, daß die subglazialen Schmelzwasserströme, in der Richtung der Druckentlastung dem Eisrande zustrebend, die Rinnen von Osten her ausgefurcht haben und unter dem Eisdrucke auch imstande waren, an den Endböschungen aufwärts auf die Sanderfläche zu fließen.

Auf dem geologischen Ausflug, der sich an den XVII. Deutschen Geographentag zu Lübeck anschloß, habe ich bei dem Besuche der Kieler und Flensburger Förde die Überzeugung gewonnen, daß es sich bei den Förden um untergetauchte Seen der hügeligen Moränenlandschaft handelt und bin seitdem zu folgenden Anschauungen gekommen: Die Fördenküste Schleswig-Holsteins ist durch das Zusammenwirken zweier Faktoren geschaffen, durch die Lage des seenreichen baltischen Höhenrückens unmittelbar an der westlichen Ostsee und durch das Untertauchen des formenreichen Küstengebietes während der Litorinasenkung. Daß ohne den schleswig-holsteinschen Höhenrücken die Fördenküste nicht vorhanden wäre, können wir daraus folgern, daß sie östlich von Mecklenburg, wo der baltische Höhenrücken der deutschen Ostseeküste fern bleibt, vollständig fehlt. Auch die sich zunächst anschließende Boddenküste Vorpommerns und Rügens hat einen durchaus anderen Charakter. Die postglaziale Senkung der Fördenküste läßt sich sowohl durch die morphologischen Verhältnisse als auch durch bestimmte geologische Vorkommnisse sicher nachweisen und als Litorinasenkung bestimmen.

Gegen diese meine Auffassungen hat GAGEL¹⁾ kürzlich verschiedene Einwände vorgebracht, wobei er meine Ansichten unvollständig wiedergegeben hat. Er meint, die »ganz unverkennbare Talform« widerstreite auf das entschiedenste der Annahme, daß

¹⁾ C. GAGEL, Fortschritte in der Erforschung Schleswig-Holsteins. (Geologische Rundschau 1911, Bd. II, Heft 7, S. 428.) — Dasselbe als: Neuere Fortschritte in der geologischen Erforschung Schleswig-Holsteins. (Schriften des Naturwissenschaftl. Vereins f. Schleswig-Holstein, Bd. XV, Heft 2.)

die Förden einer zufälligen Aneinanderreihung von Grundmoränenseen und der Litorinasenkung ihre Entstehung verdanken. Nun habe ich aber keineswegs nur von Grundmoränenseen gesprochen, sondern in dem Aufsatz »Anzeichen für die Veränderungen des Klimas seit der letzten Eiszeit im norddeutschen Flachlande«¹⁾ gesagt: »Die Förden Schleswig-Holsteins sind gesenkte Seen und Seenketten der formenreichen Grund- und Endmoränenlandschaft, die durch das Meer erweitert und miteinander verbunden worden sind. Wo die Küste vorwiegend flach und einförmig war, wie in Hinterpommern, konnte die Senkung auch keine mannigfaltigen Formen hervorrufen«. Später habe ich diese Ausführungen noch folgendermaßen ergänzt: »Erst die Litorinasenkung führte an der Ostküste Schleswig-Holsteins, wo der baltische Höhenrücken unmittelbar an die Ostsee herantritt, zur Bildung der Förden aus den gesenkten Seen und Seenketten, die durch das Meer erweitert und miteinander verbunden wurden. Die Förden weisen daher auch recht mannigfaltige Formen auf und geben dadurch zu erkennen, daß sie aus verschiedenen Typen unserer baltischen Seen (Grund- und Endmoränenseen, schmaleren und breiteren Rinnenseen) hervorgegangen sind«²⁾.

