

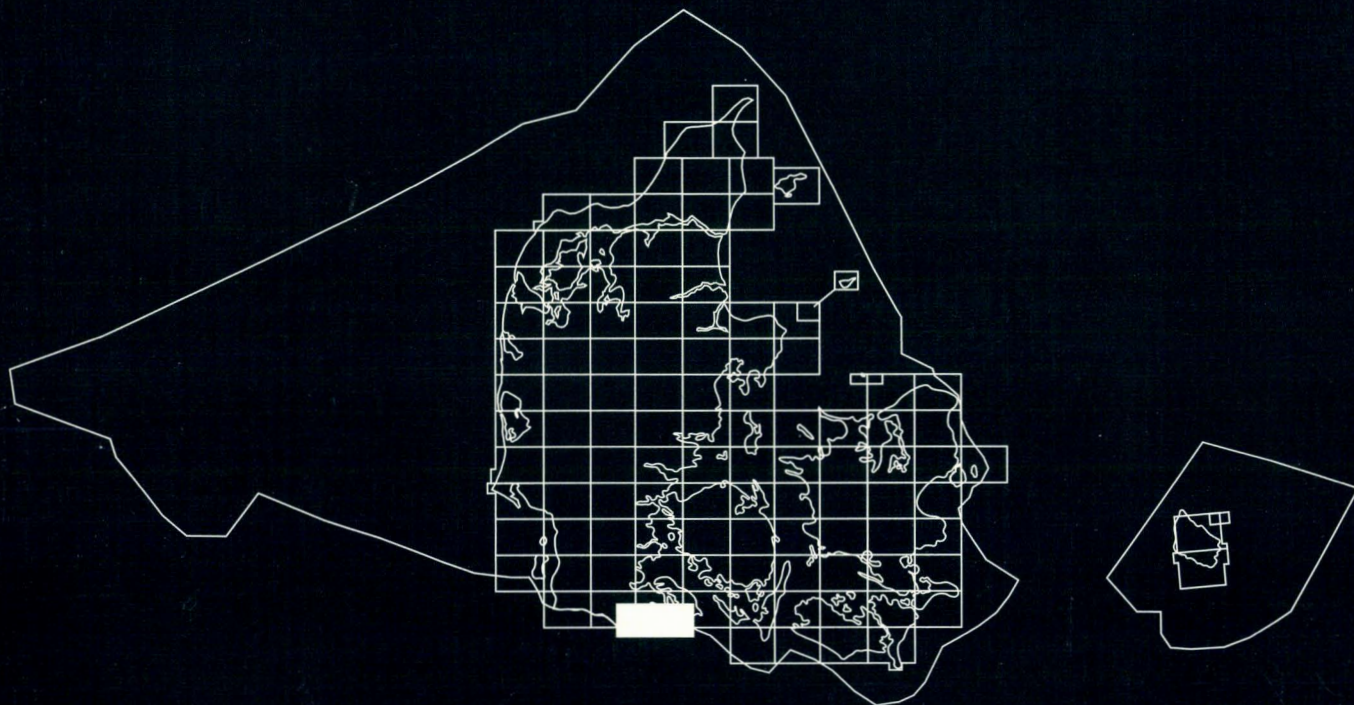
Geologisk kort over Danmark Geologische Karte von Dänemark 1 : 50 000

Kortbladet Flensborg Fjord
Blatt Flensburger Förde

Sedimentkort
Sedimentkarte

AF/VON

R. ATZLER, G. HOFFMANN, D. MILKERT, J. SUND LAURSEN & A. KUIJPERS



Geologiske kort – et værktøj

Det geologiske kort er et værktøj, der bruges af brøndborere, ingeniørfirmaer, offentlige myndigheder, undervisere og mange andre.

DGU's vigtigste opgave er at kortlægge, dokumentere og informere om vort lands geologiske forhold: Hvad landet består af, hvorledes det er opbygget og dannet. DGU har over 100 års erfaring med udarbejdelse af sådanne geologiske kort.

Kortlægningen gælder undertiden mere specielle geologiske områder, f.eks. kortlægningen af fremstillingsråstoffer som grus, kalk og ler, og til andre tider er det energiråstoffer som brunkul, olie og geotermisk varme, men som regel indgår kortlægning af grundvand altid.

Det geologiske kort er den bedst egnede måde at beskrive landets opbygning og naturressourcernes fordeling på. Man kan imidlertid ikke fremstille et kort, der indeholder alt, og som kan anvendes til alle formål. Det enkelte kort indeholder derfor oftest et bestemt tema. Der findes således kort over bjergarternes udbredelse, såvel de overfladenære som de dybiliggende, hydrogeologiske kort, kort over prækvartæroverfladens højdeforhold, kort over grundvandsbøringer, kort over strukturforholdene i den dybere undergrund og meget andet.

Ved udformningen og anvendelsen af kort er målforholdet af største betydning. Præcisionen i afgrænsningen mellem forskellige geologiske fænomener er afhængig af målforholdet. En ændring af målforholdet fra et lille til et stort (en forstørrelse af kortet) vil medføre en formindsket nøjagtighed. Det må endvidere tages i betragtning, at mængden af oplysninger på kortene ofte har måttet begrænses på grund af pladshensyn.

