

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	29	157—172 11 Abb.	<i>Hannover 1979</i>
----------------------------------	-----------	--------------------	----------------------

Übertiefte Täler im Hamburger Raum*)

FRIEDRICH GRUBE **)

Pleistocene, channel, fluvial erosion, glacial erosion, fluvio-glacial, lacustrine sediment, moraine, stratigraphic map (base Elster glaciation)
NW-German Lowlands (Hamburg)

Kurzfassung: Das Phänomen der übertieften Täler begleitet die Quartärforschung im Hamburger Raum seit dem Beginn der Untersuchungen eiszeitlicher Sedimente. Die Dichte der das Pleistozän durchteufenden Bohrungen ist in zahlreichen Bereichen so groß, daß Quartärbasis-karten im Maßstab 1 : 1000 bis 1 : 10 000 ein anschauliches Bild von den Auswirkungen der glazi- genen Exaration und Erosion wiedergeben. Einzelne bis über —400 m NN reichende übertiefte Täler schneiden sich in drumlinierte Jungtertiärflächen ein. In den tieferen Tälern dominieren glazifluviale und -limnische Sedimente, während in den bis —80 m NN tiefen Hohlformen Gletscherablagerungen überwiegen. Alle bekannten geomorphologischen und geologischen Fakten lassen sich zwanglos in das Modell kombinierter subglazialer Schmelzwasser-Erosion und Exara- tion des elsterzeitlichen Inlandeises einfügen.

Aus der Saale- und Weichsel-Kaltzeit wurden im Hamburger Raum nur Tunneltäler mit Über- tiefungen von 5—15 m bekannt, jedoch keine den Rinnen der Elster-Kaltzeit vergleichbaren Hohl- formen. Östlich von Oldesloe/Holstein wurden 2 subglaziale Tälchen entdeckt, in denen spät- glaziale-holozäne Mudde unmittelbar auf weichselzeitlicher Moräne liegt. Diese Hohlformen zwischen Drumlin-Rücken entsprechen dem subglazialen Typ der Glazielle im Sinne von GRIPP (1975). Nach der Intensität der Erosionsleistung kann folgende Entwicklungsreihe der subglazialen über- tiefen Täler aufgestellt werden: Tunneltal — Glazielle — Rinne — Fjord.

[Glacigenic Overdeepened Valleys in the Area of Hamburg]

Abstract: Geomorphological and geological studies of overdeepened valleys were focused in the western, northern and central parts of the Hamburg area. During the Elster glacia- tion valleys up to —400 m NN were eroded by subglacial processes in the tertiary basal plane. They contain coarse glazifluvial sands and glacialacustrine silt and clay. These valleys, therefore, were protected during the ingression of the Holstein sea. Several shallower valleys up to —60 m NN were filled with tills and other glacigenic materials; the genesis of these valleys may be due to exaration.

Only tunnel valleys from the saalian and weichselian formations with overdeepened parts of 5—15 m have been discovered in the Hamburg area. However, no geomorphological formations resembling those of the Elster period were found. Two small subglacial valleys are located in the east of Oldesloe, Holstein, where late glacial-holocene mud covers a weichselian till. These depressions, positioned between drumlins, correspond to the subglacial type of the "glazielle", described by GRIPP (1975). Depending on the intensity of previous erosion the following developmental stages of sub- glacial valleys can be envisioned: tunnel valley, "glazielle", overdeepened valley, fjord.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Entdeckung und Erforschung der elsterzeitlichen übertieften Täler
 - 2.1. Zur Geologie und Geomorphologie der elsterzeitlichen übertieften Täler
 - 2.2. Subglaziale Täler der Saale-Kaltzeit
 - 2.3. Tunneltäler der Weichsel-Kaltzeit
3. Schriftenverzeichnis

*) Zugleich Mitteilung Nr. 104 aus dem Geologischen Landesamt Hamburg.

**) Anschrift des Autors: Dr. F. Grube, Oberstraße 88, 2000 Hamburg 13.

1. Einleitung

Das geomorphologische Phänomen der übertieften Hohlformen blieb den ersten Bearbeitern von Aufschlußbohrungen nicht verborgen. Einerseits wurde das Tertiär flächenhaft unter einer geringmächtigen Quartärdecke von 10—40 m angetroffen, andererseits durchteuften Bohrungen die eiszeitlichen Lockergesteine bei 200 m oder 300 m noch nicht. Morphologisch sind die übertieften Täler in Norddeutschland durch jüngere Vergletscherungen und fluviale Prozesse so gründlich überprägt, daß Oberflächenkartierungen nur wenig über den Aufbau des tieferen Quartär-Untergrundes aussagen. Daher können diese tiefgründigen Rinnen im Gegensatz zu den Tunnel- und Fördertälern nicht zu den landschaftsbildenden Faktoren gerechnet werden. Diese in das Tertiär eingeschnittenen Quartärtäler sind überwiegend mit gemischtkörnigen Sanden aufgefüllt, die zu den ergiebigsten Grundwasserleitern Nordwestdeutschlands zählen. Das wirtschaftliche Bedürfnis zur Erschließung dieser Grundwasser-Lagerstätte war und bleibt erheblich, so daß zahlreiche Brunnen in diesem Grundwasserstockwerk abgeteuft werden. Mit Hilfe des relativ dichten Bohrnetzes (s. a. Abb. 1 und 2) kann daher eine geomorphologische Rekonstruktion der pleistozänen Basisfläche durchgeführt werden.

Vor allem die Füllungen der Rinnen, die im Hangenden der elsterkaltzeitlichen Gesteine und im Liegenden der Saalemoränen eine vollständige Abfolge der Holstein-Warmzeit mit limnischen und marinen Schichten aufweisen (Abb. 3) sind von besonderer Bedeutung für die Quartärstratigraphie. In einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft

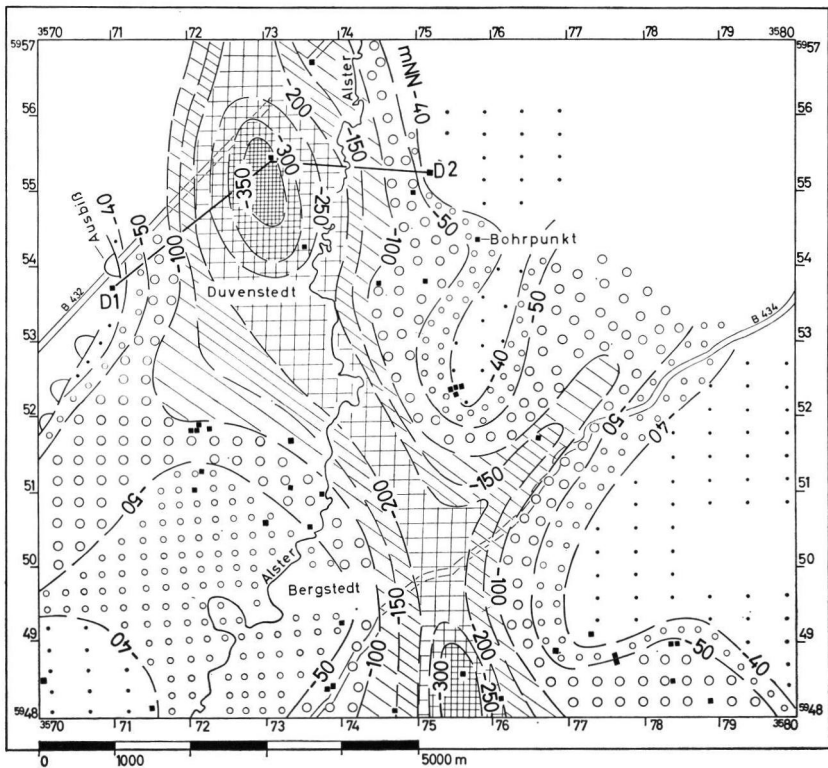


Abb. 1: Darstellung der Basisfläche der Elster-Kaltzeit in Meter NN, Kartenblätter 1 : 10 000 Duvenstedt, Bergstedt und Ochsenzoll (z. T.), D 1—D 2 Profillinie s. a. Abb. 3, Konstruktion C. Reimann, Zeichnung Strecker.