Daraus geht klar hervor, daß ich die häufig zu Seenketten vereinigten Rinnenseen ebenfalls zu den Seen rechne, aus denen die Förden entstanden sind, und zwar in erster Linie, wie ich hier noch besonders hervorheben will. Die gleichförmigen Rinnenseen sind bekanntlich — neben den Grundmoränenseen von mannigfaltigem Umriß und wechselnder Bodenform — der verbreitetste Seentypus auf dem baltischen Höhenrücken, was GAGEL selbst betont hat, und sind auch im mittleren Teile Norddeutschlands, wo die Grundmoränenseen mehr und mehr zurücktreten, noch zahlreich vorhanden. Die talähnliche Form der Rinnenseen, die aus ihrer Aneinanderreihung zu Seenketten entsteht, ist daher nicht nur gewissen Förden eigen, sondern kann überall in Nord-

¹⁾ Zeitschr. der Deutsch. geolog. Ges. 1910, S. 276—278.

²⁾ F. WAHNSCHAFTE, Über die Gliederung der Glazialbildungen Norddeutschlands und die Stellung des norddeutschen Randlösses. (Zeitschr. f. Gletscherkunde 1911, Bd. V, S. 337.)

deutschland beobachtet werden, wo diese typischen glazialen Schmelzwasserrinnen vorkommen, die teils vor, teils unter dem abschmelzenden Eise entstanden sind. Ich erinnere hier nur an die langgestreckte Kette der Gamenseen mit den dazu gehörigen Talverbindungen und trennenden Schwellen, die sich über die Meßtischblätter Wölsickendorf, Prötzel und Strausberg in der Mark Brandenburg hinzieht, und an die Seenkette des Grunewalds, die im Kleinen ebenfalls ein charakteristisches Beispiel einer glazialen Schmelzwasserrinne ist. Wenn GAGEL ferner sagt, »daß aber Förde und Fördental ein einheitliches Gebilde sind, und daß die Fördentäler nicht später durch postglaziale Erosionswirkungen entstanden sind, ergibt der Augenschein«, so hat er damit wohl meine Bemerkung gemeint, daß die untergetauchten Seen und Seenketten durch das Meer erweitert und miteinander verbunden worden sind, was auf die Mündungen der Förden zu beziehen ist. Über postglaziale Erosionswirkungen auf die oberhalb der Förden gelegenen Fördentäler, die talartigen Fortsetzungen der Förden, habe ich mich garnicht geäußert. Die Ausführungen GAGEL's über die Entstehung der glazialen Schmelzwasserrinnen widerlegen also meine Ansichten über die Entstehung der Förden in keiner Weise, denn die glazialen Rinnenseen Schleswig-Holsteins entstanden während des Rückzuges der letzten Vereisung, lange vor der Ausbildung der Fördenküste durch die postglaziale Litorinasenkung.

Was GAGEL's Ansicht betrifft, daß alle Förden die ganz unverkennbare Talform der Rinnenseen zeigen, so möchte ich darauf hinweisen, daß WERTH's Schema der radial angeordneten Schmelzwasserrinnen durchaus nicht auf alle Förden paßt, sondern daß wirklich verschiedene Typen zu erkennen sind. So kann z. B. die Flensburger Förde mit ihrem z. T. buchtenreichen Umriß und ihren beiden senkrecht auf einander stoßenden Teilen nicht als ursprünglich einheitlicher Rinnensee aufgefaßt werden¹⁾. Ferner

¹⁾ Anmerkung während des Druckes. Von der Richtigkeit meiner Auffassung habe ich mich bei einer Befahrung und Begehung des westlichen Ufers der Flensburger Förde im August dieses Jahres von neuem überzeugen können. Die mit Oberem Geschiebemergel bedeckte wellige Grundmoränenlandschaft taucht unter den Wasserspiegel der Förde unter und tritt in den beiden Ochseninseln bei Süderhaff wieder zu Tage.

haben verschiedene Förden breite beckeuförmige Teile, so die Augustenburger Förde, der dänische nordöstliche Kolding-fjord und der Horsensfjord mit seinen vorgelagerten Inseln.

