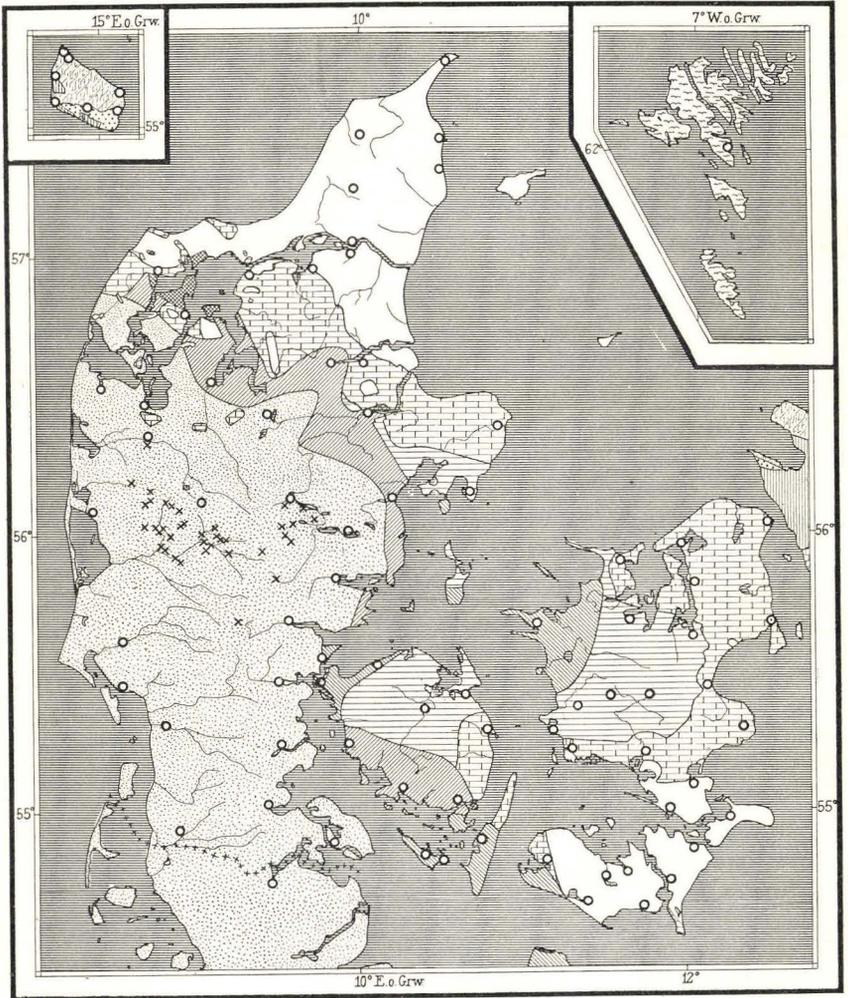


Danmarks geologiske Undersøgelse

V. Række. Nr. 4.

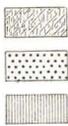
ÜBERSICHT
ÜBER
DIE GEOLOGIE
VON DÄNEMARK





Bornholm.

Das übrige Dänemark und die Färöer.



Granit
Kambrium.
Ordovicium.
Gothlandium.
Trias, Jura.
Kreide.



Oberesenon.
Danium.
Paleozän.

Eozän.
Plastischer
Ton.
Eozän.
Moler.
Oligozän.



Miozän.
Basalt.
x Braunkohlen.

Karte des Präquartärs von Dänemark.

Danmarks geologiske Undersøgelse.

V. Række. Nr. 4.

Übersicht

über

Die Geologie von Dänemark

Mit Beiträgen von

Johs. Andersen, O. B. Bøggild, Karen Callisen, Axel Jessen,
Knud Jessen, Victor Madsen, Ellen Louise Mertz, V. Milthers,
V. Nordmann, J. P. J. Ravn, Hilmar Ødum.

Redaktion:

V. Nordmann.

Herausgegeben von

Victor Madsen.

Mit zwei Tafeln.

Danmarks Geologiske Undersøgelse
Direktøren

1
Kopenhagen.

In Kommission bei C. A. Reitzel.

1928.

Vorwort.

Achzehn Jahre sind jetzt vergangen, seitdem N. V. USSING 1910, im Jahre vor seinem Tode, zum ersten Bande des von G. STEINMANN und O. WILCKENS herausgegebenen Handbuchs der regionalen Geologie seine Übersicht über die Geologie von Dänemark verfasste. Seitdem hat die dänische geologische Forschung so grosse Fortschritte gemacht, dass dieses für seine Zeit vorzügliche Werk nun völlig veraltet ist.

Zur Zeit liegen 37 fertig untersuchte geologische Kartenblätter im Massstab 1:100000 vor, von den 70, die Dänemark umfasst. Es ist eine geologische Karte der präquartären Formationen Dänemarks im Massstab 1:500000 erschienen, die von J. P. J. RAVN ausarbeitet ist; das Material dazu lieferten vor allem die zahlreichen Nachrichten über Bohrungen, welche in den Archiven der Geologischen Landesanstalt Dänemarks und des Mineralogisch-geologischen Museums der Universität Kopenhagens aufbewahrt werden. Die von der Geologischen Landesanstalt Dänemarks herausgegebenen Schriften haben nun die Zahl 112 erreicht. Von den »Meddelelser« des dänischen geologischen Vereins sind 6½ Bände erschienen.

Was Bornholm betrifft, so besitzen wir nun die von KARL A. GRÖNWALL und V. MILTHERS herausgegebene geologische Karte von Bornholm im Massstab 1:100 000 mit der dazugehörigen ausführlichen Beschreibung und die »Geologie von Bornholm« von V. MILTHERS. FrL. KAREN CALLISEN hat eingehende Untersuchungen des Bornholmer Grundgebirges angestellt, CHR. POULSEN hat die Olenus-Etage und den Dictyograptus-Schiefer untersucht, HERMAN FUNKQUIST und E. M. NØRREGAARD die Asaphus-Region, ASSAR HADDING den Mittleren Dicollograptus-Schiefer und TH. BIERRING PEDERSEN den Rastrites-Schiefer; alles Arbeiten, die unsere Kenntnis von diesen Abteilungen und ihrer Fauna bedeutend erweitert haben. Aus dem Bornholmischen Jura liegen die umfassenden Sammlungen C. MALLINGS vor, auf deren Grundlage es ihm möglich war, eine Alterseinteilung der sehr komplizierten Ablagerungen dieser Formation aufzustellen. J. P. J. RAVNS wichtige Untersuchungen über die Kreideformation von Bornholm haben gezeigt, dass dort, ausser der Westfalicus-Zone des Senons, nicht nur Turon und Cenoman, sondern auch Alb (auf sekundärem Lager im Cenoman) vorkommen.

Wenn wir zu den Kreideablagerungen des übrigen Dänemarks übergehen, so hat besonders unsere Kenntnis des Daniums grosse Fortschritte gemacht. Es ist nun seine Einteilung in 4 Zonen durchgeführt. Die Verhältnisse an den Grenzen des Daniums nach oben und nach unten sind klar gelegt; es ist geglückt, eine befriedigende Erklärung für die Bildung des »Cerithiumkalks« in Stevns Klint zu finden. Die lange bekannten, alten Lokalitäten sind durch neue vermehrt, und die Kenntnis der Fauna ist wesentlich erweitert worden, was besonders den umfassenden Unter-

suchungen von H. ØDUM, K. BRÜNNICH NIELSEN und A. ROSENKRANTZ zu verdanken ist.

Die Hauptzüge unserer Auffassung des dänischen Tertiärs waren schon vor 1910 festgelegt, die späteren Arbeiten haben aber unsere Kenntnis der Unterabteilungen und der Fauna wesentlich vertieft. Es kommen hier die Untersuchungen von POUL HARDER über das Oligozän bei Aarhus in Betracht, ferner E. M. NØRREGAARDS Untersuchungen der mittelmiozänen Geschiebe von Esbjerg, die von O. B. BØGGILD vorgenommenen Untersuchungen über die vulkanische Asche im »Moler«, die von POUL HARDER und A. ROSENKRANTZ über das Paleozän, und die von KAI L. HENRIKSEN über die dänischen, eozänen Insekten.

Am grössten sind die Fortschritte unserer Kenntnis des dänischen, komplizierten Quartärs. Unsere jetzigen Anschauungen dieser so interessanten und für die richtige Auffassung von vielen Verhältnissen in der Jetztzeit so wichtigen Ablagerungen sind durch die kollegiale Zusammenarbeit von den Geologen zustande gekommen, die bei der Geologischen Landesanstalt Dänemarks angestellt sind oder angestellt gewesen sind, so dass es oft schwer zu entscheiden ist, wieviel Anteil der einzelne daran gehabt hat. Durch meine 1895 aufgestellte Einteilung des dänischen Quartärs in 3 Eiszeiten und 2 Interglazialzeiten sind die Grundlinien unserer heutigen Auffassung gezogen worden. Die seitdem ausgeführten Untersuchungen haben eine Fülle von neuen Fakta ergeben, die grössere Klarheit über die Einzelheiten gebracht, aber die Grundansicht nicht geändert haben. Wir sind nun so weit, dass es zum ersten Male in einem Buch über die Geologie von Dänemark möglich ist, eine detaillierte, chronologische Darstellung der »Eiszeit« zu geben. Dies ist namentlich AXEL JESSENS, V. MILTHERS' und meinen eigenen Untersuchungen der glazigenen Bildungen und ihrer Terrainformen zu verdanken, sowie den Studien der Geschiebe von V. MILTHERS und den von mir ausgeführten »Steinzählungen« in den Moränen, ferner den faunistischen Arbeiten V. NORDMANN'S, den floristischen Arbeiten KNUD JESSENS, bei denen Pollenuntersuchungen so bedeutende Resultate ergeben haben, endlich AXEL JESSENS Untersuchungen über die Stratigraphie und Verbreitung der marinen Ablagerungen.

Um dem grossen Bedürfnis nach einer Uebersicht über die Geologie von Dänemark, in welcher die Resultate der umfassenden Arbeiten der späteren Jahre berücksichtigt sind, entgegenzukommen, hat sich die Geologische Landesanstalt Dänemarks entschlossen, dieses Buch herauszugeben. Unser Meinung nach war es am ergiebigsten, dass die einzelnen Abschnitte von den Geologen geschrieben wurden, die mit den entsprechenden Verhältnissen am besten vertraut waren. Wenn es gelungen ist, dieses Werk abzuschliessen, ist dies nicht nur der ausgezeichneten Zusammenarbeit zwischen den elf, die als Verfasser genannt sind zu verdanken, sondern auch der guten Hilfe der anderen Beamten, besonders der Assistenten cand. mag. SIGURD HANSEN und cand. polyt. J. LUNDBERG.

Victor Madsen.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung (VICTOR MADSEN).....	9
Das Grundgebirge (KAREN CALLISEN).....	15
Kambrium (V. MILTHERS).....	25
Nexö Sandstein.....	25
Grüne Schiefer.....	27
Die Paradoxides-Etage.....	28
Die Olenus-Etage.....	31
Ordovicium (Unterer Silur) (V. MILTHERS).....	32
Dictyograptus-Schiefer.....	32
Orthoceren-Kalk.....	33
Dicellograptus-Schiefer.....	33
Trinucleus-Schiefer.....	34
Gothlandium (Oberer Silur) (V. MILTHERS).....	34
Rastrites- und Cyrtograptus-Schiefer.....	34
Trias und Jura (V. MILTHERS).....	39
Kreide (HILMAR ODUM).....	47
Wealden.....	48
Alb (Gault).....	48
Cenoman.....	49
Turon.....	50
Senon.....	51
Unteres Senon (Emscher).....	51
Westfalicus-Kreide.....	51
Mittleres und Oberes Senon.....	52
Quadratenkreide nebst Unterer und Mittlerer Mucronaten- kreide.....	52
Obere Mukronatenkreide.....	53
Danium.....	55
Unteres Danium.....	59
Zone A.....	59
Zone B.....	63
Oberes Danium.....	64
Zone C.....	64
Zone D.....	66
Tertiär (J. P. J. RAVN).....	71
Paleozän.....	74
Eozän.....	76
Oligozän.....	79
Miozän.....	80
Pliozän.....	83

	Seite
Quartär	87
Glacigene Ablagerungen (VICTOR MADSEN).....	87
Moränenablagerungen.....	87
Glaziofluviale Ablagerungen.....	89
Fließerde.....	92
Erste Glazialzeit (VICTOR MADSEN).....	93
Erste Interglazialzeit.....	95
Marine Ablagerungen (V. NORDMANN).....	95
Süßwasserablagerungen (KNUD JESSEN).....	100
Zweite Glazialzeit (VICTOR MADSEN).....	103
Zweite Interglazialzeit.....	106
Marine Ablagerungen (V. NORDMANN).....	107
Süßwasserablagerungen (KNUD JESSEN).....	112
Dritte Glazialzeit (VICTOR MADSEN).....	115
Spätglazialzeit und Postglazialzeit (V. NORDMANN).....	130
Spätglaziale und postglaziale marine Ablagerungen (V. NORD- MANN).....	134
Spätglaziale und postglaziale Süßwasserablagerungen (KNUD JESSEN).....	143
Äolische Ablagerungen (V. NORDMANN).....	149
Oberflächengestaltung (VICTOR MADSEN).....	161
Niveauveränderungen (AXEL JESSEN).....	169
Die Färöer (O. B. BÖGGILD).....	188
Technisch verwendbare Stein- und Erdarten (JOH. ANDERSEN) .	194
Erdverbesserungsmittel.....	194
Baumaterialien.....	196
Natürliche Bausteine.....	196
Kunststein.....	198
Mörtelstoffe.....	200
Kaolin- und Tonwaren.....	202
Brennmaterialien.....	204
Andere Verwendungen von Stein- und Erdarten.....	205
(Kies und Sand — Interglazial Diatomeenerde — Raseneisenerz — Schalenbänke und Schalenschichten.	
Physikalische Eigenschaften von einigen dänischen Tonen (ELLEN LOUISE MERTZ).....	210
Register	217

Einleitung.

Zwischen Nord- und Ostsee liegen eine Halbinsel und eine Anzahl von Inseln, die seit alters her das Heimatland der Dänen gewesen sind. Auf einem Erdglobus sind sie nur ein verschwindender Fleck, wenn ihr Platz auch scharf markiert und leicht zu finden ist, und selbst auf einer Europakarte ist ihr Gebiet nur sehr klein, und doch hat dieses Gebiet seit mehr als einem Jahrtausend einen selbständigen Staat gebildet: Dänemark.

Es gibt nur wenige Länder, für die das Meer grössere Bedeutung gehabt hat, als für Dänemark, und wenige Völker, die sich stärker mit dem Meere verbunden gefühlt haben, als das dänische. Während das Meer an anderen Orten eher trennend wirkt, hat es die Inseln und die Halbinsel zu einer Einheit verbunden; das Meer bildete die Verkehrswege, um die sich am Ende des Altertums das dänische Reich bildete. Es ist der geologische Bau dieses Landes, welcher in kurzen Zügen in diesem Werk geschildert werden wird.

Dänemark liegt zwischen $54^{\circ} 34'$ n. Br. (Gedser Odde) und $57^{\circ} 45'$ n. Br. (Skagens Odde, Kap Skagen); zwischen $8^{\circ} 5'$ östl. L. v. Greenwich (Blaavandshuk) und $15^{\circ} 12'$ östl. L. (Christiansö, bei Bornholm). Das gesamte Landareal beträgt 42314 km^2 . Jedoch schliesst diese Zahl nicht die Gebiete ein, die von Wasserläufen und Seen eingenommen werden (wenn diese mitgerechnet werden, wird das gesamte Areal 42927 km^2), auch nicht Fjorde, Wieken, Sunde und Belte, eben so wenig das Seegebiet innerhalb der Seegrenze. In Wirklichkeit nimmt Dänemark mit seiner Halbinsel und seinen 97 bewohnten und ca. 430 unbewohnten Inseln und Gruppen von

Inselchen einen weit grösseren Teil der Erdoberfläche ein, als man sich nach der Zahl vorstellen kann. Die dänischen Küsten haben eine Gesamtlänge von 7438 km.

Dänemark besteht aus der jütländischen Halbinsel (29556 km²), den zwischen dieser und dem südlichen Schweden liegenden Inseln, von denen Sjælland (7014 km²), Fyn (2975 km²), Lolland (1233 km²) und Falster (514 km²) die grössten sind, ferner aus einigen kleineren Inseln an dem südlichsten Teil der Westküste von Jylland und schliesslich aus der in der Ostsee, südlich von Schweden liegenden Insel Bornholm (588 km²). Zu Dänemark gehört auch die, im atlantischen Ozean liegende kleine Inselgruppe die Faeröer (1399 km²), deren, von dem übrigen Dänemark stark abweichender, geologischer Bau in einem besonderen Abschnitt behandelt wird.

Dass Dänemark aus so vielen Inseln und einer Halbinsel besteht, kommt nicht in dem geologischen Bau des Landes zum Ausdruck und hat nur geringe morphologische Bedeutung. Es besteht kein Wesensunterschied zwischen den Oberflächenformen der jütländischen Halbinsel, der Inseln und des Meeresbodens, und überall stossen wir auf dieselbe geologische Entwicklung (dabei ist jedoch Bornholm ausgenommen). Am Ende der Tertiärzeit bildete dieses ganze Gebiet eine einheitliche Landmasse, deren Oberfläche in der Quartärzeit von dem Inlandeis und dessen Schmelzwasser denudiert und erodiert und mit quartären Ablagerungen bedeckt wurde; in den Interglazialzeiten und in der spätglazialen Zeit drang das Meer an einigen Stellen in dieses Gebiet ein, aber erst während der postglazialen Senkung zerteilte das Meer es in die vielen Inseln und die jütländische Halbinsel und liess auf diese Weise in den Hauptzügen die heutige Verteilung von Land und Meer entstehen. Dagegen wird Dänemark von einer Verwerfung, die in keinerlei Verbindung mit den dänischen Küsten steht, in zwei geologisch und morphologisch völlig verschiedene Teile geteilt: Bornholm und das übrige Land.

