

TELMA	Band 40	Seite 19 - 32	7 Abb.	Hannover, November 2010
-------	---------	---------------	--------	-------------------------

## Zur Geologie des Himmelmoores bei Quickborn (Schleswig-Holstein)

Geology of the Himmelmoor (bog) near Quickborn (Schleswig-Holstein)

ALF GRUBE, TOBIAS FUEST und PHILIP MENZEL

### Zusammenfassung

Neuere geologische Untersuchungen beleuchten die Entwicklungsgeschichte des seit dem 18. Jahrhundert torfwirtschaftlich genutzten Moores. Insgesamt wurden ca. 100 Bohrungen bis in eine Teufe von ca. 10 m sowie mehrere Rammkernsondierungen bis in ca. 25 m Tiefe niedergebracht. Das Himmelmoor ist in einer dem Salzstock Quickborn benachbarten Senke angelegt. Es wird teilweise durch Geschiebemergel und Becken-Ablagerungen, größtenteils jedoch durch glazifluviatile bis kaltzeitlich-fluviatile Sande unterlagert. An der Basis des Moorkörpers treten flächenhaft Mudden auf, darüber folgen Schwarz- und Weißtorfe. Die Mudden werden maximal 2 m mächtig. Auf dem „Knust“, einem nicht torfwirtschaftlich genutzten Bereich des Moores, wurde mit 3,80 m (bei einer Gesamttorfmächtigkeit von 7,85 Metern) die größte Weißtorfmächtigkeit innerhalb des Himmelmoores festgestellt. Die initiale Moorbildung ging maßgeblich von verlandenden Gewässern aus. Teilweise setzt die Torfbildung unmittelbar auf den Geschiebelehmen und -mergeln auf. Offenbar führte hier Staunässe auf gering durchlässigen Sedimenten zum Moor- bzw. Torfwachstum, so dass eine Kombination aus dominierendem Verlandungsmoor und örtlichem Versumpfungs-Moor besteht. Später führte die Moorentwicklung zur Bildung eines Regenmoores.

### Abstract

Recent geological investigations illuminate the evolutionary history of the bog, that has been excavated since the 18th century. A total of 100 holes were drilled to a depth of 10 m as well as several machine based drillings to about 25 m depth. The Himmelmoor is situated within a depression to the northwest of the salt diapir Quickborn. This depression is partly filled by glacial till and fine grained basin fills, but mainly by glaciofluvial and cold based fluvial sand. At the base of the bog muds (Mudde, Gytja) occur, above we find black and white peat. The muds are up to 2 m thick. On the „Knust“, a remnant of the former raised bog that has not been excavated, the thickness of the white peat reaches 3,80 m (overall thickness 7,85 m). The initial growth of the bog was initiated mainly by aggradation of small lakes. Part of the peat growth took place on boulder clay (till). Slack flow on these low-permeable sediments evidently led to growth of peat. Hence there is a combination of dominant aggradation growth and local swamp-based bog.

## 1. Einleitung

Ziel unserer Arbeit war die Erforschung der Entwicklungsgeschichte des Himmelmoores. Das Himmelmoor liegt nordwestlich von Hamburg, bei Quickborn (Kreis Pinneberg, siehe Abb. 1). Das Himmelmoor umfasst eine Fläche von ca. 600 ha und erstreckt sich in NW-SE-Richtung 2 km und 3,5 km in NE-SW-Richtung. Es liegt in einer großen Depression (Abb. 1 und 2) innerhalb der Barmstedt-Pinneberger Geest mit Höhen zwischen ca. +20 und +25 mNN. Das benachbarte Gelände auf dem Salzstock Quickborn erreicht, vermutlich salinartektonisch bedingt (REICH 1933, ILLIES 1953), Höhen bis +30 mNN. Die Niederung der Pinnau südwestlich des Himmelmoores liegt unter +10 mNN. Die in Abbau befindliche Mooroberfläche liegt etwa auf einem Niveau von +10 bis +13 mNN. Die alte, nicht durch Torfabbau, allerdings durch massive Sackungen nach Entwässerung (bis zu ca. 30% nach VOGEL 1963) beeinflusste Hochmooroberfläche, der „Knust“, erreicht eine Geländehöhe von +16 mNN (siehe Abb. 1, 2 und 5; vgl. ERNST 1895).

Das Moor liegt im Einzugsgebiet der Pinnau und wird im Norden und Nordwesten von der Bilsbek und im Osten von der Pinnau begrenzt, über die die Entwässerung Richtung Elbe erfolgt. Der Großteil der Entwässerung erfolgt dabei über die Bilsbek, die ca. 10 km südwestlich des Untersuchungsgebietes in die Pinnau mündet. Etwa die Hälfte der Moorfläche ist durch Birkenwald bestanden, dieser Anteil erhöht sich deutlich, wenn man die Abbaufächen nicht mit einbezieht.