Ich komme nun zur »sogenannten« Litorinasenkung, wie GAGEL¹⁾ sie nennt, da sie von ihm als ein großes allgemeines Phänomen an der deutschen Ostseeküste nicht anerkannt wird und in keinem wesentlichen Zusammenhang mit dem Fördenproblem stehen soll. Vielmehr soll sie, wenn sie überhaupt eingetreten ist, sicher nur eine sehr geringe Bedeutung und ein geringes Ausmaß besessen haben. Doch hat er seine Ansichten in bezug auf den angeblich geringen Senkungsbetrag schon erheblich modifiziert. Nachdem er im Jahre 1909 nur im alleräußersten Falle nördlich von Lübeck²⁾ eine Senkung von etwa 5 m zugestehen wollte, will er schon 1910 eine lokale Senkung von allerhöchstens 20 m annehmen (Oderbank 14 — vielleicht 20 m, Kiel 14—17 m, Travemünde mindestens und höchstwahrscheinlich auch wirklich nur 12 m, Rostocker Heide, Terrassenverbiegung 18 m, Rügen höchstens 10 m)³⁾. Es soll sich aber nur um durch-aus lokale, von einander unabhängige und in ganz verschiedenem Ausmaß erfolgte Senkungen handeln, um unregelmäßige kleine Schollenbewegungen, die nicht alle gleichmäßig aufgetreten sind.

Für diese letztere Ansicht beruft sich GAGEL⁴⁾ in erster Linie auf das Vorkommen der Buche in der submarinen Torfschicht an der Flensburger Förde. Diese Schicht ist jedoch wissenschaftlich gar nicht untersucht, die Fundangaben beruhen lediglich auf Mitteilungen des Baggermeisters. Der Torf liegt 8 m tief, bei einer Wassertiefe von 4 m unter 4 m Sand, Ton und Mudde und enthält Blätter, Früchte und Holz. »Unter den Früchten sollen sich auch Bucheneckern befunden haben, was nach den bisherigen Erfahrungen nicht zu der tiefen Lage und dem Alter der Schicht

¹⁾ Geologische Rundschau, Bd. II, Heft 7, S. 427.

²⁾ Zur Geologie Schleswig-Holsteins. Dieses Jahrb. f. 1909, Teil II, Heft 2, S. 248.

³⁾ GAGEL, Die sogenannte Ancylushebung und die Litorinasenkung an den deutschen Ostseeküsten. Dieses Jahrb. f. 1910, I, S. 222.

⁴⁾ Ebenda, S. 219—220.

stimmen würde, ferner Eicheln. Unter den Hölzern will man Hainbuchen und Eichenholz erkannt haben. Die Torfschicht ist mit 10 $\frac{1}{2}$ m Tiefe noch nicht durchteuft, das Liegende ist daher unbekannt. Ich rechne den Torf zu den Prälorinabildungen«, schreibt WOLFF¹⁾. Dagegen folgert GAGEL aus dem angeblichen Vorkommen von Bucheneckern, die unverkennbar seien, daß die Senkung in der Flensburger Förde erst später als die sonstige Litorinasenkung und zwar ganz erheblich später, nach dem Erscheinen der Buche, eingetreten sei. Die postglaziale Einwanderung der Buche hat allerdings wahrscheinlich erst um die Mitte der Litorinazeit begonnen, sodaß, wenn wirklich Buchenreste in dem Torf vorhanden gewesen sein sollten, die Senkung in die zweite Hälfte der Litorinazeit zu setzen wäre. Da aber, wie schon erwähnt, das Vorkommen der Buche in dem erwähnten submarinen Torf noch keineswegs sicher nachgewiesen ist, müssen wir es vorläufig noch mit einem Fragezeichen versehen. Jedenfalls aber müßte die Flensburger Torfschicht nicht zu den Prälorinabildungen, sondern zu den limnischen Bildungen der Litorinazeit gerechnet werden.

