

Überlegungen zur Morphogenese des Norddeutschen Flachlandes, dargestellt am Beispiel des unteren Elbtales

Von ECKHARD GRIMMEL, Hamburg

Mit 5 Abbildungen

Zusammenfassung. In Anlehnung an HENKEL (1909, 1925), JENTZSCH (1921), WOLFF (1928), v. BÜLOW (1928), LOUIS (1936), LIMANOWSKI (1936), RICHTER (1937), KÁDÁR (1963), EISSMANN (1967) und ASEEV (1968) wird ein Modell entwickelt, nach dem für die Reliefformung des Norddeutschen Flachlandes hauptsächlich subglaziäre Prozesse (Erosion und Sedimentation des Eises und seiner Schmelzwässer) verantwortlich gemacht werden. Die Erhaltung der Formen wird zurückgeführt auf einen Abbau des Eises in der Form des Niedertauens von Toteis bzw. Tot-eisgürteln. Aus dieser Hypothese wird abgeleitet, daß die Zahl der Endmoränen bzw. Eisrandlagen bei weitem kleiner ist als bisher noch angenommen wird. Da man nämlich nicht mit einem „oszillierend“ sich zurückziehenden Eisrand rechnen darf, kann es auch keine „Rückzugsstapeln“ geben. Aus gestaffelt hintereinander auftretenden Höhenzügen läßt sich also keine zeitliche und räumliche Gliederung der Endphase einer Vereisung gewinnen. Die heute generell herrschende Meinung, die Urstromtäler seien als eisrandabhängige Schmelzwasserabflußbahnen sukzessiv entstanden, wird abgelehnt. Sie werden aufgefaßt als bevorzugte Zonen subglaziärer Erosion und Exaration (durch Schmelzwässer und Eis). Unter diesem Aspekt gesehen dürften die Urstromtäler einer Vereisung mehr oder weniger gleichzeitig entstanden sein. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß sie genetisch nicht zu Eisrandlagen in Beziehung gesetzt werden können.

Summary. In accordance with HENKEL (1909, 1925), JENTZSCH (1921), WOLFF (1928), v. BÜLOW (1928), LOUIS (1936), LIMANOWSKI (1936), RICHTER (1937), KÁDÁR (1963), EISSMANN (1967) and ASEEV (1968) a model is developed after which subglacial processes (erosion and sedimentation of the ice and its melting water) are responsible for the shaping of the landforms of the North German Lowland. The conservation of these forms is explained by the conception that the ice sheet in its final stage melted down as dead ice, probably in peripheral zones of dead ice. From this hypothesis the statement is derived that the number of end moraines or „Eisrandlagen“ is much smaller than generally assumed. As one may not expect a stepwise recession of a single front of live ice („oscillation“) the consequence is that „Rückzugsstapeln“ (recessional moraines) cannot exist. Ridges of hills following close after each other do not allow a spatial and temporal division of the final stage of a glaciation. The generally held view of today that the „Urstromtäler“ were successively eroded by melting water following a stepwise retreating ice margin is rejected. They are interpreted as preferred zones of subglacial erosion and exaration (by melting water and ice). Under this aspect the „Urstromtäler“ of a glaciation should have developed more or less simultaneously. And a further conclusion is that they genetically cannot be related to „Eisrandlagen“.

1.

Die Erforschung der norddeutschen Glaziallandschaften wird meistens gesteuert von bestimmten Modellvorstellungen. Da Modelle Abstraktionen sind, ist es oft schwierig, reale Beobachtung und Modellvorstellung zur Kongruenz zu bringen. Gewisse Manipulationen helfen meist weiter und liefern ein „passendes“ Ergebnis, das die „Richtigkeit“ des Modells zu bestätigen scheint:

So werden die in der Landschaft oder auf der topographischen Karte hervortretenden Höhenzüge meistens als „Endmoränen“ einer Eisrandlage zugeordnet. Treten die Höhenzüge gestaffelt hintereinander auf, dann werden sie — großzügig korreliert — als „Rückzugsstapeln“ einem oszillierend sich zurückziehenden Gletscherrand zugeschrieben, um so zu einer räumlichen und zeitlichen Gliederung der Endphase einer Vereisung zu gelangen. Eine solche Arbeitsweise wird beherrscht von einer Modellvorstellung, die an alpinen Hochgebirgsgletschern entwickelt wurde. Doch schon in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts wurde die Hypothese aufgestellt, daß sich der sogenannte Rückzug des In-

landeises im wesentlichen in der Form des Niedertauens von Toteis, bzw. von Toteisgürteln, vollzogen habe (WOLFF 1928, v. BÜLOW 1928, RICHTER 1937).

Unter diesem Aspekt gesehen kann es einen mehr oder weniger geschlossenen Rückzug des Eisrandes, unterbrochen durch untergeordnete Vorstöße, die „Rückzugsstaffeln“ aufgeschüttet haben, kaum gegeben haben. Hier sei nur auf die nicht beachteten Gedanken von WOLFF (1928, S. 354) hingewiesen, der konstatierte, daß die kontinentalen Eisdecken in Nordeuropa zwar zunächst ein gewisses Gefälle vom fennoskandischen Hochland herab besaßen, daß dieses Gefälle aber alsbald in horizontale Lage übergang und dann sogar ein schwacher Anstieg gegen die mitteleuropäischen Gebirge folgte. Er meint, das müsse sich beim Abschmelzen der Eismassen geltend gemacht haben, so daß sich der Abschmelzvorgang bei einsetzender Klimaverbesserung weniger als geschlossene Rückwanderung des Eisrandes, sondern vielmehr als ein Niederschmelzen der großen, flachgelagerten oder gar schwach nach Süden ansteigenden Teile des Eises geäußert habe. Er folgert daraus, daß es Endmoränen nur an den äußersten Grenzen des Haupteises und der späteren, weniger ausgedehnten Vereisungen geben kann, sowie entlang von gewissen Vorstoßlagen, die auf eine Anschwellung der Eismasse, infolge vorübergehender Klimaverschlechterung, zurückgeführt werden können.

