

Zur periglaziären Bildung und Überformung rinnenartiger Strukturen im Jungmoränengebiet Süd-Holsteins

Alf Grube

How to cite:

GRUBE, A. (2012): Zur periglaziären Bildung und Überformung rinnenartiger Strukturen im Jungmoränengebiet Süd-Holsteins – E&G Quaternary Science Journal, 61 (1): 69–81. DOI: 10.3285/eg.61.1.06

Kurzfassung:

Der weichselkaltzeitliche Binnensander-Bereich Bargfeld-Stegen (Schleswig-Holstein) nördlich von Hamburg ist durch intensive periglaziäre Überprägung charakterisiert. Hierbei treten rinnenartige Hohlformen (Rinnen), von bis zu 26 m Breite und 3,5 m Tiefe in den Vordergrund. Häufige Gemeinsamkeiten dieser Rinnen sind ein flach-konvexes Rinnenprofil, flache Basisflächen bzw. ein Einschneiden der Rinne bis zu einer Grenzfläche (ehem. Permafrostfläche), eine bindige Füllung mit aufgearbeitetem oder umgelagerten Till, ein diapir-artiges Aufdringen von Teilen der Rinnenfüllung im oberen Bereich und im Randbereich, Unterschneidungen und andere fluviatile Kennzeichen an den Rinnenflanken sowie homogen mit Sand gefüllte Sekundär-Rinnen im zentralen oberen Teil der Strukturen. Sie sind bevorzugt an Hängen im Winkel zur Haupt-Eisvorstossrichtung sowie im Randbereich der vorhandenen Deck-Till-Verbreitung vorhanden. Es kommen verschiedene Entstehungsmöglichkeiten in Betracht. Die Strukturen dürften maßgeblich während der jüngeren Weichsel-Kaltzeit unter Frostbodenklima durch die Wirkung periglaziär-fluviatiler Prozesse (Abluation) in Verbindung mit Solifluktionsprozessen, gebildet worden sein.

Periglacial generation and shaping of channel-like structures in the Weichselian moraine landscape of south Holstein

Abstract:

The Bargfeld-Stegen sandur area (Schleswig-Holstein) north of Hamburg is characterized by an intense periglacial shaping. Channel-like features, hereinafter referred to as channels, up to 26 meters wide and 3.5 meters deep, as periglacial forms are incisive. Similar features can be observed in Itzehoe, Tangstedt (Norderstedt) and Schalkholz. Common features of these channels are: a usually shallow-convex cross section, an infill including re-deposited till, undercutting and other fluvial characteristics at the flanks, flat base eroded down to a boundary surface (permafrost), a diapir-like uplift of channel fillings in the upper channel parts and at the channel flanks, the parallel channel courses, sand-filled secondary channels and a linear progression of channels, preferably diagonally to the ice movement. The structures seem to appear mainly in slope positions in the marginal zones of the regional till-cover. Different forms of their generation have to be considered. They were probably mainly formed during the periglacial climate (Weichselian) by periglacial-fluvial processes (ablation) combined with solifluction.

Keywords:

periglacial, periglacial channels, solifluction, ablation, Weichselian periglacial

Address of author:

Alf Grube, Geologischer Dienst Schleswig-Holstein, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Hamburger Chaussee 25, D-24220 Flintbek, E-Mail: alf.grube@llur.landsh.de

1 Einleitung

Im Rahmen der geologischen Landesaufnahme in Schleswig-Holstein konnten seit 1999 Informationen zum oberflächennahen geologischen Bau bzw. zur Genese vor allem periglaziärer Sedimente und Strukturen im Jungmoränengebiet des südlichen Holstein gewonnen werden. Der Binnensander-Bereich bei Bargfeld-Stegen ist durch intensive periglaziäre Überprägung charakterisiert. Bei den in der Literatur beschriebenen fossilen Periglazial-Formen Norddeutschlands und der Niederlande (vgl. EISSMANN 1981, LIEDTKE 1993, SEMMEL 1985, VANDENBERGHE 1983) wird, mit Ausnahme von weiträumigen Trockental-Bildungen, zu denen zahlreiche Arbeiten vorliegen (z.B. HANNEMANN 1963; vgl. Literatur bei HENNING 1973), wenig auf Hohlformen eingegangen. Im vorliegenden Beitrag werden kleinräumigere, rinnenartige Hohlformen von bis zu 26 m Breite und 3,5 m Tiefe als weitere typische Periglazial-Formen beschrieben und diskutiert. Diese weisen teilweise eine

deutliche Längserstreckung auf, es wurden Längen von mehreren Dutzend Metern beobachtet, vermutlich sind sie generell deutlich länger. Sie sind bevorzugt in Sandersedimente eingeschnitten. Im Folgenden wird dabei von Rinnen gesprochen, wobei formal von rinnenartigen Strukturen gesprochen werden müsste, da diese im Verhältnis z. B. zu elsterkaltzeitlichen Rinnen verhältnismäßig klein sind.

2 Material und Methoden

Neben der Auswertung von Archivunterlagen wurden geologische Sondierungen mittels Peilstangen- und Rammkerngerät niedergebracht. Weiterhin konnten Grundwasserbohrungen des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein (u. a. BOCK 1981), Baugrundbohrungen sowie Bohrungen der Altlastenuntersuchungen des Umweltamtes des Landkreises Stormarn für die Konstruktion des Geologischen Modells verwendet werden. Die vorhandenen Aufschlüsse wurden während des Abbaus der letzten Jahre

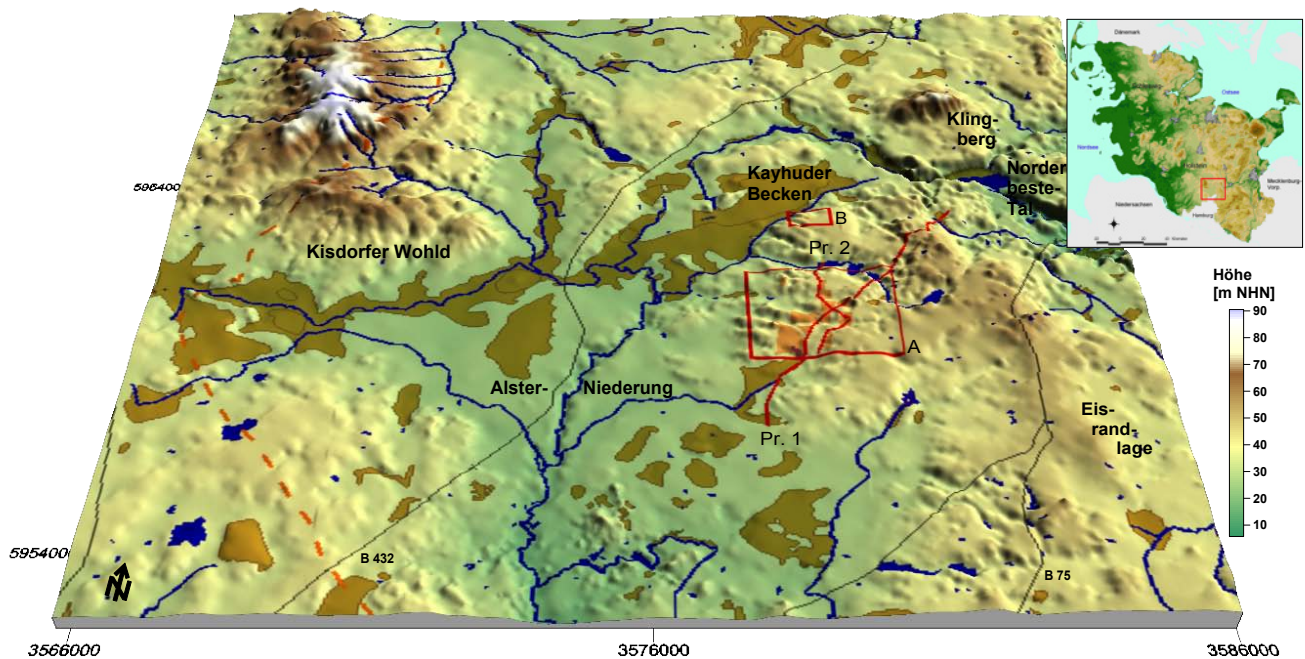


Abb. 1: Digitales Geländemodell auf Basis des DGM1 (LVA SH): Weiteres Untersuchungsgebiet; Moorflächen (braun), Abbaufächen (orange), Grenze der Maximalausdehnung der Weichselvereisung (rot gestrichelt), Profilschnitte 1 und 2 (rote Linien) und Lage der Abb. 6 (A, B, rot umrandet).

Fig. 1: Digital terrain model on basis of DGM1 (LVA SH): Wider investigation area; bogs (brown), gravel pits (orange), outermost limit of Weichselian ice margin (red dashed), cross sections 1 and 2 (red lines) and location of fig. 6 (A, B, framed red).

sukzessive mittels Aufgrabung und Einmessung aufgenommen. Die Qualität der Aufnahmen ist unterschiedlich, da einige Strukturen aufgrund ihrer Lage in meterhohen frischen Abbauwänden nur schlecht zugänglich waren. Zur Rekonstruktion der Richtungen der Gletschervorstöße bei den Tills wurden nach dem Verfahren von RICHTER (1932) Geschiebe-Einregelungsmessungen durchgeführt. Die Schüttungsrichtung der Sande wurde ebenfalls ermittelt. Ab ca. 1999 erfolgte eine Aufnahme der Aufschlusswände in unregelmäßigen Abständen. Ergänzt wurden die Untersuchungen im Rahmen von zwei Diplomarbeiten am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hamburg (BAUKE 2008; SULKOWSKI 2008), die die generellen Lagerungsverhältnisse im weiteren Umfeld der hier beschriebenen Strukturen untersuchten. Im Bereich einer Rinne wurden Georadar-Messungen in Kooperation mit Mitarbeitern des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Hamburg durchgeführt (vgl. POTILLO et al. 2005).