Bornholm liegt in der von grösseren und kleineren Brüchen stark durchsetzten Zone, die das skandinavische Grundgebirge nach SW begrenzt und die fennoskandische Randzone genannt wird (Fig. 1). In diesem Teil der Erd-

kruste sind die quartären Ablagerungen überall von geringer Mächtigkeit; über grosse Strecken hin treten verschiedene archaische, paläozoische und mesozoische Bildungen zutage oder doch bis dicht an die Oberfläche, von Verwerfungen begrenzt. Bornholm besteht, was die beiden nördlichen Drittel angeht, aus einem grossen Granithorst, dessen höchster Punkt, fast in der Mitte der Insel, Rytterknægten

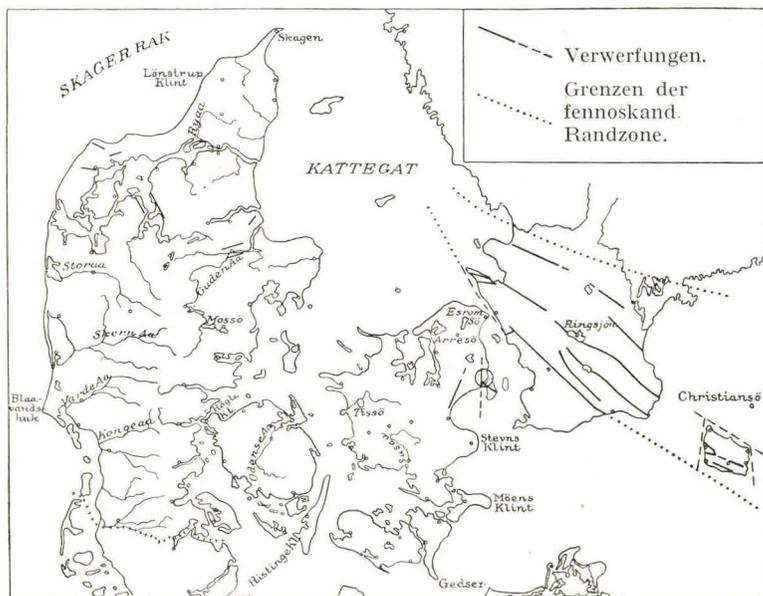


Fig. 1. Kartenskizze von Dänemark und seinen Nachbarländern.

(der Reiterknecht) ist (162 m), während das Tiefland im Süden und SW davon von kambro-silurischen und mesozoischen Ablagerungen gebildet wird.

Die übrigen, vom Meere geschiedenen und stark zerklüfteten dänischen Inseln und Jylland sind dagegen eng mit dem norddeutschen Tiefland verbunden, dessen Fortsetzung sie bilden. Wie dieses liegt Dänemark also in dem grossen Geosynklinal zwischen dem skandinavischen Bergland und den mitteldeutschen Gebirgen. Man rechnet als Grenze der fennoskandischen Randzone den grossen Bruch, der mit einer Sprunghöhe von vermutlich mehreren Kilometern parallel

mit der schwedischen Westküsten verläuft und sich ein Stück in den Öresund hinein fortsetzt, wovon er dann in einem scharfen Knick ein Stück in Schonen hineingeht, dessen südwestlicher Teil dadurch von dem übrigen Schweden abgegrenzt und in geologischer Beziehung mit den dänischen Inseln verbunden wird. Es muss jedoch bemerkt werden, dass der erwähnte Bruch nicht der westlichste ist, der in diesem Gebiete bekannt ist. Unter Köbenhavn und in Nordost-Sjælland sind Brüche nachgewiesen worden, die vermutlich in der Daniumzeit entstanden sind, und in Jylland sind zwischen Djursland und der Gegend um Nibe, besonders um Randers Fjord, wie auch in den westlichen Limfjordgebieten verschiedene Verwerfungsgebiete in der Kreideformation nachgewiesen worden. Die Dislokations-Phänomene, die an verschiedenen Steilküsten (Möen, Ristinge, Røgle, Lönstrup u. a.) in Erscheinung treten, und sich als übereinander geschobene Schollen erweisen, die bald aus Schreibkreide, bald aus grösseren oder kleineren Serien von quartären Ablagerungen bestehen, werden von einigen Geologen als tektonische Störungen (im weiteren Sinne) angesehen, von anderen dagegen als Wirkungen des Druckes des Inlandeises erklärt; und wieder andere halten beide Ursachen für gegeben.

In Jylland und auf den zwischen Jylland und Schweden liegenden Inseln hat das Quartär eine verhältnismässig grosse Mächtigkeit. Seine Dicke kann 200 m erreichen (bei Frederikshavn); im Durchschnitt kann man sie auf 50 m schätzen. Es ruht auf tertiären und cretacischen Bildungen, deren Oberflächen im grossen und ganzen ziemlich eben zu sein scheinen; an einigen Stellen hat man jedoch nachweisen können, dass das Innere von Hügeln bis zu einer Höhe von 60 bis 70 m über dem Meeresspiegel aus Kreideablagerungen besteht. In Dänemark sind, abgesehen von Bornholm, keine älteren Bildungen als Senon konstatiert worden. Die höchste Erhebung der quartären Landesoberfläche Dänemarks ist Ejer Bavnehøj nördlich von Horsens (172 m); eine Anzahl von anderen Erhebungen der dortigen Gegend übersteigen 160 m. Ausserdem müssen Himmelbjerg SO von Silkeborg (Kollen 147 m, NO vom Himmelbjerg Gaard 157 m), Vonge Bavnehøj und Tranebjerg (138 m), Agri Bavnehøj auf Mols (137 m),

Möllebjerg westlich von Vejle (137 m), Knösen zwischen Aalborg und Sæby (136 m) und Lysnet SW von Randers (131 m) erwähnt werden. Die höchste Erhebung auf der Insel Fyn (Frøbjerg Bavnehøj) ist gleichfalls 131 m hoch, während Sjælland mit Gyldenløves Høj zwischen Roskilde und Ringsted nur 126 m erreicht; Aborrebjerget auf Møen ist 143 m hoch. Die Durchschnittshöhe des Landes kann man auf ca. 30 m schätzen.

Dänemark ist reich an rinnendem Wasser, an kleinen Flüssen und Bächen, von denen der längste Gudenaa in Jylland ist (158 km mit einem Entwässerungsgebiet von 2643 km²); dann folgen: Storaas (104 km und 1100 km²), Varde Aa (99 km und 1088 km²), und Skern Aa (94 km und 2338 km²); dann auf Sjælland Susaa (83 km und 835 km²). Von anderen Flüssen sind Kongeaa (58 km und 453 km²) und Ryaa (60 km und 500 km²) in Jylland und Odense Aa (53 km und 784 km²) auf Fyn zu erwähnen.

Dänemark besitzt ebenso eine grosse Anzahl von Seen, doch sind die meisten klein; unter den grössten müssen auf Sjælland Arresø (40,6 km²), Esrom Sø (17,4 km²) und Tis Sø (13,3 km²), in Jylland Mossø (16,9 km²) genannt werden. Die Seen sind sehr ungleich verteilt, indem die meisten sich in dem jüngeren Quartär von Ost-Jylland und auf den Inseln befinden. Unter den einzelnen Landesteilen hat Sjælland das grösste (168,5 km²), Bornholm das kleinste Seengebiet (2,1 km²), Fyn's Seengebiet ist 21,0 km².

Von den geologischen Formationen sind 9 in Dänemark vertreten, doch sind sie sehr ungleich über das Land verteilt. Die archaischen, kambrischen, ordovicischen, gothländischen, triassischen und jurassischen Ablagerungen kommen anstehend nur auf Bornholm vor. Auch die Hauptmasse der Kreidebildungen (von und mit Wealden bis und mit Untersenon) finden sich anstehend nur auf dieser Insel, während dagegen Mittel- und Obersenon und das Tertiär nur in dem übrigen Dänemark vorkommen. Algonkium, Devon, Karbon und Perm und einige Unterabteilungen des Trias, Jura und

der Kreide sind in Dänemark noch nicht nachgewiesen, dagegen kommt natürlich das Quartär in dem ganzen Gebiete vor. Im Quartär hat man indessen Geschiebe sowohl des Jura, Kelloway, Kimmeridge-Portland, als auch der älteren Kreide, Neocom und Alb^{1,2} gefunden, und da diese Geschiebe hauptsächlich in zwei Gebieten vorkommen, nämlich einerseits auf Lolland, Langeland, Ærö und dem südlichen Fyn, andererseits bei Hirshals, an der Nordwestküste von Jylland, könnte das darauf deuten, dass die fraglichen Ablagerungen sich anstehend auf dem Meeresboden der Ostsee bzw. im Skagerrak vorfinden.

Victor Madsen.

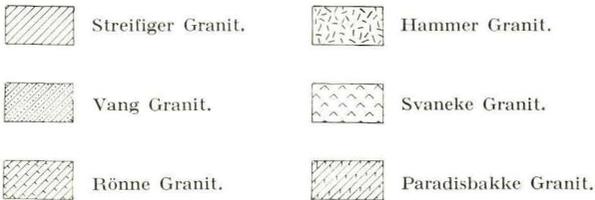
Das Grundgebirge.

Das Grundgebirge von Bornholm nimmt ca. 400 km² oder zwei Drittel der ganzen Insel ein. Es erreicht eine mittlere Höhe über dem Meeresspiegel von wenig mehr als 100 m und erstreckt sich nach Norden und Osten bis zum Meer; eine weitere Fortsetzung in nordöstlicher Richtung wird von den kleinen, isoliert aus der Ostsee emporragenden Felsen von Christiansö angedeutet. Das Grundgebirge besteht aus einer Reihe von Granitvarietäten (Fig. 2), von den salischen, ausgesprochen kalibetonten Graniten des Hammer und in Almindingen (Bjergbakke) bis zu dem syenitischen, hornblendereichen Rönnegranit. In Habitus, Struktur und chemischer Differentiation schliessen sie sich am ehesten an die Gruppe der Urgranite (Gneisgranite) und sind deshalb als eine Fortsetzung der älteren Abteilung des dem Archäikum angehörenden schwedischen Grundgebirges zu betrachten.

Die Hauptgemengteile der Gesteine sind Quarz, Mikroklin, Plagioklas und Biotit, wozu in einigen Varietäten Hornblende kommt. Nur selten und rein lokal ist der Mikroklin durch Orthoklas ersetzt. Die Hornblende ist durch eine blau-grüne Absorptionsfarbe γ , durch einen sehr kleinen optischen Achsenwinkel und einen hohen Gehalt an FeO charakterisiert. Accessorisch findet sich titanhaltiger Magnetit, Titanit (oft im Kranz um Magnetit), Apatit und Zirkon, selten Eisenkies, Orthit und Flusspat.

Die Hauptmasse des Bornholmer Grundgebirges bildet der Streifige Granit, ein mehr oder weniger deutlich geschiefertes, mittel- bis feinkörniges und häufig porphyrisches Gestein von grauer Gesamtfarbe, die aber in der Nähe der Ober-

fläche gewöhnlich ins Rötliche übergeht. Die Streifung rührt davon her, dass dunkle und helle Gemengteile mehr oder weniger deutlich in wechselnden dünnen Schichten angeordnet sind; sie hat oft ungefähr dieselbe Richtung über grosse Strecken und bildet mit der Horizontalebene gewöhnlich nur einen kleinen Winkel. Am stärksten geschiefert ist der Granit in der Gegend von Gudhjem; sonst hält er sich recht gleichartig in einem breiten Gürtel an der NO-Küste entlang, etwa von Østermarie bis Rutskirke, und ähnliche Varietäten finden sich auch weiter südlich im Graniterrain. Mikroklin ist der vorherrschende Gemengteil, lokal ist Plagioklas reichlich vorhanden. Der Plagioklas tritt in grösseren Oligoklasindividuen mit einem Querschnitt bis zu ca. 5 mm auf und in kleineren Körnern von saurerer Zusammensetzung. Der Gehalt der dunklen Mineralien variiert ziemlich stark, Hornblende ist untergeordnet und kann stellenweise völlig fehlen. Nach Norden zu geht diese Varietät nach und nach in den hornblendereichereren Vang Granit über, in dem der Plagioklasgehalt durchschnittlich sehr ansehnlich ist. Der Vanggranit bildet einen Gürtel, der sich zwischen den Fischerdörfern Vang und Tejn quer über die Insel erstreckt. Er ist weniger schiefrig und südlich von Vang sogar ganz ungestreift (Type »Klondyke«). Die dunklen Gemengteile bilden charakteristische Zusammenhäufungen. Auch nach SO hin ändert der Streifige Granit nach und nach seinen Charakter und geht in den feinkörnigen, dunkelgrauen und weissgeflammtten Paradisbakke Granit über, dessen helle Gemengteile hauptsächlich in aplitischen Schlieren angereichert sind; die dunklen Teile haben eine sehr feinkörnige Grundmasse mit Einsprenglingen von Plagioklas; Hornblende findet sich reichlich. Rønne Granit, der sich am Südwestrande des Graniterrains findet, steht den beiden zuletzt genannten Varietäten sehr nahe, hat aber einen grösseren Gehalt an Plagioklas und Hornblende. Der Plagioklas ist stets von Mikroklin parallel umwachsen: eine Strukturerscheinung, die sich mehr oder weniger ausgesprochen bei allen Bornholmschen Granitvarietäten nachweisen lässt. Der Rønnegranit ist dunkelgrau, mittelkörnig und ganz ohne Parallelstruktur. Durch eine streifige, porphyrische Randzone, mit einspreng-



✕ Grössere Granitbrüche.

Fig. 2. Die Verbreitung der Granitvarietäten auf Bornholm.

lingsartigem Plagioklas und abnehmendem Hornblendegehalt, geht er in den grauen, hornblendearmen, streifigen Granit über. Der zentrale Teil des Granitgebietes, der Alminding Granit, ist hell, rotgrau, mittelkörnig, und die Streifung ist stellenweise nur wenig deutlich so z. B. in dem alten Stein-

bruch in Bjergbakke. Der Gehalt an dunklen Mineralien ist bedeutend geringer als der der vorhergenannten Varietäten, und Hornblende kommt nur sehr sparsam vor. An verschiedenen Stellen der Gegend zwischen Hasle und Gudhjem finden sich kleine, begrenzte Vorkommen von hellen rotem, aplitischem Granit mit mehr oder weniger ausgesprochener Schieferung. —

Helle und ganz ungeschieferte Varietäten finden sich im Osten in dem Svaneke Granit und im Norden im Hammer Granit. Der letztere ist ein helles, rotgraues, mittelkörniges Gestein. Unter den dunklen Mineralien, die überhaupt eine sehr kleine Rolle spielen, ist Biotit vorherrschend. Gegen den Vang Granit hat der Hammer Granit eine schmale aplitische Grenzzone. Der Svaneke Granit in dem Gebiet zwischen Svaneke und Nexö ist grobkörnig und hellgrau in dem nördlicheren Teile, rötlicher in der Nähe von Nexö. Unter den dunklen Mineralien ist Biotit vorherrschend, Titanit ist relativ reichlich, fast in derselben Menge wie Hornblende vorhanden. An einigen Stellen zeigt der Svaneke Granit eine grosse Neigung in Schutt zu zerfallen, so bei Listed und Aarsdale.

Pegmatitgänge, von unregelmässigem Verlauf sind im ganzen Graniterrain häufig. Ihre Mächtigkeit ist sehr variierend, von 1 bis 2 cm bis zu mehreren Metern. Ihr Hauptgemengteil ist immer Kalifeldspat, Schriftgranit kommt oft vor, stellenweise ist Quarz stark vorherrschend, wie z. B. in Hvidehald bei Aakirkeby. In zweiter Linie kommt weisser, saurer Plagioklas und Biotit vor, seltener Magneteisen, Titaneisen, Molybdänglanz und Flussspat. Beryl soll bei Skovgaard gefunden worden sein. Grössere Pegmatitmassen finden sich in Vestermarie Højlyng, wo früher Feldspat abgebaut worden ist, in Baunklint, bei Skovgaard in Bodilsker, in Hvidehald, bei Nørrevig nördlich von Svaneke und an anderen Stellen.

Aplitgänge sind bei weitem nicht so allgemein wie Pegmatit, nur im Vang Granit treten sie ausserordentlich häufig auf.

Basische Ausscheidungen, in denen die dunklen Ge-

mengteile des Granits besonders angereichert sind, findet man oft in dem Rønne-, Vang- und Svaneke-Granit.

Für die wichtigsten Granitvarietäten folgen die chemischen Analysen in der Tabelle:*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	75,38	73,77	72,82	69,95	66,99	65,40	64,49	65,39	63,60
TiO ₂	0,38	0,32	0,63	0,75	0,71	1,01	1,22	0,28	1,41
Al ₂ O ₃	12,57	11,97	13,42	13,48	13,00	14,73	13,67	14,32	13,51
Fe ₂ O ₃	1,06	1,84	2,33	2,36	2,98	1,14	1,63	7,85	7,43
FeO.....	0,95	0,78	—	2,31	2,23	2,92	4,42	—	—
MnO.....	Sp.	—	0,24	Sp.	0,11	0,06	0,14	0,00	0,25
MgO.....	0,21	0,23	0,13	1,00	0,65	1,02	1,38	1,12	1,18
CaO.....	1,97	1,10	1,61	2,36	2,64	2,78	3,12	3,53	3,30
Na ₂ O.....	1,92	2,75	3,25	2,72	3,28	3,54	3,57	3,64	3,40
K ₂ O.....	4,60	5,61	5,47	3,62	4,39	4,31	4,40	4,40	6,30
P ₂ O ₅	Sp.	—	—	0,34	0,57	0,19	0,58	—	—
CO ₂	0,30	—	—	0,25	—	0,68	—	—	—
S.....	0,00	—	—	0,10	—	—	—	—	—
H ₂ O über 110°...	0,38	0,49	—	0,48	0,70	1,58	1,11	—	—
H ₂ O unter 110° .	0,00	0,65	—	0,00	0,78	0,55	0,46	—	—
Glühverlust	—	—	0,21	—	—	—	—	0,13	0,19
%	99,72	99,51	100,11	99,72	99,03	99,91	100,19	100,66	100,57

- Nr. 1. Almindingen, Bjergbakke. Anal. K. THAULOW.
 - 2. Hammer Granit. Anal. M. DITTRICH.
 - 3. Hammer Granit, Hammeren. Anal. C. DETLEFSEN.
 - 4. Svaneke Granit, Ibskirke. Anal. K. THAULOW.
 - 5. Vang Granit, »Klondyke«, südlich von Vang. Anal. M. DITTRICH.
 - 6. Paradisbakke Granit. Anal. M. DITTRICH.
 - 7. Rønne Granit. Anal. M. DITTRICH.
 - 8. Rønne Granit, Klippegaard. Anal. C. DETLEFSEN.
 - 9. Rønne Granit, aus de Randzone, St. Almegaard. Anal. C. DETLEFSEN.

*) Die Analysen Nr. 2, 5, 6 und 7 nach G. KALB³. Für Nr. 7 benutzt KALB die wenig glückliche Bezeichnung »Knusbakke-Granit«, die früher von COHEN & DEECKE⁴ angewendet worden ist, der aber jede Berechtigung durch eine Bornholmische Ortsbezeichnung fehlt.

Anal. Nr. 1, 3, 4, 8 und 9, siehe KAREN CALLISEN⁵.