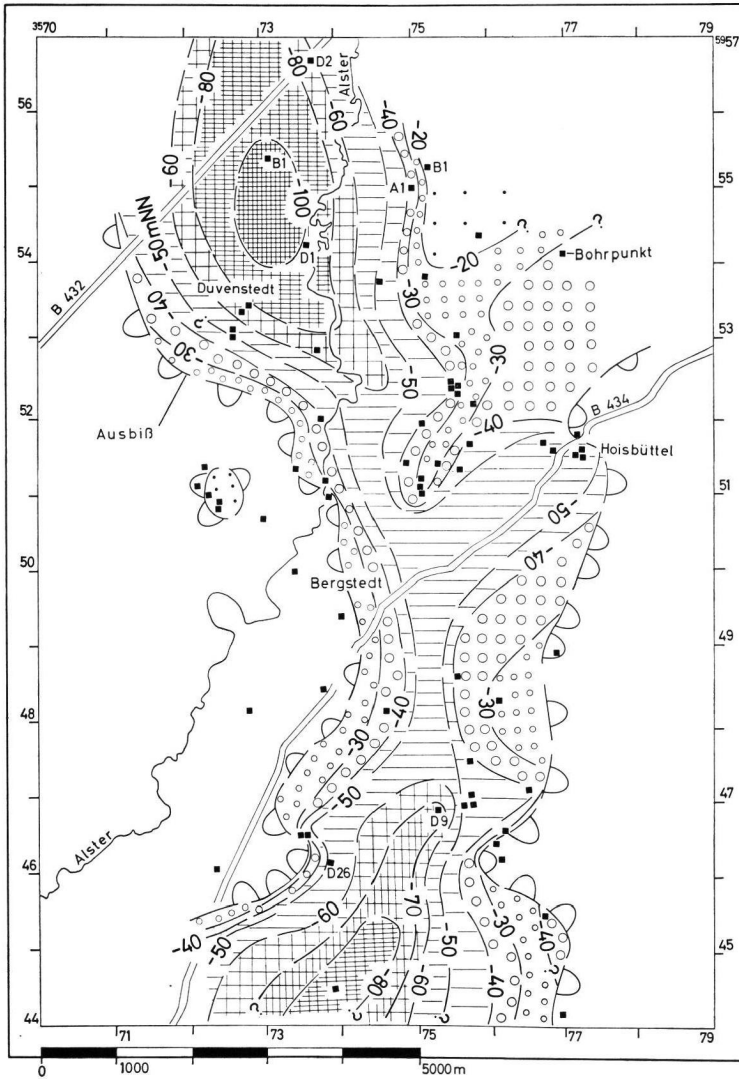


Abb. 2: Darstellung der Meeresablagerungen des Holstein-Interglazials in Meter NN, Kartenblätter 1 : 10 000 Duvenstedt, Bergstedt, Volksdorf und Ochsenzoll (z. T.), Konstruktion C. Reimann, Zeichnung H. Strecker.

unterstützten Forschungsprogramm werden alle vorhandenen Erkenntnisse über das Holstein-Interglazial im Hamburger Raum zusammengetragen, in Bohrsäulen dokumentiert und in Karten dargestellt.

2. Entdeckung und Erforschung der elsterzeitlichen übertieften Täler

Grundlegende Erkenntnisse wurden zum Phänomen der übertieften Täler im Hamburger Raum erarbeitet, da bereits frühzeitig die Grundfläche des Pleistozäns als wichtiger wirtschaftlicher, d. h. hydrogeologischer Horizont erkannt wurde. Die Rekonstruktion

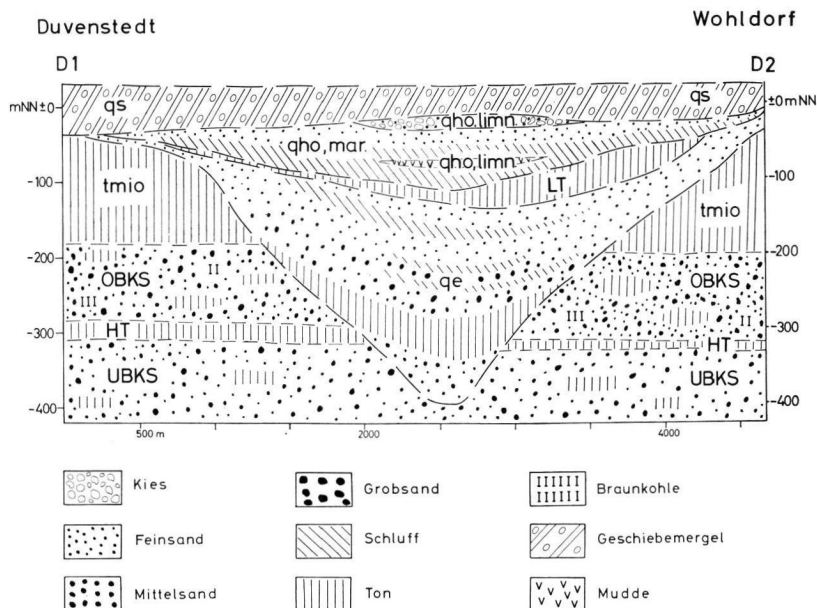


Abb. 3: Geologischer Schnitt durch ein übertieftes Tal der Elster-Kaltzeit (qe) mit marinen (mar) und limnischen (lim) Schichten der Holstein-Warmzeit (qho), im Liegenden der Saale- und Weichsel-Moränen (qs), vor allem der Drenthe-Moräne (D); die Rinne schnitt sich in den obermiozänen Glimmertons (tmio), die oberen Braunkohlsande (OBKS), den Hamburger Ton (HT) und die Unteren Braunkohlsande (UBKS) ein. Konstruktion C. Reimann, Zeichnung H. Strecker.

der Basisfläche des Quartärs bzw. der Tertiär-Oberfläche ist nicht nur abhängig von der Anzahl der Bohrpunkte, sondern auch von der geomorphologisch-geologischen genetischen Konzeption des Bearbeiters (subaerische oder subglaziale Erosion, Exaration, Tektonik). ZIMMERMANN (1838) nahm eine weitflächig horizontale Lagerung der Meeressediment-Oberfläche („blauer Ton“ = Miozäner Glimmertons) an, die nur im Bereich des Süllbergs bei Blankenese und in der Hamburger Neustadt durch örtliche Hebungen gestört sei. WIBEL & GOTTSCHKE (1876) und WIBEL (1879) zeigten die petrographischen und paläontologischen Möglichkeiten auf, um die quartären von den miozänen Schichten in den Bohrprofilen zu unterscheiden. Sie erkannten die komplizierte Lagerung vor allem der quartären Sedimente, deren Basis nach WIBEL & GOTTSCHKE (1876: 36) auf kleinem Raum von $-10,5$ m NN bis -120 m absinken kann. GOTTSCHKE (1901) nahm auf Grund einiger örtlicher Bohrergebnisse mit hoher Quartärmächtigkeit am und im Elbtal eine Begrenzung des Elbtals durch Verwerfungen an und führte damit die Tektonik als Hauptursache der Mächtigkeitsunterschiede im Quartär ein. WOLFF (1909) entdeckte beim Vergleich der Geologie von Bremen mit der von Hamburg große Ähnlichkeiten. Wegen der nicht niveaubeständigen Unterkante des Glimmertons schloß er eine postmiozäne Tektonik in Nordwestdeutschland nicht aus. 1917 erkannte er jedoch, daß die tief eingeschnittenen Rinnen reine Erosionsformen sein müssen: „Je tiefer nämlich in ihnen das Diluvium hinabreicht, eine um so tiefere Stufe des Tertiärs erscheint als Liegendes“. 1917 veröffentlichte W. WOLFF eine Dokumentation aller Beobachtungspunkte der erbohrten Tertiäroberfläche und machte auf die erheblichen geomorphologischen Unterschiede zwischen der gegenwärtigen relativ ebenen Landoberfläche und der Quartärbasis aufmerksam. Er legte die Bildungszeit der „Diluvialtäler“ vor die Geschiebemergel-Sedimentation der 1. Inlandvergletsche-

rung Norddeutschlands (Elster-Kaltzeit) und in das Postmiozän, da die obermiozänen Glimmertone tiefgründig erodiert wurden. Gegen eine Genese durch pliozäne Talbildung spricht die große Übertiefung der Rinnen. Ohne eine pliozäne Hebung von über 300 m und nachfolgende Senkung um denselben Betrag ist eine subaerische Talbildung schwer vorstellbar.