Diese Gedanken wurden neu entwickelt und theoretisch erweitert von KÁDÁR (1963). Er geht von der Hypothese aus, daß alle von der Gravitation in Bewegung gesetzten Erosionsmedien, wie das Flußwasser, der Wind und auch das Gletschereis, denselben physikalischen Gesetzen unterworfen sind und deshalb eine gewisse Analogie in ihrer Erosionstätigkeit und in den von ihnen geschaffenen Formen aufweisen. Ein wichtiges, allgemeingültiges Gesetz sei, daß die Geschwindigkeit aller Erosionsmedien immer und überall räumliche und zeitliche Schwankungen aufweist, und zwar gleichzeitig in verschiedenen Größenordnungen. So hätten auch das Gletschereis bzw. dessen Schmelzwässer in rhythmischer Abwechslung erodiert und sedimentiert. Ausdruck der obersten Größenordnung seien die Reihe der großen Seen in Nordeuropa vom Onega-See über den Finnischen Meerbusen bis zu den großen schwedischen Seen, welche die erste große Vertiefungszone verträten. Dann folge eine Schwelle in Skane und dahinter als zweite große Vertiefungszone die Ostsee und schließlich das Gebiet der Platten Mitteleuropas. Zu einer mittleren Größenordnung in der Schwankung der Eisgeschwindigkeit seien die „subglazialen Moränenwälle“ zu rechnen, die sich in mehr oder weniger gleichen Abständen parallel zum Eisrand gebildet hätten und von dem am Boden glazifluvial transportierten Moränenmaterial aufgebaut seien. Da die Mächtigkeit des Gletschereises über den Wällen beträchtlich kleiner sei als über den Senken, hätten sich beim allgemeinen Abtauen der Eisdecke zuerst die allerhöchst gelegenen subglaziären Wälle über die Oberfläche des Eises erhoben. Das seien also diejenigen, wo die Geschwindigkeitsschwankung des Eises in zwei Größenordnungen ihr Minimum gehabt habe. Diese Wälle würden dann plötzlich in eine „Endmoräne“ umgestaltet; denn das in ihrem Vorland sich befindende Eis verliere den Kontakt mit den dahinter sich noch vorwärts drängenden Eismassen und bleibe als Toteis zurück. Unter der Toteisdecke würden alle übrigen subglaziären Wälle, wie auch die längs und quer zu der ehemaligen Eisbewegungsrichtung gelegenen Senken, konserviert. Es sei ein Irrtum, in diesen Wällen Rückzugsphasen des Eises zu suchen. Sie seien zwischen zwei wirklichen Endmoränenzügen (mit Sandern etc.) alle gleichaltrig, denn das Eis habe sich sprunghaft von einem Stadium zum anderen zurückgezogen. Dieses Abschnüren von Toteisgürteln postulierten erstmals v. BÜLOW (1928) und WOLFF (1928). Und die entsprechenden Gedanken findet man viel später auch bei FLINT (1957, S. 373): „In parts of northern Germany and Denmark, thinning (of the ice sheet) resulted in stagnation and separation of peripheral parts of the glacier.“ Auch in der neueren russischen Literatur, vor allem bei ASEEV (1968), werden enge Beziehungen hergestellt zwischen einer anfänglich exarativen Tätigkeit des lebenden

Inlandeises und einem späteren formkonservierenden Verhalten des Toteises. Von „Endmoränen“ oder einem „Rückzug des Eisrandes“ wird überhaupt nicht mehr gesprochen.

In der vorliegenden Arbeit soll am Beispiel des unteren Elbtales untersucht werden, ob die allgemein angewandte Übertragung des alpinen Modells auf den norddeutschen Raum hier zu einer befriedigenden Lösung der Probleme geführt hat.

2.

Zuletzt hat sich ILLIES (1952, 1954) eingehend mit dem unteren Elbtal beschäftigt und dessen Entstehung rekonstruiert. Er ist der Meinung (ILLIES 1954, Abb. 1), daß das heute von der unteren Elbe durchflossene Gebiet im mittleren und älteren Pleistozän von keinem größeren Fluß berührt wurde. Die Entwässerung Böhmens und Sachsens habe ihren Weg weiter im Süden genommen. Während des Warthe-Stadiums sei das Aller-Weser-System Norddeutschlands großer Sammelurstrom gewesen, dem alle Schmelzwässer zugestremt seien. Doch je weiter sich der Eisrand nach Nordosten zurückgezogen habe, je mehr Rückzugsmoränen aufgestaucht worden seien, desto mehr sei auch der Abfluß nach Süden behindert worden. Als sich der Gletscherrand bis auf die Linie Bergedorf/Winsen zurückgezogen habe, hätten die Wassermassen bei Harburg den tiefsten Paß der Moränenketten nach Nordwesten durchbrochen, wodurch die Ur-Elbe entstanden sei. Mit dem Rückzug des Eises nach Nordosten sei der Einzugsbereich der Ur-Elbe langsam erweitert worden. Doch durch einen längeren Rückzugshalt sei am Ostrand der Lüneburger Heide die große Gohrde-Stauchmoräne (westlich von Hitzacker) geschaffen worden. Da diese das Elbtal gequert habe, seien zunächst alle weiteren Zuflüsse zur Ur-Elbe abgeriegelt worden. Östlich dieses Riegels habe sich ein Stausee gebildet. Doch zu Beginn der folgenden Interglazialzeit sei dieser Riegel durchbrochen worden, verbunden mit einer kräftigen

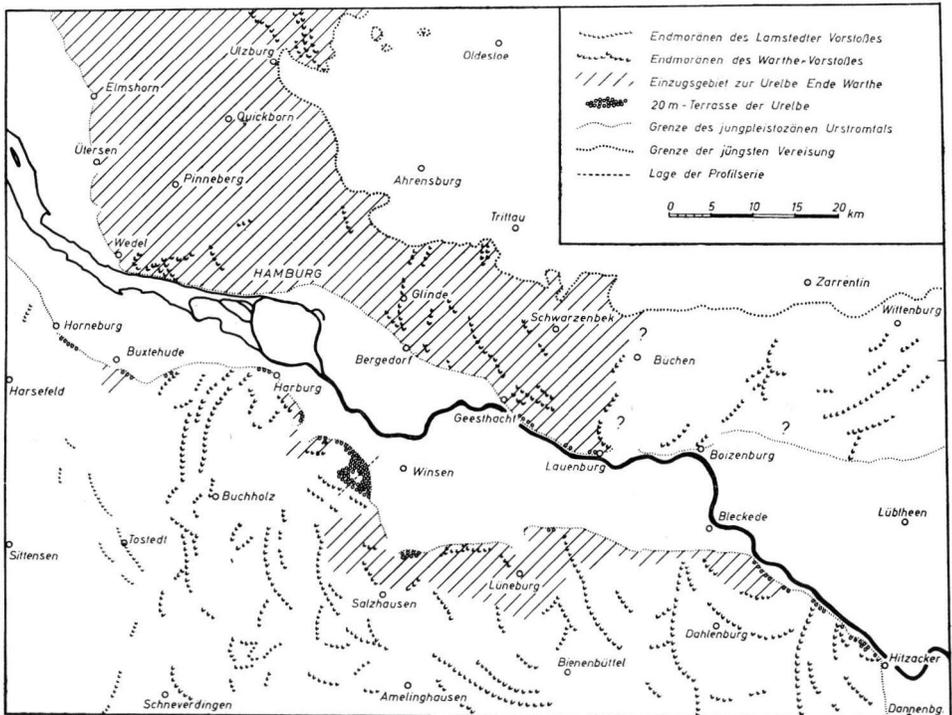


Abb. 1. Glazialmorphologische Übersicht des Unterelbe-Raumes (ILLIES 1954, S. 43).