Et geologisk kort er, ligesom andre publikationer, udtryk for den viden, man har på det tidspunkt, kortet blev fremstillet. Men på grund af udviklingen i den geologiske videnskab og fremkomsten af nye oplysninger, kan der være behov for i tidens løb at revidere kortet.

Geological maps – a tool

The geological map is a tool used by well drillers, construction firms, public authorities, teachers, to mention a few.

The main tasks of the DGU are the mapping of the country, and providing documentation and information on the geological features of Denmark, the materials, their structures and genesis. The DGU has more than 100 years of experience in the preparation of geological maps of our country.

In addition the mapping aims at economic and public interest. It may be the mapping of manufacturing raw materials, i.e. clay, lime and gravel, or it may be energy raw materials such as lignite, oil and geothermal heat. The mapping of groundwater resources and the movement of the groundwater is an essential part of the work carried out by the DGU.

The geological map is the most suitable way to describe the geology of the country. Of course it is not possible to prepare a geological map which contains all available information and which can be used for all purposes. Therefore, specialized thematic maps are made, showing the geology of the subsurface, hydrology, position of water borings, pre-Quaternary surface, structural outline of the underground and much more.

In the presentation and the use of maps the scale is significant. The exactness of the boundaries between different geological phenomena depends on the scale of the map. A change of the scale from a small one to a larger one (an enlargement of the map) will diminish the accuracy. Furthermore, it must be considered that the geological documentation on the map frequently is limited due to lack of space.

Like other publications a geological map expresses the knowledge of the area at a certain time. Because of the progress in geology and discoveries of new information it will be necessary to revise the map in the course of time.

DGU Danmarks Geologiske Undersøgelse
Miljø- og Energiministeriet

Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) er en rådgivnings- og forskningsinstitution under Miljø- og Energiministeriet.

DGU har som hovedopgave at varetage dataindsamling og kortlægning samt forskning, rådgivning og formidling med sigte på at forbedre kendskabet til materialer, processer og sammenhænge, der har betydning for nyttiggørelsen og beskyttelsen af Danmarks geologiske naturværdier.

Blandt DGU's opgaver på miljøområdet kan nævnes rådgivning og forskning vedrørende miljøbeskyttelse, vandforsyning, råstofindvinding og naturbeskyttelse. På energiområdet bistår DGU med administration af lovgivningen om udnyttelsen af forekomster i Danmarks undergrund, herunder varetagelse af statens tilsyn med efterforskningen og indvindingen af olie, naturgas og jordvarme m.m. Desuden udfører DGU i vidt omfang opgaver for private firmaer på kontraktvilkår på miljøområdet såvel som på energiområdet.

Danmarks Geologiske Undersøgelse blev oprettet i 1888, og der er i de forløbne år publiceret en lang række afhandlinger om instituttets videnskabelige og praktiske virksomhed.

DGU Geological Survey of Denmark
Ministry of Environment and Energy

The Geological Survey of Denmark (DGU) is an advisory and research institution under the Danish Ministry of Environment and Energy.

DGU's primary function is to provide the essential geological service for the utilization and protection of Denmark's natural resources. This involves mapping, data collection and basic research, in addition to providing impartial advice and presenting geological results to both the general public and the scientific community.

Within the environmental sphere, DGU has both an advisory and a research role with respect to environmental protection, water supply, exploitation of raw materials and nature conservation. Within the energy sphere DGU assists in the administration of the utilization of deposits in the subsurface, including the supervision of exploration for and exploitation of oil, natural gas, geothermal energy etc. In addition, DGU undertakes numerous contract assignments for private firms, concerning both environmental and energy areas.

The Geological Survey of Denmark was established in 1888, and over the years a large number of papers have been published on the Survey's scientific and practical activities.

Geologisk kort over Danmark Geologische Karte von Denemark 1 : 50 000

Kortbladet Flensborg Fjord
Blatt Flensburger Förde

Sedimentkort
Sedimentkarte

AF/VON

R. ATZLER, G. HOFFMANN, D. MILKERT, J. SUND LAURSEN & A. KUIJPERS

Keywords:

Denmark, Germany, Marine geology map, Marine sediments

DGU's Kortserie nr. 46

ISBN 87-89813-19-7

ISSN 0901-9405

Oplag: 800

Tryk af kort: From & Co, København

Repro og tryk af omslag og tekst: AiO Tryk as, Odense

Dato: 1.12.1994

R. Atzler, G. Hoffmann, D. Milkert

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel

Olshausenstrasse 40

D-24118 Kiel, B.R.Deutschland

J. Sund Laursen

Sønderjyllands Amt

Miljø- og Vandløbsvæsenet

Jomfrustien 2, DK-6270 Tønder

A. Kuijpers

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Thoravej 8, DK-2400 København NV

Redaktion: Ib Marcussen

© Danmarks Geologiske Undersøgelse

Thoravej 8, DK-2400 København NV

I kommission hos Geografforlaget ApS, 5464 Brenderup

Beskrivelse

Indledning

I denne publikation præsenteres et sedimentkort over Flensborg Fjord. Flensborg Fjord er beliggende i grænseområdet mellem Forbundsrepublikken Tyskland og Kongeriget Danmark og deles af landegrænsen i to nogenlunde lige store dele.