Die Unterschiede in den Zusammensetzungen der Bornholmischen Granite können auf chemische Differentiation eines ursprünglich einheitlichen Magmas zurückgeführt werden. Wo ein Altersunterschied zwischen den einzelnen Gesteinen nachgewiesen werden kann, sind die mehr basischen Granite älter als die salischen, so ist der Hammer Granit später erstarrt als der angrenzende Vang Granit, und der Svaneke Granit ist jünger als der westlich anschliessende Streifige Granit. Im Svaneke Granit trifft man oft eingeschlossene Bruchstücke des unmittelbar vorher verfestigten Streifigen Granits; die kleineren Stücke sind abgerundet, die grösseren haben unregelmässige Formen.

Diabasgänge kommen zahlreich vor. Sie durchsetzen den Granit in regelmässigen, senkrechten Gängen von variierender Mächtigkeit, doch sind die meisten kaum mehr als zwei bis drei Meter breit. Die Streichrichtung ist in der Regel NNO—SSW. Das Gestein ist Olivindiabas, das in vielen Fällen ausgezeichnet erhalten, in manchen Gängen aber sehr unfrisch ist. Die Zusammensetzung variiert etwas nach dem Mengenverhältnis von Olivin und monoklinem Pyroxen; in einzelnen Diabasen ist Hypersthen untergeordnet vorhanden. Die Struktur ist häufig ophitisch, in einigen Gängen porphyrisch, und in einzelnen Gängen ist das Gestein als Mandelstein ausgebildet. Gegen den Kontakt hin, wo der Diabas durch die Berührung mit dem kalten Nebengestein schnell abgekühlt worden ist, ist er gewöhnlich sehr feinkörnig oder auch ganz dicht, in der Mitte von den grösseren Gängen wird er mittelkörnig und in dem grossen Gang bei Kjeldseaa sogar sehr grobkörnig. Die grössten Gänge finden sich bei Listed (31 m breit), Kaas (40 m), und der Kjeldseaa-Gang ist bei Saltuna 57 m breit. Der letztere, den man ca. 6 km durch das Bachbett verfolgen kann, streicht NO—SW, und hat im Gegensatz zu den anderen Gängen eine kräftige Kontaktwirkung auf das Nebengestein ausgeübt, wodurch ein granitporphyrisches, hybrides Gestein entstanden ist. — Diabasgänge sind nur im Graniterrain gefunden worden, nicht in den Bornholmischen Sedimenten, und sie müssen deshalb als präkambrisch angesehen werden. Wahrscheinlich sind sie von postarchaischem Alter; hierfür spricht u. a. die grosse

Uebereinstimmung zwischen diesen Diabasen und denen von MÖBERG⁶ beschriebenen aus dem westlichen Blekinge und Schonen.

An verschiedenen Stellen im Granitgebiete finden sich **Sandsteingänge**, die auch die Diabasen durchqueren; das Material stammt vermeintlich aus kambrischen oder vielleicht mesozoischen Sandablagerungen.

Kaolin. Oestlich von Rönne erstreckt sich ein 200—300 m breites und ca. 4 km langes Kaolinlager unmittelbar am Granitrande entlang. Der Kaolin liegt auf primärer Lagerstätte; er ist aus Rönne Granit entstanden, von dem man mehr oder weniger umgewandelte Klumpen ab und zu in dem Kaolin antrifft. Die Pegmatitgänge treten in der Kaolinmasse oft deutlich hervor. An verschiedenen Stellen sind umgewandelte Diabasgänge gefunden worden, deren ursprüngliche Struktur, feinkörniges Salband und gröbere Mittelpartie, oft erkannt werden kann. Während die Hauptmenge des Rohkaolin eine lose, grauweiße Masse ist, die sich in der Hand wegen ihres Quarzgehaltes etwas scharf anfühlt, hat der Diabas ein fettiges, tonartiges Produkt geliefert, das eine schwach graugrüne, hellgelbe oder rötliche Farbe hat. Der Kaolin wird von mesozoischen Bildungen überlagert. Seine Tiefe ist nicht bekannt. Aus Bohrungen ergibt sich, dass die Mächtigkeit und Reinheit zunimmt, wenn man sich von dem Granit entfernt, und dass die Decke über dem Kaolin gleichzeitig dicker wird.

Ueber die Bildungsweise des Kaolins haben verschiedene Ansichten geherrscht. FORCHHAMMER⁷ nahm an, dass der Kaolin durch Einwirkung von überhitztem Wasserdampf auf Feldspat entstanden, USSING⁸ dagegen, dass er durch Verwitterung durch herabsickerndes Wasser entstanden sei, und dass das heutige Kaolinlager nur ein kleiner Rest einer mächtigen Verwitterungskruste sei, die am Ende der Triaszeit ganz Bornholm bedeckt habe. GRÖNWALL⁹ tritt dafür ein, dass der Kaolin durch aus der Tiefe wirkende Agentien gebildet wurde. USSINGS Theorie von einer zusammenhängenden Kaolindecke über ganz Bornholm dürfte nach unserer jetzigen Kenntnis von Kaolinvorkommen als unhaltbar bezeichnet werden. Die Kaolinbildung ist als ein lokales Phä-

nomen aufzufassen. STAHL¹⁰ hat angenommen, dass der Bornholmer Kaolin auf dieselbe Weise gebildet sein kann wie zahlreiche deutsche Kaolinlager, nämlich durch das Einwirken von kohlen säurehaltigem und humushaltigem Moorwasser, das aus hangenden Kohlen- oder Moorschichten in den Untergrund eingedrungen ist. In den Ton- und Sandschichten, die den Kaolin bedecken, sind an mehreren Stellen Kohlenfragmente und Pflanzenreste gefunden worden. Jedoch wird bei einer grösseren Anzahl von Bohrungen nur angegeben, dass sich über dem Kaolin Sand und darüber grüner Ton befunden haben;⁹ bei zwei Bohrungen wird angegeben, dass sich grüner Ton direkt auf dem Kaolin befunden habe, und in diesen beiden Bohrungen hat der Ton eine grosse Mächtigkeit, die dickste Schicht ist 15,7 m und unter dieser hat man 47,1 m durch weissen Kaolin gebohrt. Diese Verhältnisse sprechen gegen die erwähnte Annahme, denn man findet infolge von STAHL's¹⁰ Untersuchungen von deutschen Kaolinlagerstätten, dass, wo der Kaolin von autochthonen Kohlenschichten überlagert wird, sich stets nur schwache Zwischenmittel von leicht durchlässigen Sanden, seltener von sandigen Tonen einschalten; also von Bildungen, die das Einwirken des Moorwassers auf das feste Gestein nicht verhindern konnten. Auch kann die ansehnliche Mächtigkeit des Kaolins schwerlich allein durch die Wirkung von herabsickerndem Wasser erklärt werden, sondern muss vielmehr mit der Lage des Kaolinorkommen gerade über der Verwerfungsspalte, die das Graniterrain von den Sedimenten nach Westen hin trennt, in Verbindung gebracht werden. An einer solchen Spalte entlang könnte die Umwandlung allerdings auch tiefer eindringen als in den beckenförmigen Vertiefungen, die sich gewöhnlich unter Mooren befinden. Aber da die Kaolinbildung, wie erwähnt, nicht zufriedenstellend mit den Rhät-Lias Kohlenlagern in Verbindung gesetzt werden kann, möchte ich eine andere Möglichkeit andeuten, nämlich die, dass die Kaolinisierung von der Verwerfungsspalte selbst ausgegangen, und durch den Aufstieg von kohlen säurehaltigem Wasser oder kohlen säurehaltigem Thermalwasser verursacht sei. Wahrscheinlich gehört diese Verwerfung zu dem mächtigen postsilurischen System von Spalten, die das Kam-

bro-Silur von Bornholm und Schonen durchsetzen, und in denen an verschiedenen Stellen, sowohl auf Bornholm wie auch in Schonen Ausscheidungen von Flussspat und sulfidischen Erzen vorkommen, die man aller Wahrscheinlichkeit nach mit den gleichaltrigen Diabasintrusionen in Schonen in Verbindung bringen kann.

Spaltenzonen.

Groszügig gesehen zeigt das Grundgebirge abgerundete und geglättete Oberflächenformen, aber in Wirklichkeit ist der Granit Gegenstand einer durchgreifenden Zerklüftung gewesen, was sich in den scharfen, zackigen Formen der Felswände an den Küsten zeigt, wo tiefe Felsenrisse, zahlreiche hervorspringende Halbinseln, kleine Einschnitte und Schären ein Schärگاardsbild im kleinen darbieten. Im grösseren Masse zeigt die Zerklüftung sich in den zahlreichen, oft mehrere Kilometer langen Spaltentälern, von denen eines, das Ekkodal-Kjeldseaadal sogar 12 Kilometer verfolgt werden kann. Die Richtungen der Spaltentäler sind überwiegend NO—SW und N—S, also im wesentlichen die der Diabasgänge. In Paradisbakkerne findet sich ein anderes System mit der Richtung WNW—OSO, welches mit der Richtung der Sandsteingänge in dieser Gegend übereinstimmt. Die breitesten Spaltentäler sind Dynddalen (ca. 80 m), Ekkodalen (ca. 60 m) und Dövredal (ca. 50 m), doch sind die Täler oft recht schmal.

Karen Callisen.

Literatur.

Abkürzungen:

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning.

-
1. SKEAT, ETHEL G. and MADSEN, VICTOR. 1898: On Jurassic, Neocomian and Gault boulder found in Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 8.

2. GRÖNWALL, KARL A. 1904: Forsteningsførende Blokke fra Langeland, Sydfyn og Æro. Avec résumé en français: Blocs fossilifères de l'île de Langeland, du sud de la Fionie et de l'île d'Æroe. D. G. U. II. Række, Nr. 15.
 3. KALB, G. 1914: Petrographische Untersuchungen am Granit von Bornholm. Mitt. des naturw. Vereins f. Neuvorpommern u. Rügen in Greifswald. 45. Jahrg 1913.
 4. COHEN, E. und DEECKE, W. 1889: Ueber das krystalline Grundgebirge der Insel Bornholm. IV. Jahresber. der geographischen Gesellschaft zu Greifswald 1889—1890.
 5. CALLISEN, KAREN: Det bornholmske Grundfjeld. D. G. U. II. Række, Nr. 50. (Noch nicht erschienen).
 6. MOBERG, JOH. CHR. 1896: Untersuchungen über die Grünsteine des westlichen Blekinge und der angrenzenden Theile Schonens. S. G. U. Ser. C, Nr. 158.
 7. FORCHHAMMER, J. G. 1834: Ueber die Zusammensetzung der Porcellanerde und ihre Entstehung aus dem Feldspath. Poggendorff's Annal. Bd. 35.
 8. USSING, N. V. 1904: Danmarks Geologi i almenfatteligt Omrids. 2. Udg. D. G. U. III. Række, Nr. 2.
 9. GRÖNWALL, K. A. og MILTHERS V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille géologique de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 10. STAHL, A. 1912: Die Verbreitung der Kaolinlagerstätten in Deutschland. Archiv f. Lagerstätten-Forschung Heft 12. Herausgeg. v. d. Königl. Preuss. Geol. Landesanst.
 11. TEGENGREN, F. R., m. fl., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. S. G. U. Ser. Ca, Nr. 17.
-

Paläozoische Ablagerungen.

Kambrium.

Nach Süden hin wird Bornholms Grundgebirge von sedimentären, kambrisch-silurischen Gesteinen, begrenzt, die sich vor einer Granitküste abgesetzt haben und im wesentlichen nach Süden geneigt sind. Zum grössten Teil liegen diese Ablagerungen in ungestörter Lagestellung, von den tektonischen Einwirkungen nicht berührt, denen die mesozoischen Ablagerungen an der Südküste von Bornholm ausgesetzt gewesen sind. Jedoch sind die paläozoischen Schichten in einigen kleineren Gebieten von Bruchlinien stark durchsetzt, an denen entlang Senkungen statt gefunden haben. Dadurch sind die Schichten erhalten worden und kommen nun in den Profilen der Bäche des Südländes zum Vorschein. Die Verbreitung wird aus Fig. 3 ersichtlich.

Nexö Sandstein.

Die älteste Abteilung der kambrischen Schichtenreihe ist der Nexö Sandstein, der als eine Küstenablagerung von Verwitterungsprodukten des Granits entstanden ist, der in algonkischer Zeit, vor der paläozoischen Meerestransgression, trockenes Land gebildet hatte. Die direkte Lagerung des Nexö Sandsteins auf den Granit ist an einzelnen Stellen sichtbar, doch wird die Grenze zum grossen Teil von Bruchlinien gebildet, an denen entlang der Granit sich stellenweise als Steilufer («Klint») neben der angrenzenden, schwach geneigten Sandsteinschicht erhebt.

Die untersten Schichten des Nexö Sandsteins sind arkoseartig und bestehen aus Quarz und Feldspat, oft in unsor-

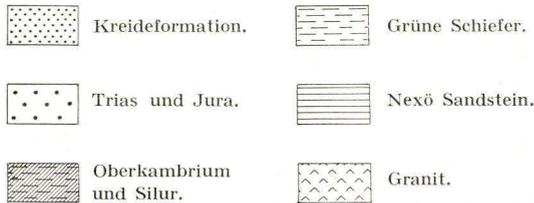
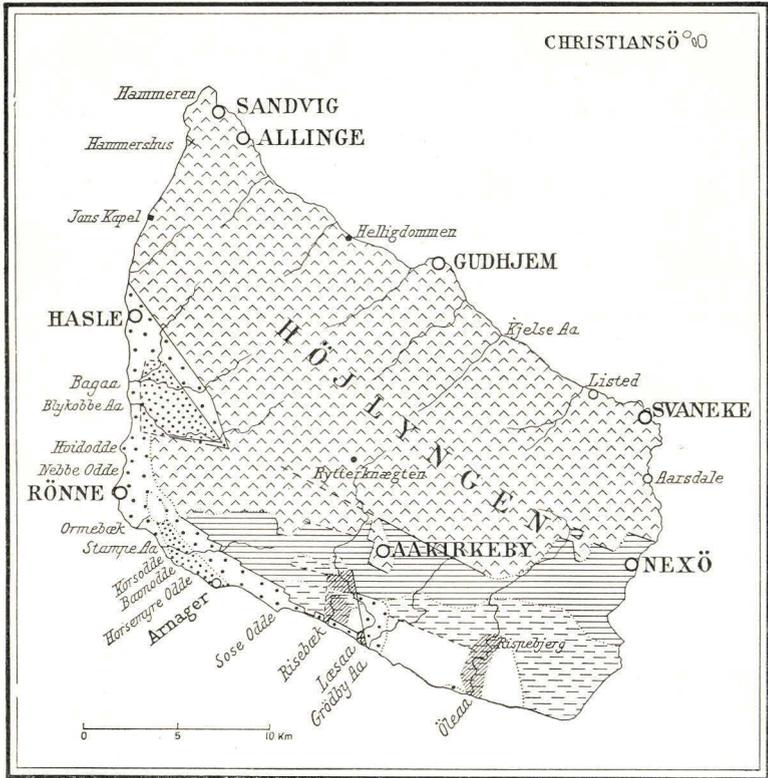


Fig. 3. Geologische Karte von Bornholm (nach GRÖNWALL und MILTHERS).

tierten Stücken, die von einem bräunlichen, tonartigen Bindemittel zusammengekittet sind. Nach oben hin verändert der Sandstein allmählich seinen Charakter. Die Körner werden mehr abgerundet und die grösseren Körner sammeln sich in besonderen Schichten: die Menge des Feldspats nimmt ab, während gleichzeitig die Korngrösse in ganzen abnimmt. Im Bindemittel tritt Kaolin und Kieselsäure auf, und seine Farbe

wird heller. Der Sandstein selber wird regelmässig geschichtet und tritt als Bänken auf, die nördlich von Nexö ausnahmsweise eine Mächtigkeit von bis zu 75 cm erreichen, aber gewöhnlich viel dünner sind. In den obersten Lagen des Sandsteins nimmt die Härte zu, da das Bindemittel vorzugsweise Kieselsäure ist; das Gestein nähert sich Quarzit und liegt in ganz dünnen, stark zerklüfteten Bänken da.

Der Küstenablagerungscharakter des Nexö Sandsteins geht aus den Wellenfurchen hervor, die bis in die obersten Teile der Serie gefunden worden sind. Im Sandstein sind keine Fossilien gefunden, aber vielleicht Kriechspuren; an einzelnen Stellen treten kegelförmige Bildungen unbekanntem Ursprungs auf; ihre Spitzen sind nach unten gerichtet. Man stellt den Nexö Sandstein mit dem Hardeberga Sandstein in Schonen zusammen; dieser macht den älteren Teil des Unteren Kambriums aus. Seine gesamte Mächtigkeit schätzt man auf ca. 60 m.

Grüne Schiefer.

Die jüngere Abteilung des unteren Kambriums wird von den Grünen Schiefeln gebildet, die den Sandstein konkordant überlagern. Es sind überwiegend dunkle, grünliche, sandige Tonschiefer mit Uebergängen zum feinkörnigen Sandstein. An einzelnen Stellen treten die Schiefer in Wechselagerung mit Sandsteinbänken auf; umgekehrt können im obersten Teil des Nexö Sandsteins dünne Schieferschichten vorkommen. Die Schiefer sind unregelmässig geschichtet; ihre grünliche Farbe rührt von Glaukonit her, und die Farbe der Schichtenflächen ist bräunlich durch die Verwitterung des Glaukonit. Man setzt die Gesamtmächtigkeit der Serie auf ca. 60 m an.

In den Grünen Schiefeln treten an gewissen Stellen Phosphoritknollen auf, teils verstreut, teils in Schichten gesammelt. In Verbindung mit ihnen treten Fossilien auf; G. HOLM gibt folgende an: *Hyolithes Johnstrupi* HOLM, *H. Nathorsti* JOHNSTR., *H. lenticularis* HOLM und *Torellella laevigata* HOLM. Die Schiefer werden von J. MOBERG zur Olenellus-Etage gerechnet.

Die Grünen Schiefer werden von einem drei Meter mächtigen, losen, gefleckten Sandstein überlagert, dem Rispebjærg Sandstein, der in Laesaa bei Kalby und im Öleaa bei Borregaard sichtbar ist. Seine obersten 4 dm sind mit Phosphorit imprägniert und treten als Phosphoritsandstein auf.

Die Paradoxides-Etage.

Das Gestein, welches die Hauptmasse des folgenden Mittleren und Oberen Kambriums bildet, ist der Alaunschiefer, ein schwarzer, bituminöser Tonschiefer mit fein verteiltem Eisenkies und mit untergeordneten Schichten und Konkretionen eines mehr oder weniger bituminösen Kalksteins. Die unterste, 2—3 m mächtige Abteilung, die Paradoxides-Etage, ist von GRÖNWALL behandelt worden³; die oberste, die eine Mächtigkeit von mindestens 21 m besitzt, die Olenus-Etage, ist von POULSEN⁴ behandelt worden. Diese Schichten, wie die jüngeren paläozoischen Schichten, treten auf Bornholm nur in den Profilen am Öleaa, Laesaa und Risebaek zutage.