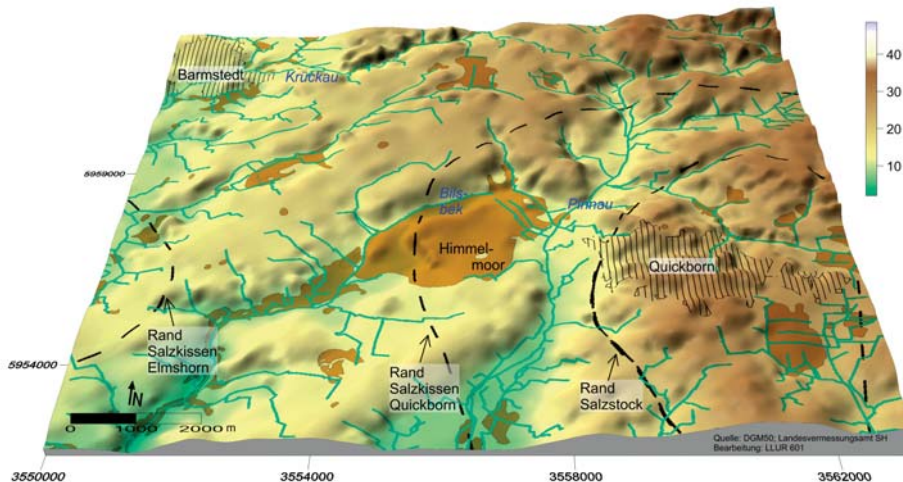


Abb. 1: Digitales Geländemodell des Himmelmoores und der Umgebung. Moorflächen in braun; Umrandung der Salzstruktur und der Salzkippen nach Geotektonischem Atlas (Elmshorn im Westen, Quickborn im Osten, KOCKEL 1996)

Digital terrain model of the Himmelmoor area with outlines of salt structures

Vom Hangenden zum Liegenden wurden folgende Schichten beschrieben (AVERDIECK 1957, VOGEL 1963): Weißtorf (*Sph. acutifolium*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. imbricatum*, *Sph. magellanicum*, *Sph. papillosum*), Schwarztorf (Artenidentifizierung schwer möglich, vereinzelt *Sph. acutifolium*, Lagen von *Eriophorum*- und *Calluna*-Reiser, unterschiedliche Flügeldecken von Käfern), Birken-Bruchtorf (Rinde, Zweige und Holzstücke von *Betula*), *Phragmites-Carex*-Torf (Früchte von *Cladium mariscus*), Braunmoos-Gyttja (verschiedene Braunmoos-Spitzen) und humoser Sand (mit einigen Sphagnen). Es wurden 7 Pollenzonen (Baumpollen) unterschieden. Die Torfbasis wurde nach PFEIFFER & BECKER-HEIDMANN (1996) mit einem <sup>14</sup>C-Alter  $10.020 \pm 100$  a BP datiert.

Das Himmelmoor wird seit dem 18. Jahrhundert torfwirtschaftlich genutzt. Mit etwa 6 km<sup>2</sup> Moorfläche war das Himmelmoor eines der größten Hochmoore Schleswig-Holsteins. Davon werden aktuell 1,3 km<sup>2</sup> (130 ha) industriell für den Torfabbau genutzt. Das PLANUNGSBÜRO MORDHORST (2003) gibt an, dass insgesamt ca. 200 ha, entsprechend 38,5 % der Gesamtmoorfläche des Moores, noch mit einer Hochmoortorfaufgabe versehen sind. Allerdings wird nur noch eine kleine Fläche (5 %) des Himmelmoores durch ursprüngliche Hochmoor-Oberflächen eingenommen. Beim Abbau wird der Weißtorf zur Bodenverbesserung im Gartenbau verwendet. Bis 2020 ist der schrittweise Rückzug aus dem Abbaugbiet vorgesehen. Im Zuge des industriellen Torfabbaus wurden umfangreiche Entwässerungsmaßnahmen innerhalb des Moores durchgeführt (Abb. 4). Landes-eigene Moorflächen von 410 ha werden durch den Werksinhaber (Torfwerk Carl Hornung, Neumünster) während der laufenden Abbauarbeiten renaturiert und wiedervernässt. Derzeit sind dies die Randbereiche des Moores, während der zentrale Teil noch torfwirtschaftlich genutzt wird.

## 2. Methodik

Im Rahmen einer geologischen Kartierung (FUEST & MENZEL 2008) wurde das Himmelmoor und seine Umgebung untersucht. Dabei wurde ein Linnemann'sches Peilstangenbohrgerät sowie ein spezieller Moorbohrer verwendet, der vom Torfwerk Hornung, vertreten durch die Familie Czerwonka, zur Verfügung gestellt wurde. Insgesamt wurden ca. 100 Bohrungen bis in eine Tiefe von ca. 10 m abgeteuft. Ergänzt wurden die Daten durch das Niederbringen von mehreren tieferen Rammkernsondierungen bis in ca. 25 m Tiefe durch den Geologischen Dienst. Zusätzlich konnten zahlreiche Archivbohrungen des geologischen Landesarchivs verwendet werden, welche vorwiegend aus der Umrandung des Himmelmoores stammen. Weiterhin wurden im Zuge der Kartierung zwei Schürfe von den Torfwerksmitarbeitern mithilfe eines Baggers angelegt, die an einer Stelle im südwestlichen Moorteil den gesamten Moorkörper bis auf die liegenden Sande erfasste. Der zweite Schurf im Nordosten des Moores legte einen Brandhorizont frei.