Seit 1911 sammelte E. KOCH systematisch alle Daten über den präquartären Untergrund im Hamburger Raum. Er arbeitete sehr eng sowohl mit den Bohrunternehmern als auch mit den staatlichen und privaten Auftraggebern für Grundwasser-Erschließungsbohrungen zusammen, so daß seine Konstruktionen der Wasserleiter nicht nur auf älteren Angaben der Literatur und Archive, sondern auch auf eigenen Bohrproben-Bearbeitungen basieren. Bereits 1913 veröffentlichte E. KOCH eine Karte mit der Quartärbasis aus einem Teilbereich der Elbmarsch und promovierte 1923 mit der Dissertation „Die prädiluviale Auflagerungsfläche unter Hamburg und Umgebung“. Mit Hilfe von ca. 560 direkten und indirekten Beobachtungspunkten wurde eine Karte entworfen, in der durch die Konstruktion der -50 m und -100 m NN Tiefen-Linie der Tertiäroberfläche die „Auftragungen“ von den „Tälern“ bzw. von den „Becken“ unterschieden wurden. Unter den „Auftragungen“ versteht E. KOCH alle Gebiete, in denen das Präpleistozän über -50 m NN ansteht. Größere Flächen als die Auftragungen nehmen die Sockel ein, auf denen das Quartär bis -100 m NN hinabreicht. In diese Flächen haben sich nach KOCH sog. „Täler“ eingeschnitten, die mit einer charakteristischen Bändertonmergelfazies aufgefüllt worden sind und der Saale-Kaltzeit zugeordnet werden. KOCH unterschied von den „Tälern“ die sog. „Becken“. Zu den „Becken“ gehören alle Bereiche, in denen das Pleistozän bis -100 m NN noch nicht durchteuft wurde. Zu dem typischen Sedimentaufbau dieser „Becken“ rechnen die glazigenen und glazifluvialen bzw. -limnischen Ablagerungen der Elster-Kaltzeit im Liegenden der Meeresbildungen der Holstein-Warmzeit und der hangenden Saale-Moränen. Die Arbeiten E. KOCHS (1923, 1924, 1927) zeichnen sich durch die Dokumentation wertvoller geowissenschaftlicher Daten von zahlreichen Schichtenverzeichnissen aus, die ohne diese Veröffentlichungen mit der kriegsbedingten Vernichtung des Hamburger Bohrrarchivs verloren gegangen wären. Geomorphologisch konnte E. KOCH die steilen Flanken der Rinnen sowie das Auslaufen einiger „Becken“ nachweisen, und erklärte die Entstehung dieser quartären Hohlformen durch Gletscherabtrag mit gleichzeitiger Erosion gespannter subglazialer Schmelzwässer. Tektonische Bewegungen innerhalb der „Becken“ und präglazial vorgeformten Täler wurden nicht grundsätzlich ausgeschlossen.

Die grundlegenden Erkenntnisse W. WOLFFS und E. KOCHS wurden in späteren Arbeiten ergänzt und verbessert; insbesondere LÖHNERT (1966, 1967) widmete intensive Studien dem Aufbau und der Hydrogeologie der Rinnen. Die Hydraulik der tieferen Grundwasserleiter wurde von KADNER (1970) erarbeitet. Arbeiten über die Beschaffenheit der Grundwässer und die hydrogeologischen Beziehungen der Rinnen zu den benachbarten Grundwasser-Stockwerken der miozänen Braunkohlensande sind noch nicht abgeschlossen. PALUSKA (1977) legte auf einem DEUQUA-Symposium eine neuere Isohypsen-Darstellung der Pleistozänbasis vor. In Vorbereitung befindet sich ebenfalls eine Karte der Quartärbasis mit der tertiären Sohlschicht (LINKE 1980). Auf einer hydrogeologischen Übersichtskarte 1 : 50 000 wurde die Oberfläche des Jungtertiärs mit der -50 m NN und -100 m NN Linie entworfen (KADNER, in Vorbereitung). Teilbereiche der Quartärbasis wurden von dicht abgebohrten Gebieten, z. B. Altona-Othmarschen (GRUBE 1970, 1972), Hammerbrook (GRUBE & EHLERS 1975) und unteres Alstertal (GRUBE, VLADI & VOLLMER 1976) einschließlich geologischer Schnitte veröffentlicht.

Die wegweisenden Arbeiten von W. WOLFF und E. KOCH blieben ein Torso, bis auch in benachbarten Bundesländern entsprechende hydro- und quartärgeologische Arbeiten durchgeführt wurden. In Schleswig-Holstein sind z. B. die Arbeiten von JOHANNSEN

(1960), JOHANNSEN & LÖHNERT (1974, 1971), HINSCH (1975) sowie in Niedersachsen W. RICHTER (1968), ORTLAM & VIERHUFF 1978) zu nennen. HINSCH (1977a) veröffentlichte für Schleswig-Holstein eine Darstellung der Pleistozänbasis im Maßstab 1 : 250 000. Die umfangreichen hydro- und quartärgeologischen Arbeiten in Niedersachsen werden von KUSTER & MEYER (1977) zusammengefaßt. Erst die Gesamtschau dieser Einzelarbeiten ermöglicht ein besseres Verständnis für die genetischen Probleme der übertieften Täler.

2.1. Zur Geologie und Geomorphologie der elsterzeitlichen übertieften Hohlformen

Koch (1923, 1924) unterschied quartäre Hohlformen unter und über —100 m NN in „Becken“ und „Täler“. Beide Begriffe haben sich im späteren Schrifttum nicht durchsetzen können. Der Begriff Becken wird im allgemeinen für schüsselförmige Vertiefungen ehemaliger Gletscherloben benutzt, nicht für Hohlformen mit deutlichem Überwiegen der Längserstreckung. Die Begrenzung des Wortes Tal auf Hohlformen mit einer Quartärbasis oberhalb —100 m NN erscheint willkürlich. WOLFF (1909, 1917) verwendete die Begriffe „Diluvialtal“, „Rinne“ und „Erosionsrinne“. Der neutrale Begriff „übertiefte Hohlform“ sollte den Vorzug genießen. Aber auch der Terminus „übertieftes Tal“ würde den genetischen Vorstellungen prae-, pro- oder subglazialer Entstehung mit oder ohne tektonische Beeinflussung gerecht werden.

Die hochaufragende Glimmerton-Oberfläche ist als bautechnisches Grundgebirge von großer Bedeutung für die Wahl der Bauverfahren. Andererseits ist die räumliche Lage und Mächtigkeit des Lauenburger Tones für die Beurteilung von Tiefgründungen sehr wichtig, so daß Einzelbereiche im W, N und Zentrum von Hamburg mit einem dichten Bohrnetz aufgeschlossen worden sind. Die Ergebnisse der Bohrungen sind geologisch ausgewertet worden. Die Darstellung der Quartär-Basisfläche erfolgte im Maßstab 1 : 1 000 bis 1 : 10 000 (Archivierung im Geol. Landesamt Hamburg).

Die von Farmsen über Jenfeld nach Horn streichende und nach Hamm—Hohenfelde—Uhlenhorst abbiegende Rinne gehört zu den klassischen „Becken“ im Sinne von KOCH (1924). Das Teilgebiet von Hohenfelde bis Hamm wurde in der Zwischenzeit so dicht abgebohrt, daß eine Darstellung der Pleistozänbasis von —25 m NN bis tiefer —350 m NN konstruiert werden konnte (Grube & EHLERS 1975: 361—362). Die Füllung dieser elsterzeitlichen Rinne besteht überwiegend aus glazifluvialen und glazilimnischen Sedimenten, die zum Hangenden in die Lauenburger-Ton-Fazies übergehen und von den bunten Meerestonen des Holstein-Interglazials überlagert werden. Während über den Sohlbereich der übertieften Hohlformen wegen des Abbruchs der tiefsten Bohrung im Quartär noch keine lückenlose Klarheit herrscht, wurde die westliche Flanke durch kleinere Quertälchen untergliedert, von denen eines den späteren Unterlauf der Alster aufgenommen hat. In das Obermiozän hat sich dieses Tälchen von der übertieften Hohenfelder Rinne bei ca. —60 m NN nach SW in Richtung zum heutigen Elbtal eingekerbt (GRUBE, VLADI & VOLLMER 1976: Abb. 2 und 3). Begleitet wird dieses Tälchen von drumlinartigen Glimmerton-Aufragungen an den Flanken. Im Gegensatz zu den übertieften Rinnen ist die Alster-Hohlform überwiegend durch Moränen der Elster- und Saale-Kaltzeit ausgefüllt, die voneinander durch Schmelzwassersande und lokal durch limnische Sedimente der Holstein-Warmzeit getrennt sind.