Ähnliche Strukturen wie im Bereich Bargfeld-Stegen wurden im Rahmen der Landesaufnahme vereinzelt bei Itzehoe, Norderstedt und Schalkholz beobachtet, hier jedoch nicht näher dokumentiert.

3 Geologie des weiteren Untersuchungsgebiets

3.1 Geomorphologie

Das Untersuchungsgebiet liegt ca. 10 km östlich der maximalen Vereisungsgrenze der Weichsel-Kaltzeit (vgl. Abb. 1). Die Höhenunterschiede liegen im weiteren Untersuchungsgebiet zwischen ca. +5 und +80 m NHN. Der Bereich liegt am westlichen Rand eines Hochrückens der Stormarner Jungmoränenlandschaft, der bis über +60 m

NHN aufragt und der in etwa von Bargtheide nach Sülfeld verläuft. Nach TOTDMANN (1952) handelt es sich dabei um ein System von zusammengesetzten Randlagen, die auf einer warthezeitlichen Hochlage gebildet worden sind. Die markante Randlage der Weichsel-Kaltzeit wird wenig nördlich des Untersuchungsgebietes durch das subglazial angelegte Tal der Norderbeste unterbrochen. Der Randlage nach Westen vorgelagert finden sich mächtigere Sanderablagerungen, die örtlich von Geschiebelehmen und -mergeln durchstoßen werden und die eine leicht wellige Landschaft bilden. Die durchschnittlichen Höhen im Bereich der Sanderfläche liegen zwischen ca. +35 und +45 m NHN. Im Westen des engeren Untersuchungsgebietes folgt zunächst das Kayhuder Gletscherzungenbecken, welches den Übergang zur großräumigen Talung der Alster bildet. Beim Kayhuder Zungenbecken handelt es sich um ein glaziales Becken mit Schmelzwasserablagerungen, welches heute ein Niedermoor mit aufgesetztem Hochmoor zeigt. Eine morphologisch deutlich sichtbare Umrandung des Beckens ist nicht überall vorhanden, die Höhendifferenz zwischen dem Beckeninneren und der Umrandung liegt generell im Osten höher als im Westen. Eine glazitektonische Verstellung ist für die südwestliche Umrandung des Zungenbeckens nachgewiesen (BOCK 1981, POTILLO et al. 2005). Die westlich des Beckenrandes gelegenen Bereiche bei Wakendorf sind nach STEPHAN (2004) ebenfalls gestauch.

3.2 Geologischer Überblick

Informationen zum tieferen Untergrund liegen aus einer Tiefbohrung vor, die in Bargfeld-Stegen niedergebracht wurde. Demnach wurde in der Endteufe von 606 m der Hamburger Ton angetroffen, im Hangenden folgten die Oberen Braunkohlensande sowie der Glimmerton (Reinbek-, Lan-

genfeld- und Gram-Stufe). Diese miozänen Einheiten erreichen alle eine größere Mächtigkeit, die durch die Troglage westlich der Salzstruktur Sulfeld hervorgerufen wird. Bargfeld-Stegen liegt im Bereich einer Hochlage der Quartärbasis. Kaolinsande (Pliozän/Quartär) im Hangenden des Miozäns erreichen eine Mächtigkeit von ca. 30 m, ihr Top ragt bis zu Normalnull auf. Westlich, nördlich und östlich fällt die Quartärbasis zu einem pleistozänen Rinnensystem hin ab (Duvenstedter und Bargtheider Rinne), das auf tiefer als -400 m NHN einschneidet. Im Hangenden der Kaolinsande folgen Ablagerungen des Abschnittes Saale-Kaltzeit bis Holozän. An der Oberfläche bzw. in geringer Tiefe treten weichselkaltzeitliche Schmelzwassersande (Binnensander) auf, die im Norden und Osten von einem bis zu mehrere Meter mächtigen Deck-Till der Weichsel-Kaltzeit überlagert werden (vgl. Geologische Übersichtskarte BRANDES et al. 1977, ALAI-OMID et al. 1988). Dieser Till, vermutlich ursprünglich ein Abschmelz-Till, ist meist erheblich periglaziär überprägt worden (Abschn. 4.2).

4 Ergebnisse

4.1 Geologie

4.1.1 Weiterer Untersuchungsraum

Abb. 1 und 2 geben eine Übersicht über den weiteren Untersuchungsraum. Im Nordosten befindet sich eine ausgedehnte Niedertau-Landschaft bei Sulfelder Tannen (vgl. GRUBE 2010), die beim Abschmelzen eines Gletschers im Lee der großen Randlage entstanden ist. Die westlich der Niedertau-Landschaft gelegene markante weichselkaltzeitliche Randlage ist in ihrem Aufbau durch Geschiebemergel, Sande und Beckensedimente dominiert, es ist eine

glazitektonische Verstellung nachgewiesen. Im Topbereich der Randlage sind Kames-Ablagerungen aus der Deglaziations-Phase erhalten geblieben. Der Bereich westlich der Randlage zeigt einen sehr wechselhaften Aufbau, auf den im Abschnitt 4.1.2 näher eingegangen wird. Es handelt sich zuoberst um Sandersedimente, die teilweise von einem Deck-Till überlagert werden. Die Sandersedimente sind über Jahrzehnte intensiv lagerstättentechnisch genutzt worden. Südlich des engeren Untersuchungsgebietes treten in einer großen Niederung, in der der Hansdorfer und der Duvenstedter Brook angelegt sind, bis zu mehr als 10 m mächtige Beckenablagerungen im Hangenden eines Tills auf. Hier finden sich auch lokal kleine Dünen sowie Moorbildungen. Ältere warmzeitliche Ablagerungen wurden bisher nicht kartiert. Auch eine moderne Till-Stratigraphie steht noch aus, sodass im Profilschnitt (Abb. 2) keine klare stratigraphische Gliederung angegeben werden kann.

4.1.2 Engerer Untersuchungsraum

Hier sollen die oberflächennahen Sedimente im Vordergrund der Betrachtung stehen. Die Mächtigkeit der auftretenden glazifluviatilen Ablagerungen, der in die Sanderablagerungen eingeschalteten bindigen Zwischenmittel sowie des Deck-Tills sind verhältnismäßig heterogen. Die Basis der Sandersande wird durch einen mächtigen bindigen Till gebildet, der sehr kreidereich ist. Er wird hier der Weichsel-Kaltzeit zugeordnet (ggf. Ellund-Vorstoß, vgl. STEPHAN 2003), da er großräumig oberflächennah auftritt. Der Till zeigt in den Aufschlüssen der Fa. Timm nördlich der L 82 stärkere glazitektonische Störungen (Abb. 3). Örtlich finden sich im Liegenden des Tills in Senkenposition glazilimnische Ablagerungen. Der Kreidereiche Till bzw.

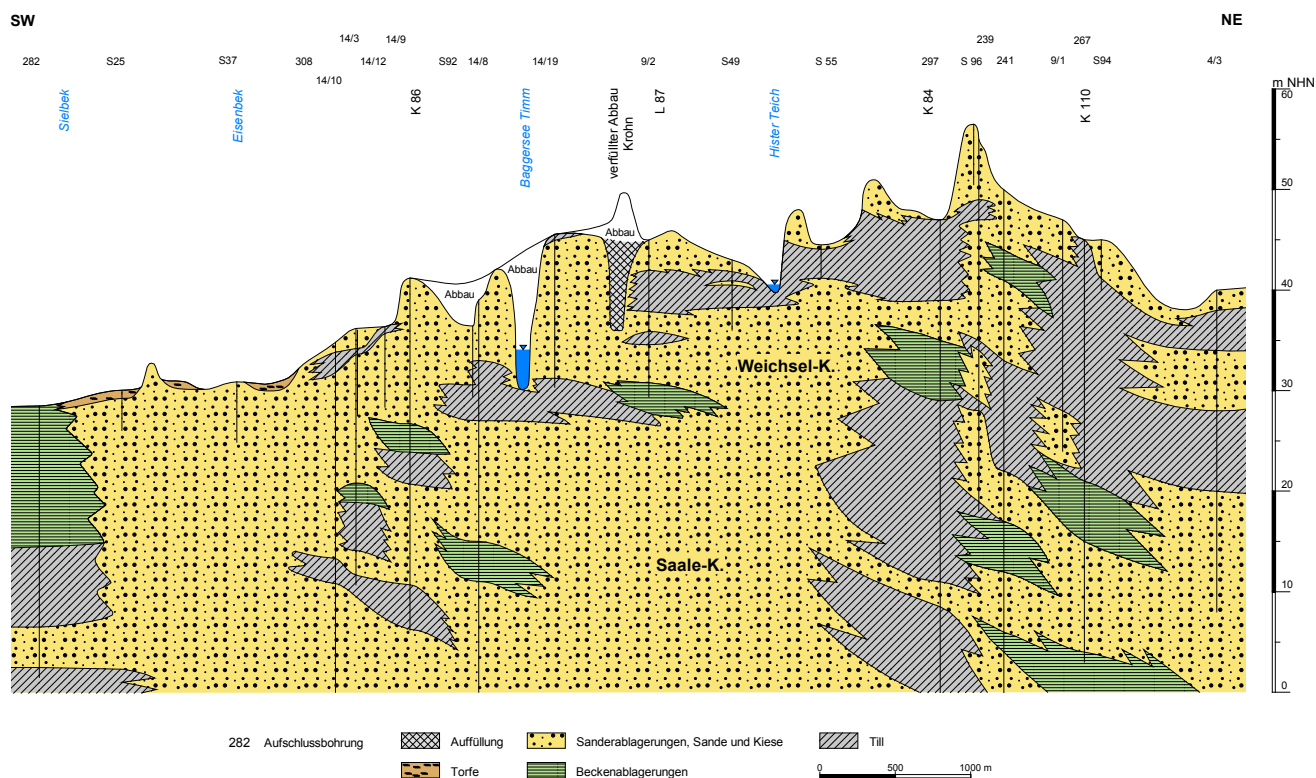


Abb. 2: Profilschnitt 1 durch das weitere Untersuchungsgebiet.