### 3. Ergebnisse

Im Liegenden der Torfe und Mudden treten pleistozäne Schmelzwassersande bzw. kaltzeitlich-fluviatile Sande auf (vgl. Abb. 3) mit Mächtigkeiten von teilweise mehreren Dekametern. Lokal sind geringmächtige Beckenschluffe eingeschaltet. Eine Unterscheidung von saale- und weichsel-zeitlichen Sanden war nicht möglich.

Es handelt sich überwiegend um Mittelsande, mit sehr schwachen bis sehr starken Feinsand- aber auch Grobsandanteilen. Weiterhin treten Feinsande auf, die schwache Anteile von Schluff und Kies beinhalten. In einer Bohrung wurden Gerölle in einer Tiefe von 8,90 m bis 9,00 m festgestellt. Die Schlufflinsen führen teilweise Glimmer, ebenso die Sande. In einigen Abschnitten wurden Bänder von Braunkohle bzw. Holzkohle, vermutlich tertiären Alters, gefunden.

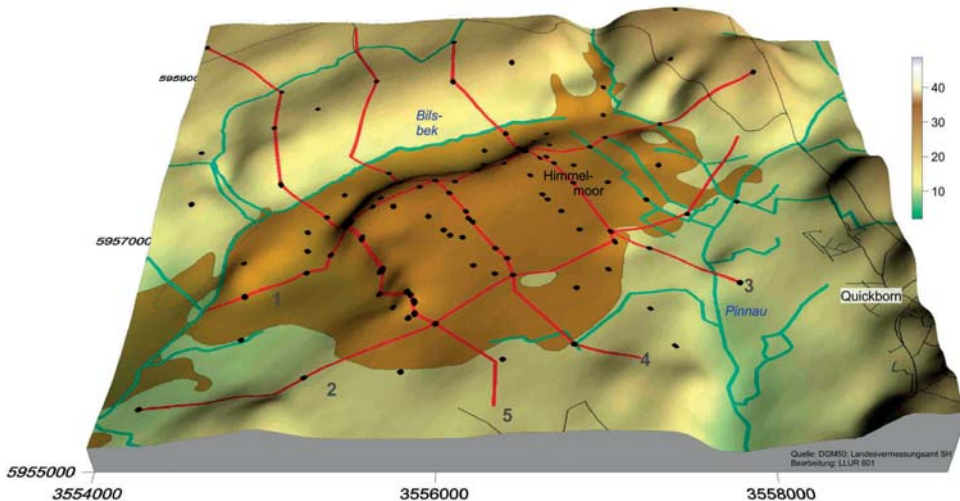


Abb. 2: Lageplan des Himmelmoores mit Bohrungen und Lage der Profilschnitte; Moorflächen nach Torfkataster des Landes SH  
Position of drillings and profiles; distribution of peat

Lokal unterlagern Geschiebelehme/-mergel den Moorkörper. In diese sind örtlich pleistozäne Sande eingeschaltet. Die Farbe der Geschiebelehme/-mergel variiert ebenso wie ihre Körngrößenverteilung. Es kommen dunkelgraue, hellbraune und dunkelbraune, graue, olivgraue und graugrüne bis hin zu beige-grauen marmorierten Varianten vor, die auf unterschiedliche Redoxverhältnisse, eine abweichende Petrographie usw. zurückzuführen sind. Der jüngste im Untersuchungsgebiet angetroffene Geschiebemergel konnte auf-

grund seiner grauen Farbe, seiner feinkörnigen Zusammensetzung (schluffreich) und eines signifikanten Kreideanteils der Mittleren Saale-Kaltzeit (Saale-Komplex) zugeordnet werden. Er kommt außerhalb des eigentlichen Moorgebietes flächenhaft in geringer Tiefe ( $> -5$  m GOK) vor, unterhalb des Moorkörpers ist er lückenhaft ausgebildet, was möglicherweise auf schmelzwasserbedingte Erosion zurückzuführen ist.

Meist graue, teilweise kalkhaltige und glimmerführende Beckenschluffe konnten in einigen Bohrungen nachgewiesen werden (Abb. 3). In der Tiefbohrung 08 erreichen sie Mächtigkeiten von über 10 m. Es treten Zwischenmittel aus Fein- und Mittelsanden auf. Beckentone treten zurück. Sie sind meist nur wenige Dezimeter mächtig.

Im unmittelbaren Liegenden des Moorkörpers wurden gelegentlich fluviatile, holozäne Sande angetroffen. Da sie in der Bohrnut nur schwer von glazifluviatilen Sanden des Pleistozäns zu unterscheiden sind, konnten einige Sandschichten nicht eindeutig zugeordnet werden. Häufig dürfte es sich um im Holozän umgelagerte pleistozäne Sande handeln.

An zwei Stellen innerhalb des Himmelmoores liegen gut sortierte Feinsande ohne Torfüberdeckung (Abb. 2). Da hier nicht abgetorft wurde, müssen diese Ablagerungen bereits vor der Torfbildung als Kuppen vorhanden gewesen sein. Bei den Sanden handelt es sich um spätglaziale bis frühholozäne Flug- oder Dünensande. In den Sanden haben sich gut ausgeprägte Podsole entwickelt.