Die fossilreiche Paradoxides-Etage, in der über hundert Arten von Versteinerungen gefunden worden sind, wird von GRÖNWALL in folgende Zonen eingeteilt:

4. Zone mit *Agnostus laevigatus* DALM.
 3. » » *Paradoxides Forchhammeri* ANG.
 2. » » » *Davidis* SALT.
 1. » » » *Tessini* BRGN.
- c. Unterzone mit *Conocoryphe aequalis* LNRS.
 b. » » *Agnostus parvifrons* LNRS.
 a. » » *Conocoryphe exsulans* LNRS.

Die unterste Unterzone, die am besten am Öleaa zu sehen ist, besteht hier aus einem dichten, grauen, 25 cm mächtigen Kalkstein, dem Exsulans-Kalk, der unten Knollen von dem darunterliegenden Phosphoritsandstein enthält. Diese Phosphoritknollen werden von GRÖNWALL als Zeichen dafür angesehen, dass sich in der Bornholmischen Schichtenreihe, verglichen mit der Schonischen, eine Lakune befindet. Die beiden nächsten Unterzonen bestehen aus Alaunschiefer, am Öleaa mit viel Anthrakonit, der Versteinerungen enthält, die

Sy- stem	Gebirgsart	m	Zonenfossilien
Ordovici- um	Trinucleus-Schiefer	3	<i>Trinucleus Wahlenbergi</i>
	Dicellograptus- Schiefer	9,5	<i>Climacograptus styloideus</i> <i>Dicranograptus Clingani</i> <i>Amplexograptus Vasae</i> <i>Climacograptus rugosus</i>
	Tonschiefer	1,5	
	Orthoceren-Kalk	5	<i>Megalaspis limbata</i>
	Dietyograptus- Schiefer	2,5	<i>Clonograptus tenellus</i> <i>Dietyograptus flabelliformis</i> <i>Parabolina acanthura</i>
Mittel- und Oberkambrium	Olenus- Etage	Alaunschiefer	<i>Parabolina longicornis</i>
			<i>Peltura scarabaeoides</i>
			<i>Ctenopyge tumida</i> <i>Ctenopyge flagellifera</i> <i>Eurycare</i>
			<i>Parabolina spinulosa</i>
	Paradoxides Etage	Alaunschiefer	<i>Olenus</i> <i>Agnostus pisiformis</i>
			2
			0,8
		1,4	<i>Paradoxides Forchhammeri</i> <i>Paradoxides Davidis</i> <i>Paradoxides Tessini</i>
	Rispebjærg Sandstein		

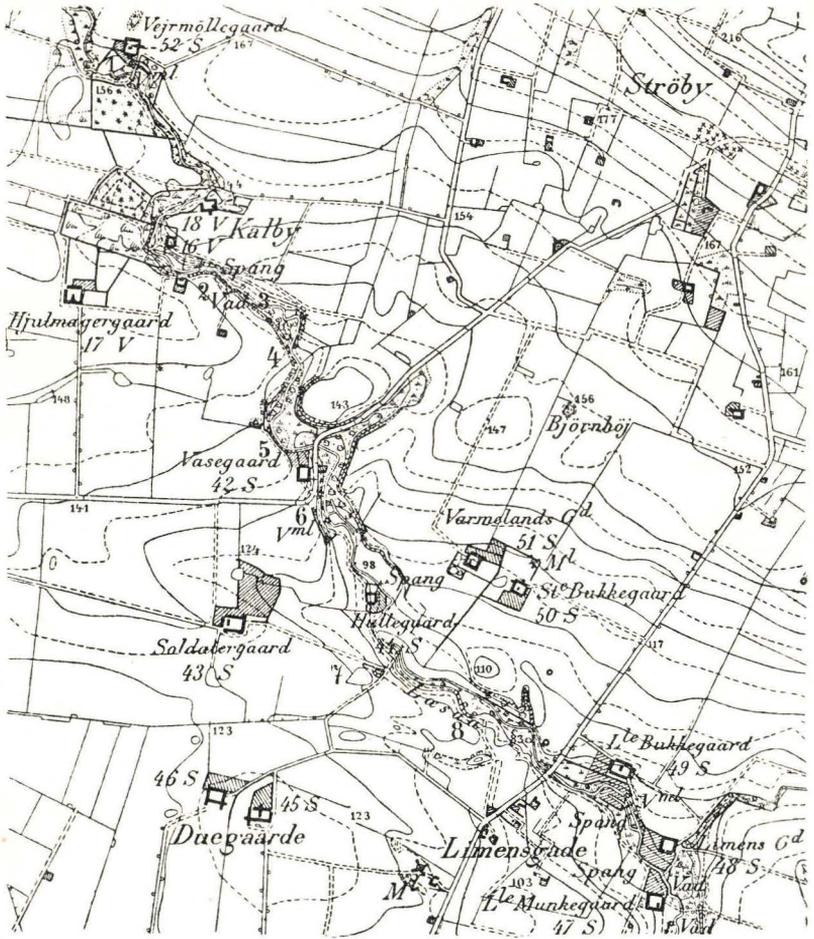


Fig. 4. Karte der Fundorte des Kambriums und Ordoviciums am Laesaa entlang. Massstab 1 : 20,000.

1. Fundort von *Hyalolithes* in den Grünen Schiefen bei Vejmøllegaard.
2. Rispebjerg Sandstein.
3. Paradoxidesschichten.
4. Profil durch den oberen Teil der Olenus-Stufe.
5. *Dicellograptus*-Schiefer bei Vasegaard.
6. *Trinucleus*-Schiefer bei Vasegaard.
7. Steinbruch im *Orthoceren*-Kalk.
8. Alte Steinbrüche im *Dictyograptus*-Schiefer und *Orthoceren*-Kalk bei Limensgade.

der Unterzone b. angehören. Am Laesaa sind Versteinerungen nur im oberen Teil des Schiefers gefunden worden; sie gehören zur Unterzone c. — Ueber dem Alaunschiefer liegt

eine Kalkbank, die zuunterst aus Anthrakonit mit Konkretionen von Phosphorit an der Basis besteht. Im Anthrakonit hat man eine sehr reiche Fauna gefunden, die der Davidis-Zone angehört. Der obere Teil des Kalks ist ein dunkelgrauer Kalkstein: der Andrarumkalk, der ebenfalls sehr fossilreich ist und der Zone mit den *Paradoxides Forchhammeri* angehört. Ueber dem Andrarumkalk liegt eine mächtige Serie von Alaunschiefern, deren allerunterster Teil der obersten Zone der Paradoxides-Etage angehört, aber fossilarm ist.

Die Olenus-Etage.

Die Olenus-Etage auf Bornholm besteht ohne Ausnahme aus Alaunschiefern, in denen sich Anthrakonit-Konkretionen finden, die sich in Reihen ordnen. Der Teil der Alaunschiefer, der zur Olenus-Etage gehört, wird von POULSEN⁴ in 6 Zonen eingeteilt, von denen einzelne noch weiter in mehrere Unterzonen eingeteilt werden können, die genau mit der Schichtenfolge in Schweden übereinstimmen.

6. Acerocare-Zone.	Schicht mit	<i>Parabolina acanthura</i> ANG.
5. Peltura-Zone.	4. Schicht mit	<i>Parabolina longicornis</i> WGD. und <i>Peltura scarabaeoides</i> WBG.
	3. » »	<i>Peltura scarabaeoides</i> .
	2. » »	<i>Ctenopyge tumida</i> WGD. und <i>Sphaerophthalmus major</i> LAKE.
	1. » »	<i>Ctenopyge flagellifera</i> ANG.
4. Eurycare-Zone.	2. Schicht mit	<i>Eurycare angustatum</i> ANG.
	1. » »	» <i>latum</i> BOECK.
3. Orusia-Zone.	Schicht mit	<i>Parabolina spinulosa</i> WBG. og <i>Orusia lenticularis</i> WBG.
2. Olenus-Zone.	Schicht mit	<i>Olenus</i> und <i>Agnostus pisi-</i> <i>formis</i> L.
1. Agnostus pisiformis-Zone.	Schicht mit	<i>Agnostus pisiformis</i> L.

Die Schichtenreihe ist am besten sichtbar in den Profilen am Laesaa entlang (Fig. 4); die Zonen 1—5 zwischen Kalby und Vasegaard, die Zone 6 an der Limensgade. Die untersten Schichten bilden eine konkordante Fortsetzung der Schichten

der Paradoxides-Etage; die Zonen 3—5 kann man in einem 60 m langen und 10 m hohen Profil an der rechten Seite des Baches, 300 m nördlich vom Vasegaard sehen. Der Alaunschiefer ist hier schwach nach Süden geneigt; die Anthraconitlinsen erreichen eine Länge von 2—3 m und eine Dicke von 0,5—1,8 m. Die Spaltungsflächen des Schiefers von Zone 3 an aufwärts, enthalten einige kleine, spindelförmige Eisenkieskörper, die von KAREN CALLISEN⁶ als Schwerspatspatkrystalle bestimmt worden sind, deren Wachstum durch die Bildung von Eisenkies fortgesetzt worden ist. Die Fossilien im Alaunschiefer finden sich hauptsächlich in den untersten Teilen der verschiedenen Zonen, während die übrigen Teile entweder fossilarm oder sogar fossilfrei sind (POULSEN⁷). — Am Öleaa zwischen Borregaard und Brogaard finden sich die unteren Schichten der Olenus-Etage bis Zone 4.

Ordovicium (Unterer Silur).

Dictyograptus-Schiefer.

Die Grenze zwischen Kambrium und Ordovicium wird ca. 2,5 m unter die Oberkante des Alaunschiefers gelegt, wo über einem völlig fossilfreien Schiefer, *Dictyograptus flabelliformis* in grossen Mengen auftritt. Dieser Graptolith, nach dem der Dictyograptus-Schiefer seinen Namen erhalten hat, tritt nur in dem unteren, 2 m mächtigen Teil der Zone auf; der obere Teil ist durch *Clonograptus tenellus* charakterisiert (POULSEN⁷). Der Graptolith-Schiefer enthält ausserdem *Obolus* (*Bröggeria*) *Salteri* HOLL. und andere Brachiopoden, ganz wie der darunter liegende Teil des Alaunschiefers; auch die bereits früher erwähnten Eisenkieskörper kommen vor.

Die Hauptfundstätten des Dictyograptus-Schiefers sind die Limensgade beim Laesaa und Skelbro bei Risebaek; an beiden Stellen wird er von Orthocerenkalk überlagert. An der Grenze zwischen Schiefer und Kalkstein findet sich eine dünne Schicht Phosphoritkonglomerat, die das Vorhandensein einer Lakune bezeichnet, und einer Reihe von schonischen Graptolith-Schiefern entspricht. (Siehe die Uebersicht S. 36).

Orthoceren-Kalk.

Der Orthoceren-Kalk ist ein grauer, tonhaltiger Kalkstein, in dessen unteren Teilen viel Glaukonit auftritt; hier sind die Schichtflächen ziemlich unregelmässig. Der Kalkstein kommt in drei, durch Bruchlinien von einander geschiedenen Gebieten vor; in zwei am Læsaa, nämlich nördlich von Vasegaard und an Limensgade, schliesslich in einem dritten bei Skelbro am Risebæk. Der Kalkstein erreicht eine Mächtigkeit von 5—6m; man findet ziemlich zahlreiche, aber schlecht erhaltene Fossilreste. Die häufigsten sind *Megalaspis limbata* SARS & BOECK, *Ptychopyge applanata* ANG., *Symphysurus palpebrosus* DALM., *Nileus Armadillo* DALM., ausser den Arten von *Orthoceras*, *Bellerophon* und *Euomphalus*. Hierdurch ist die Gleichzeitigkeit mit den unteren Teilen des schwedischen Orthoceren-Kalk angedeutet.

Dicellograptus-Schiefer.

Ueber dem Orthoceren-Kalk folgt ein fast fossilleerer, ca. 1½ m mächtiger Tonschiefer, der zuunterst als ein Phosphoritkonglomerat mit Uebergängen zum Phosphoritsandstein ausgebildet ist (FUNCKQUIST⁸ und NORREGAARD⁹). Diese Schicht ist ein Basalkonglomerat, die eine Unterbrechung der Sedimentation bezeichnet, die sich jedoch nicht auf das westliche Schonen erstreckt hat, wo gleichzeitig ein Teil der unteren Dicellograptus-Schiefer abgelagert wurde. Darüber folgt der mittlere Dicellograptus-Schiefer, ein schwarzer oder dunkelbrauner Tonschiefer, der im Læsaa, dicht im Norden von Vasegaard, als eine 9,5 m mächtige Schichtenreihe auftritt und dort von Trinucleus-Schiefer überlagert ist. HADDING¹⁰ teilt diese Serie in 4 Zonen:

4. Zone mit *Climacograptus styloideus* LAPW.
3. » » *Dicranograptus Clingani* CARR.
2. » » *Amplexograptus Vasae* TULLB.
1. » » *Climacograptus rugosus* TULLB.

Ausser Graptolithen enthält der Schiefer Fossilien, namentlich von Brachiopoden; besonders häufig ist *Discina Portlocki* GEIN. der in der ganzen Serie gefunden wird. HADDING, der

den Graptolith-Schiefer bei Vasegaard dem mittleren Dicellograptus-Schiefer in Schonen völlig entsprechen lässt, führt ausser anderen Fossilien 22 Formen von Graptolithen an.

Ausser in dem schönen Profile bei Vasegaard, liegen Lokalitäten des Dicellograptus-Schiefers im Læsaa bei Hulegaard, und im Risebæk südlich vom Kalkbruch und dicht oberhalb der Mündung des Baches.

Trinucleus-Schiefer.

Das jüngste Glied des Ordovicium auf Bornholm ist der Trinucleus-Schiefer, ein graubrauner, weicher Tonschiefer mit unebenen Schichtflächen. Er kommt anstehend im Læsaa vor, teils in dem Profil nördlich von Vasegaard, teils am linken Ufer des Baches südöstlich von Vasegaard. RAVN¹¹ gibt aus ihm 22 Trilobitarten an, unter ihnen: *Trinucleus Wahlenbergi* ROUAULT, *Ampyx Portlocki* BARR., *Agnostus trinodus* SALT., *Asaphus (Ptychopyge) nobilis* BARR., *Phillipsia parabola* BARR., ausser mehreren *Illaenus*-Arten. GRÖNWALL¹² führt fernerhin *Staurocephalus clavifrons* ANG. an. Die Schichten entsprechen denen des schonischen Trinucleus-Schiefers völlig.

Die jüngste Schicht des Ordoviciums, die dem schonischen Brachiopodschiefer entspricht, ist auf Bornholm nicht bekannt, liegt aber vielleicht unter der quartären Erddecke verborgen.

Gothlandium (Oberer Silur).

Rastrites- und Cyrtograptus-Schiefer.

Von den Ablagerungen, die zum Gothlandium gehören, sind auf Bornholm die beiden Abteilungen der Graptolithschiefer, der Rastrites- und der Cyrtograptus-Schiefer bekannt. Sie kommen in zwei isolierten Gebieten vor, am untersten Teil des Öleaa und des Læsaa. Am Öleaa finden sich beide Abteilungen, am Læsaa nur der Cyrtograptus-Schiefer. Von den 7 Zonen des Rastrites-Schiefers, die von anderen Orten her bekannt sind, hat BIERRING PEDERSEN¹³ das Vorkommen

der 5 obersten auf Bornholm nachgewiesen, die durch folgende Fossilien charakterisiert werden (von unten an gerechnet): *Monograptus acinaces* TÖRNQ., *M. gregarius* LAPW., *M. convolutus* HIS., *M. Sedgwicki* PORTL., und *M. turriculatus* BARR. Im ganzen hat man 55 Arten gefunden. Dieser dunkelgraue Tonschiefer liegt mit schwach südlicher Neigung. In den untersten Schichten, am weitesten nach Norden, an einer Biegung des Öleaa, südwestlich von Billegrav, sind mehrere, bis zu 20 cm dicke Schichten von grauem Kalkstein sichtbar, die mit Schieferschichten abwechseln.

Ohne Unterbrechung in der Schichtenreihe folgt der *Cyrtograptus*-Schiefer oben auf den *Rastrites*-Schiefer. Von den 7 Zonen, die von Schonen her bekannt sind, kann man annehmen, dass die 5 untersten auf Bornholm repräsentiert sind. Von den Fossilien müssen: *Monograptus priodon* BRONN, *Cyrtograptus Lapworthi* TBG., *C. Murchisoni* LAPW. und *Retiolites Geinitzianus* BARR. genannt werden. Der *Cyrtograptus*-Schiefer tritt mit ziemlich unregelmässiger Neigung auf. An einigen Stellen kommen in dem Schiefer Kalkkonkretionen vor, in deren Innern sich radiale Risse finden, die kleine, wasserklare Bergkrystalle enthalten, die sogenannten »Bornholmischen Diamanten«.

Wegen der grossen faziellen Uebereinstimmung, die zwischen den kambrischen und silurischen Ablagerungen in Schonen und in Bornholm existiert, ist Grund dazu vorhanden, anzunehmen, dass die paläozoische Schichtenreihe auf Bornholm ursprünglich einen ähnlichen Abschluss wie die schonischen gehabt hat. Auf dem *Cyrtograptus*-Schiefer folgt in Schonen noch ein Tonschiefer, der *Colonus*-Schiefer, und die Schichtenreihe wird durch eine Sandsteinformation abgeschlossen, den Öved-Ramsåsa-Sandstein. Die paläozoische Schichtenserie, die von einer Meerestransgression eingeleitet wurde, wird so durch einer Regression abgeschlossen, nach welcher die Festlandzeit eintrat, die sich durch den letzten Teil der paläozoischen und weit in die mesozoische Periode hinein erstreckt.

Übersicht über die paläozoischen Bildungen auf Bornholm, verglichen mit denen in Schonen.