Auch bei Baugrund-Untersuchungen für den Elbtunnel wurde ein übertieftes Tal am Rande des Salzstockes Othmarschen abgebohrt (GRUBE 1970: 133, Bild 12; 1972: 34). Es ist anzunehmen, daß diese Hohlform dem „Tal“ von KOCH (1924: 53) entspricht, das sich vom Rothenbaum nach Altona und Ottensen (Ovelgönne) hinzieht. Auch dieses Tal ist überwiegend mit glazifluvialen und -lakustrinen Sedimenten gefüllt, die im Hangenden

von limnischen Ablagerungen der Holstein-Warmzeit bedeckt sind. Die Einstufung ins Holstein-Interglazial wurde durch pollenanalytische Untersuchungen von HALLIK und KOLUMBE (Archiv Geologisches Landesamt Hamburg) bestätigt, außerdem enthalten einzelne Schluffbänke massenhaft Süßwasser-Ostracoden. Im Hangenden folgen als durchgehende Horizonte die Drenthe- und Niendorfer Moräne der Saale-Kaltzeit. Im Gegensatz zu KOCH dürften die „Täler“ in Othmarschen und im unteren Alstertal nicht einer jüngeren Kaltzeit zuzuordnen sein, denn diese Rinnen waren bereits in der frühen Holstein-Warmzeit soweit verfüllt, daß die Holstein-See nicht mehr eindringen konnte. In den Niederungen bildeten sich Süßwassertümpel und -seen mit den entsprechenden organogenen Ablagerungen.

Nach den bisherigen Untersuchungen lassen sich im Hamburger Raum zwei Typen von Rinnen unterscheiden. Während die kartierte, etwa 200 m tiefe Rinne (GRUBE 1970: Bild 12) eine V-Form aufweist, scheint in den flacheren bis maximal -100 m NN reichenden Rinnen eine U-Form ausgebildet zu sein. In den flachen Hohlformen überwiegen die glazigenen Sedimente, insbesondere der Geschiebemergel, während in den tieferen Rinnen Schmelzwassersande und Beckensande vorherrschen. Aber auch in tieferen Rinnen wurde Geschiebemergel, seltener Geschiebelehm unter -100 m NN gefunden (Abb. 4), z. B. in der Bohrung 7446 D 9 wurde Moräne (Till) bis -324,8 m NN erbohrt. Häufiger als an der Talsohle ist die elsterzeitliche Moräne an den Flanken und in der Schulterregion der Täler erhalten.

In Hamburg-Harburg ist die Quartärbasis nicht nur durch Brunnenbohrungen, sondern auch durch zahlreiche Baugrundbohrungen aufgeschlossen worden. Die Oberfläche des Glimmertones ist durch über -15 m tiefe Erosionsfurchen eingekerbt (Abb. 5). Im Streichen einer dieser Rinnen sind durch einzelne tiefere Bohrungen Übertiefungen bis tiefer als -40 m NN bekannt geworden, in denen fast die Basis des Glimmertones angeschnitten wurde. Auf den Glimmertonkuppen wurden die elsterzeitlichen Sedimente zum erheblichen Teil in der Saale-Kaltzeit wieder abgetragen. Der Aufbau des Quartärs ergibt

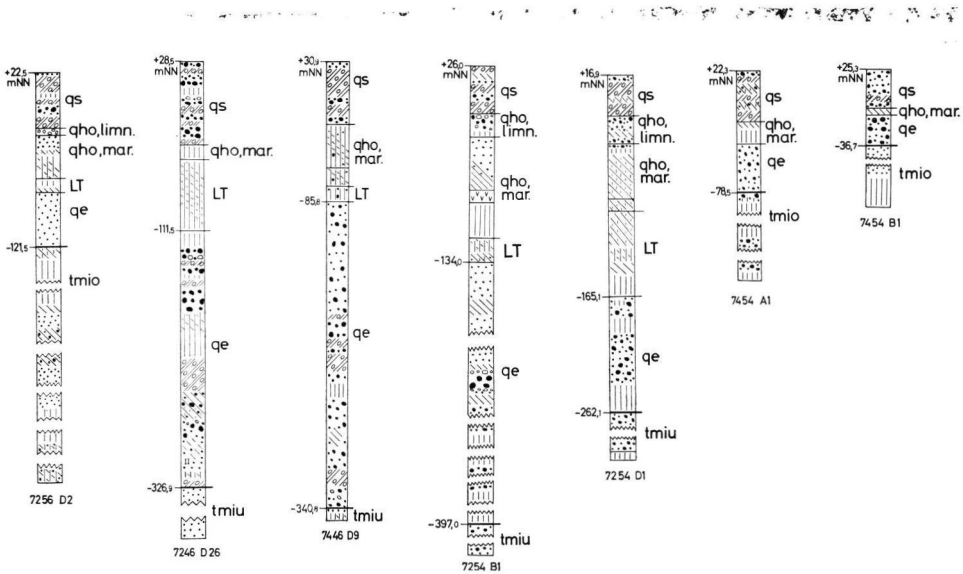


Abb. 4: Säulendiagramm wichtiger Quartär-Bohrungen aus Hamburg-Duvenstedt-Volksdorf, Lage Abb. 1 und 2, Legende Abb. 3, Zeichnung H. Strecker.

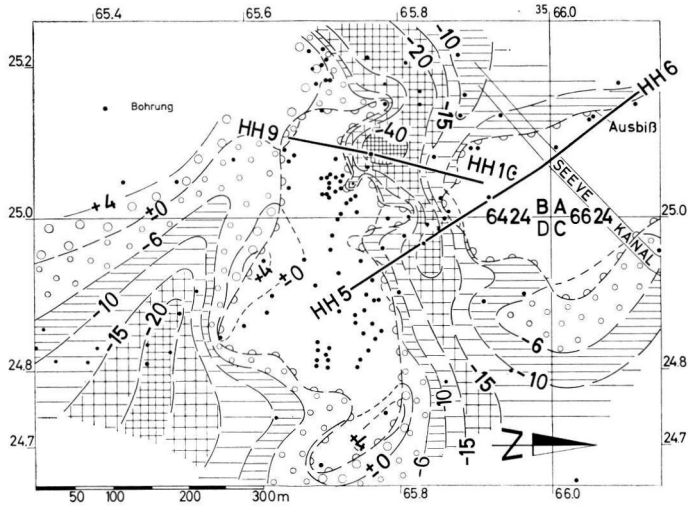


Abb. 5: Auftragungen des obermiozänen Glimmertones in Hamburg-Harburg mit dem Ausbiß der elsterzeitlichen Sedimente, mit Profilinien s. a. Abb. 6 + 7, Konstruktion T. Vollmer und W. Kosasih, Zeichnung H. Mewes.

sich aus den geologischen Profilen (Abb. 6 und 7). Das geringmächtige Quartär besteht überwiegend aus kiesigen Schmelzwassersanden, feinkörnigen Sanden und glazilimnischen Schluffbänken. Über 10 m mächtige Moränen der Elster-Kaltzeit sind aus der südlichen Hohlform nachgewiesen. Als Deckschichten treten Fließerden, verschwemmte Sandlößböden, niveofluviale Sande, holozäne Torfe und die aufgefüllten Bodenarten auf.

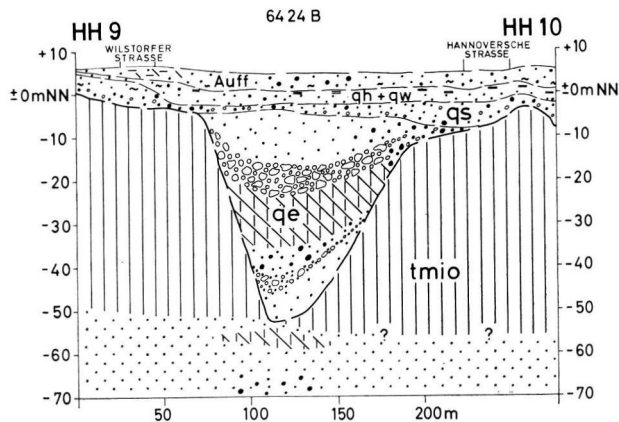


Abb. 6: Geologisches Profil durch ein übertieftes Tälchen mit glazifluvialen und -lakustrinen Sedimenten der Elster-Kaltzeit, Legende s. a. Abb. 3 und 7, Lage s. a. Abb. 5; Konstruktion C. Reimann, Zeichnung H. Mewes.