Der Moorkörper des Himmelmoores konnte grob unterteilt werden: Mudden, Schwarztorfe und Weißtorfe. In zahlreichen Bohrungen wurden fossile See-Ablagerungen nachgewiesen. Es wurden Kalkmudden, Schluffmudden und vor allem Torfmudden erbohrt. Diese werden maximal 2 m mächtig. Die Torfmudden erreichen mit 1,30 m (B 76) und 1,25 m (B 77) im nördlichen Teil des ehemaligen Abbaugebiets ihre größten Mächtigkeiten. Sie ist an über 50 % der abgeteuften Bohrungen angetroffen worden. Auch Mudden mit minerogenen Anteilen von Schluff, Sand und Kies (B 06) sowie Holzresten (B 28, B 61) wurden erbohrt. Mitunter konnten vereinzelt *Sphagnum*-Reste und *Eriophorum*-Reste (B 30, B 31) angetroffen werden. In Bohrung 81 ist ein Mittelsand zwischen die Torfmudden eingeschaltet. Die Farben reichen von hellbraun-braun, dunkelbraun und schwarz, über hellbraun marmoriert (TB 06) bis hin zu grau-braun (B 58, B 59).

In den Profilschnitten 1, 3 und 4 (Abb. 3) ist eine Wechselfolge von Torfen und Mudden zu erkennen. Hier findet sich ein geringmächtiger Schwarztorf, der durch Mudden unterbrochen ist. Nach einem ersten Stadium der Torfbildung kam es nach Anstieg der Wasserstände zur erneuten See-Bildung, so dass sich wieder limnische Sedimente (Mudden) ablagern konnten. Noch differenziertere Abfolgen finden sich in Profilschnitt 5 (Wechsel Mudde, Kalkmudde, Mudde, Kalkmudde, Torf).