Fig. 2: Cross section 1 through the study area.

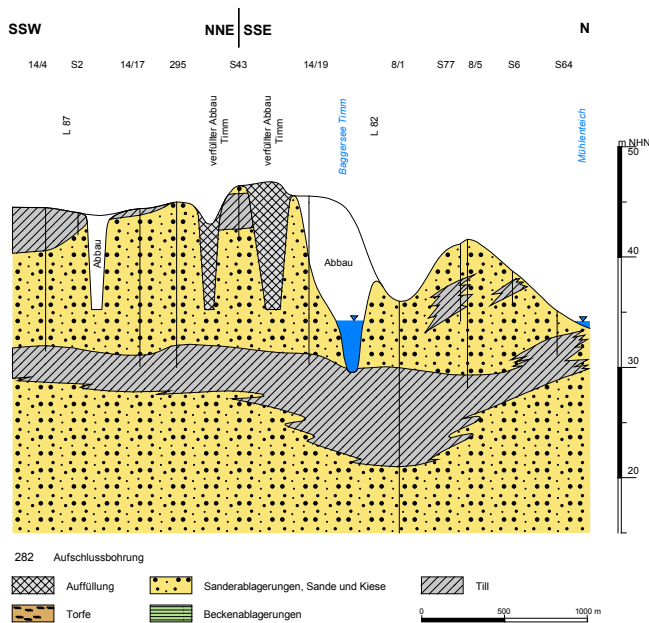


Abb. 3: Profilschnitt 2 durch das engere Untersuchungsgebiet.

Fig. 3: Cross section 2 through closer investigation area.

die glazilimnischen Bildungen sind Grundwasserhemmer, so dass die Grundwasseroberfläche wenige Meter oberhalb der Oberkante des Tills liegt. Im Hangenden folgen Sanderablagerungen, die durch drei Kies- und Sandfirmen (K. Timm, W. Krohn und C. & W. Borchert) im Nass- und Trockenverfahren gewonnen werden bzw. wurden. Die Mächtigkeit der Sanderablagerungen liegt durchschnittlich zwischen 6 und 12 m (BAUKE 2008; SULKOWSKI 2008). Es handelt sich um typische, schräg geschichtete Sanderablagerungen mit Kiesanteilen von bis zu ca. 8 %. Die Schüttung der Sanderablagerungen erfolgte generell nach Richtung Westen.

Vielorts bildet ein stärker geklüfteter Deck-Till das Hangende der Sandersande (vgl. Abb. 3). Dieser liegt meist direkt und ohne größere Störungen oder Bildung eines Scher-Tills den Sanderablagerungen auf. So wurden beim Sandabbau durch die Fa. Timm (nördlich der L 82) ca. 2 m mächtige, stark kalkhaltige glazilimnische Schluffe im Liegenden eines ca. 1 m mächtigen Tills (geklüftet, gewöhnliches „Verwitterungsbild“) angetroffen. Der Deck-Till ist von der westlichen Seite der Rاندlage zwischen Elmenhorst und Süfeld ausgehend nach Westen zunächst flächenhaft verbreitet (Grundmoränenlandschaft), dünnt dann in Richtung Bargfeld-Stegen hin aus und ist hier nur noch lückenhaft vorhanden (Abb. 2). Entweder ist hier eine Vereisungsgrenze erreicht oder der Till wurde weiter westlich erodiert. Dieser Übergangsbereich, in dem der Deck-Till ausbeißt oder geringmächtiger wird, wird auch schwerpunktmäßig durch die Kiesindustrie genutzt. In der Marginalzone der Rاندlage Elmenhorst-Süfeld besitzt der Till Mächtigkeiten von teilweise mehr als 5 m. Großflächig wird der Till 1–3 m mächtig. Häufig ist die Mächtigkeit des Deck-Tills im Bereich von Aufwölbungen der Erdoberfläche am größten (Fluting-ähnliche Strukturen).

An wenigen Stellen im Bereich Bargfeld-Stegen finden sich größere Till-Mächtigkeiten, die im unteren Bereich nur

geringe oder keine periglaziäre Beeinflussung des Deck-Tills zeigen. In einem solchen Geschiebemergel-Abschnitt konnten an zwei Stellen Geschiebelängsachsenmessungen durchgeführt werden (Südrand des Abbaus Krohn in Bargfeld-Stegen). Der Till ist hier verhältnismäßig bindig. Er wird hier teilweise mehr als 3 m mächtig. Der obere Teil ist braun, der untere hellbraun und etwas sandiger. Die Messung der Längsachsen erfolgte im unteren, weitgehend ungestörten Teil des Tills (Haupttrichtung der Klüftung 105–110°). Es wurde eine Vorstoßrichtung des Gletschers aus Ost-Nordost ermittelt (Durchschnittswert von 50 Messungen: 78°).

Lokal sind im Hangenden des Deck-Tills noch glazifluviatile Ablagerungen oder Kames-Bildungen vorhanden. Diese sitzen bevorzugt der Rاندlage auf.

4.2 Periglaziäre Überprägung

Verbreitet findet sich eine Periglazial-Decke von bis zu mehreren Dezimetern Mächtigkeit im Hangenden des Tills bzw. der Sanderablagerungen. Diese zeigt eine Verarmung an Ton- und Schluff-Anteilen, eine Anreicherung grober Komponenten, eine teilweise Einregelung von Geschieben (vertikale Aufrichtung) sowie Kryoturbations-Erscheinungen. Die intensive periglaziäre Überprägung ist im Verbreitungsbereich von Deck-Till am deutlichsten sichtbar. Kryoturbationen reichen hier bis in eine Tiefe von ca. 3,5 m, z. B. an der Ostwand des Abbaus der Fa. Krohn östlich von Bargfeld-Stegen (Abb. 4). Sie reichen hier bis in die liegenden Sande hinein, an der Basis des Tills finden sich Tropfenbodenstrukturen. Der obere Teil des Deck-Tills bzw. die Periglazial-Decke sind teilweise besonders stein-/blockreich, was auf periglaziäre Auswaschung und Ausbläsung (Steinsohlenbildung) zurückgeht. Vielerorts wurden Frost-/Eiskeile beobachtet (Abb. 5). Diese reichen häufig ca. 2,5 bis 3 m tief, weisen eine generell schmale Form auf und sind mit lokalem, sandigen Material gefüllt. Die auffälligste Überprägung, die Rinnenbildung, wird gesondert im folgenden Abschnitt dargestellt.

4.3 Rinnenbildung

Bei den Kartierarbeiten wurden ungewöhnliche Rinnen angetroffen (Abb. 6). Diese unterscheiden sich zwar in Bezug auf ihre Größe, Geometrie, Internstruktur und Füllung, dürften aber meist auf ähnliche Weise entstanden sein. Die in den Rinnen enthaltenen Sedimente sind sämtlich kalkfrei. Die Rinnen sind in mehr oder weniger flach liegende, schräg geschichtete Sanderablagerungen eingeschnitten. Diese liegenden glazifluviatilen Ablagerungen zeigen an einigen Stellen im Umfeld der Rinnen Störungen, die offenbar mit der Bildung der Rinnen zusammenhängen. Die Rinnen sind aufgrund ihrer vorwiegend sandigen Füllung im Oberflächenbereich in Bohrungen häufig kaum von den umgebenden Sanden zu unterscheiden. Ihr Verlauf und Details der Formung konnten nur bei Vorhandensein von Aufschlüssen erkannt und dokumentiert werden. Da ihre Längserstreckung daher nur ansatzweise erfasst wurde, sollte diese bei den nach dem Abbau verbliebenen Rinnen möglichst durch geophysikalische Verfahren kartiert werden. Neben den bisher nur kleinräumig in den Aufschlüssen

beobachteten Rinnen-Strukturen, muss mit einer weiteren Verbreitung entsprechender Formen gerechnet werden.

In Abb. 7 sind die kartierten Rinnen vereinfacht dargestellt. Teilweise wird in den Rinnen umgelagertes Till-Material angetroffen. Dieses zeigt eine typische Till-Textur, teilweise noch ein Parallel-Gefüge, was auf eine geringere Transportentfernung hindeutet. Es tritt auch schluffig-sandiges Material (meist mittel bis stark schluffige Sande, Korngrößenverteilung wie Till) auf, welches als periglaziär „aufgearbeiteter Till“ interpretierbar ist. Da der humose Oberboden während der Kartierung teilweise bereits abgeräumt war, konnten die oberflächennahen Bereiche nicht immer komplett dokumentiert werden.

Einzelbeschreibungen:

Die **Rinnen-Struktur 1** (Abb. 8, 7c) ist mit einer Breite von ca. 12 m und 3,5 m Tiefe eine der größten Formen. Das Rinnenprofil ist, abgesehen von den Verstaltungen in den liegenden Sanden (s. u.), normal-konvex ausgebildet. Unterhalb der eigentlichen Rinne scheinen die anstehenden Sandersande bis ca. 2 m seitlich gestört zu sein. Zwei flügelartige Sandbereiche links und rechts am unteren Ende der Rinne zeigen dabei eine flache Unterseite, die der ehemaligen Permafrost-Oberfläche entsprechen könnte (Abb. 8; „gestörte Bereiche“). Vermutlich erfolgten alle genannten Verstaltungen der liegenden bzw. benachbarten Sande in zumindest teilweise gefrorenem Boden. Im östlichen Flankenbereich sind schluffige Ablagerungen schollenartig in die Sande eingeschaltet. Die Rinnenfüllung wird vorwiegend durch umgelagerten Till im unteren und aufgearbeiteten Till im hangenden Teil aufgebaut. Der umgelagerte Till zeigt eine Diapir-artige Aufwölbung im Zentrum der Rinne. Wie bei anderen Rinnen auch, ist im oberen, zentralen Rinnenbereich eine sekundäre Rinne mit parallel geschichteten Sanden in den aufgearbeiteten Till eingeschritten. Den oberen Abschluss bildet eine flächenhafte periglaziäre Deckschicht, die westlich der Rinnen-Struktur starke Kryoturbationen zeigt. Hier setzt auch ein Frostkeil an, der die gesamten aufgeschlossenen Sandersande durchschlägt.