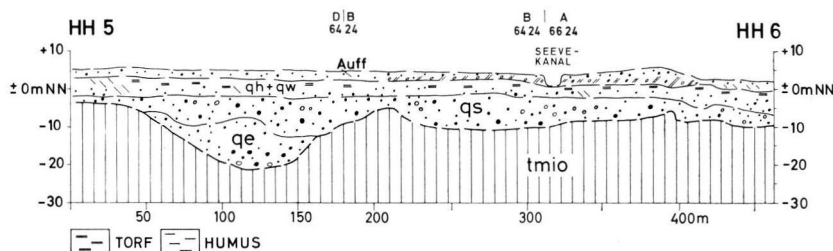


Abb. 7: Geologischer Schnitt durch das Obermiozän und Pleistozän von Hamburg-Harburg, Legende s. a. Abb. 3, Lage s. a. Abb. 5, Konstruktion C. Reimann, Zeichnung H. Mewes.

In Duvenstedt wurde die Morphologie der übertieften Täler mit Hilfe zahlreicher bis zu 400 m tiefen Grundwasser-Förderbrunnen erschlossen (Abb. 1). Wenn auch die Bohrungen von verschiedenen Unternehmern mit im Laufe der Jahrzehnte veränderten Verfahren abgeteuft und von wechselnden Geologen bearbeitet wurden, so können durch Vergleich dieser Ergebnisse im Raum Duvenstedt—Bergstedt—Hoisbüttel Basiskarten der hydrogeologischen Haupthorizonte konstruiert werden. Schwierigkeiten bereiten Randbereiche ohne Aufschlüsse. Die östlich von Bergstedt über Duvenstedt nach Norden verlaufende Rinne ist seit KOCH (1923, 1924) bekannt. Die ca. —200 m tiefe Talsohle ist durch Übertiefungen bis —300 m NN bzw. —350 m NN gegliedert. Ein Seitental läßt sich östlich von Bergstedt parallel zur Landstraße nach Hoisbüttel (B 434) vermuten. Als hydrogeologisch und stratigraphisch wichtige Horizonte können der Lauenburger Ton, die marinen Sedimente der Holstein-Warmzeit, die überwiegend sandigen Schichten des ausgehenden Holstein-Interglazials und der frühen Saale-Kaltzeit sowie die Drenthe-Moränen ausgeschieden werden. Die Meeresschichten der Holstein-See sind durch die petrographische Ausbildung (z. B. Rotfärbung) und vor allem durch die Fossilführung in den meisten Bohrverzeichnissen erkennbar. Die Verbreitung dieses Interglazials ist weitgehend an die übertieften Rinnen gebunden (Abb. 2), wobei die Basisfläche am Rinnenrand höher als —20 m NN liegen kann. Im Bereich der Übertiefungen des Elster-Tales reichen die Meeresschichten mit ihrer Unterkante bis —100 m NN hinunter. Diese erheblichen Reliefunterschiede in der Oberfläche und Basis der marinen Sedimente dürften auf das Tief-tauen von Toteis hinweisen.

In einem Querschnitt durch die Rinne von Duvenstedt wird der geologische Aufbau dieser Rinne demonstriert (Abb. 3). Die Grundlagen für die Karten und Profile bilden die Schichtverzeichnisse von tieferen Grundwasserbohrungen, von denen eine Auswahl als Säulendiagramm gezeichnet wurde (Abb. 4). Hierbei ergibt sich folgendes Bild: An der Sohle der übertieften Täler finden sich nicht selten Tertiärschollen, oder das Quartär ist reich an umgelagertem Miozän-Material. Es überwiegen gemischtkörnige glazifluviale Sande mit Schluff- und Kiesbänken, zum Hangenden mehrten sich die glazilakustrinen Sedimente. Eine Besonderheit stellen einzelne Linsen und Schollen von Moränenmaterial (Till) im Lauenburger Ton dar. Diese Geschiebemergel sind wahrscheinlich in genetischer Sicht keine echten Moränen, sondern durch Eisschollen oder als Hangrutsch vielleicht in unmittelbarer Nähe des abtauenden Gletschers abgelagertes Moränenmaterial. Die „Bänder-tonmergel“ E. KOCHS und die Feinsande mit und ohne Schluffbänke dürften dem Lauenburger Ton altersgleich oder geringfügig älter sein.

Das Meer der Holstein-Warmzeit brach in die tiefliegenden Täler ein und lagerte bunte Schluffe und Tone ab, die durch eine artenarme Foraminiferen- und Molluskenfauna gekennzeichnet sind (WOSZIDLO 1962; KNUDSEN 1976). Die Meeresablagerungen

im Sinne von GRAHLE (1936) werden über 40 m mächtig und sind wie der Lauenburger Ton und die bunten Tone des Frühinterglazials flächenhaft in den tiefen Rinnen ausgebildet. Die marinen Sedimente sind jedoch nicht auf die Rinnen beschränkt, sondern lassen sich in seltenen Fällen auch auf hochliegendem Tertiär nachweisen, z. B. in der Bohrung 7454 B 1, in der fossilführendes marines Interglazial von $-5,7$ m NN bis $-11,7$ m NN angetroffen wurde. Die limnischen Sedimente der ausgehenden Holstein-Warmzeit sind im allgemeinen über den ästuarine Sanden im Bereich der Rinnen verbreitet. Sie fielen jedoch wegen der geringeren Mächtigkeit und der Oberflächennähe den erodierenden Gletschern und Schmelzwässern der Saale-Kaltzeit eher zum Opfer als die bindigen Meerestone.

Die Häufigkeit von Moränenmaterial in den flacheren Rinnen und ihre Morphologie sprechen für einen erheblichen Anteil der Exaration bei ihrer Genese. In den tieferen Hohlformen überwog vermutlich die Erosion durch gespannte subglaziale Schmelzwässer, denn in diesen Rinnen dominieren die glazifluvialen Sedimente. Die unruhige Glimmertonoberfläche unterscheidet sich erheblich von der dem Mittelmiozän konkordant auflagernden Basisfläche des Obermiozäns, d. h. beide Flächen sind durch verschiedene geologische Prozesse geformt. Tektonische Bewegungen, wie sie neuerdings PALUSKA fordert (in: PALUSKA, LÖHNERT & SCHLICHTING 1978), sind schwer nachweisbar. Mehrfach wurde obermiozäner Glimmerton an der Basis einer Rinne erbohrt, z. B. in einer Brunnenbohrung in Hamburg-Sasel (7246 D 26), in der von 219,5 bis 242,5 m u. Gel. Glimmerton über Beckenschluff und Geschiebemergel von 245,0 bis 272,5 m u. Gel. angetroffen wurde. Dieser Aufbau ist jedoch zwanglos durch Hangrutschungen erklärbar. Tektonische Bewegungen wären nur durch ein langfristiges Nivellement erkennbar. Dagegen konnten Verwerfungen, Klüfte und Spalten auch in quartären Schichten häufig in den Tagesaufschlüssen auf den Strukturen von Othmarschen, Elmshorn, Lägerdorf, Hemmoor und Lüneburg beobachtet werden. — Hinweise auf eine bis ins jüngste Quartär reichende Salzstock-Tektonik. Die Existenz präglazialer (= cromerzeitlicher) Täler ist bisher im Hamburger Raum — etwa durch das Auffinden von altpleistozänen Sedimenten — nicht bewiesen worden, wenn man von der Karstgraben-Füllung in Lieth auf dem Salzstock Elmshorn absieht (GRUBE 1968; MENKE 1975). Da die übertieften Täler auf die quartären Vergletscherungsgebiete beschränkt sind, spricht einiges für eine enge Beziehung zwischen dieser speziellen geomorphologischen Talform und den Inlandgletschern. Die Rinnen sind aus der DDR (z. B. EISSMANN 1975), Nordwestdeutschland, dem Bereich der Nordsee (HOLMES 1977), in Andeutungen aus Südschweden, Dänemark und den Niederlanden bekannt. In Jütland ist nach HOLGER LYKKEN ANDERSEN (mündl. Mitt.) ein 150 m tiefes Quartärtal bei Aarhus erbohrt; tektonische Bewegungen konnten im Horsens-Fjord (Graben) nachgewiesen werden. Inwieweit die Fjorde Norwegens (H. HOLTEDAL 1975) und die übertieften Hohlformen im alpinen Bereich (z. B. Züricher See mit bis zu 400 m mächtigen Lockergesteinen und Felsquerrippen, mündl. Mitt. SCHLÜCHTER 1978) mit den subglazialen Quartärtälern und Tunneltälern geomorphologisch vergleichbar sind, muß zur Diskussion gestellt werden.