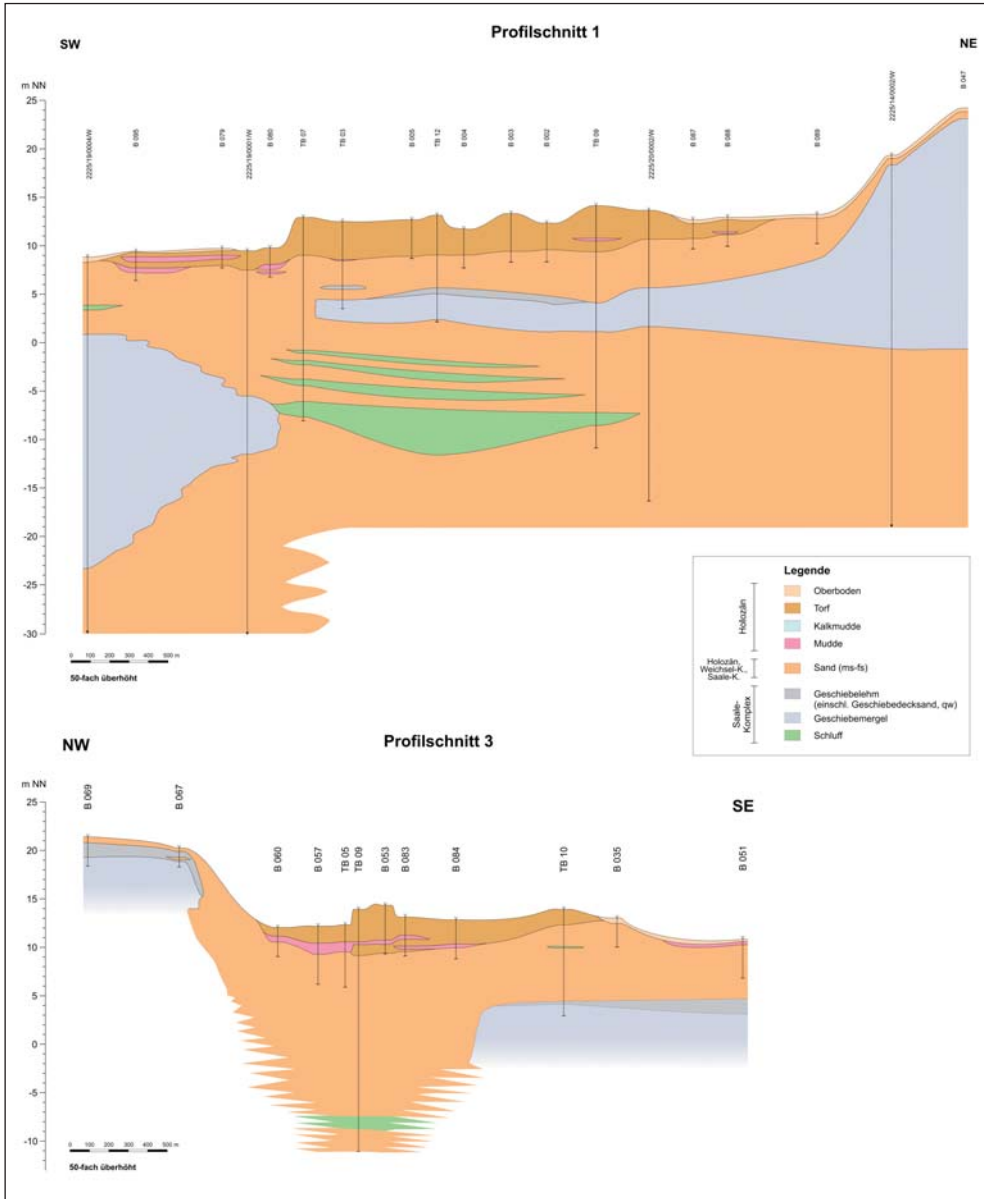
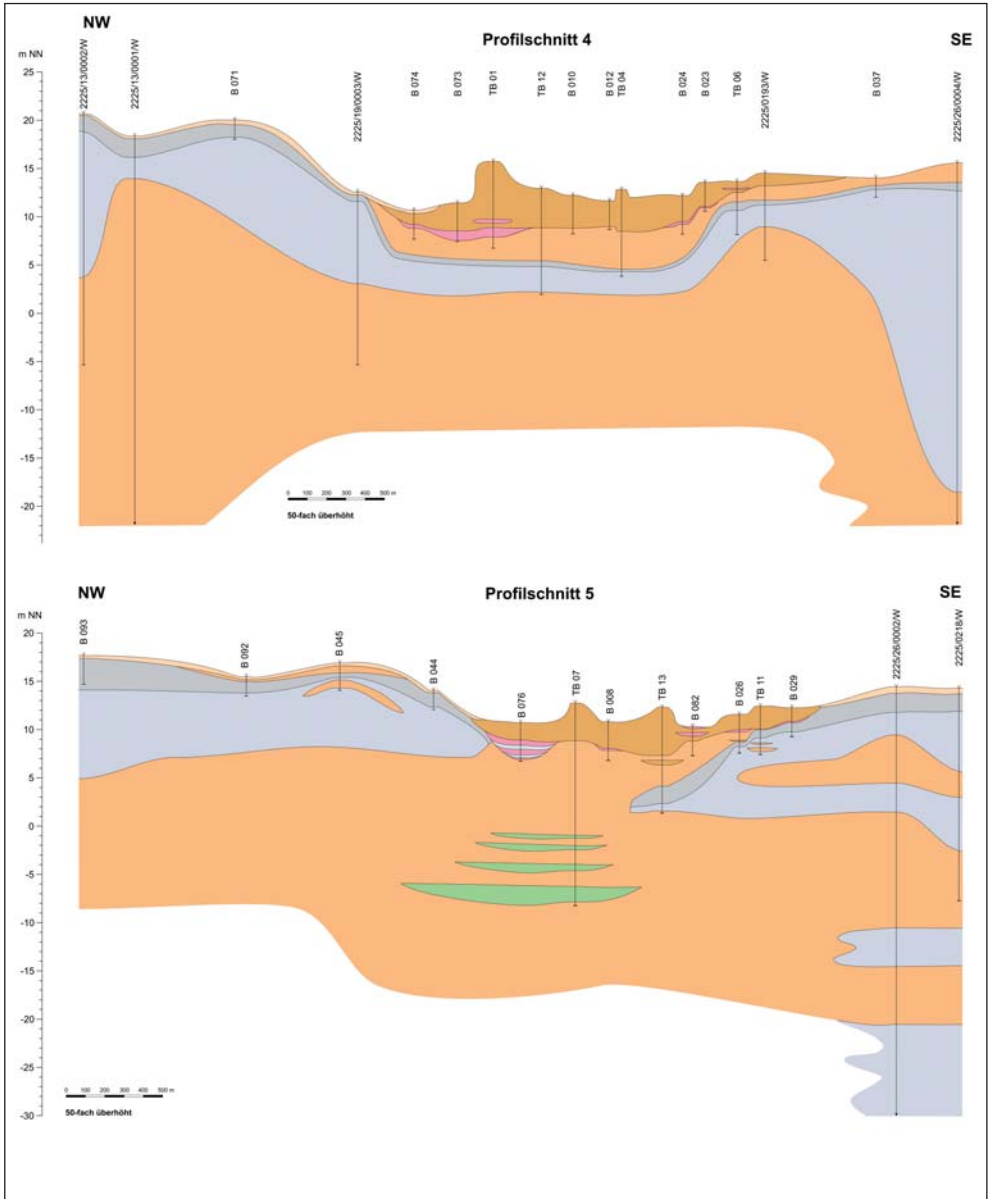


Abb. 3: Profilschnitte durch das Himmelmoor (FUEST & MENZEL 2008, verändert)  
 Geological profiles (FUEST & MENZEL 2008, modified)



Der hangende Schwarztorf kommt im gesamten Moor flächendeckend vor. An der Basis des Himmelmoores finden sich massenhaft Baumstubben (Abb. 4). Innerhalb des Schwarztorfes konnten Reste von *Sphagnum*, *Eriophorum* und Gehölzen nachgewiesen werden. Es zeigte sich, dass der Schwarztorf Mächtigkeiten von 2,20 m erreicht. Mitunter wurden feinsandige, schluffige aber auch feinkiesige Einschaltungen erbohrt. Innerhalb des Schwarztorfes wurde während der Kartierarbeiten flächenhaft ein schon bekannter Brandhorizont erbohrt. Die Ursachen für den Brand sind bisher nicht geklärt.