Kortet er resultatet af et samarbejde mellem Geologisk Institut på Universitetet i Kiel, Danmarks Geologiske Undersøgelse og Sønderjyllands Amt. Vandmiljøet i Flensborg Fjord overvåges løbende i et fælles dansk-tysk miljøprogram mellem »Landesamt für Wasserhaushalt und Küste« i Kiel og Sønderjyllands Amts miljøafdeling i Tønder.

Det foreliggende sedimentkort er et »frilagt« kort. Da største delen af Flensborg Fjord er dækket af et lag holocænt dynd, er dette lag kun angivet på kortet, hvor det er over 0,5 m tykt.

Uden for de dyndområder, der er angivet på kortet, findes der områder med mindre end 0,1–0,2 m tyk dyndbelægning. Det kan ikke udelukkes, at en del dynd fra disse områder under ekstreme vejrforhold flyttes eller transporteres bort af strøm eller bølger.

Bundtopografi og hydrografi

Vanddybden i Flensborg Fjord er gennemgående stor, 52% af fjordens areal har vanddybder større end 10 m og 24% af fjordens areal har vanddybder på mere end 20 m. I den inderste del af fjorden har ca. 60% af fjordens areal vanddybder der er større end 10 m.

Selve fjorden kan opdeles i to fysiografiske hovedområder. Mod øst yderfjorden, der løber i NV-SØ retning og mod vest inderfjorden i NØ-SV retning. Disse to områder adskilles af tærsklen ved Holnis, der kun har en gennemsnitlig vanddybde på ca. 6 m. Inderfjorden er hydrografisk karakteriseret ved ringe vandudskiftning og højt næringsstofindhold (Sund Laursen 1991). I modsætning hertil er vandudskiftningen i yderfjorden større.

Ved fjordens udmunding i Østersøen ligger Bredgrundrenden med vanddybder omkring 30 m mellem Geltinger Birk og Bredgrund, hvor vanddybden kun er 5 m. Renden spiller en væsentlig rolle for vandudskiftningen mellem Flensborg Fjord, Als Sund og den vestlige del af Østersøen. Her når bundstrømmen i 20 m dybde en hastighed på over 0,3 m/s (DHI 1969). Især i inderfjorden og i dele af Sønderborg Bugt er der i de sidste år gentagne gange opstået iltmangel (Sund Laursen 1991).

Metoder, data og sedimenttyper

I Flensborg Fjord er der i årene 1989–1993 opmålt ca. 100 sømil shallowseismiske profiler med boomer, sedimentekkolod og side-scan sonar. Der er anvendt et boomer-system med frekvenser på mellem 0,5 og 4 kHz, et 18 kHz sedimentekkolod og en side-scan sonar med 100 og 500 kHz.

På 21 lokaliteter er der udtaget sedimentprøver. Der er anvendt Van Veen og Reineck-grab, Haps bundhenter, Rumohr-lod og faldprøveoptager.

De fleste forskningstogter er foretaget med forskningsskutteren »Littorina« fra Universitetet i Kiel. Nogle prøvetagningstogter er foretaget med Sønderjyllands Amts miljøbåd »Musling«. Navigering er foretaget med Syledis og GPS.

Ved fremstillingen af kortet er der endvidere anvendt data fra tidligere delundersøgelser foretaget af Exon (1972) og Lund-Hansen (1991), samt inddraget enkelte sedimentundersøgelser foretaget af delstaten Schleswig-Holstein, »Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten« i Kiel.

De geologiske enheder, der vises på kortet, er defineret på grundlag af sedimentprøver, samt tilhørende seismiske refleksionsmønstre. Ændringer i det seismiske billede er anvendt ved tegning af sedimentgrænser. På kortet skelnes der mellem 1) moræneaflejringer, 2) ler, 3) sand og 4) dynd.

Moræneaflejringer og ler optræder i områder med stadig erosion og manglende sedimentation. Disse sedimenter blev aflejret før området dækkedes af havvand ved Littorina Transgressionen for ca. 8000 år siden. Moræneaflejringer overlejres ofte af et tyndt dæklag (<0,5 m) af groft residualesediment bestående af sand, grus og sten. Dette sediment er en erosionsrest, hvor den grove del af morænen er blevet tilbage. Ler kan enkelte steder forekomme dækket af et tyndt lag, fortrinsvis fint, sand. Sandaflejringer med kornstørrelser mellem 0,06 og 2 mm optræder på steder, hvor bølger og strømforhold i dag hindrer en aflejring af fint materiale. Indholdet af organisk stof i sedimentet er som regel lavt (< 1%) i disse områder. Udover disse yngre forekomster af marint sand er der også sandforekomster fra fastlandstiden som f.eks. glacialt smeltevandssand.

Det holocæne marine dynd består for over 75% vedkommende af finkornet materiale <0,06 mm. Indholdet af organisk stof ligger generelt over 10%. Der er ingen skarp afgrænsning mellem sand og dynd. Der er tale om en glidende overgang mellem dyndholdigt sand og san-

det dynd. På Exon's (1972) sedimentkort er udbredelsen af disse to sedimenttyper også nævnt. På vort kort er dyndholdig sand dog henregnet til sand, mens sandet dynd sammen med dynd er angivet som en enhed. Inden for sediment-ekkoloddet's frekvensområde kan sandet dynd og dyndholdig sand adskilles akustisk på grund af den betydeligt større penetrationsdybde i sandet dynd.