Erosion im Ur-Elbtal. ILLIES sieht als Hauptursache für die Erosion den eustatischen Meeresspiegelanstieg: „... die erhebliche Laufverkürzung durch die Wiederüberflutung des Nordseebeckens und die Einwirkung der Gezeitenwelle zwangen den Fluß, an der neuen Mündung sein dortiges ursprüngliches Oberlaufgefälle zum Unterlaufgefälle zu verringern“ (S. 45). Gegen Ende der Interglazialzeit sei infolge des eustatisch bedingten Sinkens des Meeresspiegels der umgekehrte Vorgang eingetreten. Es sei zur Aufschüttung eines mächtigen Terrassenkörpers (20-m-Terrasse) gekommen. Die Datierung stütze sich auf folgende Beobachtungen:

1. Die Terrassensande seien nirgends gestaucht und von Moräne überlagert.
Die Terrasse sei demnach jünger als die umgebenden Moränen der Warthe-Ver-gletscherung.
2. Bei Lauenburg (Kuhgrund) werde ein junginterglaziales Torflager von den Sanden der 20-m-Terrasse überlagert. Das Torflager schließe mit der Kiefernphase des ausklingenden Interglazials ab.
Die Aufschüttung habe demnach ihr Maximum erst nach Rückgang der Waldvege-tation am Ende des Eem-Interglazials erreicht.
3. Die Masse der Terrassensande sei schichtweise reich an allochthonem Pflanzenmulm, stark gebleicht und auffallend feinkörnig.
Zur Zeit der Aufschüttung habe also noch interglaziale Verwitterung geherrscht, und die Strömung im Fluß sei noch nicht durch den Zustrom von Schmelzwässern einer neuen Eiszeit beeinflusst worden.
4. Bei Harburg und Ashausen seien die Feinsande von 2 m bzw. 4 m mächtigem gro-ben Schmelzwasserkies überlagert.
Am Schluß der Akkumulationszeit habe also ein neuer Schmelzwasserstrom ein-gesetzt.
5. Terrassenoberfläche und talwärtiger Terrassenhang seien regelmäßig von Peri-glazialerscheinungen bedeckt.
Vor dem Maximum der periglazialen Klimaperiode der letzten Eiszeit sei die Auf-schüttung durch eine Erosionsphase abgelöst worden.

Da die Terrassensande sehr arm an Mineralien südlicher Herkunft seien, habe die Elbe zu dieser Zeit noch keine Zuflüsse aus dem Gebiet des heutigen Elbe-Oberlaufs (Sachsen, Böhmen) erhalten. Erst als im Elbtal die Schmelzwässer der Weichsel-Eiszeit eine gewaltige Erosion einleiteten, sei das böhmisch-sächsische Flußnetz angezogen worden.

Mit der Tiefenerosion sei auch das Flußnetz der Lüneburger Heide, das im letzten Interglazial größtenteils noch der Aller tributär gewesen sei, in der heutigen Form hergestellt worden.

Mit dem Rückzug der weichseleiszeitlichen Gletscher habe eine schwache Aufschüttung stattgefunden, die dann jedoch — als Folge des eustatischen Meeresspiegelanstiegs — wieder von einer Erosionsphase abgelöst worden sei, bevor durch postglaziale Sedimente das Tal weiter aufgefüllt worden sei.

3.

ILLIES bringt die Entstehung des unteren Elbtales also in enge Verbindung mit dem sog. Rückzug des warthe-stadialen Eisrandes. Für ihn mußten alle im Hinterland der äußersten Randlage auftretenden Höhenzüge Endmoränen sein, entstanden als „Rück-zugsstaffeln“. Im Gelände hätte er feststellen können, daß die Höhenzüge aus morpho-graphischen und strukturellen Gründen keine Endmoränen sind:

und Stade seien „kleinere Geröllhorizonte mit nordischen Geschieben eingeschaltet, die Kindskopfgröße erreichen“, eine Tatsache, die wohl nicht für interglaziale Sedimentationsbedingungen spricht. Auch der Pflanzenmulm beweist nicht eine Aufschüttung unter interglazialen Klimaverhältnissen, denn er kann auch aus älteren, nur glaziär aufgearbeiteten, organogenen Ablagerungen stammen.

Wenn die „Terrassensande“ arm an Mineralien südlicher Herkunft sind, so ist das noch kein Beweis für die Nichtexistenz eines südöstlichen Einzugsgebietes (Böhmen, Sachsen), sondern nur dafür, daß die Masse der Sande nördlichen Ursprungs ist. Die stratigraphischen und sedimentären Befunde sprechen also nicht für, sondern gegen die Deutung der Sande als „interglaziale Terrassensande“. Sie unterscheiden sich nicht von anderen eindeutig glazifluvialen Sedimenten.

Vergleicht man ferner ILLIES' Kartierung der „20-m-Terrassenreste“ von 1952 (Abb. 2) mit seinem Entwurf des „Terrassen“-Längsprofils von 1954 (Abb. 3), dann stellt man fest, daß das Profil, das er 1954 gezeichnet hat, in keiner Weise Ergebnis der 1952 kartierten Höhenlagen der „Terrassenreste“ sein kann. Und die bei Schutschur, Tiefsau und Hitzacker im Profil von 1954 (Abb. 3) angegebenen „Terrassenreste“ sind im Gelände nicht nachweisbar. Aus den Höhenwerten, die ILLIES 1952 (Abb. 2) angibt, läßt sich kein Terrassenlängsprofil zeichnen (Abb. 3).