Die **Rinnen-Struktur 2** (Abb. 7c) liegt nördlich der Hohlform 19. Das Zentrum der Hohlform wird überwiegend

durch einen rinnenartig eingesenkten Bereich von umgelagertem Till eingenommen. Oberhalb folgt geringmächtiger aufgearbeiteter Till. Am nördlichen Rinnenrand sind geringmächtige Sande ausgebildet. Der aufgearbeitete Till setzt sich flächenhaft beidseitig der Hohlform fort, im Hangenden folgen dabei schluffige Sande. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht.

Die **Rinnen-Struktur 19** (Abb. 7c) liegt benachbart zur Hohlform 2. Die Sandersande, in die die Rinnen eingeschnitten sind, fallen leicht nach Norden hin ein. Das Zentrum der Hohlform wird ganz überwiegend durch einen rinnenartig eingesenkten Bereich von umgelagertem sowie aufgearbeitetem Till eingenommen. Am nördlichen Rinnenrand sind an den Flanken geringmächtige Sande ausgebildet. Im Hangenden folgen schluffige Sande über die gesamte Hohlformbreite. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht.

Die **Rinnen-Struktur 3** zeigt eine verhältnismäßig komplexe Füllung. Sie liegt benachbart zur Hohlform 4 (Abb. 7c). Die Sandersande, in die die Rinne eingeschnitten ist, fallen leicht nach Norden hin ein. Die tief eingekerbte Rinne hat eine angenäherte U-Form. Der untere Teil der Rinne ist mit weitgehend söhlig liegenden, schluffigen Sanden gefüllt, charakteristisch sind Unterschneidungen in diesem Teil der Hohlform (N-Flanke). Diese zeugen von einer fluviatilen Genese des unteren Teils der Hohlform (Abb. 9b). Mittig eingeschaltet in die Sande findet sich auch ein größeres Geröll. Darüber folgt ein unregelmäßiger Block von aufgearbeitetem Till, der fast die gesamte Rinnenbreite ausfüllt. Im Hangenden folgen schluffige Sande. In diese ist eine sekundäre Rinne eingeschnitten, die im untersten Teil mit schluffigen Sanden gefüllt ist, darüber folgt umgelagerter Till. Dieser schließt die Rinnenfüllung ab, er zieht sich flächenhaft in die benachbarte Hohlform 4 hinein und keilt nach Norden hin aus. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht, die hier verhältnismäßig mächtig ist.

Die **Rinnen-Struktur 4** liegt zwischen den Hohlformen 3 und 18 (Abb. 7c und 9c), wobei der Übergang zur Rinne 19 flach ist. Die liegenden Sandersande fallen leicht nach



Abb. 4: Intensive Kryoturbation, die bis ins Liegende des Deck-Tills reichen.
Fig. 4: Intensive cryoturbation reaches below the covering till.



Abb. 5: Eis-/Frostkeil-Pseudomorphose, die bis tief in die liegenden Sanderablagerungen reicht.

Fig. 5: Frostcrack/ice-wedge cast that cuts deep into the underlying sandur sediments.

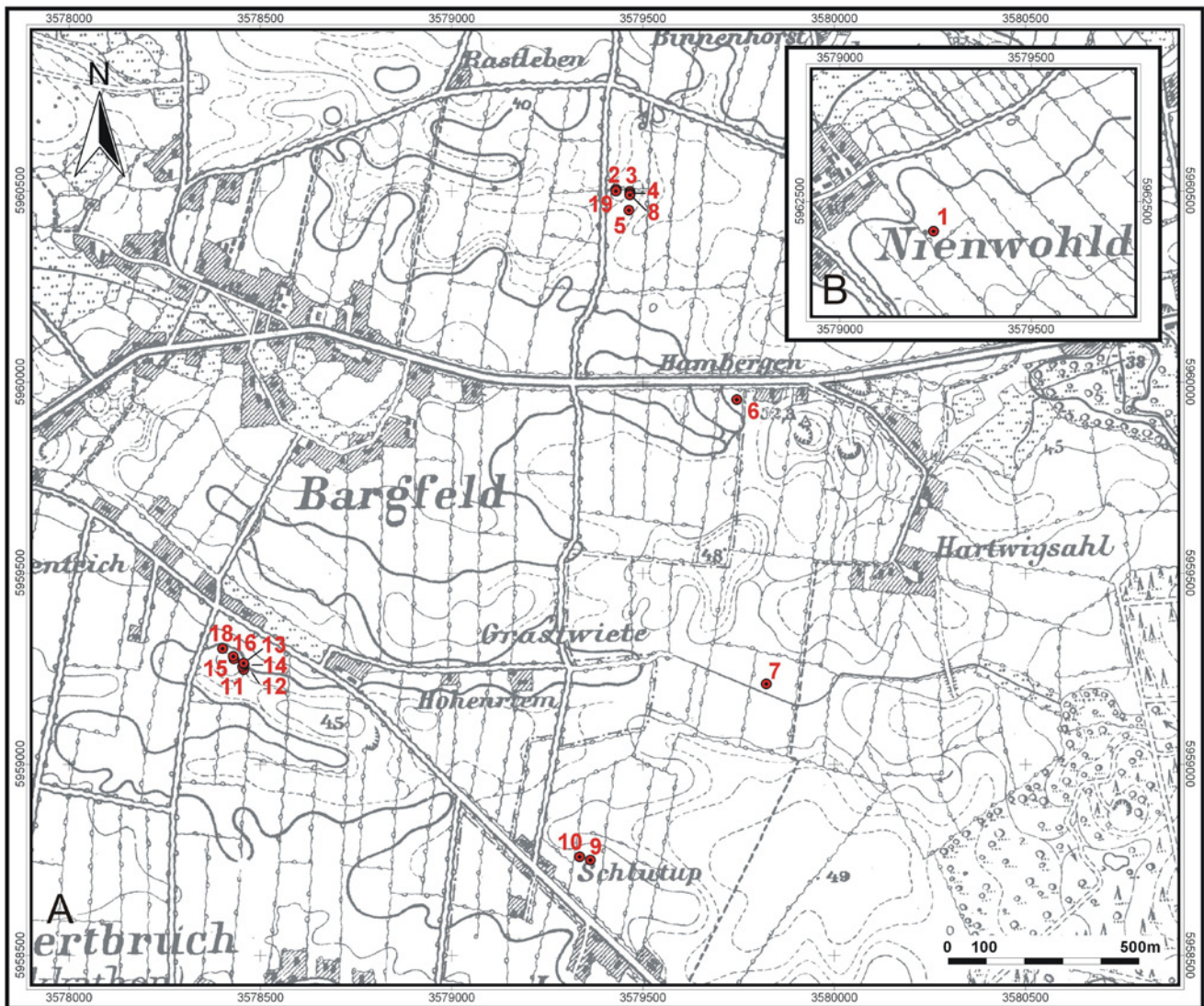


Abb. 6: Vorkommen der Rinnen-Strukturen im Untersuchungsgebiet (Preuß. Erstaufnahme, Blatt 2227 Bargtheide, Ausgabejahr 1878).

Fig. 6: Location map of the channels (1st Prussian ed., sheet 2227 Bargtheide, ed. 1878).

Norden hin ein. Die Hohlform zeigt eine verhältnismäßig flache Form, die Basisfläche ist durch stufenartige Formen auffallend unruhig gestaltet. Der interne Aufbau ist einfach. Im unteren Teil sind schluffige Sande aufgeschlossen, im Hangenden folgt aufgearbeiteter Till, der auch flächenhaft in den benachbarten Hohlformen 3 und 19 vorkommt. Abgedeckt wird die Hohlform von der periglaziären Deckschicht.

Die **Rinnen-Struktur 8** liegt südlich benachbart zu der Hohlform 4 (Abb. 9c). Die Sandersande, in die die Rinne eingeschnitten ist, fallen leicht nach Norden hin ein. Die Struktur ist die breiteste der drei benachbarten Hohlformen. Der stehen gebliebene Sockel von Sandersanden zwischen dieser Hohlform und der benachbarten Hohlform 4 ist abgeflacht, was auf eine parallele Ausformung hindeutet. Das deutet sich auch durch den im Basisbereich der Hohlform 4 vorkommenden Sandhorizont an, der sich mit etwa ähnlicher Mächtigkeit in der Hohlform 4 fortsetzt. Das Zentrum der Hohlform wird ganz überwiegend durch einen rinnenartig eingesenkten Bereich von aufgearbeitetem Till eingenommen. Dieser setzt sich flächenhaft beidseitig der Hohlform fort, wobei im oberen Flankenbereich

der Struktur sowie oberhalb der bindigen Rinnenfüllung (zentral) schluffige Sande auftreten. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht, die hier auffallend viele und große Geschiebe führt.

Die **Rinnen-Struktur 5** (Abb. 7b) war an der Geländeoberfläche deutlich zu erkennen. Durch flächenhafte Georadar-Messungen (vgl. POTILLO et al. 2005) ist eine Länge der Struktur von ca. 25 Metern nachgewiesen. Die Struktur verläuft in Nord-Südrichtung. Vermutlich setzt sie sich nach Norden, in den nicht abgebauten Bereich hinein, fort. Das Liegende der Rinnen-Struktur wird durch Till gebildet, seitlich setzen bindige Sande ein. Die Rinne besitzt - im Gegensatz zu fast allen anderen Rinnen - eine vorwiegend sandige Füllung (meist Mittelsande). Sie zeigt dabei eine heterogene Internstruktur. Der untere Teil der Rinne ist mit deutlich geschichteten, bindig-sandigen Ablagerungen (Beckensedimente) verfüllt. An der Basis der Struktur treten große einzelne Geschiebe auf. Die Füllung der Rinne besteht aus Fein-Mittelsanden, die teilweise hohe Anteile bindigen Materials führen können (Wasser führend). Die Sande sind teilweise deutlich verstellt. Zum Hangen-

Tab. 1: Angaben zu den Rinnen.