Geologiske forhold i Flensborg Fjord

Flensborg Fjord er hovedsageligt opbygget af kvartære sedimentter fra sidste istid (Weichsel-istiden). Ved fjordens bredder, der fortrinsvis består af moræneaflejringer, er der også talrige forekomster af *Cyprina*-ler fra Eem tiden og tertiære lerarter, der er foldet ved isens bevægelser (Jessen 1945, Köster 1958). Ligeledes forekommer glaciæle søaflejringer af ler og smeltevandssand (Hansen 1940, Exon 1972).

Morænebund

Den shallowseismiske kortlægning viser, at undergrunden i Flensborg Fjord kun på få steder består af moræneaflejringer.

Eksempler på sådanne områder er »Helts Banke« i den sydvestlige ende af Sønderborg Bugt og »Langballig Banke«. Den glaciæle moræneaflejring er mange steder dækket af nogle decimeter residualsediment af sand eller grus. På disse arealer er der ingen tegn på stærk bundstrøm i form af sandbånd og kometmærker. Stedvis optræder der strømlineationer af fint sand.

Senglaciælt ler

I store områder af fjorden findes mørkt olivengrønt ler, der sandsynligvis er senglaciælt, og aflejret da Weichselisen smeltede. Leret er uden makrofossiler. Disse aflejringer kan tænkes at være afsat på lignende måde som de glaciæle søaflejringer af ler, som de er beskrevet af Hansen (1940) for landområdet umiddelbart op mod Flensborg Fjord.

På sedimentkortet strækker det mørke olivengrønne ler sig indad fra yderfjorden, hvor den først forekommer ved »Neukirchengrund«. Som det ses af seismogrammerne, findes det dog allerede i undergrunden ved »Kalkgrund«. Dette ler træder hyppigt frem i havbunden i inderfjorden indtil på højde med Okseøerne. I undergrunden under det holocæne dyndlag strækker lerets udbredelse sig helt ind til byen Flensborg.

Sand

De sanddækkede områder er som regel strandvold-dannelser ved tidligere moræneskrænter. Seismisk er de kendetegnet ved en tydelig lagdeling, således at de enkelte reflektorer falder skråt ind og sætter ud igen på mindre end 50 m afstand.

Sandområderne omkring »Brunsnæs Flak« udviser en særlig seismisk struktur, der tyder på delta-dannelse. Faldprøvetagning viste her meget dårlig sorteret mellemfint sand med indslag af skalgrus. Ud fra de seismiske optegnelser drejer det sig her om en op til ca. 15 m tyk, parallelt lagdelt forekomst. Reflektorerne kan følges over større strækninger (200–400 m). Lokalt ses også skrålejringer og strukturer af små opfyldte render. Her må der være tale om smeltevandssand i lighed med forekomsterne på fjordens nordlige bredder som beskrevet af Hansen (1940) og Jessen (1945).

Sandfladerne er i de lavvandede områder ofte dækket med ribber, frembragt af bølgenes bevægelser. Der er ikke fundet større strømrubber eller megarubber.

Dynd

Næsten hele havbunden i Flensborg Fjord er dækket af et lag holocænt dynd af varierende tykkelse. I yderfjorden optræder der generelt dynd på vanddybder større end ca. 20 m. I området mellem Kalkgrund og Holnis er der dog nogle områder, hvor dyndet mangler, også på store dybder. Det skyldes den forholdsmæssigt stærke bundstrøm, der – betinget af vejr forhold – dannes i dette område. I inderfjorden findes der, udover det gennemgående dyndlag i det dybeste område, også talrige små dyndbassiner i forskellige niveauer. Profiltætheden er dog ikke tilstrækkelig til en nøjagtig kortlægning af disse enkeltbassiner.

På vidtstrakte områder er dyndlaget opblandet med gas, hvilket gør en seismisk optegnelse af undergrunden umulig. Fra tærsklen ved Holnis og ind igennem inderfjorden finder man næsten kun gasfyldt dynd. Fra Holnis og hen imod fjordmundingen mod øst bliver de gasfyldte arealer stadig mere sjældne. Det er påfaldende, at de kan iagttages i talrige smalle bånd, der synes at løbe på tværs af fjorden. Her er en sammenhæng med dyndtykkelsen bemærkelsesværdig, idet det holocæne dyndlags afgrænsning nedad, der for det meste danner overgrænsen for det senglaciæle ler, fremstår som vaskebrættagtige riller.

Geltinger Bugt og Sønderborg Bugt er næsten helt dækket af gasholdig dynd. I disse områder består en stor del af sedimentet (10 – 28%) af organisk materiale. Sedimentationshastigheden er her på ca. 3 mm/år (Lund-Hansen 1991).

Beschreibung

Einleitung

In dieser Veröffentlichung wird eine Sedimentkarte der Flensburger Förde vorgestellt. Die Flensburger Förde liegt im Grenzgebiet zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark und wird von der Staatsgrenze in zwei etwa gleich grosse Teile geteilt.

Diese Karte ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit des Geologischen Instituts der Universität Kiel und »Danmarks Geologiske Undersøgelse« sowie dem »Sønderjyllands Amt«.