Aus allem kann man nur den Schluß ziehen, daß die „20-m-Terrasse“ nicht existiert, daß das untere Elbtal anders entstanden ist, als ILLIES es sich vorgestellt hat. Das von ihm angewandte Denkmodell ist offensichtlich zur Erklärung nicht geeignet. Hier muß auch das Problem „Urstromtal“ noch einmal wieder kritisch überdacht werden.

4.

Im Jahre 1879 stellte BERENDT die Hypothese auf, daß die Ost—West verlaufenden Urstromtäler als die Abflußwege der Schmelzwässer des zurückweichenden Inlandeiserandes anzusehen seien, wobei „sich der Hauptstrom dieses Flußsystems ruckweise und mit Benutzung der zum Gletscherrande rechtwinkligen Schmelzwasserrinnen, diesem Rande folgend, mehr und mehr nördlicher“ (S. 17) verlegte. LOUIS (1936) stimmt der Urstromtalidee von BERENDT grundsätzlich zu, kommt aber bei seinen Untersuchungen an den Urstromtälern von Warschau—Berlin und von Thorn—Eberswalde zu der Erkenntnis, daß nachträgliches Ausschmelzen von Toteismassen in sehr großem Umfange an der Formgestaltung mitgewirkt hat. Ansonsten ist BERENDT lediglich dadurch ergänzt worden, daß die einzelnen Urstromtäler Haupteisrandlagen zugeordnet wurden (KEILHACK 1899, WOLDSTEDT 1926).

Darüber hinaus hat es auch Forscher gegeben, die eine andere Auffassung über die Entstehung der Urstromtäler vertraten: JENTZSCH (1921, S. 312) war der Meinung, daß bei längerem Bestand einer Eisdecke ein reich entwickeltes subglaziales Flußnetz entstanden sei: „Die norddeutschen Urstromtäler... konnten sehr wohl annähernd gleichzeitig unter derselben Eisdecke ausgewaschen... werden.“ HENKEL (1909, 1925) stellte die Hypothese auf, daß zur Zeit, als das nordische Inlandeis bis an die deutschen Mittelgebirge reichte, die nordwärts strömenden Flüsse (Weser, Elbe, Saale, Oder), samt den Schmelzwässern des Eises, sich einen Ausweg unter dem Eis suchen mußten (1925, S. 14). LIMANOWSKI (LOUIS 1936, S. 24 — Diskussionsbemerkung) sieht in den Urstromtälern genetisch Exarationslinien. Dieser Auffassung stimmt auch LOUIS (1936, S. 25) zu.

Diese erweiterten Perspektiven setzen sich bei WOLDSTEDT nicht durch und gehen so nicht in die herrschende Lehrmeinung ein: „Die Urstromtäler haben sich vor dem jeweiligen Eisrande entwickelt als echte Ranttäler, in denen die Eisschmelzwässer und

teilweise auch die von Süden kommenden Flüsse nach Westen zur Nordsee abflossen“ (1956, S. 5).

5.

Im folgenden sollen die Reliefbildungsprozesse des Pleistozäns im norddeutschen Raum erneut durchdacht werden, um so möglicherweise auch eine Antwort auf die Urstromtalfrage zu finden.

Über das Relief Norddeutschlands am Ende des Tertiärs vor den pleistozänen Vereisungen¹⁾ wissen wir wenig. Wir wissen noch nicht, inwieweit das vordringende Gletschereis durch ein präpleistozänes Relief gesteuert worden ist. Und so herrscht noch immer Unklarheit darüber, ob zwischen den heutigen Oberflächenformen und einem präpleistozänen Relief mehr als nur insgesamt unbedeutende Beziehungen bestehen.

Die ersten Glaziärformen sind zweifellos die tiefen Rinnen und Becken in der Quartärbasis. Doch hält z. B. HANNEMANN (1964, S. 373) es für möglich, daß die Lage der Rinnen „durch die Erosion pliozäner Flußläufe und durch eventuelle bruchtektonische Vorgänge teilweise vorgezeichnet wurde“. HANNEMANN (S. 373/74) schreibt die Ausräumung der Rinnen hauptsächlich den periglaziär abfließenden Schmelzwässern der ersten Vereisung zu; aber auch eine spätere glazigene Modellierung zieht er zur Erklärung mit heran. EISSMANN (1967, S. 807) nimmt ebenfalls an, daß ein Teil der Rinnen in Form flacher Talungen vor der Eistransgression existiert hat. Doch meint er, daß erst subglaziäre Schmelzwässer und das exarierende Eis sie zu den tiefen Depressionen umgeformt hätten. Auch v. BÜLOW (1967, S. 409/10) sieht in der subglaziären Erosion, vor allem durch Schmelzwässer, die Hauptursache für die Entstehung der Rinnen. HANNEMANN (1964, S. 373/74) dagegen hält die Ost—West verlaufenden Hohlformen der Quartärbasis Ostbrandenburgs für Hauptabflußbahnen der Schmelzwässer (elsterzeitliche „Urstromtäler“), die etwa Nordost—Südwest gerichteten dagegen für Nebenflüsse oder „Durchbruchstäler“. Die Anlage der Hohlformen erinnert ihn an die des heutigen Talnetzes (Urstromtäler und Durchbruchstäler; vgl. WOLDSTEDT 1956). Aus der Anlage der Hohlformen, meint HANNEMANN, wird man später, wenn auch für die benachbarten Gebiete Quartärbasiskarten vorliegen, möglicherweise auf elsterkaltzeitliche Gletscherrandlagen schließen können. Eine solche Korrelation scheint mir jedoch nach dem anfangs Gesagten nicht möglich zu sein.

EISSMANN (1967, S. 829) dagegen entwirft ein ganz anderes Landschaftsbild vom Ende der Elster-Eiszeit. Er sieht das niedertauende Eis, das eine Moränenlandschaft mit offenen Wasserflächen hinterläßt. Außer im Bereich der Rinnen hätten sich über den ausschmelzenden Eisploben der Exarationswannen riesige Seen gebildet, vergleichbar den großen mitteleuropäischen Jungmoränenseen. Zum größten Teil seien sie noch während des Toeisstadiums und im Spätglazial mit Auswaschungsprodukten der Moränen aufgefüllt worden. Er hält es für möglich, daß ein Teil der großen Seen Mitteldeutschlands mit dem großen Lauenburger See Nordwestdeutschlands in Verbindung stand, wahrscheinlich aber nicht über durchgehend tiefe Kanäle, sondern durch flache Beckenteile und seichte Gerinne. Die Verbindungswege hätten streckenweise die Embryonalrinnen des spätelster- bis frühsaalezeitlichen Flußsystems gebildet. Schon nach relativ kurzer Zeit sei ein großer Teil der Binnenseen an die allgemeine Entwässerung angeschlossen gewesen und damit trocken-gefallen.