Tab. 1: Statistics concerning channel structures.

Nr.	Rechtswert [Mitte]	Hochwert [Mitte]	Breite [m]	Tiefe [m]	beobachtete Länge [m]	Exposition Wand	Orientierung
1	3579245	5962422	12	3,5	k. A.	E-W	k. A.
2	3579430**	5960504**	3	3	k. A.	N-S	k. A.
3	3579466	5960498	3	3,5	k. A.	N-S	k. A.
4	3579466	5960493	3,5	3	k. A.	N-S	k. A.
5	3579464	5960449	14	3,5	25	E-W	N-S
6	3579746	5959954	2,5	1,5	k. A.	E-W	k. A.
7	3579823	5959210	6	1,7	6	E-W	NNE-SSW
8	3579466	5960489	5,5	3,5	k. A.	N-S	k. A.
9 ¹⁾	3579363	5958749	5	3	30	N-S	WNW - ESE
10 ¹⁾	3579335	5958758	8,5	3			
11 ²⁾	3578457	5959247	14,5	4	30	E-W, NE-SW, NW-SE	N-S
12 ²⁾	3578454	5959255	13	3			
13 ²⁾	3578458	5959261	6	2			
14 ²⁾	3578457	5959264	26	4			
15 ³⁾	3578431	5959275	4,5	1,75	7	N-S	W-E
16 ³⁾	3578430	5959282	4,5	1,75			
17*	3578399	5959290	3,5	1,50	k. A.	E-W	k. A.
18	3578402	5959302	4	1,5	2	N-S	k. A.
19**	3579430	5960499	4,5	3,5	k. A.	N-S	k. A.

1), 2), 3) - jeweils zusammenhängend

* nicht näher dokumentiert; ** ungefähre Lage

k. A. = keine Angabe; Rinnen nur im Anschnitt in der Grubenwand beobachtet

den hin nimmt der bindige Anteil ab, im oberen Drittel der Struktur treten reine Feinsande auf. Die Rinne zeigt eine asymmetrische Unterfläche. Sie weist, abgeleitet aus der flächenhaften Georadar-Vermessung, an der Westseite eine stärkere Neigung als an der Ostseite auf. In der flächenhaften Erfassung mittels Georadar wurden auch unregelmäßige Vertiefungen im Längsverlauf sichtbar, ähnlich dem Profil einer subglazialen Rinne. An der östlichen Flanke der Rinne sind flächenhaft vorwiegend stark sandige Schluffe (bzw. Geschiebemergel) vorhanden, die deutlich geschichtet sind. Sie sind teilweise als Solifluktionsbildungen zu interpretieren. Die Schüttung der Sedimente in der Rinne ist generell nach Norden ausgerichtet. Die Schüttungsrichtung in den liegenden, schluffigen und weniger einheitlichen Sanden liegt zwischen 75° und 110° (Einfallen bis 25°). In den hangenden Fein- bis Mittelsanden (Einfallen bis 20°) liegt sie zwischen 80° und 110°. Die schluffigen Sande und Schluffe können als Beckenbildungen gedeutet werden, die nachträglich verstellt worden sind. Hierbei dürfte Toteisdynamik eine größere Rolle gespielt haben. Die Sandschollen sind in gefrorenem Zustand transportiert worden. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht.

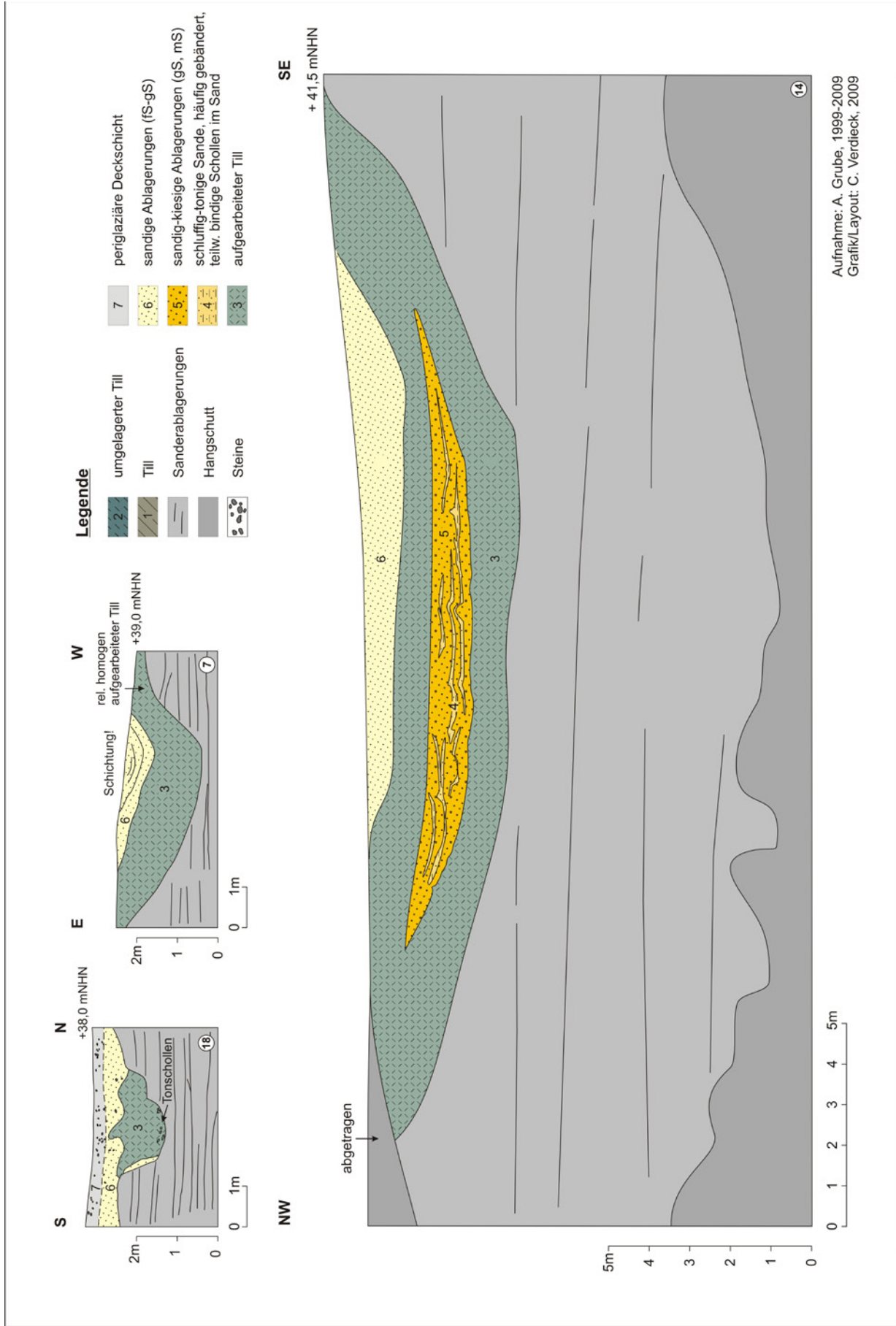
Die flache **Rinnen-Struktur 6** (Abb. 7b) ist in einen liegenden Till eingeschnitten. Dieser ist hier sehr gleichförmig mit einem Meter Mächtigkeit vorhanden. Im Hangenden des Tills folgt eine Lage aufgearbeiteten Tills, der im Bereich der Rinne ausgeräumt ist. Die Basisfläche dieses Horizontes fällt zur Rinne hin ab. Der im Liegenden des relativ homogenen Tills folgende sandige Scher-Till ist wenige Dezimeter mächtig und wird nicht mehr durch die eingeschnittene Rinne berührt. Das Profil der Rinne

hat eine konvexe Form. Im Basisbereich der Rinne findet sich eine geringmächtige Lage schluffig-sandigen Materials. Die Rinne selbst ist vorwiegend mit schluffig-sandigen Sedimenten verfüllt, das sich in die Fläche fortsetzt, in der Hohlform jedoch eine größere Mächtigkeit erreicht. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht.

Die **Rinnen-Struktur 7** (Abb. 7a) ist in die liegenden glazifluvialen, hier weitgehend sölilig liegenden Sandersande eingeschnitten. Sie weist eine leichte Asymmetrie auf (flachere Flanke im Osten). Sie ist vorwiegend mit aufgearbeitetem Till verfüllt, der verhältnismäßig homogen ist. Im Zentrum sind Sande in Form einer sekundären, flachen Rinne verbreitet. Diese Sande nehmen an der Oberfläche der Gesamtstruktur die größte Fläche ein. Sie sind deutlich geschichtet.