Im Hangenden der Schwarztorfe bildeten sich Weißtorfe, charakterisiert durch ihren geringen Zersetzungsgrad und fast ausschließlich aus *Sphagnum* bestehend. Heute finden sich Weißtorfvorkommen nur noch im Norden und Nordosten des Himmelmoores. Auf dem „Knust“, einem nicht torfwirtschaftlich genutzten Bereich des Moores (Abb. 5), wurde mit 3,80 m (bei einer Gesamtorfmächtigkeit von 7,85 m) die größte Weißtorfmächtigkeit innerhalb des Himmelmoores erbohrt. In einigen Bohrprofilen wurde umgelagerter Weißtorf in größerer Tiefe angetroffen, was darauf zurückzuführen ist, dass seit mehr als 200 Jahren Schwarztorf als Brennmaterial gewonnen wurde, und der Weißtorf auf Grund seines geringeren Brennwertes flächenhaft in bereits abgebaute Gebiete verbracht worden ist. Somit ist die Stratigraphie des Moorkörpers zum Teil anthropogen überprägt. Auf den Abbaufächen sind die Hochmoortorfe erwartungsgemäß teilweise gestört, teilweise sind Schwarz- und Weißtorfe vermischt.



Abb. 4: Stubbenshorizont an der Basis des Himmelmoores (Abbaufäche; Photo A. Grube)  
Stumps at the basis of the Himmelmoor (excavation area)





Abb. 5: Abbauflächen im Himmelmoor (2006). Im Hintergrund rechts die mit Birken bestandene Auftragung der alten Hochmooroberfläche (ca. 6 m hoch; Photo A. Grube)  
 Peat mining in Himmelmoor (2006). Mound in background is the old (original) bog surface (6 meters above surrounding)

#### 4. Diskussion zur Bildung des Himmelmoores

Das Himmelmoor liegt in einer vorwiegend mit mächtigen, sandigen Ablagerungen gefüllten Senke, die im Norden, Osten und Süden durch höher gelegene saalezeitliche Geschiebemergel begrenzt wird. In der Hohlform finden sich auch immer wieder Beckenablagerungen. Die Hochlage der heutigen Erdoberfläche des Gebietes im Osten ist durch den Aufstieg des Quickborner Salzstockes geprägt. Für den Randbereich des Salzstockes Quickborn, einer doppelsalinen Struktur, kann mit der Ausbildung von Randsenken gerechnet werden, die durch die Abwanderung des Salzes in Richtung des Salzstockes entstanden sind. Im Bereich einer solchen, westlich der Struktur gelegenen Randsenke ist vermutlich das Himmelmoor gebildet worden. Aufgrund der Kartiererergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die Senke bereits während des Mittel-Pleistozäns (Saale-Komplex) bestand.

Die aus den Bohrungen rekonstruierte Basisfläche des Moores (Mudden und Torfe) zeigt eine lang gestreckte Depression (unter +10 mNN) von 1 km Breite und 3,5 km Länge (Abb. 6). Innerhalb dieses flächenhaften Einschnittes lässt sich auf der Westhälfte des

Himmelmoores bzw. der heutigen Abbaufäche eine besonders tief eingeschnittene Niederung erkennen. Diese ist gegenüber der flächenhaften länglichen Eintiefung um weitere 1,5 - 2 m abgesenkt. Im Bereich dieser Hohlform dürfte das Wachstum der Moor-Ablagerungen initial nach Anstieg des Grundwassers begonnen haben. Dieser Bereich liegt zwischen ca. +6 und +8 mNN und weist eine Nordost-Südwest-Erstreckung von 1,4 km und eine Nordwest-Südost-Erstreckung von ca. 0,9 km auf. Sie nimmt damit  $\frac{1}{4}$  der heutigen Hochmooroberfläche ein. Die Basis des Moores liegt bei +6 mNN. Hier werden Mächtigkeiten der organischen Schichten von mehr als 6 m erreicht. Ausgehend von dem in der großen Depression gebildeten Moor erfolgte später die laterale Ausdehnung des Moores, besonders nach Südosten.

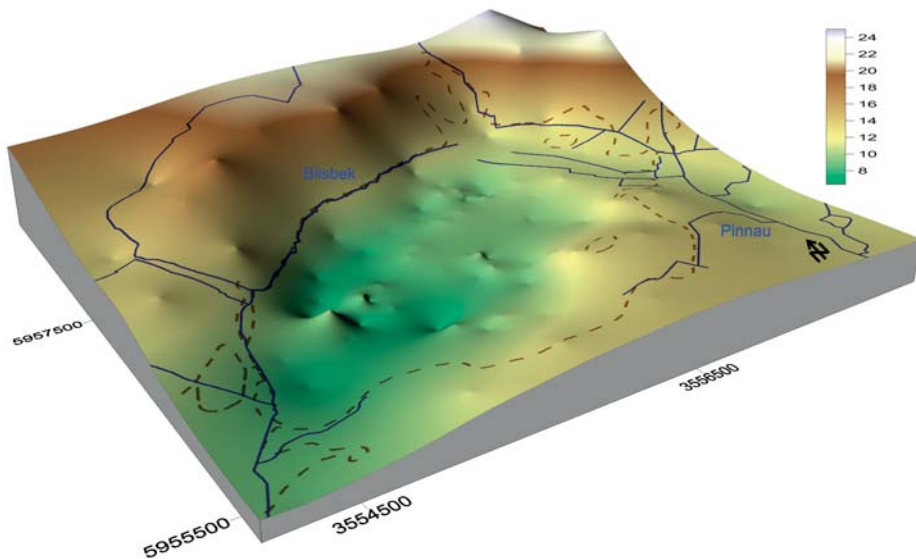


Abb. 6: Basis der holozänen Schichten (mNN); Rand der Torfverbreitung gestrichelt in braun (Moor-kataster SH)  
Basis of holocene sediments. Dashed line shows distribution of peat.