¹⁾ An dem zur Zeit gebräuchlichen zeitlichen Schema der norddeutschen Vereisungen (Elster-Eiszeit, Saale-Eiszeit mit Drenthe- und Warthe-Stadium, Weichsel-Eiszeit) werden die Überlegungen nur aufgehängt, d. h. prozessual gesehen sind sie auch auf eine in Zukunft möglicherweise anders aussehende Gliederung des Pleistozäns übertragbar.

Die Auffassungen von HANNEMANN und EISSMANN unterscheiden sich also — trotz mancher Gemeinsamkeiten — grundlegend, vor allem deswegen, weil HANNEMANN seine Beobachtungen in das Denkmodell „Eisrandlagen und zugehörige periphere Urstromtäler“ einzuordnen versucht, EISSMANN dagegen die Ausräumung der Rinnen und Wannen hauptsächlich subglaziären Prozessen zuschreibt und das „Toteis-Denkmodell“ für das Ende der Elster-Eiszeit anwendet, ohne vom „Rückzug des Eisrandes“ oder von „Eisrandlagen“ zu sprechen.

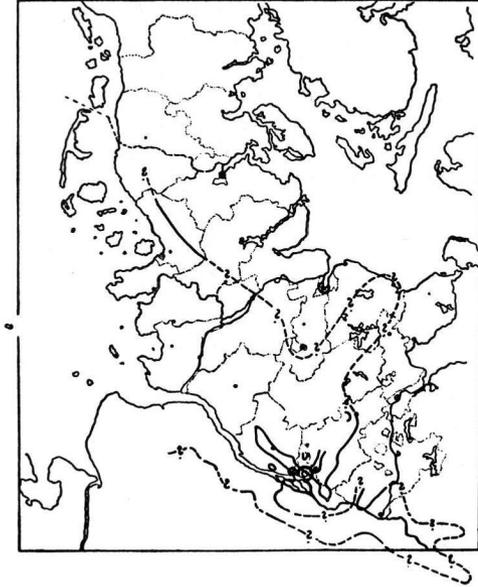


Abb. 4. Vermutete südöstliche Küstenlinie des Holstein-Meeress (GRAHLE 1936, S. 78).

Wie EISSMANN andeutet, dürfte auch die holstein-interglaziale Entwässerung Mitteldeutschlands nach Nordwesten gerichtet gewesen sein. Da nach GRAHLE (1936, Abb. 4) das Holsteinmeer wahrscheinlich in einer Bucht, die ungefähr dem Verlauf des heutigen unteren Elbtales folgte, weit landeinwärts (bis östlich von Hitzacker) gereicht hat, wird man auch annehmen können, daß dieser Bucht größere Ströme zugestremt sind. Weiterhin wird man annehmen können, daß sich das Meer seit Beginn der Saale-Eiszeit — als Folge des eustatischen Meeresspiegelabfalls — aus der Bucht zurückgezogen hat, so daß die Schmelzwässer des heranrückenden Drenthe-Eises in dieser Bucht nach Nordwesten zum Meer geführt wurden.

Der weitere Entwicklungsgang ist insofern schwer zu rekonstruieren, als man nicht weiß, wie das elstereiszeitliche Relief durch das Drenthe-Eis umgeformt wurde, bzw. inwieweit das Drenthe-Eis durch das vorhandene Relief gesteuert wurde. Deshalb ist es auch kaum zu klären, ob die Elbbucht völlig zugeschüttet und damit als Entwässerungsbahn außer Funktion gesetzt wurde oder ob sie als solche durchgehend erhalten blieb. Daß sie diese Funktion zumindest in einem späteren Abschnitt des Drenthe-Stadiums wieder übernahm, mag der folgende Gedankengang zeigen:

Während der Maximalausdehnung bedeckte das Eis des Drenthe-Stadiums das gesamte norddeutsche Flachland und überschritt sogar den Rand der Mittelgebirge. Damit war es sowohl den Flüssen, die aus dem Mittelgebirge kamen, als auch den Schmelzwässern des Inlandeises verwehrt, in einem durchgängigen periglaziären Bereich nach Westen

abzufließen. Für diese Situation kann man sich kaum etwas anderes vorstellen, als daß der Wasserabtransport auf subglaziären Bahnen stattgefunden hat, wie es ja bereits JENTZSCH (1921) und HENKEL (1909, 1925) postulierten. Der subglaziäre Abfluß dürfte im großen und ganzen — der Abdachung der „Nordostsaxonischen Großscholle“ (VOIGT 1954) entsprechend — nach Nordwesten, teils nach Norden, erfolgt sein. Und diesen Richtungen entspricht im wesentlichen auch das Netz der Urstromtäler. Die Urstromtäler einer Vereisung kann man also durchaus als subglaziär, d. h. durch Schmelzwassererosion und sicherlich auch Eiserosion (LIMANOWSKI) mehr oder weniger gleichzeitig entstanden auffassen. Wenn das richtig ist, dann ergibt sich daraus die Folgerung, daß Urstromtäler genetisch nicht zu Eisrandlagen in Beziehung gesetzt werden können. Ihre weitere Ausgestaltung werden dann die wahrscheinlich subglaziär angelegten Urstromtäler in der Eiszerfallszeit des Drenthe-Stadiums erhalten haben, wohl ähnlich so, wie es EISSMANN für das Ende der Elster-Eiszeit geschildert hat.

Wiederum schwer zu beantworten ist die Frage, wie das Warthe-Eis das im Drenthe-Stadium geformte Relief umgestaltet hat. Sicherlich muß man, wie bei den vorangegangenen Vereisungen, mit einer beträchtlichen glaziären Reliefumgestaltung rechnen. Aber auch für das Warthe-Stadium kann man durchaus annehmen, daß nicht alle anfallenden Schmelzwässer dem peripheren Breslau—Bremer Urstromtal zugeführt wurden, sondern zum Teil — der allgemeinen Abdachung des Untergrundes folgend — unter der Eisdecke direkt nach Nordwesten, im Bereich der Oder auch nach Norden, abgeflossen sind. Das gilt auch für die mittleren Mittelgebirgsflüsse (Elbe-Saale-System), die nur zum Teil durch das Ohre-Tal abgeflossen zu sein brauchen, vor allem aber auf subglaziären Bahnen den Bereich des unteren Elbtales erreicht haben können. Damit soll nicht behauptet werden, das untere Elbtal sei während des gesamten Warthe-Stadiums hydrographisch ununterbrochen gangbar gewesen. Möglicherweise ist es vorübergehend durch Eis oder Schmelzwassersedimente weitgehend plombiert gewesen.