Die postglazialen Verhältnisse der Kieler Förde sind bekanntlich von WEBER²⁾ eingehend untersucht. Nach ihm war dieses Gebiet ursprünglich eine Süßwasserlandschaft mit einer Reihe von Süßwasserseen, die erst durch die Litorinasenkung unter den Meeresspiegel geriet. GAGEL glaubt jedoch, daß hier eine sehr frühe Senkung eingetreten sei, die sehr lange vor der Überflutung durch das Litorinameer begonnen habe. Nach meiner Auffassung ist aber der Beginn der Senkung der inneren Kieler Förde mit dem Anfang der Litorinasenkung gleich zu setzen. Diese äußerte sich in dem Gebiet der küstennahen Binnenseen anfangs nur durch ein Steigen des Wasserspiegels infolge veränderter Abflußverhältnisse, wodurch die frühneolithische Be-

¹⁾ WOLFF, Bericht über die Exkursionen nach Langensfelde und nach Flensburg, Sonderburg und Steensigmoos (Halbinsel Broacker). Zeitschr. der Deutsch. geolog. Ges. 1909. Briefl. Mitt. S. 445.

²⁾ C. A. WEBER, Über Litorina- und Prälorinabildungen der Kieler Förde. (Engler's Botanische Jahrbücher. 35. Band, 1. Heft, 1904.)

völkerung, die an den Seeufern wohnte, gezwungen wurde, ihre Wohnplätze aufzugeben. Auch WEBER nimmt zunächst eine Überflutung mit süßem Wasser an. Es begann eine zunehmende Versumpfung des früher bewohnbaren Geländes, das sich mit einem Erlenbruchwald bedeckte. Die Senkung der ehemaligen Süßwasserlandschaft im Gebiete der Kieler Förde ist daher mit der beginnenden Litorinaseenkung sehr gut in Einklang zu bringen. Die unter dem Bruchwaldtorf unmittelbar über dem Geschiebesand gefundenen frühneolithischen Artefakte (WEBER's Profil I) gehören noch dem Ende der Ancyluszeit an, der Bruchwaldtorf dagegen, in dem WEBER außer Erlen auch Reste von Birken, Pollen von Kiefern, Linden und Eichen nachgewiesen hat, ist nach meiner Ansicht bereits dem Beginn der Litorinazeit zuzurechnen. Im Profil IV ist eine Senkung von 14,10 m nachgewiesen. Die tiefe Lage des Brackwassertorfes im Profil III (17,2—17,9) vor der Schwentinemündung möchte WEBER durch eine Verwerfung erklären, weil derselbe Torf im Profil I, 100 m von Profil III entfernt, 9 m höher liegt. Ich halte es jedoch für möglich, daß die Oberflächenformen des Geschiebesandes hier ursprüngliche Unregelmäßigkeiten aufgewiesen haben.

Die Verhältnisse bei Travemünde sind von P. FRIEDRICH¹⁾ auf Grund von Tiefbohrungen erforscht, die ganz ähnliche Resultate wie bei Kiel ergeben haben. GAGEL will jetzt, wie schon erwähnt, bei Travemünde eine Senkung von mindestens 12 m zugeben, wobei er hinzufügt, daß der nachgewiesene Minimalbetrag von 12 m auch annähernd dem wirklichen Betrage der Senkung im Untertravegebiet entspreche. Zu der 1905 veröffentlichten Bohrung bei der Villa Possehl in Travemünde, wo unter angeschwemmtem Seesand und grünlichem Ton in einer Tiefe von — 11,10 m Waldtorf gefunden wurde, der Reste von Erlen, Pollen von Birke, Linde und Eiche enthielt, sowie zu einigen älteren Bohrungen auf dem Priwall sind jetzt eine Reihe neuer Bohrungen auf dem Priwall hinzugekommen, die 1911 ausgeführt und unter-