Das quantitative Problem der Erosionsleistung bleibt ungelöst. Wenn die Mehrzahl der übertieften Täler in der Elster-Kaltzeit aufgerissen wurde, müßten große Mengen an glazifluvialem und -lakustrinem Material im Vorfeld der Gletscher nachzuweisen sein. Die Berechnung dieser Mengen wäre jedoch auch dann schwer durchführbar, wenn die Abmessungen der Rinnen in Schleswig-Holstein und Niedersachsen besser erforscht sind. Auffallend ist zum Beispiel, daß die Rinnen in den Gebieten mit größerer Bohrdichte schmaler dargestellt werden als in Bereichen mit Einzelbohrungen. Das Mengenproblem der erodierten Massen wird durch die Annahme einer differenzierten subglazialen Erosion gemildert. Während eine neue Rinne aufgerissen wurde, konnte eine ältere bereits sub-

glazial wieder verfüllt werden. Der Reichtum an umgelagertem Tertiärmaterial in den Rinnen spricht für diese Hypothese.

Die Genese der übertiefen Täler wurde in den Skizzen Abb. 8—11 dargestellt. Die Inlandgletscher der Elster-Kaltzeit fanden eine ausgeglichene Landschaft vor, in der nach der Regression des Obermiozän-Meeres sich ein plio-altpleistozänes Flußnetz ausbildete (Abb. 8). Durch Exaration wurden flachere Hohlformen bis tiefer als -60 m NN in den

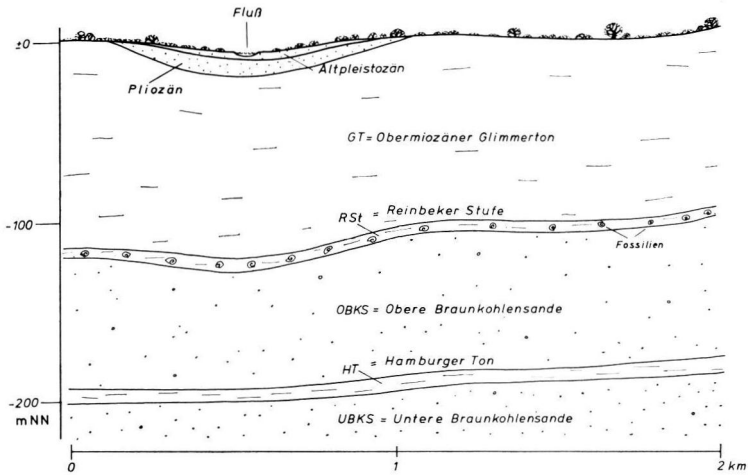


Abb. 8: Plio- und altpleistozäne Landoberfläche.

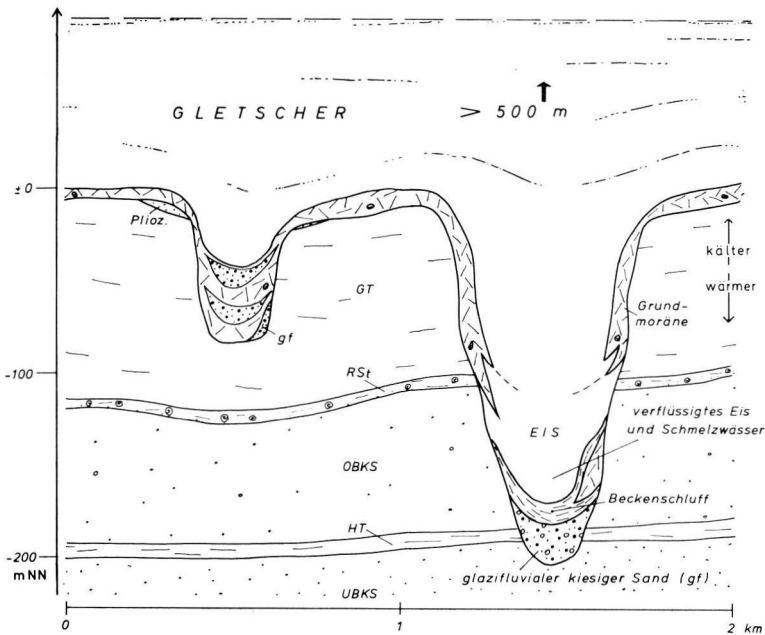


Abb. 9: Inlandvergletscherung der Elster-Kaltzeit mit der Bildung subglazialer übertiefen Täler, Exaration in den flacheren Hohlformen, Schmelzwassererosion und „melt out till“ in den tieferen Rinnen, Zeichnung Tiedke.

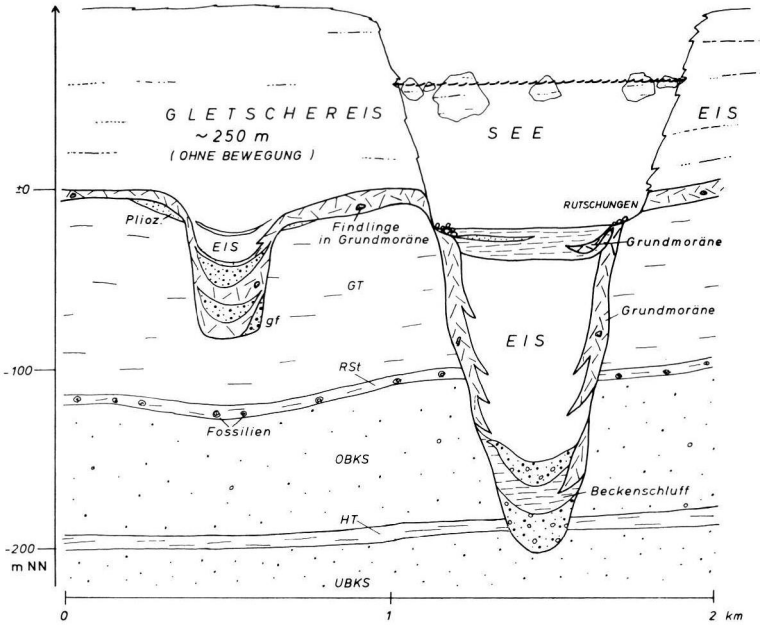


Abb. 10: Bildung von Seen und Flüssen in der Toteisphase der Elstergletscher. Ablagerung von supraglazialen und glazilimischen Sedimenten mit Einschaltungen von glazifluvialen Bänken.

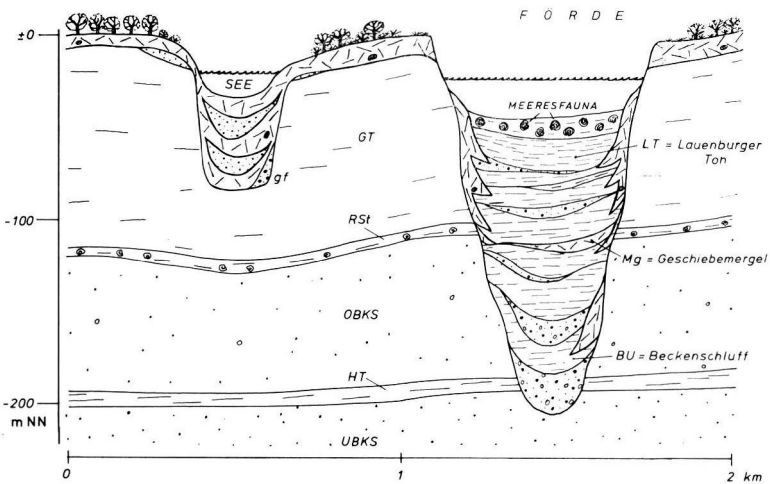


Abb. 11: Holstein-Warmzeit mit Süßwasserseen und Fjorden.

tertiären Untergrund eingekerbt. Bei der Entstehung der bis -400 m NN übertieften Täler dürften nach der Häufigkeit basaler glazifluvialer Sedimente subglaziale Schmelzwässer wesentlich beteiligt sein (Abb. 9). Ebenfalls muß mit dem dynamischen Einfluß von druckverflüssigtem Gletschereis gerechnet werden, Zeichnung Tiedke.