Für eine präwarthezeitliche, zumindest für eine warthezeitliche subglaziäre Existenz eines Elbtales spricht auch die von SCHROEDER-LANZ (1964, S. 28) gemachte Beobachtung, daß der auf fast allen größeren Höhenzügen der nördlichen Lüneburger Heide vorhandene Geschiebemergel sich bis auf 40 m NN nach Norden ins Elbtal hinabzieht (bei Stelle, Lüneburg, Neetze, Barskamp), weshalb er zu der Folgerung kam, daß die Elbe-Niederung vor der Ablagerung des Geschiebemergels angelegt sei. Seine Beobachtung kann ich durch die gleichen Befunde weiter östlich bei Drethem-Wietzetze (GRIMMEL 1971) bestätigen.

Zum erstenmal machte bereits GAGEL (1911, S. 7/8) bei der Kartierung des geologischen Meßtischblattes „Hamwarde“ die entsprechende Beobachtung, daß zwischen Geesthacht und Besenhorst der obere Geschiebemergel sich gleichsinnig mit der Böschung ins Elbtal hinabzieht, woraus er schloß, daß das letzte Inlandeis dieses Gebietes in eine Tiefenzone vorstieß.

Die Existenz einer präwarthezeitlichen und — wie ich vermute — einer weiterhin auch warthezeitlichen subglaziären Tiefenzone mit südlichem Einzugsbereich, neben dem glaziären, belegen vor allem die von RICHTER (GROETZNER 1965, S. 261) im Bereich der Jeetzel-Niederung unterhalb warthezeitlicher Grundmoräne festgestellten Kiese, die neben nordischen Geröllen auch südliche wie Lydite, Thüringer Porphyry und Gangquarze enthalten.

Beim Betrachten einer Karte des Norddeutschen Flachlandes fällt einem der gradlinige und parallele Verlauf von Aller- und Elbe-Urstromtal in SE/NW-Richtung auf. Auch diese Tatsache spricht dafür, daß beide keine genetischen Beziehungen zu irgendwelchen bogenförmigen Eisrandlagen haben. Doch scheinen hier, außer der allgemeinen Abdachung der Nordostsaxonischen Scholle, noch spezielle Bedingungen für den auffallend gradlini-

gen SE/NW-Verlauf verantwortlich zu sein. Ich vermute, daß zwischen der Richtung des unteren Elbtales und dem tektonischen Bau des Untergrundes enge kausale Beziehungen bestehen. Solche Beziehungen sind so oft bejaht wie verneint worden. Einen Elbtal„graben“ gibt es sicher nicht. Doch deshalb ist noch nicht der Schluß möglich, daß tektonische Vorgänge gänzlich ohne Bedeutung gewesen sind. Es genügt ja schon eine, im Vergleich zur Umgebung, etwas stärkere Senkung, so daß Schmelzwasser und Eis von einer solchen sich schwach ausbildenden Tiefenzone angezogen werden. Die Großform würde somit zwar im wesentlichen durch glaziäre Prozesse (Schmelzwasser- und Eiserosion) geschaffen, doch die Einleitung dieser Prozesse ginge auf tektonische Ursachen zurück.

Diese Deutung wird gestützt durch die Auswertung von Bohrungen, die im Rahmen der Erdölaufschlußstätigkeit im Gebiet des deutschen Nordseeanteils abgeteuft wurden. Dort wurde festgestellt (SINDOWSKI 1970), daß die Basis der erbohrten holozänen, eem-interglazialen und saale-eiszeitlichen Sedimente ein \pm kontinierliches Gefälle auf eine NW/SE gestreckte Senke hin hat (Abb. 5). Auch die 30-m- und 40-m-Isobathen des heutigen Nordseebodens zeichnen die Senke ebenfalls nach. Da durch die Bohrungen die Senke als morphographische Hohlform seit dem Mittelpleistozän nachgewiesen wurde, vermutet SINDOWSKI (S. 45), daß sie noch im Quartär eine Senkungstendenz gehabt hat.

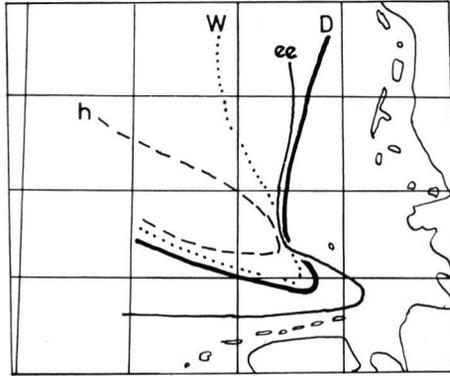


Abb. 5. Vergleich des Verlaufs der 50-m-Isobathen der Basen von Geschiebelehm (D), marinere Eem (ee), weichselzeitlichen Sanden (W) und marinere Holozän (h) (SINDOWSKI 1970, S. 44).

Da die NW/SE gestreckte Senke genau in der Verlängerung des unteren Elbtales liegt, kann man mit großer Wahrscheinlichkeit folgern, daß auch das untere Elbtal einem tektonischen Senkungsbereich folgt. Es ist also wahrscheinlich, daß die tektonische Senkung auch die Ursache dafür war, daß Schmelzwasser und Eis angezogen wurden und das Tal schufen, und zwar mindestens seit der Saale-Eiszeit, vermutlich aber schon seit der Elster-Eiszeit — wenn man an die Elbbucht des Holstein-Meeress denkt —, wenn nicht sogar schon seit dem Pliozän.

Unter diesem Aspekt gesehen, ist es folglich auch nicht nötig, eine Entwässerungsumkehr in der nördlichen Lüneburger Heide seit dem Ende des Warthe-Stadiums, unter subaerischen Verhältnissen, anzunehmen, da die Elbe als Sammelurstrom ja wahrscheinlich bereits unter der Eisdecke in Funktion war. Die Behauptung von ILLIES, daß das heute von der unteren Elbe durchflossene Gebiet im älteren und mittleren Pleistozän von keinem größeren Fluß berührt wurde, läßt sich wohl kaum sinnvoll begründen.