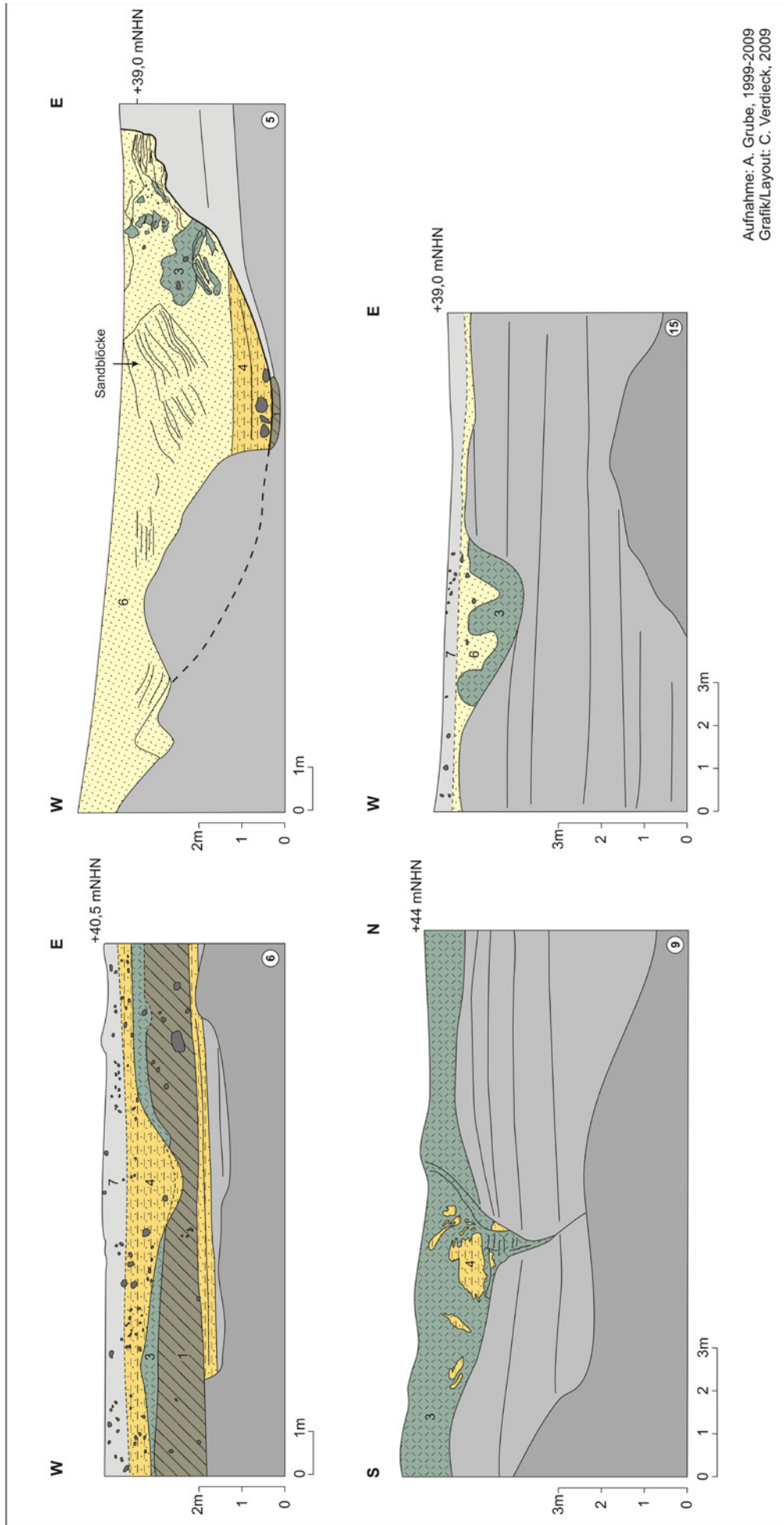
Die **Rinnen-Struktur 9 (10)** (Abb. 7b) unterscheidet sich von den anderen, da sie nicht so deutlich ausgeprägt ist. Sie dürfte im nördlichen Abschnitt durch eine Frost-/Eiskeilstruktur vorgeprägt worden sein. Die Frost-/Eiskeil-Pseudomorphose liegt an der Basis der Rinne und reicht mehr als 1,5 m tief in die liegenden Sandersande. Die Rinnen-Struktur ist sehr flach und ist mit aufgearbeitetem Till verfüllt, der sich zu beiden Seiten in die Fläche fortsetzt. In den Till sind Schollen von sandig-schluffigen Sedimenten eingestreut. Bei der nicht abgebildeten Rinne 10 handelt es sich um die Fortsetzung der Rinne 9. Diese Rinne wurde nur hinsichtlich ihrer Ausmaße erfasst, sie ist deutlich breiter, gleich tief und vergleichbar aufgebaut.

Bei der **Rinnen-Struktur 11 (12 / 13 / 14)** handelt es sich um die größte Rinne im Untersuchungsbereich (Abb. 7c und 9 e-d), die längere Zeit im Abbau über eine Länge



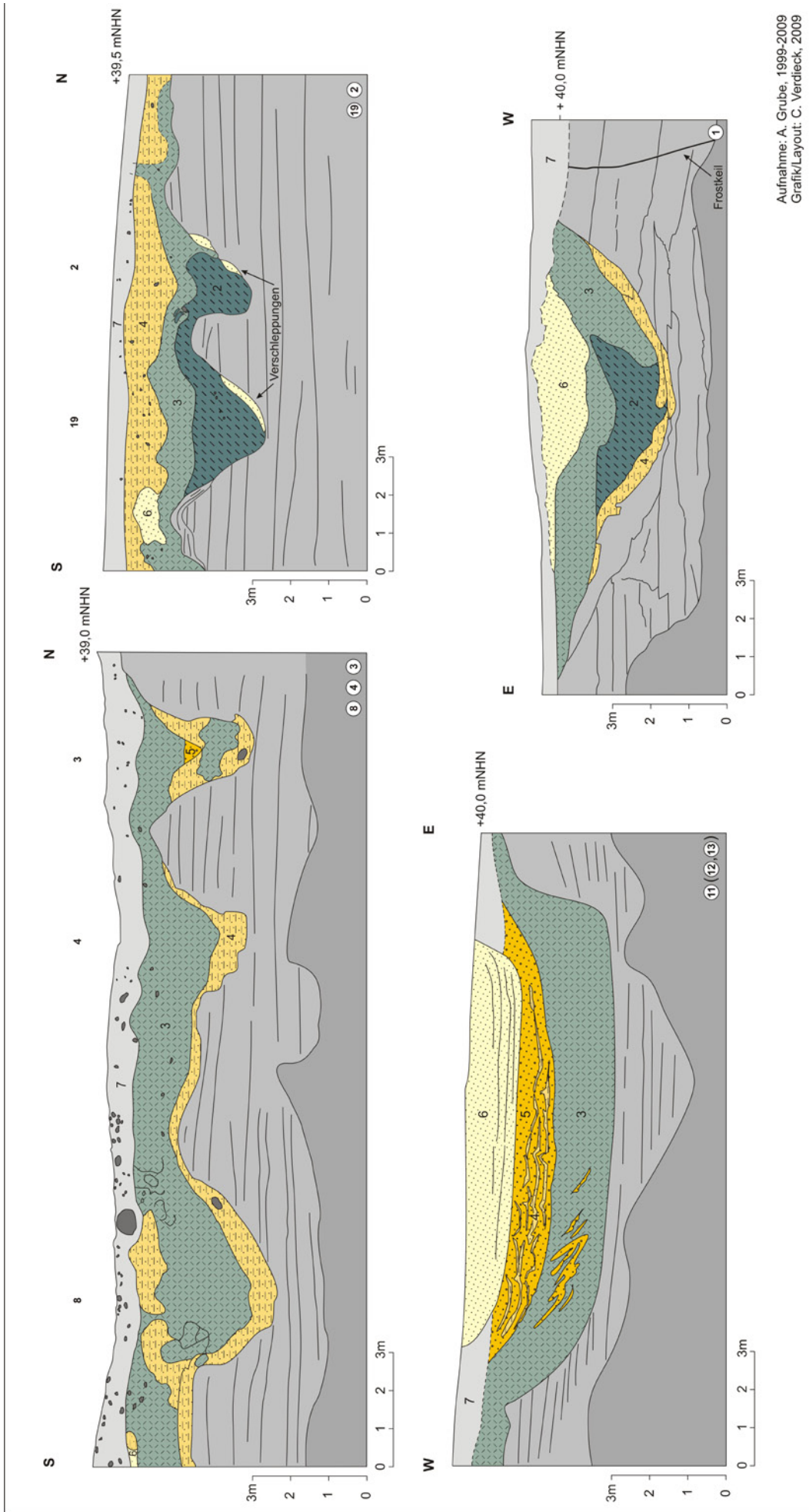
Aufnahme: A. Grube, 1999-2009
 Grafik/Layout: C. Verdleck, 2009

Abb. 7a: Vereinfachte Querprofilnahmen verschiedener rinnenartiger Strukturen (End-Koordinaten in Tab. 1).
 Fig. 7a: Cross profiles of different channel structures (coordinates in tab. 1).



Aufnahme: A. Grube, 1999-2009
 Grafik/Layout: C. Verdleck, 2009

Abb. 7b: Vereinfachte Querprofilaufnahmen verschiedener rinnenartiger Strukturen.
 Fig. 7b: Cross profiles of different channel structures.



Aufnahme: A. Grube, 1999-2009
 Grafik/Layout: C. Verdieck, 2009

Abb. 7c: Vereinfachte Querprofilnahmen verschiedener rinnenartiger Strukturen.
 Fig. 7c: Cross profiles of different channel structures.



Abb. 8: Detailquerschnitt Rinnen-Struktur 1.
Fig. 8: Crossprofile channel 1.

von ca. 30 m verfolgt werden konnte. Ihre ursprüngliche Länge konnte aufgrund des bereits erfolgten Abbaus im nordöstlich anschließenden Bereich nicht festgestellt werden (Restabbau). Hierbei änderte sich die Breite der Form, weniger jedoch die Internstruktur. Die Rinnen-Struktur besitzt eine ungefähr N-S-gerichtete Erstreckung. Sie ist bis zu ca. 26 m breit und 3,5 m tief. Die Oberfläche der Struktur liegt bei ca. +40 m NHN. Die Sohle ist im Anschnitt 11 mit einer Breite von ca. 5 m auffallend eben, mit einem geringfügigen Gefälle zur östlichen Flanke.