¹⁾ P. FRIEDRICH und H. HEIDEN, Die Lübeckischen Litorinabildungen. (Mitteil. der Geographischen Gesellschaft und des Naturhist. Museums in Lübeck. Heft 20, 1905.)

sucht worden sind. In der kürzlich erschienenen Abhandlung von FRIEDRICH und HEIDEN¹⁾ über »die Litorina- und Prälitorina-bildungen unter dem Priwall bei Travemünde« sind die Resultate dieser eingehenden Untersuchungen mitgeteilt. Unter jüngerem Seesand und Litorinationen sind in mehreren Trockenbohrungen in Kalk- und Torfmuddeschichten von WEBER limnische Süßwasserablagerungen verlandender Seen nachgewiesen, die an Baumresten vorwiegend Kiefer, ferner Erle und Birke enthalten. Pollenkörner der Eiche sind sehr spärlich. Die Landsenkung beträgt nach WEBER hier allermindestens 21 m. Während FRIEDRICH anfangs einen Senkungsbetrag von 50 m, später von 30 m²⁾ angenommen hatte, schließt er sich jetzt auf Grund der neuen Tiefbohrergebnisse WEBER's Auffassung an.

Die tiefen Depressionen des Untertravegebietes, in denen 1909 auf dem Priwall bei Villa Potente unter den Litorinaschichten noch Süßwasserbildungen (Tone und Sande mit Süßwasserconchylien) bis zu — 48 m erbohrt worden sind, habe ich dadurch erklärt, daß hier in der Ancylus-Zeit ein von der Ostsee noch abgeschlossen, in sich zusammenhängendes Seengebiet³⁾ der Moränenlandschaft vorhanden war, das erst durch die Litorinasenkung mit dem Meere in Verbindung trat. Eine bis auf 50 m Tiefe herabgehende Flußerosion während der Ancylus-Zeit, die FRIEDRICH früher bei entsprechend höherer Lage des lübeckischen Küstengebietes angenommen hatte, gegen die jedoch verschiedene Schwellen im Bett der Untertrave sprechen, wird durch diese Erklärung überflüssig gemacht. GAGEL's Ansicht, daß die Untertrave aus einer Schmelzwasserrinne des Endmoränengebietes hervorgegangen sei, steht mit meiner Auffassung von dem früheren Vorhandensein eines zusammenhängenden Seengebietes in keinem Widerspruch, wenn ich auch für möglich halte, daß auch noch andere Seenformen in der Moränenlandschaft bei Travemünde vorhanden gewesen sind. Dagegen hat

¹⁾ Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft und des Naturhistorischen Museums in Lübeck. 2. Reihe. Heft 25, 1912.

²⁾ P. FRIEDRICH, Der geologische Aufbau der Stadt Lübeck und ihrer Umgebung, Lübeck 1909, S. 54.

³⁾ Zeitschrift d. Deutsch. geolog. Ges. 1910, S. 278.

er die Bedeutung der Litorinassenkung für die Entstehung der Förden, ebenso wie WERTH, von Anfang an verkannt, weil er die tiefe Lage der Förden hauptsächlich durch ihre subglaziale Entstehung erklären zu können meinte. Nach GAGEL ist die Untertrave keineswegs ein einfaches »ertrunkenes« Flußtal, sondern eine unzweifelhafte Schmelzwasserrinne, die in umgekehrter Richtung erodiert ist. Die Konsequenz, daß sie eine ertrunkene Schmelzwasserrinne ist, hat er jedoch nicht gezogen. Er ist auch jetzt noch der Ansicht, daß die Litorinassenkung an dem Bilde und der orographischen Situation der Förden nichts Wesentliches mehr geändert habe.