Auf die jüngste Weiterentwicklung des unteren Elbtales im peripheren Bereich des Weichsel-Eises soll hier nicht weiter eingegangen werden (vgl. PFEFFERLE 1935). Die Wirkung der im unteren Elbtal abgeflossenen Eisschmelzwässer und Schneeschmelzwässer aus

dem periglaziären Bereich ist sicher beträchtlich gewesen. Allerdings halte ich es nicht für sehr wahrscheinlich, daß vorwiegend Tiefenerosion stattgefunden hat. Denn bei dem relativ geringen Gefälle und unter den periglaziären ökologischen Bedingungen ist möglicherweise eher mit einem relativen Gleichgewicht von Materialanlieferung und -abtransport zu rechnen. Infolge der jahreszeitlich stark schwankenden Wasserführung und der daraus resultierenden häufigen Laufverwilderung ist vielmehr mit einer beträchtlichen Seitenerosion, d. h. mit einer Unterschneidung, Rückverlegung und Verteilung der Talhänge zu rechnen. Hierin scheint mir auch die Ursache dafür zu liegen, daß neben der von PFEFFERLE (1935) ausführlich beschriebenen spätweichselzeitlichen „Talsandterrasse“ keine eindeutigen höheren Terrassenreste nachzuweisen sind.

Über die Urstromtäler und „Endmoränenzüge“ der Weichsel-Vereisung braucht hier nicht weiter gesprochen zu werden. Auf sie müßte ja sinngemäß das angewandt werden, was vorher zu den älteren Vereisungen gesagt wurde.

6.

Es wurde also am Beispiel des unteren Elbtales — durch eine Synthese der Gedanken von HENKEL, JENTZSCH, WOLFF, v. BÜLOW, LOUIS, LIMANOWSKI, RICHTER, KÁDÁR, EISSMANN und ASEEV — ein Modell entwickelt, nach dem für die Reliefformung des Norddeutschen Flachlandes hauptsächlich subglaziäre Prozesse (Erosion und Sedimentation des Eises und seiner Schmelzwässer) verantwortlich gemacht werden, während die relative Konservierung des so geschaffenen Reliefs auf einen Eisabbau in der Form des Niedertauens von Toteis bzw. Toteisgürteln zurückgeführt wird.

In diesem Zusammenhang werden auch die Urstromtäler gesehen, nämlich als bevorzugte Zonen subglaziärer Erosion bzw. Exaration (durch Schmelzwässer und Eis), nicht als in der Endphase der jeweiligen Vereisungen sukzessiv gebildete Randtäler. In diese Zeit kann nur ihre Weiterbildung fallen, da sie als Tiefenzonen naturgemäß den Wasserabtransport weiterhin übernehmen mußten.

Daneben wurde für das untere Elbtal die steuernde Mitwirkung tektonischer Vorgänge wahrscheinlich gemacht. In vielen anderen Fällen waren für die Bildung von Hoch- und Tiefgebieten wahrscheinlich glaziäre Prozesse allein verantwortlich, vielleicht am besten in etwa deutbar durch KÁDÁRS Modell der rhythmischen Abwechslung von Erosion und Sedimentation. Im Einzelfall sollte man jedoch nie vergessen, die Frage nach der eventuellen Mitwirkung endogener Prozesse zu stellen.

Von „Rückzugsstadien“ des Eises kann man also nur in dem Sinne sprechen, wenn man damit das im allgemeinen von Süden nach Norden aufeinander folgende Abtrennen von Gürteln totwerdenden Eises vom noch lebenden Eis infolge des „Durchtauens“ der am höchsten sich erhebenden, im allgemeinen West—Ost verlaufenden, subglaziär gebildeten Wallformen (KÁDÁR 1963) meint. Es sei noch einmal eindringlich der Unterschied betont zwischen der Entstehung der Voll- und Hohlformen verschiedener Größenordnung unter der Eisdecke und ihrer zeitlich und räumlich aufeinander folgenden Freilegung infolge des von Süden nach Norden fortschreitenden Niedertauens des Eises. Damit findet also in der Endphase einer Vereisung und danach im allgemeinen keine Großformenneubildung, sondern nur noch eine untergeordnete -weiterbildung statt, zunächst durch die beim Abtauen des Toteises anfallenden Schmelzwässer (Erosion und Sedimentation) und später durch die je nach herrschendem Klima differenzierten subaerisch ablaufenden Prozesse.

Es soll nicht verneint werden, daß bei ihrem „Auftauchen“ die Wallformen in „Endmoränen“, im Sinne von KÁDÁR, umgestaltet werden können, indem das lebende Eis im

Hinterland entweder wieder vordringt und die auftauchende Wallform staucht oder indem sich ein Gleichgewicht zwischen Eisnachschub und Abtauen einstellt. Den ersten Typ könnte man in Anlehnung an GRIPP (1938) als „innere Stauch-Moräne“, den zweiten als „innere Satz-Moräne“ bezeichnen. In beiden Fällen könnten auch Sander in das mit Toteis bedeckte Vorland geschüttet werden. Im Extrem muß man auch damit rechnen, daß infolge tiefgreifender Klimaverslechterung nach einer längeren Niedertauphase eine so kräftige Anschwellung und erneute Mobilisierung der noch zusammenhängenden Eismassen eintreten kann, so daß es zu sehr komplizierten Stauchungs- und eventuell Überschiebungsvorgängen (lebendes über totes Eis) kommen muß. Solche Fälle eindeutig nachzuweisen dürfte sehr schwierig sein.

Anschließend an die Erkenntnisse der ersten drei Jahrzehnte dieses Jahrhunderts möge der vorliegende Aufsatz vor allem dazu dienen, daß inadäquate Denkschemata in der norddeutschen Glazialforschung, die in den letzten Jahrzehnten nur zu einer Scheinlösung vieler Fragen geführt haben, bei der Bearbeitung der zahlreichen noch ungelösten Probleme in der zukünftigen Forschung endgültig überwunden werden.