Schichtenreihe in Schonen		Bornholm			
		Öleaa	Laesaa	Rusebæk	
Gothlandium	Öved-Ramsåsa Formation....	fehlt auf Bornholm. Schichtenreihe verdeckt.
	Colonus-Schiefer.....	....	....	....
	Cyrtograptus-Schiefer.....	+	+	....
	Rastrites-Schiefer.....	+	....	....
Ordovicium	Brachiopod-Schiefer.....	Schichtenreihe verdeckt.
	Trinucleus-Schiefer.....	....	+	+
	Mittl. Dicellograptus-Schiefer.	+	+	}Lakunen auf Bornh. und in Ost-Schonen.
	Unter. Dicellograptus-Schiefer.	....	(+)	....
	Ober. Didymograptus-Schiefer	....	....	....
	Orthoceren-Kalk	+	+	}Lakune auf Bornholm
	Unt. Didymograptus-Schiefer..	....	....	....
Ceratopygekalk.....	....	....	....
Dictyograptus-Schiefer.....	....	+	+	
Cambrium	Olenus-Etage:				Lakune auf Bornholm
	obere Schicht.....	....	+	....
	mittlere Schicht.....	....	+	....
	untere Schicht.....	+	+	....
	Paradoxides-Etage .....	+	+	....
	Olenellus-Etage:				
(Grüne Schiefer).....	+	+	....	
(Nexö Sandstein).....	+	+	....	

V. Milthers.

Literatur.

Abkürzungen:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening.
København.

D. G. U. = Danmarks geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning.

1. HOLM, G. 1893: Sveriges kambrisk-siluriska Hyolithidae, S. G. U. Ser. C, Nr. 112.
2. MÖBERG, J. C. 1892: Om Olenellusledet i sydliga Skandinavien. Forhandl. ved 14. Skandinav. Naturforsker møde. København.
3. GRÖNWALL, K. A. 1902: Bornholms Paradoxideslag. With an english Summary of the Contents: The Paradoxides beds of Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 13.
4. POULSEN, CHR. 1923: Bornholms Olenuslag og deres Fauna. With an english Summary of the Contents: The Olenus beds of Bornholm and their fauna. D. G. U. II. Række, Nr. 40.
5. GRÖNWALL, K. A. 1899: Bemærkninger om de sedimentære Dannelser paa Bornholm. Avec résumé en français: Notes sur les terrains sédimentaires de l'île de Bornholm et sur leur tectonique. D. G. U. II. Række, Nr. 10.
6. CALLISEN, KAREN, 1914: Tenformede Tungspatkrystaller (»Pseudo-Gaylussit« og »Pseudo-Pirssonit«) i Alunskiferen. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
7. POULSEN, CHR. 1922: Om Dictyograptus-skiferen paa Bornholm. With an english Summary of the Contents: On the Dictyograptus shale in Bornholm. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 16.
8. FUNKQUIST, HERMAN. 1919: Asaphusregionens omfatning i sydöstra Skåne och på Bornholm. Kungl. Fysiogr. Sällskapets Handl. N. F. Bd. 31. Lund. (Medd. från Lunds geolog. Fältklub, Ser. B, Nr. 11).
9. NØRREGAARD, E. M. 1925: Bjergarterne i Bornholms og Sydøst-Skaanes Asaphus-Region. Avec résumé en français: Les roches de la région à *Asaphus* de Bornholm. D. G. U. IV. Række. Bd. 1, Nr. 19.
10. HADDING, ASSAR. 1915: Der mittlere Dicellograptus-Schiefer auf Bornholm. Kungl. Fysiogr. Sällsk. Handl. N. F. Bd. 26. Lund. (Medd. från Lunds geolog. Fältklub, Ser. B, Nr. 7).
11. RAVN, J. P. J. 1899: Trilobitfaunaen i den bornholmske Trinucleus-skifer. Avec résumé en français: La faune trilobitique des schistes à *Trinucleus* de l'île de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 10.

12. GRÖNWALL, K. A. og MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: notice explicative de la feuille (géologique) de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 13. BJERRING PEDERSEN, TH. 1922: Rastriteskiferen paa Bornholm. With an english Summary of the Contents: The Bornholmian Rastritesbeds. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 11.
-

Trias und Jura.

Die Festlandzeit, die am Ende des Gothlandium eingeleitet wurde, verursachte in der Sedimentation auf Bornholm eine Unterbrechung, die bis in den letzten Teil des Trias dauerte. Das Land war bis zu dieser Zeit der Verwitterung und Denudation ausgesetzt, welches in der Beschaffenheit der nachfolgenden rhätischen und jurassischen Sedimente zum Ausdruck kommt. Unter diesen treten Quarzsand, eisenhaltige Sandsteinschichten und kaolinreiche, teilweise feuerfeste Tonarten hervor, wozu Konkretionen und Schichten von Toneisenstein kommen. Ein Rest der Umwandlungsprodukte der Festlandzeit ist der in situ liegende Kaolin östlich von Rønne. Er ruht auf Granit und ist auf einer Strecke von mesozoischen Schichten bedeckt. Die mesozoischen Ablagerungen sind übrigens von den älteren Formationen durch Bruchlinien geschieden. Die Schichten selber sind in ausgedehnter Masse Brüchen und Verschiebungen ausgesetzt gewesen und sind an manchen Stellen stark geneigt, ja stehen senkrecht, mit wechselnden Streichrichtungen. Die Ablagerungen sind zum Teil marin, zum Teil limnisch und ästuarin, in verschiedenen Gebieten enthalten sie Serien von Kohlschichten.

Das Gebiet, das die Rhät-Jura-Schichten einnehmen, erstreckt sich an der West- und Südwestküste von Bornholm entlang von Hasle bis zum Öleaa, wozu ein kleines Gebiet an der Nordküste tritt, nämlich an der Bucht westlich von Gudhjem. Wegen der unregelmässigen Lagerungsverhältnisse und, da nicht genügende Leitfossilien vorhanden sind, ist es schwer eine befriedigende Grundlage für die Alterseinteilung zu gewinnen. Die sichersten Anhaltspunkte gibt die marine Serie der Ablagerungen, deren Lagerungsverhältnisse und

Fauna vom JESPERSEN, LUNDGREN, MOBERG, GRÖNWALL und MALLING untersucht worden sind. Von dieser Serie ausgehend, zerlegt MALLING¹ die limnischen und ästuarinen Schichten in eine ältere Abteilung (Rhät—Unterer Lias) und eine jüngere Abteilung (Mittlerer Lias—Wealden).

Als ältesten Teil muss man die Ablagerungen in einem Gebiet an der Südküste vom Grödby Aa bis zur Arnager Bucht und von da nach Nordwesten nach Robbedale, süd-östlich von Rønne, ansehen. Es sind Schichten von sehr ungleicher Beschaffenheit: verschiedenartige Sandsteine und Konglomerate, Mehlsand und grober Sand, bunte Tonarten nebst Kohlschichten. Diese Ablagerungen sind von den angrenzenden paläozoischen Formationen durch Bruchlinien getrennt; sie erscheinen als isolierte, kleinere Partien, die durch Brüche von einander getrennt sind. Die Neigung ist etwas unregelmässig, aber doch durchgehend gering. Die Fallrichtung liegt zwischen SSW. und WSW, ausgenommen in einem Gebiet zwischen dem Grödby Aa und der Limensgade am Læsa, wo sie südöstlich ist. Auf der Strecke zwischen der Arnager Bucht und Robbedale liegen die Schichten diskordant überlagert von cenomanem Grünsand (Arnager Grünsand) und seinem Basalkonglomerat mit älteren Phosphoritkonkretionen. Diese schwache Diskordanz — die die Zeit von dem Mittleren Lias bis zum Cenoman repräsentiert — zusammen mit den verhältnismässig kleinen Neigungen der erwähnten Rhät-Lias-Ablagerungen, zeigen, dass diese Ablagerungen keinen starken Störungen ausgesetzt gewesen sind, wenn man von den Verwerfungen absieht, durch die sie, im Verhältniss zu den paläozoischen Schichten gesenkt sind, und wodurch die isolierten Partien von einander getrennt wurden.

Wenn man von den Kohlschichten absieht, die mit zu der Schichtenserie gehören, und die hauptsächlich vom Meeresgrund von Boderne und dem Sose Wiek her bekannt sind, kennt man nur von ein paar Stellen her pflanzen-führende Schichten. Die eine Stelle ist Munkerup, östlich vom Risebæk, von wo GRÖNWALL² nach BARTHOLINS Bestimmungen *Gutbiera angustiloba* PRESLL. und *Podozamites Agardhianus* BRONGH. anführt. Die fossilreichste Fundstelle ist Vellengsbygaard, süd-östlich von Robbedale. Von hier haben HJORT³

und MÖLLER⁴ 36 Arten von Pflanzenfossilien beschrieben, unter denen besonders die Genera *Dictyophyllum* und *Podozamites* vorherrschen. Von den Fossilien müssen *Dictyophyllum Münsteri* (GOEPP.) NATH., *D. Nilssoni* (BRONGN.) SCHENCK und *Podozamites lanceolatus* LINDB. & HÜTT. genannt werden. Unter den Nadelbäumen ist *Pitiophyllum* der häufigste. Man hält die Flora für ausgesprochen rhätisch, entsprechend der Flora in den rhätischen Ablagerungen in Skaane; doch hat sie 16 Arten mit der weit jüngeren Flora bei Bagaa gemeinsam.

Zu einem etwas jüngeren Abschnitt des Rhäts rechnet man den Robbedale Kies; doch muss man annehmen, dass die Schichtenreihe innerhalb dieses ganzen Gebietes zeitlich bis hinauf zum Mittleren Lias reichte, als die Transgression des Meeres eintrat. Im Eisenstein, westlich von der Landzunge Sose Odde (Homandshald) ist ein Ammonitfragment gefunden worden, von dem MÖBERG⁵ annimmt, dass es gleich wie die marine Serie an der Westküste, zwischen Stampe Aa und Hasle, dem Mittleren Lias angehört.

In weit näherer Verbindung mit der marinen Lias-Serie steht jedoch ein Gebiet, das sich von der Bucht bei Pythus, 2 km von Rønne entfernt, bis etwas an Nebbe Odde, nördlich von Rønne erstreckt. Die Gesteine bestehen überwiegend aus Ton und Sand und führen an vielen Stellen Kohlen-schichten. Bei Pythus existirt eine Serie mit 12 Schichten, nördlich vom Ormebæk eine Serie mit 4 Schichten. Kohlen-schichten hat man auch im Hafen von Rønne gefunden, ferner in den westlichsten Ziegelgruben bei Rønne und N von der Landzunge Nebbe Odde. Im Hafen von Hasle und dicht nördlich vor der Stadt finden sich kohlenführende Schichten, die vielleicht auch hierher gehören. In Nebbe Odde kommen auch Ton und Sand mit Schichten von Toneisenstein vor.

Die Schichten an der Küste südl. von dem Hafen von Rønne bis Ormebæk haben überall westlichen Fall. In einem östlicheren Gürtel, der von Nebbe Odde, den Tongruben bei Rønne und dem Kohlengebiet bei Pythus repräsentiert wird, haben die Schichten östlichen Fall, nach Osten zu mit zunehmender Neigung. In dem Gebiet von Pythus, wo das Streichen ungefähr NNW—SSO ist, steigt die Neigung von

23° bis 70° auf einer Strecke von ca. 700 m W—O, und eine noch stärker zunehmende Neigung zeigen die Schichten in den Tongruben bei Rönne. In dem Gebiet Ornebaek-Pythus und bei Nebbe Odde (Galge Odde) sind eine Reihe von Pflanzenresten gefunden worden, die fast ausschliesslich rhätische Formen aufweisen. Erwähnt werden können: *Gutbiera angustiloba* PRESL., *Podozamites lanceolatus f. intermedia* HEER, *Nilssonia acuminata* (PRESL.) GOEPP. und *Palissya Brauni* ENDL.

MALLING (vergl. das Schema S. 44) nimmt an, dass die Schichten bei Galgelökken (mit *Cardinia Follini*) jünger seien als die Schichten in Nebbe Odde (mit *Cyrena Menkei*), jedoch älter als die Schichten in den Tongruben der Rönne Ziegelei und des Pythusgebietes. Bis ein umfassenderes Material zur näheren Begründung dieser Plazierung vorliegt, muss es jedoch als unsicher betrachtet werden, ob nicht die im Verhältnis zu der östlicheren marinen Serie gleichliegenden Schichten, nämlich Nebbe Odde, Rönne Ziegelei, und Pythus, eher im Alter fast zusammengehören können. Wieweit zwischen den Küstenschichten bei Galgelökken und den Schichten bei der Rönne Ziegelei eine Bruchlinie verläuft, wie GRÖNWALL² annimmt, oder, ob die Schichten ein Antiklinal bilden, muss gleichfalls für unsicher angesehen werden.

Die Schichten der marinen Lias-Serie kommen südlich von Hasle vor und auf einer schmalen Strecke von Blykobbe Aa, östlich um Rönne, bis zur Mündung der Stampe Aa. Hierher gehört der Hasle Sandstein, ein grünlicher Sandstein mit einzelnen fossilreichen Toneisensteinschichten, die kurz vor Hasle im Süden zutage treten. Der Sandstein hat schwach südlichen Fall und wird von den kohlenführenden Bildungen bei Lövka überlagert. Von Fossilien hat MALLING⁶ 38 Arten bestimmt, darunter *Arietites* cfr. *falcaries* QUENST.; er rechnete deshalb den Sandstein zu der Bucklandi-Zone, der zweitobersten Zone des unteren Lias. In dem Schema S. 44 rechnet MALLING¹ ihn dagegen zum untersten Teil des Mittleren Lias.

Von der Mündung des Blykobbe Aa nach Süden, über Hvidodde, dicht östl. um Rönne (die neue Tongrube der Rönne Tonwarenfabrik) bis zur Mündung des Stampe (Vellengs-) Aa liegen die Hauptfundstätten der marinen Lias-Serie. Von der

Fundstelle am Ausfluss des Stampe Aa haben GRÖNWALL und MALLING⁷ eine Fauna von 46 artbestimmten Formen beschrieben. Unter den wichtigsten befindet sich *Aegoceras centaurus* D'ORB. var. *bornholmiensis* und unter den neuen Formen *Myoconcha stampensis*, nach dem die Schicht ihren Namen bekommen hat: Myoconcha-Bank. Die Schicht wird zu der Centaurus-Zone gerechnet, also der zweituntersten Zone des Mittleren Lias. Aus der neue Tongrube der Rønne Tonwarenfabrik, aus Hvidodde und vom Strande am Ausfluss des Rosmannebæk, 3 km nördlich von Rønne, erwähnt MALLING⁸ Funde von reichen Faunen, die zu den beiden untersten Zonen des Mittleren Lias gehören (Jamesoni- und Centaurus-Zone). Die hier erwähnten marinen Schichten haben überall östlichen Fall, wie die westlich vorgelagerten, älteren, limnischen und ästuarinen Schichten.

Auf die marine Serie folgen wieder Sand- und Tonschichten mit Pflanzenresten und Kohlschichten. Hierzu gehören die umfassendsten Kohlsysteme auf Bornholm. In dem nördlichsten, bei Lövka, südlich von Hasle, sind die Schichten schwach nach Süden zu geneigt. Die Serie hat eine Mächtigkeit von ca. 200 m und schliesst mindestens 25 Kohlschichten mit Mächtigkeiten von 7—70 cm ein. — Bei Sorthat, etwas weiter im Süden, findet sich eine ähnliche Serie mit Kohlschichten, von denen verschiedene mit denen des Lövkasystems identisch zu sein scheinen. Die Neigung ist östlich und steigt nach Osten bis zu 70°, bis die Serie, 500 m von der Küste entfernt, plötzlich von einem N—S verlaufenden, schmalen Granithorst unterbrochen wird, auf dessen Ostseite Grünsand auftritt, der zu der Kreideformation gehört.

Zwischen den Gebieten des Lövka und des Sorthatsystems liegt bei Bagaa ein drittes Kohlengebiet, das durch Verwerfungen im Verhältnis zu den Umgebungen gesenkt ist. Die Schichten fallen nach SO. Hier findet sich Ton mit einer sehr reichen Flora, die von BARTHOLIN⁹ und MÖLLER⁴ untersucht worden ist. Sie haben 69 Arten, hauptsächlich Farne, Cycadeen und Nadelhölze gefunden. Nach MÖLLER treten Formen aus dem ganzen Zeitraum zwischen Rhät und Oolit auf. Die Fossilien sind teils in weissem, feuerfesten Ton (45

Schema der Juraschichten (nach MALLING¹).

Epoche	Marine Ablagerungen	Limmische- und aestuarine Ablagerungen	Lokalitäten		
Wealden (unterste Kreide)		Toneisenstein	Rönne Tonwarenfabrik, alte Grube Ellebygaard Kyndegaard?		
		Sandstein (über Kaolin)		Buskegaard Rabekkegaard	
Lakune					
Malm (weisser Jura)		Ton mit Pflanzen aus jungen Juratypen	Holsterhus		
	Dogger (brauner Jura)	Toneisensteinbank. Ton- und Sandschichten mit Kohle. Flora mit einem älteren Gepräge als bei Holsterhus		Bagaa	
Lias (schwarzer Jura)	Oberer				Sorthat Lövkä Onsbæk
	δ				
	Mittlerer	Eisenhaltiger gröberer und feinerer Sandstein			Stampen (Myoconcha-Bank) Blykobbeaa Hvidodde—Rosmannebæk (die Jespersenschen Bogenschichten Rönne Tonwarenfabrik, neue Grube. Homandshald Hasle (Hasle Sandstein)
	γ				
Unterer	Ton und Sand mit <i>Cardinia Follini</i> (Brackwasser)	Ton und Sand mit Kohlschichten		Rönne Ziegelei Tongrube Pythus u. a.	
β					
α		Ton und Sand mit <i>Cyrena Menkei</i>			Nebbe Odde
Rhät		Kies			Robbedale
		Ton mit Pflanzen			Vellensby
Keuper?		Süsswasser(?) Ton			Munkerup

Formen), teils in einem gelben Toneisenstein (27 Formen) gefunden worden, doch haben diese beiden Floren nur 3 Arten gemeinsam. Im Ton ist besonders vorherrschend: *Dicksonia lobifolia* (PHILT) RACIB., und im Toneisenstein: *Dicksonia Pingelii* (BRONGN) BARTHOL., ausser *Chladophlebis Roesserti* (PRESL.) SAPORTA (MÖLLER).

Bei Onsbaek finden sich 200 m von der Küste entfernt, stark geneigte Ton- und Sandschichten, die N 15° W streichen und unmittelbar auf die marine Serie zu folgen scheinen, ganz wie die Schichten bei Lövka und Sorthat.

Die Süßwasserserie, die in der alten Grube der Rønne Tonwarenfabrik vorkommt (in der Grube, die am weitesten nach Nordosten liegt), hält man dagegen für bedeutend jünger; von MALLING wird sie zum Wealden gerechnet.

Diesen Schichten steht im Alter eine isolierte Partie von fossilführendem Ton nahe, die sich bei Holsterhus, westlich von dem Mündung des Öleaa findet. BARTHOLIN¹⁰ hat hier 24 Formen gefunden, von denen der überwiegende Teil dem Oolit und dem Wealden angehört. In seinem Schema über die Bornholmischen Juraschichten rechnet MALLING¹ die Holsterhus-Schichten zum jüngsten Dogger und zum Malm.