Die Rinne ist vorwiegend mit schluffigen Sanden verfüllt. Im westlichen Bereich sind ca. 0,5 m unterhalb der Hohlformsohle bis zu ca. 0,15 m mächtige schluffige Bänder vorhanden, deren Mächtigkeit nach Osten hin abnimmt bzw. die im östlichen Bereich der Hohlform dann fehlen. Der untere Teil der Hohlform ist mit aufgearbeitetem Till gefüllt (siehe Abb. 9f). In diesen Till ist über die gesamte Hohlform ein schluffiger Horizont eingeschaltet, in dem besonders im westlichen Bereich der Rinne verstellte Sandlinsen (helle Sande) vorkommen. Es folgen schluffig-sandige Ablagerungen, in die dunkle Schluffbänder (periglaziär erheblich verstellte; wellenartige Struktur) eingeschaltet sind (Abb. 9e). Auf einem Großteil des Rinnenquerschnittes ist bis an die Oberfläche schließlich eine sekundäre Rinnen-Struktur eingeschnitten. Diese weist flach einfallende bis söhliche Mittelsande auf. Die oberen Randbereiche der Rinne 11 zeigen auf der Ost-Seite leichte Stauchungen bzw. Quetschungen („Ausweichen“ der bindigeren Sedimente). Die Verstellungen könnten durch Kompression durch die zentrale, ca. 0,7 m mächtige, rinnenartige sekundäre Rinnen-Struktur eingetreten sein. Die randlichen Verstellungen (Pressungen) weisen darauf hin, dass die sekundäre Rinnenbildung in unkonsolidiertem Sediment stattfand, was auf ein zeitlich nicht allzu weit auseinander liegendes Einschneiden hindeutet. Die Aufnahme der Rinnen-Struktur 11-14 im Nordteil (14) zeigt einen der Internstruktur der Rinne 11 vergleichbaren Aufbau. Leider war die Struktur aufgrund der Höhe der frischen Abbauwand nicht genauer zu dokumentieren. Nach Norden wird die gesamte Rinne offenbar flacher. Auch weist sie keine ebene Unterseite mehr auf. Die Rinnenfüllung ist unverändert, auch die sekundäre, mit horizontal gelagerten Sanden gefüllte Rinne setzt sich über die gesamte Länge der Struktur hin fort.

Die **Rinnen-Struktur 15/16** (B: 4,5 m, T: 1,7) verläuft ungefähr parallel zur Struktur 11-14, d. h. in Nord-Süd-Richtung. Die Rinne (Abb. 7b) ist ebenso verhältnismäßig flach ausgebildet. Die Rinne ist im unteren Teil flächig mit aufgearbeitetem Till gefüllt, der bis in die Nähe der periglaziären Deckschicht aufragt. Seine Verbreitung ist auf die Rinne beschränkt, im Gegensatz z. B. zu Rinnen-Strukturen 4 und 19. In den Till sind zwei unregelmäßige, rinnenartige Vertiefungen mit Sanden relativ steil eingeschnitten. Nicht ausgeschlossen werden kann auch eine diapirartige Aufwölbung des Tills. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht.

Die **Rinnen-Struktur 17/18 (und 19)** ist verhältnismäßig flach ausgebildet (Abb. 7a). Im nördlichen (rechten) Flankenbereich findet sich ein stufenartiger Versatz. Ob die flachen benachbarten Rinnen zusammenhängen oder ggf. sogar eine vernetzte Struktur bildeten, konnte nicht festgestellt werden. Ähnlich wie die Rinne 15/16 zeigt die Rinne eine überwiegende Verfüllung mit aufgearbeitetem Till, der hier eine rötliche Färbung besitzt. Im Basisbereich sind kleine, bindige Schollen (Ton) eingeschaltet. An der linken Flanke der Rinne sind sandige Ablagerungen vorhanden. Die hangenden sandigen Ablagerungen greifen unregelmäßig in die Till-Oberfläche ein. Ein diapirartiges Aufdringen des Tills mit einer leichten Südvergenz des Diapirs ist zu erkennen. Abgedeckt wird die Hohlform von der flächenhaft verbreiteten periglaziären Deckschicht, die in diesem Gebiet relativ geringmächtig ist.

5 Diskussion

Die intensive periglaziäre Überprägung des Sanderbereiches Bargfeld-Stegen ist nicht ungewöhnlich, auf dieses generelle Phänomenen auch im Jungmoränenbereich Schleswig-Holsteins hat bereits DÜCKER (1954) hingewiesen. Der Binnensander von Bargfeld-Stegen liegt relativ weit von der diskutierten Maximalausdehnung der Weichsel-Vereisung (qw0-Vorstoss, MÜLLER 2004) im westlich gelegenen Kisdorfer Wohld (JANETZKO 2002; STEPHAN 2011) entfernt. Der liegende Till wird hier diesem ersten Vorstoß zugeordnet. Die Kryoturbationen durchschlagen teilweise den oberen Till, der einer jüngeren (der zweiten?) Weichsel-Vereisung zugeordnet wird. Die tief reichende Formung

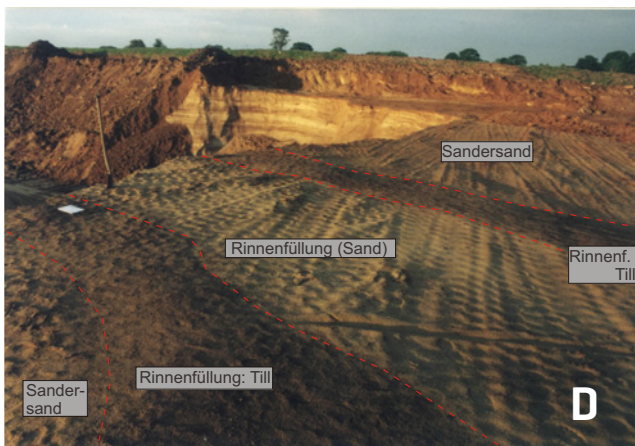




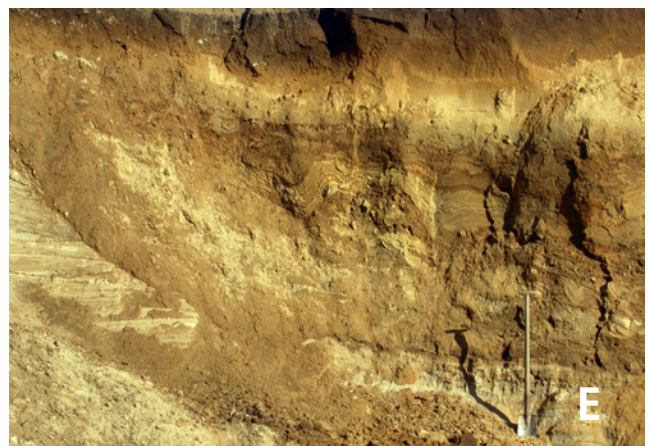
B



C



D



E



F



G



H

Abb. 9: Photos der Strukturen.

Fig. 9: Photos of structures.

A – Rinne 1 / channel 1

B – Rinne 3 / channel 3

C – Rinnen 8-4-3 / channels 8-4-3

D – Rinne 7 (Aufsicht) / channel 7 (top view)

E – Rinne 11 / channel 11

F – Rinne 11 – westliche Flanke / channel 11 – western flank

G – Rinne 11 – obere Ostflanke / channel 11 – upper eastern flank

H – Rinne 14 / channel 14

der Kryoturbationen (mehr als 3,5 m) weist auf eine hochglaziale Bildung bei Permafrost hin (VANDENBERGHE 1983). Es kann davon ausgegangen werden, dass der Deck-Till im Untersuchungsgebiet während der Hauptvereisungsphase der Weichsel vor ca. 25.000 Jahren abgelagert wurde. Damit würde für die Überprägung eine Zeitspanne von mindestens 10 ka zur Verfügung gestanden haben.

Erfasst wurden relativ zahlreiche Rinnen auf einer im Verhältnis zur Gesamtfläche des Binnensanders kleinen Kartierfläche. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Petrographie von ihrer Umgebung, da sie häufig bindige (Teil-)Füllungen enthalten. Die Rinnen sind insgesamt gesehen recht heterogen strukturiert. Sie zeigen einen unregelmäßigen Verlauf. Auch die Dimensionen der Hohlformen sind unterschiedlich. Die Struktur 5 könnte glazitektonisch initiiert worden sein, und soll deshalb hier nicht mit diskutiert werden. Die erfassten Rinnen zeigen, trotz ihrer Individualität, einige Gemeinsamkeiten:

- meist sanft geneigtes, konvexes Querprofil
- häufig flache Basisfläche bzw. Einschneiden der Rinne bis zu einer Grenzfläche
- meist an der heutigen Erdoberfläche nicht zu erkennen
- häufig bindige (Teil-)Füllungen der Rinnen (aufgearbeiteter oder umgelagerter Till u.a.)
- vielfach Unterschneidungen und andere fluviatile Formen an den Rinnenflanken
- teilweise Diapir-artiges Aufdringen des aufgearbeiteten Tills und anderer Rinnenfüllungen im oberen Bereich und im Randbereich der Rinnen
- mehrere Rinnen zeigen eine verhältnismäßig homogenem Sand gefüllte Sekundär-Rinne im oberen Zentrum der Struktur, d.h. eine spätere Überprägung der Haupt-Rinne
- beobachtete Verstellungen an der Sohle der Strukturen bzw. innerhalb der liegenden Sanderablagerungen, in die die Rinnen einschneiden deuten auf eine Anlage in Dauerfrostboden hin.

Als Ursache der Rinnen-Strukturen kommen glazigene, glazifluviatile bzw. kaltzeitlich-fluviatile sowie periglaziäre Einflüsse in Frage. Eine zentrale Frage bezüglich der Genese der beschriebenen Rinnen-Strukturen ist die nach einer möglichen glazialen Genese. Die Rinnen könnten als Exarations-Spuren aufgefasst werden. Gegen eine glaziale Genese sprechen jedoch u. a. die generell flache Ausprägung, die teilweise deutliche Schichtung innerhalb der Rinnen, die typischen periglaziären Verstellungen (u. a. Kryoturbation, Diapirbildung) in den Rinnen (auch in tieferen Abschnitten) sowie der Verlauf der Rinnen quer bzw. im deutlichen Winkel zur Haupt-Vorstoßrichtung des Eises. Gegen eine rein glazifluviatile oder kaltzeitlich-fluviatile Formung sprechen vor allem die meist abgeflachte bis ebene Sohle der meisten Rinnen-Strukturen und die relativ große Breite der Rinnen im Verhältnis zur geringen Tiefe. Teilweise könnten die Rinnen jedoch glazifluviatil oder subglazial initiiert worden sein, d.h. der (sub-)glazialen Entwässerung gedient haben. Die teilweise fluviatile Formung in gefrorenem Boden ist durch das steile Einschneiden einiger Rinnen belegt. Im unteren Teil einiger Rinnen finden sich zudem häufiger Kiese und Steine.