Die Moorbildung ging von stehenden Gewässern aus, die verlandeten. Die aus den Bohrungen konstruierte Mächtigkeit der Mudden zeigt erwartungsgemäß die größten Mächtigkeiten in der zuvor erwähnten Hohlform (Abb. 7). Des Weiteren ist zu erkennen, dass entlang des Randes zur westlich benachbarten Geest flächenhaft die größten Mudden-Mächtigkeiten zu beobachten sind. Dieses dürfte in den hydrogeologischen Gegebenheiten der Nordseite des Himmelmoores begründet sein. Der Übergang von der Geest in die vermoorte Niederung ist hier verhältnismäßig steil und erfolgt auf sehr kurzer Distanz. Das aus dem Geestbereich in die große Niederung des Himmelmoores übertre-

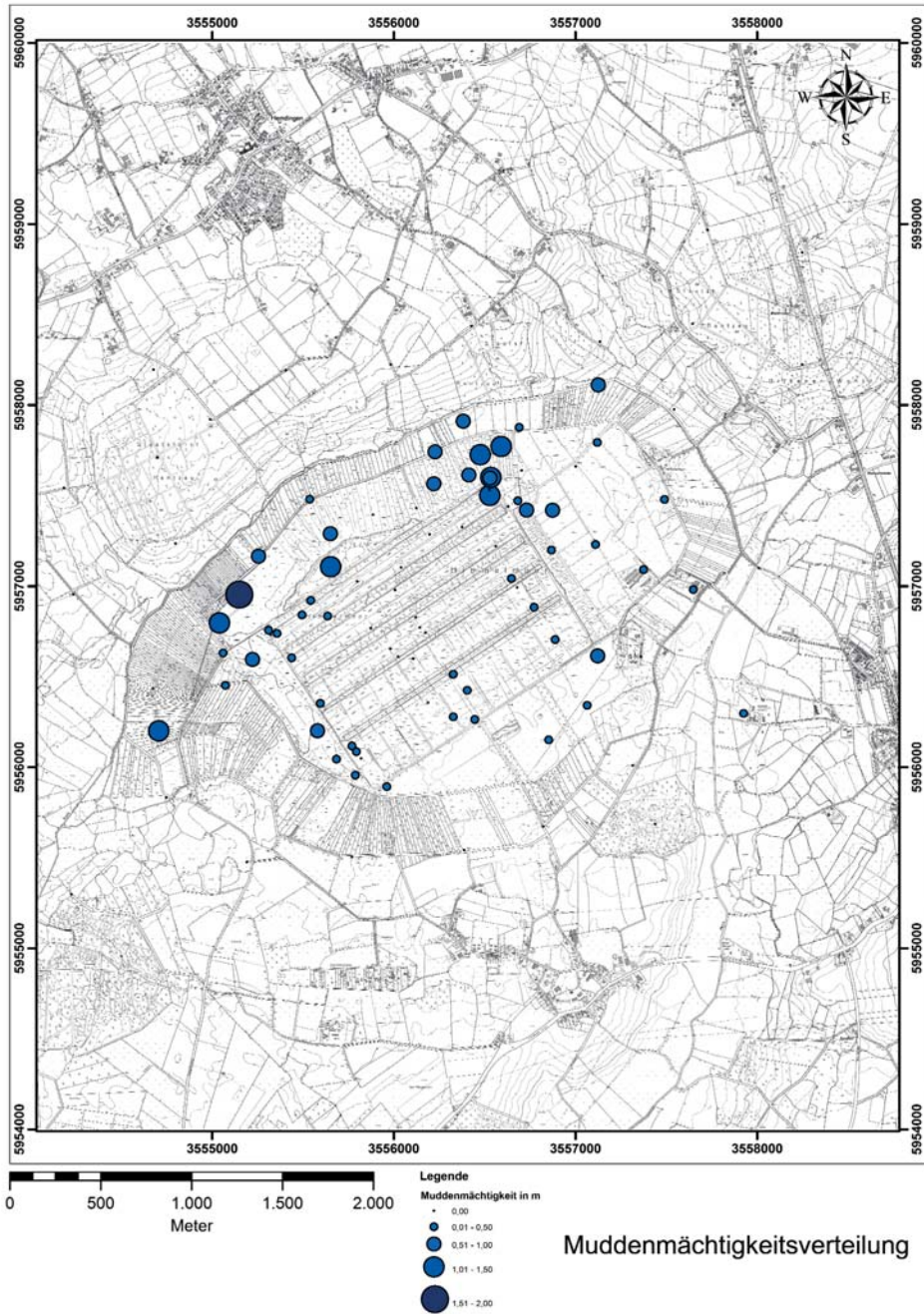


Abb. 7: Mächtigkeit [m] der erbohrten Mudde (FUEST & MENZEL 2008)  
 Thickness [m] of the lake sediments (FUEST & MENZEL 2008)

tende Grundwasser führt zu einer besonders intensiven Stau-/Oberflächengewässerbildung entlang dieser ausgeprägten Reliefkante. Aus den erstellten Profilschnitten lässt sich darüber hinaus ableiten, dass in den Bereichen, in denen die Geschiebelehme und -mergel aus dem Geestbereich weit in die Niederung hineinreichen, aufgrund des geringeren Zutritts von Grundwasser aus den Hochbereichen in die Niederung, Mudden weniger verbreitet und, wenn vorhanden, geringmächtiger sind.