V. Milthers.

Literatur.

Abkürzungen:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning.

-
1. MALLING, C. 1920: Den marine Lias og Wealden-Aflejringer paa Bornholm. Dansk geol. Foren. Bd. 5.
 2. GRÖNWALL, K. A. og MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille géologique de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 3. HJORTH, A. 1899: Vellengsbyleret. Avec résumé en français: L'argile de Vellengby D. G. U. II. Række, Nr. 10.

4. MÖLLER, HJ. 1902: Bidrag till Bornholms fossila flora. I. Pteridofyter. Kongl. Fysiograf. Sällskapets Handl. Bd. 13, Nr. 5. Lund.
MÖLLER, HJ. 1903: II Gymnospermer. Kongl. Vetenskaps-Akadem. Handl. Bd. 36, Nr. 6. Stockholm.
 5. MOBERG, J. C. 1888: Om Lias i sydöstra Skåne. S. G. U. Ser. C, Nr. 99.
 6. MALLING, C. 1911: Hasle-Sandstenens Alder. Dansk geol. Foren. Bd. 3.
 7. MALLING, C. og GRÖNWALL, K. A. 1909: En Fauna i Bornholms Lias. Avec résumé en français: Une faune liassique de Bornholm. l'île Dansk geol. Foren. Bd. 3.
 8. Malling, C. 1914: De Jespersenske Buelag i Lias paa Bornholm. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
 9. BARTHOLIN, C. T. 1892 og 1894: Nogle i den bornholmske Juraformation forekommende Planteforsteninger. Botanisk Tidsskrift Bd. 18 og 19.
 10. BARTHOLIN, C. T. 1910: Planteforsteninger fra Holsterhus paa Bornholm. Avec résumé en français: Des plantes-fossiles à Holsterhus en Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 24.
-

Kreide.

Dänemarks Kreideablagerungen verteilen sich wie folgt:

Danium*)	Jüngeres D. (Zone C und D)	Blegekreide (Coccolithenkalk), Bryozoenkalk und Korallenkalk	Dänemark, ausge- nommen Born- holm
	Älteres D. (Zone A und B)		
Senonium	Mucronaten-Kreide	Schreibkreide Grauer Mergel	do. do.
	Quadraten-Kreide	Grauer Mergel	do. do.
	Granulaten-Kreide		
	Westfalicus-Kreide	Bavnoddegrün- sand	Nur auf Bornholm
Turonium	Ober	Arnagerkalk	do.
	Mittel		
	Unter		
Cenomanium	Ober		
	Mittel	Arnagergrünsand	do.
	Unter		
Alb (Gault)	Alb	auf sekundärem Lager im Cenomanium	do.
Neocomium	Hils u. a.		
	Wealden	Süßwasser- schichten	do.

*) In den letzten Jahren hat BRÜNNICH NIELSEN mit anderen die Anschauung verteidigt, dass das Danium zum Tertiär und nicht zur Kreide gerechnet werden müsste^{1,2}.

Auf Bornholm treten Kreideablagerungen in zwei Gebieten auf: im Nyker-Gebiet NNO von Rönne und im Arnager—Stampen Gebiet an der Küste SO von Rönne. Da die Verhältnisse im Nyker Gebiet sehr wenig bekannt sind, werden im Folgenden nur die Ablagerungen innerhalb des Arnager-Stampen Gebietes besprochen werden.

Wealden.

Mehrere Verfasser geben mit grösserer oder geringerer Sicherheit an, dass Wealden auf Bornholm vorkommt. In allen Fällen handelt es sich um Sand- und Toneisensteinablagerungen mit Resten von Pflanzen und Süsswassermollusken.

Zum Wealden rechnet MALLING³ den Sandstein über dem Kaolin und die Schichten von Toneisenstein bei Kyndegaard, Ellebygaard und in der alten Grube der Rönne Tonwarenfabrik; die Fauna an der zuletzt erwähnten Stelle wird u. a. durch *Dreissenssia membranacea* DUNK., *Unio Menkei* DUNK., *Cyrena majuscula* RÖM., *C. solida* RÖM., *C. gibbosa* DUNK., *Paludina fluviorum* MANT. charakterisiert.

Alb (Gault).

Ablagerungen, die zum Alb gehören, sind in Dänemark nur im Cenoman bekannt, wo sie auf sekundären Lager liegen. Sie sind besonders durch RAVN's Untersuchungen des Konglomerates bei Madsegrav östlich von Arnager bekannt.⁴

An der Basis des cenomanen Grünsandes (siehe unten) findet sich ein Grundkonglomerat, das überwiegend aus Knollen von phosphoritischem Sandstein besteht, die bis zu 20 cm gross sind. Diese Knollen haben heterogenen Ursprung, indem sie selber durch die Zerstörung einer älteren Konglomeratbank gebildet worden sind. Der Bau wird deshalb wie folgt: Die ältesten Knollen, die Primärknollen, sind überwiegend Gerölle eines glaukonitischen, recht grobkörnigen Phosphoritsandsteins; in diesen findet sich eine besondere Fauna, die *Hoplites*-Fauna. In weitem Masse sind diese Primärknollen indessen zu anderen Knollen, den

Sekundärknollen zusammengekittet, deren Grundmasse aus einem feinkörnigeren, bräunlichen Phosphoritsandstein besteht; in ihnen findet sich — neben den Primärknollen — eine jüngere Fauna, die *Schloenbachia*-Fauna.

Die *Hoplites*-Zone (die Primärknollen) kann zum Unteren Alb, der Zone mit *Hoplites tardifurcatus* und *H. regularis*, gerechnet werden.

Die *Schloenbachia*-Zone (die Sekundärknollen) gehört zum Uebergang zwischen Alb und Cenoman am ehesten zum allerjüngsten Alb.

Cenoman.

Cenoman-Ablagerungen sind sowohl an der westlichen, als auch an der östlichen Grenze des Arnager — Stampen-Gebietes nachgewiesen worden; an beiden Stellen ruhen sie diskordant auf älteren mesozoischen Bildungen.

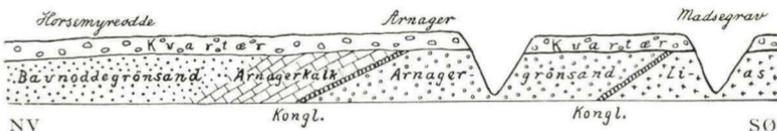


Fig. 5. Profil der Steilküste zwischen Madsegrav und Horsemeyreodde an der SW-Küste Bornholms. Am weitesten gegen Südosten ist Lias zu sehen; darüber folgen gegen Westen Mittel-Cenoman (Arnager Grönsand), Oberes Turon (Arnager Kalk) und Unteres Senon (Bavnodde Grönsand) (Nach J. P. J. RAVN).

Am besten bekannt sind diese Schichten von der Steilküste bei Arnager (RAVN⁵) (Fig. 5). Das Cenoman ist hier als Grönsand, Arnager Grönsand, ausgebildet, den man über eine Strecke von 800 m verfolgen kann. Wenn man bei Madsegrav im Osten beginnt, trifft man den Grönsand auf verschiedenen Sand- und Tonschichten ruhend; an seiner Basis findet sich ein bis zu 50 cm mächtiges Grundkonglomerat mit Geröllen von Phosphoritsandstein von bis zu 20 cm Diameter (oben, unter Alb besprochen). Der Sand zwischen den Geröllen ist recht los, doch befinden sich dicht über der Konglomeratschicht zwei härtere Bänke von Grönsandstein. Danach kann man den Grönsand ziemlich unverändert bis etwas westlich von Arnager verfolgen,

wo er vom Arnagerkalk überlagert wird. Der Grünsand ist schwach nach Westen geneigt, wonach seine Mächtigkeit auf ca 180 m berechnet worden ist.

Die von RAVN beschriebene Fauna stammt wesentlich aus den unteren Schichten des Grünsandes. Unter den am häufigsten vorkommenden Formen befinden sich *Inoceramus orbicularis* MÜNST., *Schloenbachia varians* Sow. und *Actinocamax plenus* BLAINV.; ferner können noch hervorgehoben werden: *Pecten dubrisiensis* WOODS, *Spondylus latus* Sow. und *Schloenbachia Coupei* BRONGN. Im grossen und ganzen muss man die Fauna wahrscheinlich zu dem Mittleren Cenoman rechnen.

Turon.

Turon kommt auf Bornholm als ein heller Kalkstein vor, der Arnagerkalk, welcher einerseits in der Steilküste zwischen Arnager und Horsemyreodde, andererseits am Stampe Aa (RAVN⁶) sichtbar ist.

Der Arnagerkalk ruht auf dem oben besprochenen cenomanen Arnager Grünsand. An seiner Basis findet sich ein ca. 18 cm mächtiges Konglomerat, das aus Knollen von Phosphoritsandstein besteht, die denen aus dem cenomanen Bodenkonglomerat sehr ähnlich sind; doch sind sie nur bis zu ca. 5 cm gross. Sie sind im Kalk eingelagert.

Über dem Bodenkonglomerat folgt der typische Arnagerkalk, ein weisser oder hellgrauer, unreiner Kalkstein, der 40—50 % Ton, feinen Sand und Kiesel enthält; überall im Kalk sind Hohlräume nach aufgelösten Spongien-Nadeln sichtbar; doch finden sich in dem Kalk nur ausserordentlich selten Feuersteinausscheidungen. Weiter nach Westen, bei Horsemyreodde, wo man auf die jüngsten Partien des Arnagerkalkes trifft (die von dem senonen Bavnoðde-Grünsand überlagert sind), tritt er als ein noch unreinerer, blaugrauer Kalkstein auf, der wahrscheinlich in flacherem Wasser abgelagert worden ist.

Von häufiger auftretenden Arten müssen im Arnagerkalk *Lima Hoperi* MANT., *Pecten cretosus* DEFR., *Spondylus latus* Sow. und *Scaphites Geinitzi* D'ORB. genannt werden; es scheint kein wesentlicher Unterschied zwischen den Faunen bei Arn-

ager und bei Horsemyreodde zu bestehen. Sowohl Fauna wie Lagerungsverhältnisse charakterisieren den Arnagerkalk als Oberes Turon, und zwar als die Zone mit *Holaster planus*.

Senon.

Unteres Senon (Emscher).

Westfalicus-Kreide.

Das Untere Senon, der Bavnodde-Grünsand, ist nur auf Bornholm bekannt, wo er an den Steilküsten und am Stampe Aa zutage tritt (RAVN⁷). Die untere Grenze des Bavnodde-Grünsandes liegt bei Horsemyreodde am weitesten nach Osten, wo er im Strande, auf dem Arnagerkalk ruhend, zu sehen ist. Die Oberfläche des Arnagerkalkes ist sehr uneben, und der Grünsand füllt die kleinen Vertiefungen des Kalkes aus, so dass sicherlich eine Unterbrechung in der Sedimentation eingetreten ist.

Man kann den Bavnodde-Grünsand in der ca. 15 m hohen Steilküste von Horsemyreodde 2 km NW bis nach Korsodde verfolgen. In dem Grünsande — oder dem Grünsandmergel — treten stellenweise Konkretionsschichten und Bänke von hartem, quarzitischem Sandstein auf.

Aus dem Bavnodde-Grünsand ist eine reiche Fauna bekannt, aus der *Scaphites inflatus* RÖM., *Actinocamax westfalicus* SCHLÜT., und *Mortoniceras pseudo-texanum* GROS. hervorzuheben sind. Das Gesamtgepräge der Fauna ist am ehesten mittelsenonisch, während bestimmte Arten auf das untere Senon deuten. Wenn der ganze Grünsand demselben Horizont angehört, muss er wahrscheinlich zu allererst im Untersenen liegen, auf dem Uebergang zum mittleren Senon.

Die Serie der Kreideablagerungen auf Bornholm gibt Aufschluss über eine Anzahl von Niveauveränderungen mit damit verbundenen Regressionen und Transgressionen. Im wesentlichen nach RAVN⁴, folgt eine Übersicht:

Regression:	Transgression:
Wealden	
Mittleres—Oberes Alb	Unteres Alb
Unteres Cenoman	Oberes Alb
Oberes Cenoman—Mittleres Turon	Mittleres Cenoman
Unteres Senon	Oberes Turon
	Abschluss des Unteren Senon.

Mittleres und Oberes Senon.

Wenn man von Bornholm absieht, gibt es in Dänemark nur zwei Fälle, wo man bei Bohrungen auf senone Ablagerungen gestossen ist, die älter sind als die Mucronata-Zone: in Kasted bei Aalborg (1872) und bei Gröndal Aa, ca. 150 m W vom 5. Juni-Platz in Frederiksberg bei Köbenhavn (1894—1907). Bei der letzteren Bohrung (»Tiefenbohrung des Carlsbergfondes«) wurde die folgende Schichtenserie gefunden (nach RAVN und BÖGGILD⁸):

0—9,25 m:	Torf, Ton? Sand	
	und Kies	= Quartär
9,25—37,7 m:	Bryozoenkalk	= Danium
37,7—290 m:	Schreibkreide mit	} = Obere Mukronaten- kreide
	Feuerstein	
290—ca. 533 m:	Schreibkreide ohne	} = Untere und mittlere Mucronatenkreide
	Feuerstein	
ca. 533—ca. 659 m:	Grauer Mergel	= Untere und mittlere Mucronatenkreide
ca. 569—861 m:	Grauer Mergel	= Quadratenkreide.

Quadratenkreide nebst Unterer und Mittlerer Mucronatenkreide.

Die Ablagerung, die von RAVN zu diesen Zonen gerechnet wird, ist ein zusammenhängender, nur sehr schwach geschieferter Mergelkalkstein, der in dünne, hellere und dunklere Lamellen geschichtet ist. Der Kalkinhalt schwankt zwischen

86,2 und 58,3 %. Diese Zahlen gelten für den Totalgehalt der Proben; werden die helleren und dunkleren Schichten für sich analysiert, kann der Kalkgehalt in den hellen bis zu 92,6 % steigen und in den dunkleren bis zu 36,8 % fallen. In einer Tiefe von ca. 660 m treten Schichten von feinem Sand auf, der aus Quarz, Kalkkörnern, Schwefelkies u. a. besteht. Nach oben zu geht der Mergelkalkstein nach und nach in die der überliegende, reinere Kalkablagerung über, indem der Tongehalt um 533 m herum allmählich abnimmt, und Schichten von reinem Kalkstein in Mergel auftreten.

Aus dem Mergelkalkstein konnten folgende Versteinerungen bestimmt werden:

- 533—659 m: *Metopaster tumidus radiatus* SP., *Pollicipes fallax* DARW., *Serpula undulata* HAG., *Metopaster undulatus* SP.
 659—861 m: *Pollicipes fallax* DARW., *Crania antiqua* DEFR., *Bellemnitella lanceolata* SCHLOTH.

Obere Mucronatenkreide.⁹⁻¹⁰

Die obere Mucronatenkreide ist überall als Schreibkreide ausgebildet. Von jüngeren Ablagerungen bedeckt, kommt sie in grösserer oder geringerer Tiefe unter ganz Dänemark vor. Direkte Unterlage des Quartärs ist sie für den grössten Teil von Lolland, Falster und Møen, dem südlichsten Sjælland (ausser kleineren Gebieten bei Skelskör und Pilemølle an der Kögebugt), dem östlichen Himmerland, Vendsyssel, Hanherrederne und Thy. Zutage geht sie in Møens Klint, Stevns Klint, am Mariager Fjord und von hier an bis zur Gegend um Aalborg, im östlichen Teil der Hanherreder, nördlich von Thisted und in Salling, in kleineren Gebieten auf der Insel Mors und im westlichen Himmerland.

Die Schreibkreide tritt überall mit derselben Beschaffenheit auf, nur variierend in Bezug auf die Zusammensetzung. Der Kalkgehalt liegt durchschnittlich um 95 %, kann aber auch bis über 99,5 % steigen. Er ist also ein ausserordentlich reines Kalkgestein planktogenen Ursprungs, mit äusserst geringen terrigenen Beimischungen. Die Hauptmasse wird von ausserordentlich feinem Kalkschlamm gebildet, der aller Wahrscheinlichkeit nach durch chemische (evtl. chemisch-

bakteriologische) Ausfällung in den obersten Wasser-Schichten des Meeres entstanden ist. Zu dieser Grundmasse tritt ein grosses Kontingent von Coccolithen und eine Anzahl von planktonischen Foraminiferen; sonst deutet die Fauna darauf, dass die Schreibkreide in nicht sehr tiefem Wasser gebildet sein muss, wofür auch die rein chemische Sedimentation sehr stark spricht. Die allerjüngsten Schichten der Schreibkreide sind oft sehr reich an Bryozoen und anderen Kleinformen (Stevns und verschiedene jütländische Lokalitäten), was darauf deutet, dass dieser Horizont in sehr geringer Wassertiefe gebildet worden ist (Algenvegetation).

Später ausgeschieden findet sich in der Kreide Feuerstein, Cölestin, Eisenkies (ausser Gips und Brauneisenstein). Der Feuerstein tritt in erster Linie in Form von unregelmässigen Knollen auf, die mehr oder weniger in Reihen und Bändern zusammenhängen und parallel mit der Schichtung verlaufen; ausserdem als Ausfüllung von dünnen Spalten: Echiniden- und Molluskenschalen u. a.; seine Farbe ist sehr dunkel, oft rein schwarz, und die Knollen sind mit einer Schale von weissem Feuerstein überzogen, die in der Regel nur wenige Millimeter dick ist.

Der Feuerstein ist nicht immer an allen Fundstätten gleich reichlich vorhanden. Wie S. 52 erwähnt, fehlt er in den unteren Schichten der Schreibkreide in der Gröndalsbohrung, und dasselbe ist der Fall mit der Kreide in Salling und um Aalborg. An der letzteren Stelle finden sich aussergewöhnlich viele, wohlerhaltene Kieselspongien in der Kreide, so dass die Erklärung dieses Mangels in diesen Falle sicher darin liegt, dass eine Umsetzung von Kieselsäure — von dem ursprünglichen Zustand in den Spongien zu Feuersteinknollen — aus irgend einem Grunde nicht stattgefunden hat.