Die Gewässer der Flensburger Förde werden im Rahmen eines gemeinschaftlichen deutsch-dänischen Umweltprogramms vom Landesamt für Wasserhaushalt und Küste, Kiel, und der Umweltautorität vom »Sønderjyllands Amt« in Tønder ständig überwacht.

Bei der vorliegenden Sedimentkarte handelt es sich um eine »abgedeckte« Karte. Da der überwiegende Teil der Flensburger Förde mit holozänem Schlick bedeckt ist, wurde dieser in der Karte nur dann dargestellt, wenn seine Mächtigkeit mehr als 0.5 m beträgt. Ausserhalb der in der Karte dargestellten Schlickbereiche, gibt es Gebiete mit einer weniger als 0.1–0.2 m mächtigen Schlickauflage. Es ist nicht auszuschliessen, dass in solchen Gebieten bei extremen Wetterbedingungen ein Teil des Schlickes durch Strom oder Welleneinwirkung umgelagert oder abgetragen wird.

Bathymetrie und Hydrographie

Die Wassertiefe der Flensburger Förde liegt hauptsächlich zwischen 10 m und 20 m. Die Förde selbst gliedert sich in zwei physiographische Hauptbereiche. Im Osten die NW-SE verlaufende Aussenförde und im Westen die Innenförde welche in NE-SW Richtung streicht. Geteilt werden diese zwei Bereiche von der im Schnitt nur ca. 6 m tiefen Holnisschwelle.

Die Innenförde zeichnet sich hydrographisch durch geringen Wasseraustausch mit hoher Nährstoffkonzentration aus (Sund Laursen 1991). Dies steht im Gegensatz zum grösseren Wasseraustausch in der Aussenförde.

Am Ostseeseitigen Beginn der Förde befindet sich die bis über 30 m tiefe Breitgrundrinne zwischen Geltinger Birk und dem nur 5 m tiefen Breitgrund. Diese Rinne spielt die Hauptrolle bei dem Wasseraustausch zwischen Flensburger Förde, Alsen Sund und der westlichen Ostsee. Hier erreichen bodennahe Strömungen in 20 m Tiefe eine Geschwindigkeit über 0.3 m/s (DHI 1969).

Vor allem in der Flensburger Innenförde und in Teilen der Sonderburger Bucht trat in den letzten Jahren wiederholt Sauerstoffmangel auf (Sund Laursen 1991).

Methoden, Daten und Sedimenttypen

In den Jahren 1989–1993 wurden in der Flensburger Förde ca. 100 Seemeilen flachseismische Profile mit einem Boomer-System, Sedimentecholot und Side-scan Sonar vermessen.

Es wurde ein Boomer-System mit Frequenzen zwischen 0.5 und 4 kHz, ein 18 kHz Sedimentecholot und ein Sidescan-Sonar mit 100 und 500 kHz eingesetzt.

An insgesamt 21 Stellen wurden Sedimentproben entnommen. Zum Einsatz kamen Backengreifer, Reineckgreifer, Hapsgreifer, Rumohrlot und Schwerelot.

Die meisten Forschungseinsätze wurden mit dem Forschungskutter »Littorina« der Universität Kiel unternommen. Einige Ausfahrten zur Probennahme fanden auf der »Musling« vom »Sønderjyllands Amt« statt. Navigiert wurde mit Hilfe von Syledis und GPS.

Bei der Kartenherstellung wurden zusätzlich Daten aus früheren Teiluntersuchungen von Exon (1972) und Lund-Hansen (1991) sowie vereinzelte Sedimentuntersuchungen des Landes Schleswig Holstein, Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, Kiel, verwendet.

Die in der Karte ausgewiesenen verschiedenen geologischen Einheiten wurden auf Grund von Sedimentproben sowie der zugehörigen seismischen Reflexionsmuster definiert. Sedimentgrenzen sind immer dort eingetragen, wo sich das seismische Bild ändert. In der Karte wird unterschieden zwischen 1) Geschiebemergel, 2) Ton, 3) Sand und 4) Schlick.

Geschiebemergel und Ton treten in Gebieten auf, in denen regelmässig Erosion auftritt und Sedimentation fehlt. Diese Sedimente wurden abgelagert, bevor das Gebiet vor etwa 8000 Jahren im Zuge der Littorina Transgression von der Ostsee geflutet wurde. Der eiszeitliche Geschiebemergel ist häufig mit einer geringmächtigen (<0.5 m) Deckschicht aus grobem Restsediment bestehend aus Sand und Kies bedeckt. Bei diesem Sediment handelt es sich um einen Erosionsrückstand. Infolge der Erosion ist nur die Grobfraktion des Geschiebemergels zurückgeblieben. Der Ton kann vereinzelt mit einer dünnen Deckschicht aus meist feinem Sand bedeckt sein.

Ablagerungen von Sand mit Korngrössen zwischen 0.06 und 2 mm treten dort auf, wo die heutigen Wellen und Strömungsverhältnisse eine Ablagerung von feinerem Material verhindern. Der Gehalt an organischer Substanz

ist in diesen Sedimenten meistens gering (< 1%). Neben diesen jüngeren marinen Sanden treten auch Sandvorkommen aus der Zeit vor der Litorina Transgression auf, zum Beispiel glaziale Schmelzwassersande.

Der holozäne marine Schlick besteht zu mehr als 75% aus Feinmaterial im Bereich < 0.06 mm. Der Anteil an organischem Material beträgt hier im allgemeinen mehr als 10%.