Für GAGEL¹⁾ ist der Limfjord in Nordjütland ein Beispiel dafür, daß ein an der Küste gelegener Süßwassersee durch einen Einbruch des Meeres infolge gewaltiger Sturmfluten dauernd mit dem Meere in Verbindung treten kann, ohne daß eine Senkung der Küste stattgefunden hätte, wie es sich am Limfjord vor 100 Jahren tatsächlich ereignet habe. Aber mit demselben Recht können wir dieses Fjordgebiet als Beweis für wiederholte postglaziale Niveauschwankungen in den Küstengebieten anführen, denn nach den Untersuchungen der dänischen Geologen folgte auf die ansehnliche spätglaziale Senkung des nördlichen Jütland am Ende der Yoldiazeit eine Hebung, durch welche in der Ancyluszeit eine Landbrücke zwischen Jütland und Schleswig-Holstein über die dänischen Inseln nach Südschweden geschaffen wurde. Später trat die Senkung der Tapeszeit ein, die der Litorinazeit der Ostsee entspricht. »Der nordöstliche Teil von Jütland senkte sich zum zweiten Male unter seine jetzige Lage — jedoch nicht so tief wie in der Spätglazialzeit — und der nördlich des Limfjords gelegene Teil des Landes wurde in eine Anzahl von Inselchen aufgelöst²⁾.« Schließlich wurde noch vor dem Ende der Steinzeit im nordöstlichen Dänemark die Senkung durch eine erneute letzte Hebung abgelöst.

Über die Senkung des Nordseegebietes geben die eingehenden

¹⁾ Die sogenannte Ancylushebung usw. S. 217.

²⁾ N. V. USSING, Dänemark S. 26 (Handbuch der Regionalen Geologie, Heidelberg 1910).

den Untersuchungen von F. SCHUCHT¹⁾ Aufschluß. Danach bestehen die tiefsten Alluvialbildungen der deutschen Nordseeküste vielfach aus Waldmooren, unter denen Geschiebemergel erbohrt wurde. Hieraus folgert er, daß hier im Untergrunde der Marschen eine um mehr als 20 m gesunkene Geestlandschaft vorliegt, die in der Litorinazeit unter den Meeressedimenten begraben wurde. Diese Senkung ist jedoch seit mehr als 2000 Jahren zum Stillstand gekommen.

Für eine postglaziale Senkung der Ostseeküste spricht auch die Boddenküste in Vorpommern und Rügen, worauf schon mehrfach hingewiesen ist. So ist schon R. CREDNER²⁾ zu der Erkenntnis gelangt, daß sowohl die das Eiland Rügen durchziehenden, als auch die dasselbe von dem Festlande trennenden Meeresteile von der Erosion unabhängige Bildungen sind und zwar der Hauptsache nach ursprünglich vorhandene Einsenkungen repräsentieren, welche unmittelbar aus der Konfiguration des von Moränenmaterial der jüngeren Eiszeit aufgebauten Bodens hervorgegangen und später von der Ostsee überflutet und in deren Bereich einbezogen worden sind. PENCK³⁾ nennt die Förden Schleswig-Holsteins die unter das Meer getauchten rinnenförmigen Seetäler, die Bodden Vorpommerns die untergetauchten rundlichen Wannen der Seenplatte.

Einen anderen Standpunkt nimmt dagegen WERTH⁴⁾ ein. Er findet es auffallend, daß die Fördenbuchten auf die westliche Küste der Ostsee beschränkt erscheinen und nicht auf die aus ganz gleichartigen Ablagerungen bestehende Südküste übergehen. Die Ursache hierfür soll in den starken Veränderungen liegen, welche diese Küste in nachglazialer Zeit durch die von West- und Nordwestwinden beherrschten Strömungen erfahren hat. Vorspringende Landspitzen wären dabei abgetragen und das Schutt-

¹⁾ F. SCHUCHT, Über die säkulare Senkung der deutschen Nordseeküste. Jahresber. der Männer vom Morgenstern, Jahrg. XI. Hannover 1910. — Die Entstehung der ostfriesischen Inseln. 4. Jahresber. des Niedersächs. Vereins 1911, S. 140.