Unter den charakteristischen Versteinerungen der Schreibkreide müssen die folgenden hervorgehoben werden: *Belemnitella mucronata* SCHLOTH., *Scaphites constrictus* SOW., *Baculites vertebralis* LAM., *Inoceramus tegulatus* HAG., *Trigonosema pulchellum* NILS., *Terebratulina gracilis* SCHLOTH., *Terebratulina carnea* SOW., *Echinocorys ovatus* LESKE, *Tylocidaris baltica* SCHLÜT.; ferner mehrere Arten *Conulopsis*, *Terebratulina striata* WHLB., *Rhynchonella plicatilis* SOW., *Pecten pulchellum*

NILS., *P. Puggaardi* RAVN., *P. Nilssoni* GOLDF. u. a., *Vola striato-costata* GOLDF.; mehrere Arten *Lima*, *Spondylus*, *Gryphaea vesicularis* LAM. Von den aragonitschaligen Schnecken und Muscheln findet sich in der Regel keine Spur, weil sie vollständig aufgelöst worden sind; wo die obersten Schichten der Schreibkreide stellenweise früh erhärtet sind, wie z. B. in Stevns Klint, (wovon später die Rede sein wird), sind diese Formen als Abdrücke erhalten geblieben. Von höheren Tieren kommen Reste von Fischen (u. a. Zähne von Haien und Reste von *Myliobatis*) und Zähne von *Mosasaurus* vor.

Alle Schreibkreide, die in den dänischen Steilküsten und Kreidegruben zutage tritt, gehört wie erwähnt der Zone mit *Belemnitella mucronata* an. Innerhalb dieser ist die Kreide in Stevns Klint und in der Aalborg-Mariager Gegend die jüngste, während die in Möens Klint etwas älter ist. Innerhalb der Schichtenserie der Grøndals-Bohrung ist die älteste Schreibkreide feuersteinfrei, und es ist recht wahrscheinlich, dass die feuersteinfreie Schreibkreide in Salling zu demselben, älteren Horizont gerechnet werden muss; an diesen beiden Stellen scheint die Armut an Kieselsäure ursprünglich zu sein (im Gegensatz zur Aalborg-Gegend).

Danium.

Wo die Schreibkreide nicht die Unterlage des Quartärs bildet, wird sie normal von den Kalkablagerungen des Daniums⁹⁻¹⁰⁻¹¹⁻¹² bedeckt; nur im äussersten Süden, bei Gedser, fehlt das Danium, sodass dort das Selandium (Paleozän) direkt auf der Schreibkreide ruht.

Nur vom Quartär bedeckt, bildet das Danium den Untergrund in dem nordöstlichen, östlichen und einem Teil des südlichen Sjælland, wo es bei Faxe, in Stevns, in der Gegend um die Køgebugt, in Köbenhavn und auf Saltholm zutage tritt; auf Lolland ist es durch eine Bohrung in der Nähe von Nakskov bekannt; ferner auf Langeland und dem östlichen Fyn; in Jylland tritt es — an vielen Stellen zutage gehend — in folgenden Gebieten auf: in Djursland, um den Randers und den Mariager Fjord, in Himmerland, den Hanherreder, in Thy und auf Mors, samt kleineren Gebieten auf

Thyholm, in Salling (?), bei Hjerm, Sevel, Davbjerg-Mönsted und Növling (NW von Herning). Sowohl in Jylland als auf den Inseln hat man ausserdem bei vielen Bohrungen das Danium unter einer Decke von paleozänen Ton- und Grünsandablagerungen getroffen.

Während die Schreibkreide der verschiedenen Lokalitäten nur geringe Variation zeigt, ist das Verhältnis beim Danium anders, indem seine Ablagerungen ziemlich stark von Ort zu Ort und im Laufe der Daniumperiode von einander abweichen. Es machen sich aber trotzdem gewisse gemeinsame Züge bei den verschiedenen Kalkgesteinen geltend.

Die planktogene Niederschlagung von Kalkschlamm, die während der Schreibkreidezeit vor sich ging, setzt sich fast unverändert während der Daniumzeit fort. Der Kalkschlamm enthielt auch damals eine Menge von Coccolithen, aber da die Küsten um das Danium-See in sehr weitem Masse aus Schreibkreide bestanden, hat sicherlich auch eine beträchtliche Zuführung von terrigenem Kalkschlamm stattgefunden. In seinen typischen Formen tritt das auf diese Weise entstandene Gestein als ein einigermaßen weicher Coccolithenkalk auf, der sich von der Schreibkreide nur dadurch unterscheidet, dass er eine Menge von etwas größeren Kalkpartikeln, Kalkkörnern und Auskrystallisationen von Calcit enthält. Die feinsten Varietäten des danischen Coccolithenkalkes (z. B. der von Hjerm) kann äusserlich der Schreibkreide ausserordentlich ähnlich sein, doch zeigt eine mikroskopische Untersuchung trotzdem sofort den erwähnten Unterschied. Der danische Coccolithenkalk wird — im Gegensatz zur Schreibkreide — Blegekreide genannt.*)

Dieser Kalkschlamm, der in reinem Zustand als Blegekreide auftritt, macht auch den Hauptbestandteil in verschiedenen abweichenden Gesteinen aus. In vielen Fällen ist der Boden stark mit Bryozoen bewachsen gewesen, und wenn

*) Der Name stammt daher, dass härtere Partien im Kalk gelegentlich »Bleger« genannt werden. Der Name Blegekreide wird hier auf jedes danische Kalk-Gestein angewendet, sei es nun aus feinerem oder größeren Coccolith-haltigen Schlamm entstanden, ohne Rücksicht auf später eingetretene Härtung oder auf das Alter innerhalb des Daniums.

ihre Stengel in grösserem oder geringerem Grade dominierten, wurde das entsprechende Gestein ein Bryozoenkalk. *) Kalk, der fast ausschliesslich aus Bryozoen besteht, tritt auch auf, wenn auch nur selten. Der Bryozoenkalk ist in der Regel etwas porös, manchmal leicht spaltend, aber auch oft fest zusammenhängend.

Seltener treten Octocorallen (*Moltkia*, *Isis*, *Gorgonella*) oder Hexacorallen (*Dendrophyllia*, *Lobosammia*) in solchen Mengen auf, dass sie den Kalk zu einem Korallenkalk machen. Korallenkalk ist die wesentlichste Gesteinart in Faxe (und ist bei Boring W v. Næstved angetroffen worden); als untergeordnete Schicht hat man einen Korallenkalk, in dem jedoch die Hexacorallen gegenüber den Octocorallen zurücktreten, an verschiedenen Stellen in Jylland gefunden.

Im grossen und ganzen muss man annehmen, dass der Bryozoenkalk unter Verhältnissen gebildet worden ist, wo die Sedimentation von Kalkschlamm weniger stark gewesen ist, d. h. weiter von den Küsten entfernt und in tieferem Wasser (dabei gibt es natürlich Ausnahmen); dagegen ist die Blekekreide sicher in etwas flacherem Wasser gebildet worden, und von der feinkörnigen Blekekreide zu den reinen Flachwasserbildungen, wie Kalksand und Trümmerkalk, gibt es alle Uebergänge.

Dünne, ganz untergeordnete Tonschichten treten im ganzen Danium auf. Feuerstein kommt überall in den Kalkgesteinen des Daniums vor, aber in wechselnden Mengen. Der Korallenkalk in Faxe ist fast feuersteinfrei; auf der anderen Seite sind gewisse Formen des Bryozoenkalks besonders reich an Feuerstein. In dem Bryozoenkalk in Stevns Klint liegen die Feuersteinschichten oft nur in einem Abstand von ca. 1 m, und jede Schicht, die aus zusammengewachsenen Feuersteinknollen besteht, kann eine Mächtigkeit von 20—30 cm haben. In der Blekekreide findet sich gleichfalls eine grosse Menge von Feuersteinschichten, doch tritt hier der Feuerstein ausserdem noch in Form von einzeln liegenden, unregelmässigen, runden Knollen auf, die mehrere Dezimeter

*) Ein zusammenhängender, einigermaßen weicher Bryozoenkalk wird gelegentlich »Limsten« genannt.

im Durchschnitt haben können. Während Schreibkreidefeuerstein fast rein schwarz ist, ist der Danium-Feuerstein unreiner, grauschwarz — grauweiss, gelegentlich gelblich, und ausserdem ist die weisse Schale der Knollen bedeutend dicker, wie überhaupt die Feuersteinknollen selbst viel unregelmässiger und poröser sind und viele Gruben und Löchern haben.

Endlich können die Kalkgesteine des Daniums in sehr verschiedenem Grad einer Härtung unterworfen gewesen sein. Ursprünglich war es ein einheitliches Sediment, kann aber nun bald als ein fast unverändertes, loses Kalkpulver, bald als klingend harter Kalkstein, indem alle Poren mit auskrystallisiertem Kalkspat ausgefüllt sind, auftreten.*)

Dem Senon gegenüber wird das Danium dadurch charakterisiert, dass eine Reihe von Genera verschwunden sind: *Scaphites*, *Baculites* (überhaupt alle Ammoniten), *Belemnitella*, *Inoceramus* wie auch eine lange Reihe von einzelnen Arten. Bei einzelnen typischen Schreibkreidearten ist jedoch zu bemerken, dass sie sich noch als »Relikten« in den basalen Ablagerungen des Daniums finden (Zone A), nicht aber sonst im Danium. Sonst sind dem Senon und dem Danium eine lange Reihe von Arten gemeinsam, von denen nur einzelne hervorgehoben werden sollen: *Terebratulina striata* WHLB., *Gryphaea vesicularis* LAM., *Exogyra canaliculata* SOW., verschiedene Asteroiden, viele Bryozoen u. a.

Von neu hinzugekommenen Arten, die durch das ganze Danium gehen, können folgende genannt werden: *Echinocorys sulcatus* LAM., *Bourqueticrinus danicus* BR.N., *Pecten tessellatus* HNG., *Dromiopsis rugosa* SCHLOTH., *Pentacrinus paucicirrhus* BR.N., *Tylocidaris vexillifera* SCHLÜT., *Argiope faxensis* POSS., *A. dorsata* BR. N. Auch in den Kalkablagerungen des Daniums sind die aragonitschaligen Mollusken normal aufgelöst, ohne dass Spuren zurückgeblieben sind. Nur unter besonderen Verhältnissen haben sie Abdrücke hinterlassen, wie z. B. in dem Korallenkalk von Faxø (lokal sind im Korallenkalk

*) Der Name »Saltholmskalk« (der übrigens in einer Menge von verschiedenen Bedeutungen gebraucht worden ist) wird nun vorzugsweise als Bezeichnung für so einen harten danischen Kalkstein angewendet, wobei man von dessen Alter und Zusammensetzung ganz absieht.

Aragonitschalen als Pseudomorphosen in Kalkspat vorhanden), in den erhärteten Blegekreideschichten der Zone A, in BRÜNNICH NIELSEN'S »Krabbenschicht«, in dem Bryozoenkalk der Zone B und an anderen Stellen. Von Wirbeltieren sind eine lange Reihe vom Fischzähnen bekannt (*Lamna*, *Carcharodon*, *Cestracion*, *Myliobatis* u. a.), ausserdem Reste von Schildkröten (*Allopleuron*, *Trionyx*).

Das Danium wird in das untere Danium (die Zonen A und B) und das obere Danium (die Zonen C und D) eingeteilt; verg. das Schema S. 68.

Unteres Danium.

Zone A.

Die älteste Schicht des Danium zeigt sich — überall, wo man ihr bisher begegnet ist — als eine Ablagerung von Blegekreide mit einer Mächtigkeit von nur wenigen Metern. Sie wird als Zone A bezeichnet. Fig. 6 zeigt schematisch einige charakteristische Profile.

Bei Voxlev (östlich von Nibe) wird die Blegekreide scharf gegen die Schreibkreide abgegrenzt, und seine Sedimentation wird mit der Bildung einer dünnen Tonschicht eingeleitet. Nach oben wird die Blegekreide von Bryozoenkalk gedeckt.

Bei Bøgelund (dicht im Westen von den Zementfabriken auf der Südseite des Mariagerfjord) findet sich eine ähnliche Schichtenserie, doch ist hier die Tonschicht an der Basis der Blegekreide als ein deutliches Bodenkonglomerat mit grossen Geröllen von Schreibkreide ausgebildet. Der obere Teil der Blegekreide ist stark gehärtet und rissig und enthält u. a. Abdrücke von aragonitschaligen Mollusken. Die Schicht ist nach oben zu scharf gegen den Bryozoenkalk durch eine Abrasionsfläche abgegrenzt, und der Bryozoenkalk füllt die Unebenheiten und die Löcher in der erhärteten Blegekreide aus.

Eine ähnliche Erhärtung der Blegekreideschicht findet sich bei Nystrup (westlich von Thisted). Hier existiert indessen keine Tonschicht an der Basis der Schicht, dagegen findet

sich eine konglomeratartige Tonschicht an der Basis des überlagernden Bryozoenkalks; die Blegekreide ist also auch hier nach oben zu durch eine Abrasionsfläche begrenzt.

Bei Eerslev auf Mors ist die Blegekreide scharf gegen die darunter liegende Schreibkreide abgegrenzt; der oberste Horizont ist stark erhärtet und bröcklich und enthält gleich-

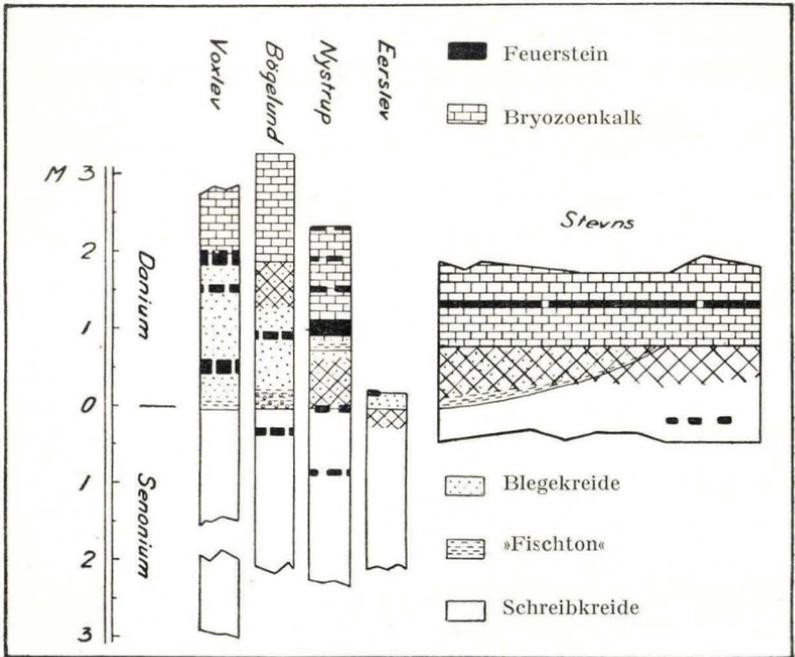


Fig. 6. Schematische Profile durch die Grenze des Senons und Daniums. Die Kreuzschraffur bezeichnet einen Härthorizont.

falls Abdrücke von Aragonitschalen; nach unten zu geht dieser Härthorizont nach und nach in die gewöhnliche, weiche Schreibkreide über.

Die Erklärung für diese Profile ist, dass eine Hebung mit darauf folgender Senkung, sowohl vor, als auch nach der Ablagerung der Blegekreide der Zone A statt gefunden hat. Die erste dieser Hebungen schloss die Bildung der Schreibkreide ab und verursachte die Erhärtung der obersten Kreide bei Eerslev; bei der Senkung, die die Ablagerung der Blege-

kreide einleitete, wurde die Tonschicht und das Basalkonglomerat bei Voxlev und Bøgelund gebildet. Die letzte Hebung schloss die Bildung der Blegekreide ab und rief ihre Erhärtung bei Bøgelund und Nystrup hervor; bei der folgenden Senkung, die die Ablagerung des Bryozoenkalks (Zone B) einleitete, geschah die Abrasion, die die konglomeratische Tonschicht bei Nystrup bildete.

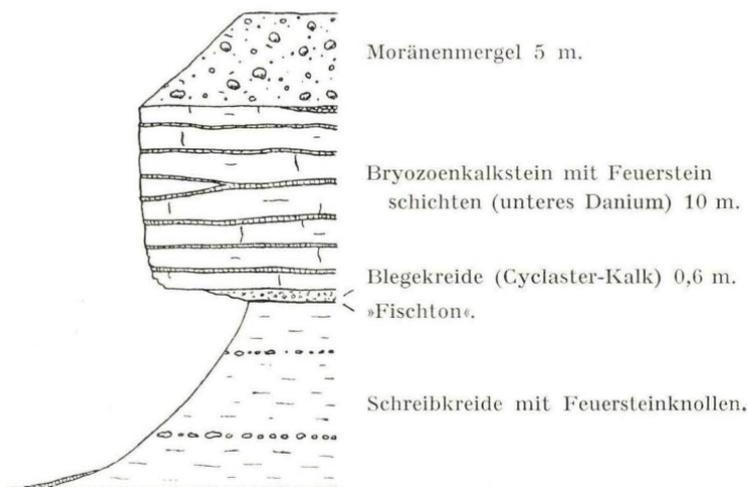


Fig. 7. Querschnitt durch Stevns Klint, winkelrecht zur Küstenlinie.
(Nach Ussing).

Noch deutlicher werden diese Verhältnisse durch das Profil von Stevns Klint (Fig. 6 und 7) illustriert. Nach ROSENKRANTZ¹³ liegt die Blegekreide von Zone A hier in flachen Becken in der Oberfläche der Schreibkreide. Die Ablagerung der Kreide wurde durch die erste Hebung abgeschlossen, und die flachen Senkungen, in denen die Blegekreide, während der darauf folgenden Senkung abgelagert wurde, sind vermutlich durch Abrasion gebildet worden. Die Ablagerung der Blegekreide wird durch die Bildung einer Tonschicht eingeleitet (der »Fischton«), der oft konglomeratisch entwickelt ist und Gerölle von Schreibkreide enthält; nach oben zu geht der Ton nach und nach in die Blegekreide über (der »Cerithiumkalk«). Die Ablagerung von Blegekreide wurde durch die letzte Hebung abgeschlossen, und es

fand eine Abrasion statt, die sowohl die Schreibkreide wie die Blegekreide angriff, so dass von der letzteren nur dünne Schichten auf dem Boden der Becken übrig blieben. Gleichzeitig trat eine starke Erhärtung sowohl der Blegekreide in den Becken, als der Schreibkreide zwischen diesen ein. Und bei einer neuen Senkung wurde der Bryozoenkalk auf der entstandenen Abrasionsfläche abgelagert und zwar so, dass er an einigen Stellen auf der erhärteten Schreibkreide liegt und an anderen auf der gleichfalls erhärteten Blegekreide. Infolge dieser Härtung erscheinen nun diese beiden Gesteine als ein sehr harter, aber stark rissiger und bröcklicher Kalkstein, voller Hohlräume, die aufgelöste Organismen hinterlassen haben, und mit Abdrücken von den aragonitschaligen Mollusken, die in den nicht erhärteten Gesteinen spurlos verschwunden sind.