Es besteht keine scharfe Grenze zwischen Sand- und Schlickgebieten in der Förde. Der Übergang vollzieht sich kontinuierlich über schlickigen Sand und sandigen Schlick. In der Sedimentkarte von Exon (1972) ist die Verbreitung dieser beiden Sedimenttypen angegeben. In der vorliegenden Karte ist der schlickige Sand dem Sand zugeordnet, während der sandige Schlick dem Schlick zugeteilt wird. Im Frequenzbereich des Sedimentecholotes kann der sandige Schlick vom schlickigen Sand akustisch auf Grund der bedeutend grösseren Eindringtiefe im sandigen Schlick unterschieden werden.

Geologische Gegebenheiten der Flensburger Förde

Das Gebiet der Flensburger Förde wird im wesentlichen aus quartären Sedimenten der letzten (Weichsel) Vereisung aufgebaut. An ihren Ufern, die zumeist aus Geschiebemergel bestehen, sind auch zahlreiche Vorkommen von eemzeitlichen Cyprinonten und tertiären Tonen beschrieben, welche eistektonisch aufgeschuppt sind (Jessen 1945, Köster 1958).

Glaziale tonige Seeablagerungen und Schmelzwassersande kommen hier ebenfalls vor (Hansen 1940, Exon 1972).

Geschiebemergel

Die flachseismische Kartierung ergab, dass der Untergrund der Flensburger Förde nur an wenigen Stellen aus Geschiebemergel besteht. Solche Gebiete sind z.B. die »Helts Banke« am Südwesteingang der Sonderburger Bucht und die »Langballig Banke«. Der glaziale Geschiebemergel ist an vielen Stellen bedeckt mit einigen Dezimetern mächtigem Sand oder Kies. Auf den Restsedimentflächen sind keine Anzeiger für starke Bodenströmung wie Sandbänder und Kometmarken angetroffen worden. Lediglich örtlich treten Strömungslinierungen aus Feinsand auf.

Spätglazialer Ton

In den meisten Bereichen der Förde steht ein dunkelolivgrüner Ton an, der wahrscheinlich spätglaziales Alter hat und während des Abschmelzens des Weichseleises abgelagert wurde. Er ist frei von Makrofossilien. Diese Ablagerungen sind wahrscheinlich vergleichbar mit glazialen tonigen Seeablagerungen wie sie aus der unmittelbaren

Nachbarschaft der Flensburger Förde beschrieben sind (Hansen 1940).

In der Sedimentkarte erscheint dieser dunkelolivgrüne Ton in der Aussenförde erstmals am »Neukirchengrund«. Wie aus den Seismogrammen zu erkennen ist, steht er im Untergrund jedoch schon bei »Kalkgrund« an. Bis in die Innenförde hinein auf der Höhe der Ochseninseln treten immer wieder Areale mit diesem Ton an die Meeresbodenoberfläche. Unter den holozänen Schlick reicht seine Verbreitung bis zur Stadt Flensburg.

Sand

Die mit Sand bedeckten Flächen sind in der Regel Strandwallbildungen vor Geschiebemergelufeln. Seismisch zeichnen sie sich durch eine deutliche Schichtung aus, wobei die einzelnen Reflektoren schräg einfallen und nach wenigen 10er Metern wieder aussetzen.

Die Sandflächen um das »Brunsnæsflach« zeigen eine besondere seismische Struktur welche auf einen Deltaschüttkörper deutet. Ein Schwerelotkern erbrachte hier einen sehr schlecht sortierten Mittelsand mit reichlich Schillbruch. Nach den seismischen Aufzeichnungen handelt es sich hier um einen bis zu ca. 15 m mächtigen parallel geschichteten Sandkörper. Die Reflektoren halten über grosse Strecken (einige 100 m) durch. Vereinzelt trifft man auch auf Schrägschichtungen, sowie auf kleinräumige verfüllte Rinnenstrukturen. Es dürfte sich hier um Schmelzwassersande handeln, ähnlich wie diese auf den nördlichen Uferbereichen der Förde von Hansen (1940) und Jessen (1945) beschrieben worden sind.

Die Sandflächen sind im flachen Wasser häufig mit Wellenoszillationsrippeln bedeckt. Grössere Strömungsrippeln oder Megarippeln sind nicht angetroffen worden.

Schlick

Nahezu der gesamte Untergrund der Flensburger Förde ist mit einer mehr oder minder mächtigen Schicht aus holozänem Schlick bedeckt. In der Aussenförde trifft man ab etwa 20 m Wassertiefe stets Schlick an. Im Bereich zwischen »Kalkgrund« und Holnis gibt es jedoch einige Gebiete in denen der Schlick auch in grösseren Tiefen fehlt. Verantwortlich dafür ist die verhältnismässig starke Bodenströmung, welche sich je nach Wetterlage in diesem Gebiet ausbildet.

In der Innenförde existieren neben der durchgängigen Schlickbedeckung im tiefsten Bereich auch zahlreiche kleine Schlickbecken in verschiedenen Niveaus. Für eine kleinräumige Kartierung dieser Einzelbecken reicht die vorliegende Profildichte jedoch noch nicht aus.