Schriftenverzeichnis

- ASEEV, A. A.: Dynamik und geomorphologische Wirkung der europäischen Eisschilde. — Petermanns geogr. Mitt., **112**, 112—115, Gotha 1968.
- BERENDT, G.: Gletschertheorie oder Drifttheorie in Norddeutschland? — Z. deutsch. geol. Ges., **31**, 1—20, Berlin 1879.
- BRINKMANN, R.: Die Entwässerung der Baltischen Eisrandlagen im mittleren Norddeutschland. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**, 29—34, Öhringen 1956.
- BÜLOW, K. v.: Die Rolle der Toteisbildung beim letzten Eisrückzug in Norddeutschland. — Z. deutsch. geol. Ges., **79** (1927), Mber., 273—283, Berlin 1928.
- BÜLOW, W. v.: Zur Quartärbasis in Mecklenburg. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., R.A. Geol. u. Pal., **12**, 405—413, Berlin 1967.
- EISSMANN, L.: Glaziäre Destruktionszonen (Rinnen, Becken) im Altmoränengebiet des Norddeutschen Tieflandes. — Geologie, **16**, 804—833, Berlin 1967.
- FLINT, R. F.: Glacial and Pleistocene Geology. New York 1957.
- GAGEL, C.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Lieferung 168, Blatt Hamwarde, Berlin 1911.
- GRAHLE, H. O.: Die Ablagerungen der Holstein-See (marines Interglazial I), ihre Verbreitung, Fossilführung und Schichtenfolge in Schleswig-Holstein. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F., **172**, 110 S., Berlin 1936.
- GRIMMEL, E.: Geomorphologische Untersuchungen in der nordöstlichen Lüneburger Heide. — Hamburger geogr. Studien, **27**, Hamburg 1971.
- GRIPP, K.: Die Oberflächenformen im Landkreise Harburg. In: Zwischen Elbe, Seeve und Este. Ein Heimatbuch des Landkreises Harburg (Hrsg.: H. Laue u. H. Meyer), 43—60, Harburg 1925.
- : Endmoränen. — Comptes rendus Congr. Int. Géogr. Amsterdam 1938, Tome 2, Trav. Sect. IIa Géogr. physique, 215—228, Amsterdam 1938.
- : Glazialmorphologie und geologische Kartierung. — Z. deutsch. geol. Ges., **99**, 190—205, Berlin 1947.
- : Über den morphologischen Nachweis großer Schwankungen des Eisrandes. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **1**, 65—69, Öhringen 1951.
- GROETZNER, J.-P.: Die 12. Tagung der Deutschen Quartärvereinigung in Lüneburg vom 8.—12. Oktober 1964. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **16**, 252—261, Öhringen 1965.
- HANNEMANN, M.: Quartärbasis und älteres Quartär in Ostbrandenburg. — Z. angew. Geol., **10**, 370—376, Berlin 1964.
- HENKEL, L.: Zur Frage der Abflußverhältnisse Mitteldeutschlands während der Eiszeit. — Globus, **XCIV**, 14—15, Braunschweig 1909.
- : Die Entwässerung der deutschen Mittelgebirge während der Eiszeiten. — Petermanns geogr. Mitt., **71**, 14—15, Gotha 1925.
- HILLIES, H.: Die eiszeitliche Fluß- und Formengeschichte des Unterelbe-Gebietes. — Geol. Jahrb., **66**, 525—558, Hannover 1952.
- : Entstehung und eiszeitliche Geschichte der unteren Elbe. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **23**, 42—49, Hamburg 1954.

- JENTZSCH, A.: Der Wasserhaushalt des Inlandeises. — Geol. Rdsch., **12**, 309—314, Stuttgart 1921.
- KÁDÁR, L.: Als marginale Formen betrachtete subglaziale Moränen und Seen der Diluvialplatten. — Report VIth Int. Congr. Quarternary Research Warsaw 1961, 123—125, Lodz 1963.
- KEILHACK, K.: Die Stillstandslagen des letzten Inlandeises und die hydrographische Entwicklung der pommerschen Küste. — Jahrb. preuß. geol. L. A., **19** (1898), 90—152, Berlin 1899.
- KLAFS, G.: Die Formen der glazialen Akkumulation und Erosion im Ohregebiet und ihre Gliederung. — Wiss. Z. M.-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, math.-nat. R., **12**, 337—370, 1963.
- LIMANOWSKI, M.: siehe LOUIS, H. (1936, S. 24); Diskussionsbemerkung.
- LOUIS, H.: Neuere Forschungen über Urstromtäler besonders im mittleren Norddeutschland. — Comptes rendus Congr. Int. Géogr. Warschau 1934, Tome II, 15—25, Warsow 1936.
- LÜTTIG, G.: Eiszeit — Stadium — Phase — Staffel. Eine nomenklatorische Betrachtung. — Geol. Jahrb., **76**, 235—260, Hannover 1958.
- MEYER, K. D.: Das Quartärprofil am Steilufer der Elbe bei Lauenburg. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **16**, 47—60, Öhringen 1965.
- PFEFFERLE, R.: Zur Morphologie der Talsandterrassentäler in der Umgebung von Hamburg. Diss. Hamburg 1935.
- RICHTER, K.: Die Eiszeit in Norddeutschland. Berlin 1937.
- SCHROEDER-LANZ, H.: Morphologie des Estetales. — Hamburger geogr. Studien, **18**, Hamburg 1964.
- SEREBRANNYJ, L. R. u. RAUKAS, A. V.: Über die eiszeitliche Geschichte der Russischen Ebene im oberen Pleistozän. — Petermanns geogr. Mitt., **114**, 161—172, Gotha 1970.
- SINDOWSKI, K.-H.: Das Quartär im Untergrund der Deutschen Bucht (Nordsee). — Eiszeitalter u. Gegenwart, **21**, 33—46, Öhringen 1970.
- VOIGT, E.: Das Norddeutsch-Baltische Flachland im Rahmen des europäischen Schollenmosaiks. — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **23**, 18—37, Hamburg 1954.
- WOLDSTEDT, P.: Die großen Endmoränenzüge Norddeutschlands. — Z. deutsch. geol. Ges., **77**, 172—184, Berlin 1926.
- : Über Vorstoß- und Rückzugsfronten des Inlandeises in Norddeutschland. — Geol. Rdsch., **29**, 481—490, Stuttgart 1938.
- : Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. 2. Aufl., Stuttgart 1955.
- : Die Geschichte des Flußnetzes in Norddeutschland und angrenzenden Gebieten. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**, 5—12, Öhringen 1956.
- : Das Eiszeitalter. 3. Aufl., Stuttgart 1961.
- WOLFF, W.: Einige glazialgeologische Probleme aus dem Norddeutschen Tiefland. — Z. deutsch. geol. Ges., **79** (1927), Mber., 342—360, Berlin 1928.

Manusk. eingeg. 12. 4. 1972.

Anschrift des Verf.: Dr. E. Grimmel, 2 Hamburg 13, Rothenbaumchaussee 21—23, Institut für Geographie und Wirtschaftsgeographie.