In der Abschmelzphase des Gletschereises entstanden auf den tieferen Rinnen supra-glaziale Sedimente, die überwiegend aus glazilimnischen schluffigen Feinsanden mit eingeschalteten Schluffbänken bestehen. Seltener werden Wechsellagerungen mit kiesigen Grobsanden beobachtet, die durch Schmelzwasserflüsse sedimentiert wurden. Die im Lauenburger Ton eingelagerten Bänke aus Moränenmaterial lassen sich durch Rutschungen, durch Eisschollentransport und als subaquatischer Till erklären (Abb. 10). In der nachfolgenden Holstein-Warmzeit drang das Meer in Förden auf den von den Rinnen vorgezeichneten Bahnen tief in die damalige Jungmoränen-Landschaft Nordwestdeutschlands vor (Abb. 11).

Subglaziale Täler der Saale-Kaltzeit

Die Basisfläche der Hauptsaaale-Moräne, dem Drenthe-Stadium, wurde vom Bereich der Hamburger Innenstadt konstruiert (GRUBE, VLADI & VOLLMER 1976: Abb. 4). Der Drenthe-Gletscher schnitt sich lokal im unteren Alstertal bis tiefer —50 m NN in die elsterzeitlichen Sedimente ein. Rinnen, die mit den übertieften Tälern der Elster-Kaltzeit vergleichbar wären, konnten jedoch bisher nicht nachgewiesen werden. Ähnliches gilt ebenfalls für das mittlere und jüngere Stadium der Saale-Kaltzeit (Niendorfer bzw. Fuhlsbüttler Stadium). Aber tunneltalähnliche Übertiefungen sind mehrfach beobachtet. So wurde das untere Alstertal am Jungfernstieg, Hamburg, durch die Gletscher und Schmelzwässer des Niendorfer Stadiums so überprägt, daß sich Sedimentfallen für fluviale und organogene Ablagerungen der folgenden Eem-Warmzeit bildeten (GRUBE, VLADI & VOLLMER 1976: Abb. 2 und 5). Die Basis der Niendorfer Moräne wurde in geschlossenen Hohlformen bis —30 m NN nachgewiesen, während die durch jungsaalezeitliche Schmelzwässer geformte Moränenoberfläche unter —15 m NN abtauchen kann.

Auch in anderen Gebieten der Altmoräne wurden übertiefe Täler mit organogenen Sedimenten der Eem-Warmzeit gefunden. Quer über den Straßenzug Reeperbahn—Königstraße zieht das Tal der Pepermölenbek, ein unregelmäßig gestaltetes Tälchen, mit Übertiefungen von über 5 m. Im Liegenden der eeminterglazialen Sedimente (Torfe, Mudde, humose Sande) folgen nur lokal geringmächtige Schmelzwassersande über der jungsaalezeitlichen Moräne (HOMCI 1974: Abb. 7 u. 8). Diese übertieften Hohlformen dürften überwiegend durch Exaration entstanden und primär durch Toteis konserviert worden sein.

Ein weiteres Vorkommen von übertieften Hohlformen in der Fuhlsbüttler Moräne wurde von WOSZIDLO (1978) in Hamburg-Harvestehude nachgewiesen, wo Übertiefungen in der Talachse von etwa 10 m vorhanden sind.

Dagegen treten in der Sohle subglazialer Schmelzwasserrinnen des Fuhlsbüttler Stadiums in Hamburg-Billstedt (GRUBE & EHLERS 1975: 356—357) keine Übertiefungen auf. Die organogenen Schichten der Eem-Warmzeit sind offensichtlich über Toteissenken entstanden, denn die Basisfläche dieser Interglazial-Sedimente weist in der Talachse Differenzen über 5 m auf.

2.3. Tunneltäler der Weichsel-Kaltzeit

Die Tunneltäler gehören zu den bekanntesten Formenelementen der Jungmoräne. Die auf kleinem Raum wechselnde Talbreite und vor allem die Übertiefungen in der Talsohle sind die charakteristischen Merkmale eines Tunneltales. Die ursprüngliche Morphologie ist durch glazifluviale Überschotterung sowie postglaziale Erosion mit wechselnder Intensität und Bildung holozäner Deckschichten überprägt.

In Hamburg-Volksdorf wurden in den „Teichwiesen“ im Liegenden von holozänen Torfen Mudden erbohrt, die in übertieften Hohlformen erhalten geblieben sind. Das durch prähistorische Grabungen (RUST 1943) bekannte Stellmoorer Tunneltal wurde morphologisch durch GRUBE (1969) untersucht. HOMCI (1974) entdeckte Übertiefungen der weichselzeitlichen Sedimente bzw. „Auftragungen“ der saalezeitlichen Moränen quer zur Fließrichtung der Schmelzwässer. Wenn auch die Übertiefungen nur 5 bis 10 m betragen, so lassen sich doch geomorphologische Vergleiche der saale- und weichselzeitlichen Tunneltäler mit den elsterzeitlichen Rinnen ziehen. Alle geologischen und geomorphologischen Daten lassen sich zwanglos in die Vorstellung subglazialer Schmelzwasser-Erosion mit wechselnder Beteiligung der Exaration einfügen. Wieweit diese Erosion subglazial oder proglazial im Sinne von SJÖRRING (1977) erfolgte, bedarf einer intensiven Untersuchung. Denkbar wäre auch das Lösen der Gesteine durch hydraulischen Überdruck in der Gletscherrandzone durch natürliche hydraulische Grundbrüche.

Ein Hinweis auf die Genese eines subglazialen Tales durch das Gletschereis im Sinne von GRIPP (1975) wurde im Drumlinfeld östlich Oldesloe entdeckt (Grundkarte Blatt 3592 R 5962 H Rethwischhof). Das Nebeneinander von Drumlins (RANGE 1933) und „Glaziellen“ erscheint nicht verwunderlich. In diesen Hohlformen erbohrten Studenten in einem Geländepraktikum Torfe und Mudden des Holozäns bzw. Spätglazials, die ohne Zwischenschaltung von fluvialen oder glazifluvialen Sanden direkt auf der Weichsel-Moräne lagerten. Diese subglazialen Hohlformen werden als „Glazielle“ im Sinne von GRIPP (1975) gedeutet.

3. Schriftenverzeichnis

- EISSMANN, L. (1975): Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe, Modell einer Landschaftsentwicklung am Rand der europäischen Kontinentalvereisung. — Schriftenreihe f. Geol. Wissenschaften, **2**: 228 S.; Berlin.
- GOTTSCHKE, C. (1901): Der Untergrund Hamburgs. — Hamburg in naturwissenschaftlicher und medizinischer Beziehung, **73**, Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte: 14—28; Hamburg.
- (1897a): Die tiefsten Glacialablagerungen der Gegend von Hamburg. — Mitt. Geograph. Ges. in Hamburg, **13**: 10 S.; Hamburg.
- (1897b): Die Endmoränen und das marine Diluvium Schleswig-Holstein's. — Mitt. Geograph. Ges. in Hamburg, **13**: 74 S.; Hamburg.
- GRAHLE, H. O. (1936): Die Ablagerungen der Holstein-See (Mar. Interglaz. I), ihre Verbreitung, Fossilführung und Schichtenfolge in Schleswig-Holstein. — Abh. Geol. L.-Amt, N. F. **172**: 110 S.; Berlin.
- GRIPP, K. (1975): 100 Jahre Untersuchungen über das Geschehen am Rande des nordeuropäischen Inlandeises. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **26**: 31—73; Öhringen.
- GRUBE, F. (1968): Die Pliozän-Pleistozän-Grenze und das ältere Pleistozän im Hamburger Raum. — Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, **37**: 121—126; Hamburg.
- (1969): Zur Geologie der weichselzeitlichen Gletscherrandzone von Rahlstedt-Meiendorf. Ein Beitrag zur regionalen Geologie von Hamburg. — Abh. u. Verh. Naturw. Ver. Hamburg, N. F. **13**: 141—194; Hamburg.
- (1970): Baugeologie der Lockergesteine im weiteren Hamburger Raum. — Grundbau Taschenbuch, **1**, Ergänzungsband: 109—160; Berlin.
- (1972): Urban and Environmental Geology of Hamburg (Germany). — 24th Geol. Cong. Montreal, Sect. **13**: 30—36; Montreal.
- GRUBE, F. & EHLERS, J. (1975): Pleistozäne Flußsedimente im Hamburger Raum. — Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ., **44**: 353—382; Hamburg.
- & VLADI, F. & VOLLMER, T. (1976): Erdgeschichtliche Entwicklung des unteren Alstertales. — Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ., **46**: 43—56; Hamburg.