In weiten Bereichen ist der Schlick durchsetzt von Gas, was eine seismische Aufnahme des Untergrundes unmöglich macht. In der Innenförde trifft man fast nur gasgefüllten Schlick an. Zwischen Holnis und Fördeausgang nach Osten treten gasgefüllte Bereiche seltener auf. Auffällig ist, dass sie in zahlreichen schmalen Bändern,

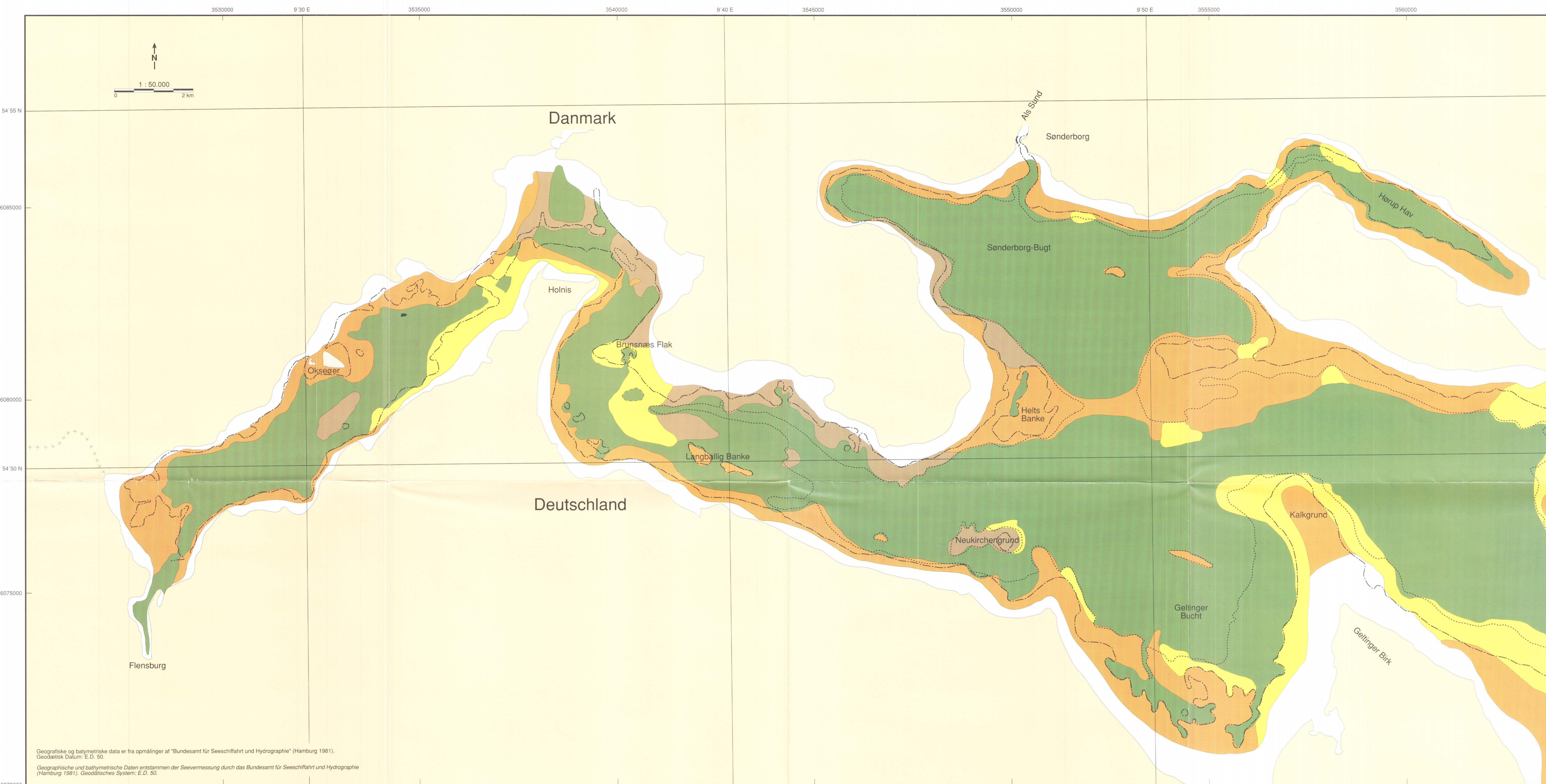
welche quer zum Verlauf der Förde zu streichen scheinen, zu beobachten sind. Hier ist ein Zusammenhang mit der Schlickmächtigkeit bemerkenswert, denn die Basis des holozänen Schlicks und damit meist die Obergrenze des spätglazialen Tons erscheint hier waschbrettartig gewellt.

Die Geltinger Bucht sowie die Sonderburger Bucht sind nahezu vollständig von gashaltigem Schlick bedeckt. In diesen Gebieten besteht ein grosser Teil des Sediments (10 – 28%) aus organischem Material. Die Sedimentationsgeschwindigkeit beträgt hier ca. 3 mm pro Jahr (Lund-Hansen 1991).