²⁾ R. CREDNER, Rügen. Eine Inselstudie, S. 93. (Stuttgart 1893.)

³⁾ A. PENCK, Die Erdoberfläche (Geographisches Handbuch von A. Scobel, Bielefeld und Leipzig 1909. 5. Auflage. I. Bd. S. 184).

⁴⁾ E. WERTH, Das Eiszeitalter. Leipzig, G. J. Göschen 1909, S. 107—108.

material vor die Einbuchtungen geworfen. Nach meiner Ansicht liegt jedoch der Grund für die verschiedenartige Ausbildung der Ostseeküste in den ursprünglich verschiedenen Oberflächenformen der Küstengebiete, die nur im Westen und Südwesten durch den baltischen Höhenrücken eine reiche Gliederung besitzen und nach Osten zu immer einförmiger werden, weil hier die flachwellige und ebene Grundmoränenlandschaft an die Küste herantritt.

Bei den Bodden ist das Meer nicht in tiefe Seen des baltischen Höhenrückens, sondern in Niederungen der flach welligen Grundmoränenlandschaft und in alte Talzüge eingedrungen. Daraus entstanden der Saaler und Bodstedter Bodden, der Barther Bodden, der Grabow und die vielen Bodden und Wicks, welche die Insel Rügen umgeben und in sie eingreifen. Auch das Achterwasser der Insel Usedom und der Kamminer Bodden gehören noch hierher, denn die Inseln Usedom und Wollin sind erst durch die Litorinasenkung vom Festlande abgetrennt. Der Kleine Jasmunder Bodden mit seinen verschiedenen Halbinseln macht ganz den Eindruck einer untergetauchten welligen Moränenlandschaft mit flachen Depressionen. Auch der westliche Teil des eben erwähnten an der Nordsee gelegenen Limfjords hat ausgesprochenen Boddencharakter. Nach der Litorinasenkung, auf die eine geringe Hebung folgte, wurden die Bodden von den durch Küstenströmungen gebildeten Nehrungen von dem Meere wieder abgeschlossen. Die schmale Heide und die Schabe Rügens sind charakteristische Beispiele dafür.

Die von H. SPETHMANN¹⁾ herausgegebene Tiefenkarte der Beltsee läßt eine vergleichsweise junge Überflutung dieses Gebietes ebenfalls klar hervortreten und zeigt, daß die westliche Ostsee ein außerordentlich reich entwickeltes Gelände gegenüber dem Boden der Ostsee und dem des Kattegats hat und mehr die Züge des Festlandes als des Meeres zur Schau trägt, wie SPETHMANN in seinem Begleitwort sagt. Die schon erwähnte breite Landbrücke der Ancycluszeit findet daher auch in den morphologischen Verhältnissen der westlichen Ostsee eine starke Stütze.

¹⁾ H. SPETHMANN, Tiefenkarte der Beltsee (PETERMANN's Geographische Mitteilungen, 1911, II, Heft 5).

Zum Schluß möchte ich noch einmal hervorheben, daß die Fördenküste Schleswig-Holsteins zur Ancyluszeit noch nicht existiert haben kann, sondern erst durch die Litorinasenkung entstanden ist, die mit einem Senkungsbetrage von mindestens 20 m ohne Zweifel sehr wesentliche Veränderungen an der Küste Schleswig-Holsteins hervorgerufen hat. Sie schuf aus den untertauchenden großen Binnenseen der formenreichen Grund- und Endmoränenlandschaft des baltischen Höhenrückens tief in das Land eingreifende Meeresbuchten, die Förden. Hieraus ergibt sich folgende Definition: Förden sind ertrunkene Seen an den Küsten formenreicher glazialer Aufschüttungsgebiete.

Berlin, den 9. Mai 1912.