- HINSCH, W. (1975): Präquartärer Untergrund und glaziäre Rinnen in Südostholstein. — Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ., **44**: 383—402; Hamburg.
- (1977a): Basis des glaziären Pleistozäns in Schleswig-Holstein bzw. Oberkante des Präquartärs. — Geol. L.-Amt Schleswig-Holstein, Maßstab 1 : 250 000; Kiel.
- (1977b): Rinnen an der Basis des glaziären Pleistozäns in Schleswig-Holstein. — DEUQUA-Symposium Rosenheim, Eiszeitalter u. Gegenwart. (Im Druck.)
- HOLMES, R. (1977): Quaternary deposits of the central North Sea, 5. The Quaternary geology of the UK sector of the North Sea between 56° and 58° N. — Natural Environment Research Council Report, **77/14**: 50; London.
- HOLTEDAHL, H. (1975): The Geology of the Hardangerfjord, West Norway. — NGU 323, Bulletin **36**: 87; Trondheim.
- HOMCI, H. (1974): Jungpleistozäne Tunneltäler im Nordosten von Hamburg (Rahlstedt-Meendorf). — Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ., **43**: 99—126; Hamburg.
- JOHANNSEN, A. (1960): Ur-Anlagen pleistozäner Förden und Rinnen in Schleswig-Holstein. — Geol. Jb., **77**: 271—308; Hannover.
- JOHANNSEN, A. & LÖHNERT, E. (1971): Geologie und Grundwasservorkommen im schleswig-holsteinischen Untereibe-Gebiet. — Meyniana, **21**: 42—66; Kiel.
- (1974): Geologie und Grundwasservorkommen im schleswig-holsteinischen Randgebiet östlich von Hamburg. — Meyniana, **25**: 31—53; Kiel.
- KADNER, M. R. (1970): Untersuchung der geohydrologischen Eigenschaften von Aquifers im Raum Hamburg unter Anwendung nichtstationärer Verfahren. — Diss., 112 S.; Hamburg. — Mitteilung Nr. 78 aus dem Geol. Landesamt Hamburg.
- Tertiäre Grundwasserleiter im Hamburger Raum. — Geol. Jb., Hannover. — [In Vorbereitung.]
- KNUDSEN, K. L. (1976): Die holsteinterglaziale Foraminiferenfauna von Wacken (West-Holstein) und Hamburg-Hummelsbüttel. — Vortrag DEUQUA, Geomatikum 2. 9. 76, Hamburg.
- KOCH, E. (1913): Der Untergrund der rechtselbischen Marsch oberhalb Hamburgs. — Jb. hamburgischen wiss. Anst., **30**; Hamburg.
- (1923): Die prädiluviale Auflagerungsfläche unter Hamburg und Umgebung. — Diss. Math.-Naturwiss. Fak. Universität Hamburg 28. 7. 1923, A. Friedrichsen, Hamburg.
- (1924): Die prädiluviale Auflagerungsfläche unter Hamburg und Umgebung. Mitt. Mineral.-Geol. Staatsinst., **6**: 96 S.; Hamburg.
- (1927): Beiträge zur Geologie des Untergrundes von Hamburg und Umgebung. — Mitt. Mineral.-Geol. Staatsinst., **9**: 110 S.; Hamburg.
- KUSTER, J. & MEYER, K. D. (1977): Glaziäre Rinnen im mittleren und nordöstlichen Niedersachsen. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **29**: 135—156; Hannover.
- LÖHNERT, E. (1966a): Die Beschaffenheit des tieferen Grundwassers und die Grenze Salzwasser/Süßwasser im Staatsgebiet von Hamburg. — Geol. Mitt., **6**: 29—36; Aachen.
- (1966b): Glaziäre Rinnen im Raum Hamburg und ihre Beziehungen zum präquartären Untergrund. — Abh. u. Verh. Naturw. Ver. Hamburg, N. F. **10**: 47—51; Hamburg.
- (1967): Grundwasserversalzungen im Bereich des Salzstockes von Altona-Langenhof. — Abh. u. Verh. Naturw. Ver. Hamburg, N. F. **11**: 20—46; Hamburg.
- MENKE, B. (1975): Vegetationsgeschichte und Florenstratigraphie Nordwestdeutschlands im Pliozän und Frühquartär. Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des Weichselfrühglazials. — Geol. Jb., **A 26**: 151 S.; Hannover.
- ORTLAM, D. & VIERHUFF, H. (1978): Aspekte zur Geologie des höheren Känozoikums zwischen Weser und Elbe-Aller. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 7, **1978**: 408—426; Stuttgart.
- PALUSKA, A. (1977): Auswirkungen der quartären Tektonik auf die Genese und Morphologie der Rinnen. — Vortrag Edith-Ebers-Symposium Rosenheim, 21. 10. 1977.
- PALUSKA, A., LÖHNERT, E. & SCHLICHTING, K. (1978): Überblick über geologische Strukturen und Grundwasser des tieferen Untergrundes. — Deutscher Planungsatlas, Band 8, Hamburg; Akademie für Raumforschung und Landesplanung; 80 Karten, H. Wawrosch; München/Alsfeld.
- RANGE, P. (1933): Die Drumlin-Landschaft bei Oldesloe in Holstein. — Jb. preußischen Geol. L.-Anst., **54**: 348—353; Berlin.

- RICHTER, W., PREUL, F., DECHEND, W., DÜRBAUM, H.-J., GROBA, E. & HERRMANN, R. (1968): Ein Rückblick auf 20 Jahre hydrogeologischer Arbeiten des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung. — *Geol. Jb.*, **85**: 817—840; Hannover.
- RUST, A. (1943): Die alt- und mittelsteinzeitlichen Funde von Stellmoor. — 242 S., 10 Taf.; Neumünster (Wachholtz).
- SJÖRRING, S. (1977): Die Tunneltäler in Dänemark. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **29**: 179-188; Hannover 1979.
- Wibel, F. (1879): Die geognostischen Ergebnisse einiger neuerer Tiefbohrungen auf Hamburgischem Gebiet und Umgebung. — *Verh. naturw. Ver. Hamburg*: 160—174.
- WIBEL, F. & GOTTSCHKE, C. (1876): Skizzen und Beiträge zur Geognosie Hamburgs und seiner Umgebung. Festschrift 49. Versamml. Deutsch. Naturf. Ärzte: 38 S.; Hamburg.
- WOLFF, W. (1909): Der Untergrund von Bremen. — *Z. dt. geol. Ges.*, **61**: Mber., 348—365; Berlin.
- (1913): Erläuterung zur Geologischen Karte von Preußen, Blätter Pinneberg, Bergstedt, Wedel, Glinde, Wandsbek. — 1 : 25 000, 39; Preuß., Geol. Landesanst. Berlin.
- (1914): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Blatt Hamburg. — 1 : 25 000, 49; Preuß. Geol. Landesanst. Berlin.
- (1917): Das Diluvium der Gegend von Hamburg. — *Jb. preußischen Geol. L.-Amt*, **36**: 227—324; Berlin.
- (1922): Erdgeschichte und Bodenaufbau Schleswig-Holsteins. — 163 S., Hamburg (Friedrichsen).
- WOSZIDLO, H. (1962): Foraminiferen und Ostrakoden aus dem marinen Elster-Saale-Interglazial in Schleswig-Holstein. — *Meyniana*, **12**: 65—96; Kiel.
- (1978): Das Quartär von Harvestehude. — *Dipl.arbeit, Geofachbereich Univ. Hamburg*, 67 S., Hamburg. — [Unveröff.]
- ZIMMERMANN, K. G. (1838): Über die geognostischen Verhältnisse Hamburgs und der nächsten Umgebung desselben. — *Neues Jb. f. Mineral., Geognosie, Geol. und Petrefaktenkunde*: 371—380; Stuttgart.