Litteratur

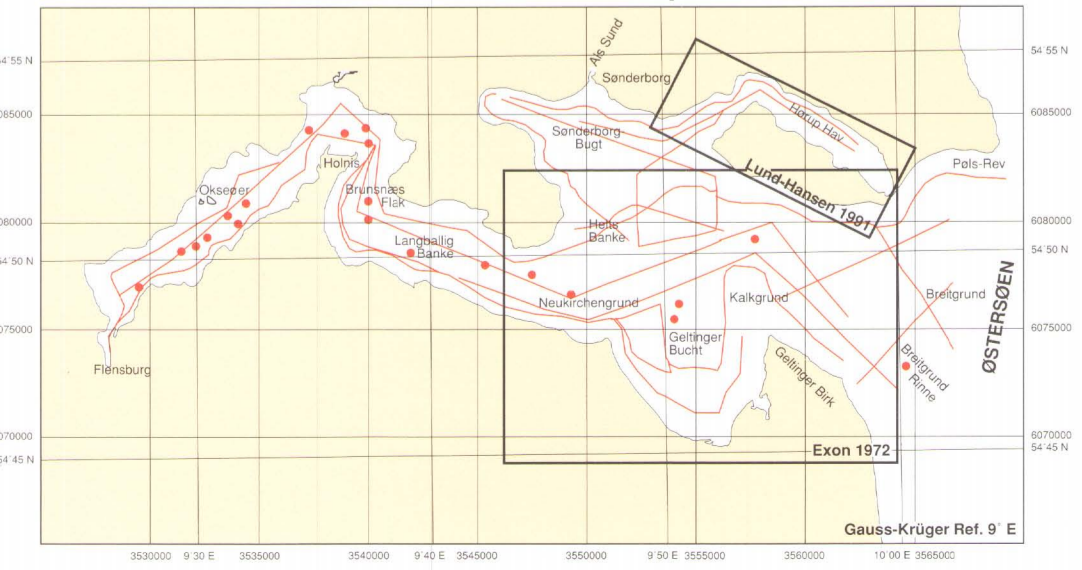
- Deutsches Hydrographisches Institut (DHI), 1969. Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse Nr. 26: Strombeobachtungen 1961, Nordsee und Flensburger Förde. – DHI Publ.Nr. 2147, 148pp.
- Exon, N., 1972. Sedimentation in the outer Flensburg Fjord area (Baltic Sea) since the last Glaciation. – *Meyniana* 22, 5–62.
- Hansen, S., 1940. Varvighed i danske og skånske senglaciale aflejringer med særlig hensyntagen til Egersund Issøsystemet. – *Danmarks Geologiske Undersøgelse*, II. Række, Nr. 63, 478 pp.
- Jessen, A., 1945. Geologisk Kort over Danmark, Kortbladet Sønderborg. – *Danmarks Geologiske Undersøgelse* I. Række, Nr.20, 91 pp.
- Köster, R., 1958. Die Küsten der Flensburger Förde. – *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig Holstein* 14 (I), 5–18.
- Lund-Hansen, L.C., 1991. Sedimentation and sediment accumulation rates in a low-energy embayment. – *Journal of Coastal Research* 7 (4), 969–980.
- Sund Laursen, J., 1991. Vandmiljøovervågning 1991, kystvande. – Rapport Sønderjyllands Amt, Teknisk Forvaltning, Miljø- og Vandløbsvæsenet, 54 pp.

Sedimentkort over Flensborg Fjord / Sedimentkarte der Flensburger Förde



Geografiske og batymetriske data er fra opmålinger af "Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie" (Hamburg 1981).
 Geodætisk Datum: E.D. 50.
 Geographische und batymetrische Daten entstammen der Seevermessung durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Hamburg 1981). Geodätisches System: E.D. 50.

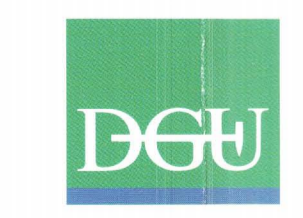
Sejllinjer og prøvetagningsstationer Flachseismische Profile und Probenahme-positionen



- Legende**
- Dynd Schlick
 - Sand Sand
 - Moræneaflejring/residualsedimenter
Geschleibemergel/Restsediment
 - Ler, senglacial
Ton, spätglacial
 - 10 m Vanddybde/Wassertiefe
 - 20 m Vanddybde/Wassertiefe



R. Atzler, G. Hoffman, D. Milkert
 Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel
 Olshausenstrasse 40
 D-24118 Kiel
 B.R. Deutschland



A. Kuijpers
 Danmarks Geologiske Undersøgelse
 Thoravej 8
 2400 København NV,
 Danmark



J. Sund Laursen
 Sønderjyllands Amt, Miljø- og Vandlovsvesen
 Jomfrustien 2
 6270 Tander
 Danmark

For første gang har vi et kort over de aflejringer, der findes på bunden af en af de dybe fjorde på Jyllands østkyst.

Dyndede aflejringer med et stort indhold af organisk materiale er de mest udbredte. Men også moræneler forekommer. Lerede, senglaciale aflejringer vidner om eksistensen af en opdæmmed smeltevandssø i fjorden engang i fortiden.

Zum ersten Mal liegt eine Karte über die Bodenablagerungen einer der tief ins Land einschneidenden Förden an der jütischen Ostküste vor. Überwiegend handelt es sich um Schlickablagerungen mit hohem Inhalt an organischem Material. Aber auch Geschiebemergel kommt vor. Tonige, spätglaziale Ablagerungen zeugen von einem ehemaligen aufgestauten Schmelzwassersee im heutigen Fördengebiet.