Teilweise setzt die Torfbildung unmittelbar auf den Geschiebelehmen und –mergeln auf. Hier hat offenbar örtlich auch Staunässe auf diesen gering durchlässigen Sedimenten zum Moor- bzw. Torfwachstum beigetragen (Abb. 3, Profilschnitt 2), so dass eine Kombination aus dominierendem Verlandungsmoor und örtlichem Versumpfungsmoor besteht. Ähnlich der Muddenverteilung sind auch die Torfe am Nordrand des Moores generell mächtiger als in den anderen Bereichen.

Später verlor das Moor seinen Grundwasserkontakt und wurde nur noch durch den im Atlantikum zunehmenden Niederschlag gespeist. Der Schwarz-Weißtorf-Kontakt (SWK) war bei Bohrungen und Schürfen deutlich zu identifizieren. Ein schwach verwitterter Weißtorf bildet den Abschluss der Torfakkumulation.

## 5. Danksagung

Dem Torfwerk Carl Hornung, insbesondere den Herren Czerwonka sen. und jun. sei für die sehr entgegenkommende Hilfe bei den Feldarbeiten herzlich gedankt. Frau Christina Verdick und Maike Schirk (LLUR) danken wir für zeichnerische Darstellungen und die Erstellung von Profilschnitten, Herrn Werner Mevs (LLUR) für die Durchführung von Geländearbeiten sowie Herrn Prof. Dr. Volker Schweikle (Sandhausen) für die Durchsicht des Manuskriptes.

## 6. Literaturverzeichnis

AVERDIECK, F.-R. (1957): Zur Geschichte der Moore und Wälder Holsteins - Ein Beitrag zur Frage der Rekurrenzflächen. - Nova Acta Leopoldina, NF **130** (19): 152 S.; Leipzig (Barth).

ERNST (1895): „Auszug aus der Original-Grundsteuer-Gemarkungskarte von Himmelmoor und Renzel“ vom 29. Juli 1895. zitiert in VOGEL, H. (1963).

FISCHER-BENZON, R. V. (1891): Die Moore der Provinz Schleswig-Holstein. - S. 1-78; Hamburg (Friedrichsen).

FUEST, T. & MENZEL, PH. (2008): Geologische Spezial-Kartierung im Himmelmoor und Umgebung (Süd-West-Holstein). - Unveröff. Diplomarbeit, Teil II (Kartierung), 118 S. + Anhang.

- ILLIES, H. (1953): Ein Schnellverfahren zur Abgrenzung und tektonischen Beurteilung glazial überschotterter Salzstrukturen. - Erdöl und Kohle **6** (1): 2-6; Hamburg.
- KOCKEL, F. (1996): Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland 1:300.000. Abgedeckte Geologische Karte, Zechstein bis Miozän. - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde. Unter besonderer Berücksichtigung der Moore Nordwestdeutschlands als Quellen zur Vegetations-, Klima- und Siedlungsgeschichte. 719 S.; Neumünster (Wachholtz).
- PFEIFFER, E.-M. & BECKER-HEIDMANN, P. (1996): 14C-Datierung von Torfhorizonten im Rahmen der Untersuchungen zur Methanemission aus Hochmooren. - In: PFEIFFER, E.-M. (1998): Methanfreisetzung aus hydromorphen Böden verschiedener naturnaher und genutzter Feuchtgebiete (Marsch, Moor, Tundra, Reisanbau). - Hamburger Bodenkundliche Arbeiten **37**: 83-96; Hamburg.
- PLANUNGSBÜRO MORDHORST GMBH (2003): Antrag auf Fortsetzung des Torfabbaus im Himmelmoor, Kreis Pinneberg.- Unveröff. Gutachten i. A. Torfwerk Einfeld Carl Hornung, WERK Quickborn, 112 S. + Anhang.
- REICH, H. (1933): Angewandte Geophysik für Bergleute und Geologen.- 1. Teil; Leipzig.
- VOGEL, H. (1963): Moorstratigraphische und pollenanalytische Untersuchungen am Himmelmoor bei Quickborn.- Mitt. der Arbeitsgemeinschaft für Floristik in Schleswig-Holstein und Hamburg **12**: 4-35; Kiel.

Anschriften der Verfasser:

Dr. rer. nat. A. Grube  
 Geologischer Dienst  
 Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume  
 des Landes Schleswig-Holstein  
 Abt. Geologie und Boden  
 Hamburger Chaussee 25  
 D-24220 Flintbek  
 E-Mail: alf.grube@llur.landsh.de

Dipl.-Geol. T. Fuest  
 GTZ-DCo  
 Tobias Fuest  
 P.O. Box 2730  
 Riyadh 11461  
 -Saudi Arabia-  
 E-Mail: Tobias.Fuest@gtzdco-ksa.com

32

Dipl.-Geol. Ph. Menzel  
An der Moorkuhle 9  
D-22145 Braak  
E-Mail: PhilipMenzel@gmx.de

Manuskript eingegangen am 28. Juni 2010