Teilweise sind Ähnlichkeiten der hier beschriebenen Strukturen mit „Riesenfrostdaschen“ bzw. „Lehmsträngen“ (GOLTE & HEINE 1974, EISSMANN 1981) vorhanden. Letztere scheinen jedoch seltener trogartig geformt sowie netzartig verbunden zu sein. Sie sind zudem deutlich kleiner, auch ihre Füllung scheint von den hier beschriebenen Rinnen abzuweichen. Insgesamt tendiert ihre Form und Füllung eher in Richtung Kryoturbation. Ähnlichkeiten sind gegeben in Bezug auf die Größe der Formen und das Vorkommen in sandigem Substrat.

Die hier favorisierte, vorwiegend durch periglaziäre Prozesse bedingte Genese der Rinnen passt zur erwähnten intensiven periglaziären Überprägung im Raum Bargfeld-Stegen. Die Strukturen dürften vorwiegend unter Frostbodenklima durch die Wirkung periglaziär-fluviatiler Prozesse, in Verbindung mit Solifluktsions-Prozessen geschaffen worden sein. Dafür spricht zunächst, dass einige der Rinnen verhältnismäßig flach und breit sind. Bei der Formung ist Ablation der Hauptprozess, ein denudativer Spülprozess (Abspülung) auf Hängen. Die teilweise flache Ausbildung der Rinnensohle könnte mit einer unterlagernden Permafrostschicht zusammenhängen, bis zu der das Einschneiden stattfand. Es finden sich Verstellungen der liegenden Sanderablagerungen, in die die Rinnen einschneiden. Trotz dieser beobachteten lokalen Störungen in den liegenden Schmelzwassersanden (z. B. Rinnen 1 und 11; Abb. 8 und 7c), behielten diese Ablagerungen weitgehend ihr ursprüngliches Ablagerungsgefüge bis in Erdoberflächennähe (häufig wenige Dezimeter unter GOK). Beides deutet darauf hin, dass die Rinnen in einen Permafrostkörper eingeschnitten worden sind.

Die periglaziären rinnenartigen Strukturen scheinen bevorzugt im Randbereich der Deck-Till-Verbreitung aufzutreten. Das Vorkommen des Deck-Tills bedingt, dass das anfallende Niederschlags- und Schmelzwasser während Auftauphasen des Permafrostes weniger gut versickern konnte und dadurch vorwiegend oberflächlich abfloss. Hierdurch könnte die Bildung von Rinnen begünstigt worden sein. Die Strukturen wurden durch periglaziäre Massenverlagerung (Solifluktion) und glazifluviatile Prozesse verfüllt. Durch den Wechsel von Till, Sanden und schluffig-sandigen Ablagerungen kann von verschiedenen Verfüllungsphasen ausgegangen werden. Während der Wiederverfüllung wurden die Sedimente verschiedentlich periglaziär überformt, u. a. durch den Aufbau eines zu Diapir-Strukturen führenden Druckregimes. Der solifluidale Einfluss ist in den meisten Rinnen durch das Vorkommen von umgelagertem und aufgearbeitetem Till belegt. Das an der ehemaligen Oberfläche verbreitete, generell eher fleckhaft vorkommende und geringmächtige bindige Sediment (Till) konnte solifluidal leicht bewegt werden. Textur und Gefüge der in den Rinnen vorhandenen Tills sind teilweise nur wenig verändert, was ggf. auf kurze Transportentfernungen hindeutet. Die Rinnen verlaufen, nach den bisher vorliegenden Informationen, häufig in einer ungefähren Nord-Süd-Richtung. Dieses könnte teilweise mit der Sonnen-Exposition zusammenhängen, die zu einer bevorzugten Schmelzwasser- und Solifluktsions-Aktivität an südexponierten Hängen führte.

Zur genaueren Analyse der Genese und Struktur der in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Rinnen sind nähere flächenhafte geologische Untersuchungen mit geophysikalischer Unterstützung notwendig.

6 Danksagung

Der Firma Timm (Bargfeld-Stegen), insbesondere den Herren Timm sen. und jun. sowie Kurt Brüggmann, der Fa. Willy Krohn GmbH (Siek) und der Fa. C. & W. Borchert (Hamburg; Herr Poersch, besonders Peter Lattke) sei für die zuvorkommende Behandlung und die praktische Hilfe bei den Feldarbeiten sowie die Genehmigung zur Einsicht in firmeneigene Unterlagen gedankt. Christina Verdieck (LLUR) sei für die digitale Umsetzung der Rinnen-Zeichnungen, Frau Maike Schirk (LLUR) für die Erstellung der Profilschnitte herzlich gedankt. Herrn Jürgen Ehlers (Hamburg) und Herrn Stefan Wansa (Halle/Saale) danke ich besonders für die kritisch-konstruktive Durchsicht und Verbesserung des Manuskriptes.

7 Literatur

- ALAI-OMID, M., CHRISTENSEN, S., KOSACK, B. & LANGE, W. (1988): Grundzüge der Geologie des Kreises Stormarn. – *Die Heimat*, 95 (1): 18–31.
- BAUKE, Chr. (2008): Geologie und Sedimentologie im Raum Bargfeld-Stegen (Schleswig-Holstein). – Department Geowissenschaften, Universität Hamburg, Diplomarbeit Dipl.-Geologen-Hauptprüfung, Teile I + II; 73 S., Anhang [unveröff.].
- BOCK, W. (1981): Schichtenfolge, Grundwasserphysik und Grundwasserbeschaffenheit in Bargfeld-Stegen (TK 2227). – Hydrogeologisches Gutachten, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein vom 23.04.1981; 11 S. und Anhänge.
- BRANDES, H., HÖFLE, H.C., JORDAN, H., LEPPER, J., MENGELING, H., MERKT, J., MEYER, K.-D., REUTER, G., TÜXEN, J., VINKEN, R., VOSS, H.-H., GRUBE, F. & LANGE, W. (1977): Geologische Übersichtskarte 1:200.000 – CC 3176 (HH-Ost). – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [Hrsg.], Hannover.
- DÜCKER, A. (1954): Die Periglazial-Erscheinungen im holsteinischen Pleistozän. – *Göttinger Geographische Abhandlungen*, 16: 5–54, Anhang.
- EISSMANN, L. (1981): Periglaziäre Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs. – *Altenberger Naturwissenschaftliche Forschungen*, 1: 1–127, Anhang.
- GOLTE, W. & K. HEINE (1974): Fossile Riesen-Eiskeilnetze am Niederrhein. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, 25: 132–140.
- GRUBE, A. (2010): Sülfelder Tannen – eine einmalige Niedertau- und Kames-Landschaft der Weichsel-Kaltzeit (Kreise Stormarn und Segeberg). – *Natur- und Landeskunde*, 117 (7–9): 93–101.
- HANNEMANN, M. (1963): Anlage und Entwicklung weichselzeitlicher glazigener und periglaziärer Täler in Südostbrandenburg. – *Berichte der Geologischen Gesellschaft in der DDR*, 8: 617–636.
- HENNING, I. (1973): Zur periglazialen Talententwicklung im norddeutschen Jungmoränengebiet. – *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein*, 43: 25–28.
- JANETZKO, P. (2002): Der Kisdorfer Wohld – eine Landschaft im Aufbruch. – *LANU-Jahresbericht*, 2002: 152–155.
- LIEDTKE, H. (1993): Phasen periglaziär-geomorphologischer Prägung während der Weichselzeit im norddeutschen Tiefland. – *Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge, Suppl.-Bd.*, 93: 69–94.
- MÜLLER, U. (2004): Weichsel-Frühglazial in Nordwest-Mecklenburg. – *Meyniana*, 56: 81–115.
- POTILLO, R., GRUBE, A., BETZLER, C. & REISS, S. (2005): Georadaruntersuchungen zur Erkundung von Sand- und Kieslagerstätten in Norddeutschland. – Bericht für die Verbände Nord, Industrieverband Sand, Kies, Mörtel, Transportbeton Nord e.V., Hamburg, 15 S. [unveröff.].
- RICHTER, K. (1932): Die Bewegungsrichtungen des Inlandeises, rekonstruiert aus den Kritzen und Längsachsen der Geschiebe. – *Zeitschrift für Geschiebeforschung*, 8: 62–66.
- SEMMELE, A. (1985): Periglazialmorphologie. – *Erträge der Forschung*, 231: 1–116; Darmstadt.
- STEPHAN, H.-J. (2003): Zur Entstehung der eiszeitlichen Landschaft Schleswig-Holsteins. – *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein*, 67: 101–118.
- STEPHAN, H.-J. (2004): Karte der Stauchgebiete und Haupt-Gletscherrandlagen in Schleswig-Holstein 1:500.000. – *Meyniana*, 56: 149–154.
- STEPHAN, H.-J. (2011): Geschiebestratigraphische Untersuchungen im Bereich der Stauchmoräne Kisdorfer Wohld, Südholstein und in ihrem Hinterland. – *Geschiebekunde aktuell, Sonderheft 9*: 113–124.
- SULKOWSKI, N. (2008): Geologie und Sedimentologie im Raum Bargfeld-Stegen (Schleswig-Holstein). – Department Geowissenschaften, Universität Hamburg, Diplomarbeit, Dipl.-Geologen-Hauptprüfung, Teile I + II; 67 S., Anhang [unveröff.].
- TODTMANN, E. M. (1952): Über Schwankungen des weichselzeitlichen Eisrandes im südlichen Holstein. – *Abhandlungen und Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen*, 33: 89–106.
- VANDENBERGHE, J. (1983): Some periglacial phenomena and their stratigraphical position in Weichselian deposits. – *Polarforschung*, 53 (2): 97–107.