Da der Härtungshorizont in Stevns Klint sehr auffällig ist und in der ganzen Länge der Steilküste unter dem Bryozoenkalk liegt, kann man ihn leicht als eine einheitliche Schicht ansehen, aber er geht — wie oben entwickelt — durch ganz verschiedene Ablagerungen, und die Fauna der Blegekreide ist eine ganz andere als die der Schreibkreide.*)

*) Da diese Verhältnisse im Laufe der Zeit ziemlich viel Konfusion hervorgerufen haben, kann es hier am Platze sein, die Linien in der historischen Entwicklung hervorzuheben, damit man die ältere Literatur benutzen kann.

FORCHHAMMER gab dieser Blegekreide den Namen »Cerithiumkalk«, und mit diesem Namen bezeichnen sowohl er, als auch JOHNSTRUP nur die Blegekreide in den Becken. Wenn JOHNSTRUP trotzdem behauptet, dass der »Cerithiumkalk« Ammoniten enthält, so ist das auf eine Vermischung mit den in der »Cerithiumkalk«-ähnlichen, erhärteten Schreibkreide gesammelten Versteinerungen zurückzuführen, indem die Versteinerungen daraus mit denen aus dem eigentlichen »Cerithiumkalk« vermischt worden waren. RAVN⁹ betrachtete den ganzen Härtungshorizont als eine einheitliche Bildung, und die Faunalisten aus dem »Cerithiumkalk«, mit denen sowohl er, als auch GRÖNWALL und HENNIG operierten, enthalten eine Mischung von Formen aus den beiden Schichten. ROSENKRANTZ¹³ schied die Blegekreide in den Becken (die »Brissopneustes-Schicht« oder, wie die Schicht heute am häufigsten genannt wird: der »Cyclasterkalk«), von der erhärteten Schreibkreide in den Zwischenräumen zwischen den Becken und zeigte, dass die Fauna in den Becken verschieden ist von der Fauna in den Zwischenräumen.

Die Zone A des Daniums ist durch folgende Lokalitäten bekannt:

Sjælland: Stevns Klint.

Jylland: Bögelund (Mariager Fjord), Gravlev (zwischen Hobro und Aalborg), Voxlev (O. v. Nibe), Kjölbj Gaard (bei Hunstrup St.), Nye Klöv (S. v. Hunstrup St.), Hov (an der Lönnerup Fjord), Nystrup (NW v. Thisted), Eerslev und Öxendal (auf Mors).

Die Zone A wird dadurch charakterisiert, dass sie eine reine Danium-Fauna enthält, in welcher *Cyaster Brännichi* RAVN besonders vorherrscht und neben diesen treten einzelne senone Arten als »Relikten« auf; von diesen scheint *Echinocorys ovatus* LESKE am häufigsten vorzukommen.

Zone B.

Überall, wo man die Lagerverhältnisse hat beobachten können, zeigt sich die Blegekreme der Zone A von Bryozoenkalk überlagert, der (soweit bekannt) eine Mächtigkeit von 30—40 m erreicht. Andere Gesteine als der Bryozoenkalk sind nicht beobachtet worden, und dieser tritt immer in seiner typischen Gestalt auf, indem eine grosse Anzahl von Bryozoen in eine feine Grundmasse eingelagert sind. Oft liegen Kalk- und Feuersteinschichten gebogen in grossen Bänken, diskordant auf einander ruhend, vermutlich infolge unregelmässiger Ablagerung auf dem Meeresboden. Die Absetzung des Bryozoenkalks der Zone B repräsentiert wahrscheinlich das Maximum der Danium-Senkung.

Als typische Lokalitäten des Bryozoenkalks der Zone B kann der »Limsten« in Stevns Klint und bei Kagstrup auf Sjælland, Sangstrup Klint, Karlby Klint und Bulbjerg in Jylland genannt werden; ausserdem begegnet man ihm in einer grossen Anzahl von jütländischen Kalkgruben, u. a. Tinbäk Mølle (zwischen Hobro und Aalborg), Munksjörup und Lögsted (S v. Lögstör), Aggersborg, bei Klim und Torup Station und an anderen Orten.

Faunistisch scheint diese Zone an den verschiedenen Lokalitäten sehr gleichartig zu sein. Die senonen Relikten sind völlig verschwunden, mehrere Danium-Arten sind hinzugetreten, und fast an jeder Stelle findet man eine fast stereotype Gesellschaft, aus der die folgenden Arten hervorgehoben

werden müssen: *Metopaster mammilatus* GABB *typ.*, *Terebratula fallax tenuis* BR. N., *Epitrochus vermiformis* BR. N., *Tylocidaris vexillifera* SCHLÜT. *f. a* (und γ), *Brissopneustes danicus* SCHLÜT., *Serpula distincta* BR. N., *S. erecta* BR. N., *Rhynchonella incurva fax*. POSS. Die Fauna ist im grossen und ganzen ziemlich arm an Arten.

Oberes Danium.

Zone C.

Im Gegensatz zu Zone B ist Zone C in ihrem Auftreten an den verschiedenen Stellen sehr wechselnd. Wo die Zone als Bryozoenkalk entwickelt ist, weist dieser eine starke Variation aus, ausserdem tritt Blegekreide und Korallenkalk in grosser Ausdehnung auf. Der Bryozoenkalk und die Blegekreide sind in der Regel stark geschichtet und mit Feuersteinschichten durchsetzt.

Lokalitäten mit Blegekreide: Nördlich von Bjerregrav Station (bei Skovvad Bro). Skillingbro, wo die Blegekreide auf dem Bryozoenkalk der Zone B liegt. Tved (nördlich von Station Hunstrup). Legind (an dem Nordende des Ove Sö). Eerslev. Helligkilde (Thyholm); die Blegekreide, die hier in grossen Gruben vorkommt und untergeordnete Schichten von korallenreichem Bryozoenkalk enthält, muss wahrscheinlich zur Zone C gerechnet werden. Thisted (östlich von der Stadt); der Kalk ist hier teilweise in der Steilküste bei Österodde, teils in der grossen Grube bei der Schlächtereier sichtbar (an der letzten Stelle mit untergeordneten Schichten von Bryozoenkalk).

Lokalitäten mit Bryozoenkalk: Ein Teil von dem Kalkbruch bei Faxe. Lendrup Strand am Lögstör Kanal; der ganze Kanal ist durch Kalk gegraben, der überwiegend Bryozoenkalk ist, doch geringere Mengen von Blegekreide enthält. Aggersborg Gaard (eine kleine Grube westlich von dem Hofe). Der Kalk hier muss am besten als Bryozoenkalk charakterisiert werden, enthält aber eine grosse Menge von Octocorallen

(*Moltkia Isis* STP. u. a.) und Hexacorallen (*Dendrophyllia candelabrum* HNG.). Hansted. Hjørdemaal. Døllerup (W v. Thisted).

Lokalitäten mit Korallenkalk: Der typische Korallenkalk ist bei ein Paar Bohrungen bei Spjellerup (SW v. Næstved) angetroffen worden, tritt aber nur in dem berühmten Kalkbruch bei Faxø zutage. Der Kalk hebt sich hier zu einer Höhe von 70 m über dem Meeresspiegel und bildet einen Hügel, der ein Areal von ca. $\frac{1}{2}$ km² einnimmt, in dem er in einem grossen offenen Bruch gebrochen wird. Man muss den Hügel als eine Korallenbank auffassen, die in einer ziemlichen Tiefe entstanden ist. Der Korallenkalk selber ist als eine ungeschichtete Masse von zusammengewachsenen Stöcken von Hexacorallen ausgebildet (*Dendrophyllia candelabrum* HNG., *Lobosammia faxensis* BECK), in geringerem Masse auch aus Octocorallen (*Moltkia Isis* STP.), deren Zwischenräume von erhärtetem Kalk ausgefüllt sind. Die Korallenbank wird von Bryozoenkalk umgeben, welcher in der Bank auch zum Teile mit dem Korallenkalk abwechselt. Die Korallenbank ist die Stätte eines sehr reichen Tierlebens gewesen: Haie, Krebstiere (*Dromiopsis rugosa* SCHLOTH.), Nautilen (*Nautilus danicus* SCHLOTH., *N. fricator* BECK, *N. Bellerophon* LDGR.), eine Menge von Schnecken und Muscheln (*Pleurotomaria niloticiformis* SCHLOTH., mehrere Arten von *Cerithium*, *Cypraea* und *Tritonium*; *Modiola Cottae* ROEM., *Arca* und *Cucullaea*, *Crassatella faxensis* RAVN, *Isocardia faxensis* LUNDGR.), eine Reihe von Brachipoden (*Rhynchonella flustracea* SCHLOTH., Echinodermen (u. a. *Cyathidium Holopus* STP., *Temnocidaris danica* DESOR.) usw. kommen vor.

Was die Fauna angeht, so wird die Zone C durch die Anwesenheit von einer Reihe von neu hinzugekommenen Leitfossilien als das jüngere Danium charakterisiert (die Zonen C+D): *Terebratula lens* NILS., *Tylocidaris vexillifera* SCHLÜT. f. β , *Ceratotrochus saltholmensis* BR. N., *Isis vertebralis* HNG., *Brissopneustes suecicus* SCHLÜT., *Serpula dentata* BR. N., *S. undulifera* BR. N., *Ditrupa Schlotheimi* RSKR., *Rhynchonella*

incurva SCHLOTH. *typ.*, *Scalpellum Steenstrupi* BR. N. Gleichzeitig mit diesen sind die folgenden Arten aus der Zone B noch anwesend: *Terebratula fallax tenuis* BR. N., *Metopaster mammilatus* GABB. *typ.*, *Brissopneustes danicus* SCHLÜT. *Serpula distincta* BR. N., *S. erecta* BR. N., *Rhynchonella incurva fax*. POSS.

Ueberhaupt ist diese Fauna bedeutend reicher, als die der Zone B.

Zone D.

Die Ablagerungen der Zone D wechseln gleichfalls stark; ein Verhältnis, das im wesentlichen darauf zurückzuführen ist, dass die Hebung des Meeresbodens, die schon beim Uebergang von dem älteren zum jüngeren Danium eingeleitet worden war, sich nun stärker bemerkbar macht, so dass wenigstens die Ablagerungen in Ost-Sjælland teilweise in sehr geringer Tiefe entstanden sind (Trümmerkalk und Kalksandkalk); im übrigen kommen sowohl Blegekreide als Bryozoenkalk wie in den vorhergehenden Zonen vor.

In Jylland ist die Blegekreide das Hauptgestein innerhalb von Zone D, und der grösste Teil der Lokalitäten dieses Gesteines in diesem Landesteil gehört hierher. Von typischen Lokalitäten können folgende genannt werden: Bredstrup Klint bei Grenaa, die Fundstellen in der Gegend um Klavsholm (SO v. Randers) und in der Nähe der Station Bjerregrav, an Mariager Fjord, Roldtved (im Rold Wald) und mehrere andere Stellen in Himmerland; Thisted (W v. der Stadt), Fröslevvang auf Mors, Hjerm, Sevel, Davbjerg und Mönsted. Ueberlagert von den Tonablagerungen des Paleocäns (Selandiums), hat man die Blegekreide der Zone D bei Hvallöse und Svejstrup in der Gegend von Randers angetroffen, wie auch bei mehreren Bohrungen; bei einer Bohrung bei Skive scheint die Zone D als Bryozoenkalk ausgebildet zu sein, während sonst Bryozoenkalk innerhalb von Zone D in Jylland nur in ganz untergeordneten Schichten auftritt.

Auf Fyn und Langeland ist das Danium im allgemeinen als Bryozoenkalk entwickelt, doch in verschiedenen Fällen auch als Blegekreide. Der Kalk tritt bei Rejstrup und an anderen Stellen in der Gegend um Nyborg zutage (doch ist

es möglich, dass er nicht ansteht) und ist ausserdem bei einer grossen Anzahl von Bohrungen, teilweise von Selandium überlagert, angetroffen worden. Nur Zone D hat man bisher mit Sicherheit auf Fyn und Langeland nachweisen können.

Auf Lolland hat man das Danium bei einer Bohrung bei Branderslev (N v. Nakskov) angetroffen, auch hier als Bryozoenkalk, der zu Zone D gerechnet werden kann.

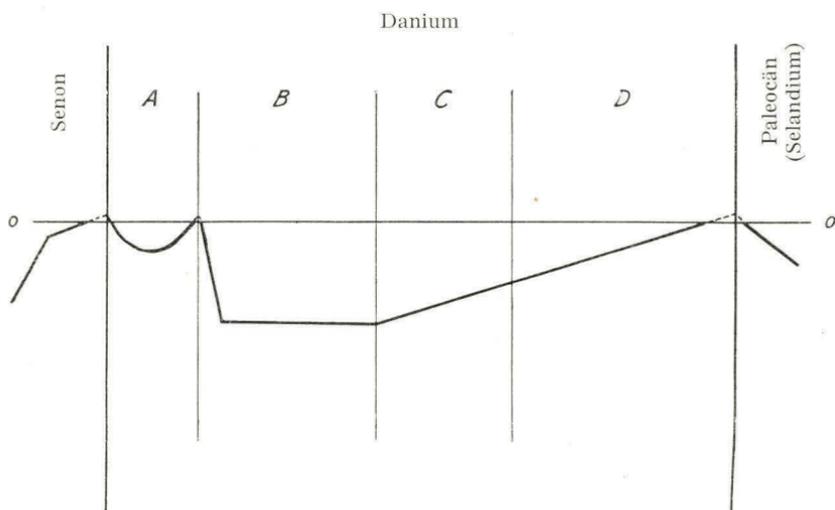


Fig. 8. Schematische Darstellung der Hebungen und Senkungen während der Danium-Zeit. (Nach ØDUM).

Auf Sjælland kann eine Reihe von Funden zu dieser Zone gerechnet werden. Bei Herfølge trifft man Bryozoenkalk, der von einem groben Trümmerkalk überlagert wird; beide gehören zu Zone D; dasselbe gilt auch für einen Teil des Bryozoenkalks in Faxø. Die Ausgrabungen im Hafen bei København haben die jüngste Schicht des Daniums blossgelegt (teilweise von den Ton- und Grünsandablagerungen des Selandiums bedeckt), welche hier als Kalksandkalk ausgebildet ist, und auf Saltholm finden sich gleichfalls Flachwasserbildungen in verschiedenen Entwicklungen.

Die Verhältnisse an verschiedenen von diesen Lokalitäten zeigen, dass die in Betracht kommenden Kalkablagerungen in unmittelbarer Nähe einer Küste gebildet worden sein müssen, die aus Danium-Kalk bestanden hat. ROSENKRANTZ¹⁴

erklärt dies dadurch, dass er die Bildung von grösseren Verwerfungen in diesen Gegenden am Ende der Daniumzeit annimmt.

Faunistisch wird Zone D dadurch charakterisiert, dass ein Teil von den von Zone C her bekannten Arten verschwunden ist (*Terebratula fallax tenuis*, *Metopaster mammilatus* typ. u. a.), und dass gleichzeitig eine ganze Reihe von neuen Arten hinzugekommen ist: *Crania tuberculata* NILS. typ., *Argiope scabricula* KOEN., *A. Johnstrupi* POSS., *A. Cimbrorum* BR. N., *Graphularia Grönwalli* BR. N., *Serpula Hisingeri* LUNDGR., *Terebratula fallax* LUNDGR. typ., *Lima testis* GRW., *L. bisulcata* RAVN, *Plicatula Ravni* RSKR.

Zone D entspricht ungefähr GRÖNWALL'S Zone mit »*Crania*

Paleocän.

(Selandium)

Danium	Oberes	D	Trümmerkalk Kalksandkalk Blegekreide Bryozoenkalk	<i>Crania tuberculata</i> typ. Die <i>Argiope scabricula</i> -Gruppe	<i>Terebratula lens</i>	<i>Dromiopsis rugosa</i> .
		C	Blegekreide Bryozoenkalk Korallenkalk	<i>Terebratula fallax tenuis</i> <i>Metopaster mammilatus</i> typ.	und <i>Tylocidaris vexillifera</i> β	<i>Peecten tessellatus</i> .
	Unteres	B	Bryozoenkalk	<i>Terebratula fallax tenuis</i> <i>Metopaster mammilatus</i> typ.	<i>Tylocidaris vexillifera</i> α & γ und	<i>Bourquetierinus danicus</i> .
		A	Blegekreide	<i>Metopaster mammilatus</i> typ. <i>Echinocorys ovatus</i>	<i>Cyclaster Brünnichi</i>	<i>Echinocorys sulcatus</i> .

Senon.

tuberculata« (wozu GRÖNWALL¹⁶ doch auch Ablagerungen rechnete, die nun zum Selandium gerechnet werden) und ROSENKRANTZ's »Unterer Craniakalk«. ¹⁵

Die Danium-Zeit wird durch eine kurzdauernde Senkung eingeleitet, während welcher die Zone A abgelagert wurde, die wiederum von einer Hebung unterbrochen wurde. Doch auch diese dauerte nur sehr kurze Zeit, und das Maximum der Daniumsenkung trat wahrscheinlich während der Ablagerung des Bryozoenkalks der Zone B ein. Mit der Bildung von Zone C machte sich eine beginnende Hebung bemerkbar, die mit dem Abschluss des Daniums kulminierte. Vergl. Fig. 8.

Zone A erreicht nur eine geringe Mächtigkeit (die grösste beobachtete Dicke beträgt 6 m); Zone B erreicht eine Mächtigkeit von 30 und 40 m. Die gesammte Mächtigkeit des Daniums scheint durchschnittlich auf 100 bis 200 m angesetzt werden zu müssen, wovon also der grösste Teil auf das Obere Danium, die Zonen C+D, entfällt.

Hilmar Ödum.

Literatur.

Abkürzungen:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening.
København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiske Undersökning.

Vid. Selsk. Skr. = Det kongelige danske Videnskabernes Selskabs
Skrifter.

1. NIELSEN, K. BRÜNNICH. 1919: En Hydrocoralfauna fra Faxe og Bemærkninger om Danien'ets geologiske Stilling. Avec résumé en français: Une faune d'hydrocoraux de Faxe, et Remarques sur la condition géologique du danien. D. G. U. IV. Række. Bd. 1. Nr. 10. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 16.
2. RAVN, J. P. J. 1925: Sur le Placement géologique du Danien. D. G. U. II. Række, Nr. 43.
3. MALLING, C. 1920: Den marine Lias og Wealden-Aflejringer paa Bornholm. Dansk geol. Foren. Bd. 5, S. 55 (Referat).
4. RAVN, J. P. J. 1925: Det cenomane Basalkonglomerat paa Bornholm. Avec résumé en français: Sur le conglomérat

- de base du Cénomanién de l'île de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 42.
5. RAVN, J. P. J. 1916: Kridtaflejringerne paa Bornholms Sydvestkyst og deres Fauna.
 - I. Cenomanet. Avec résumé en français: Les dépôts cretaciques de la côte sud-ouest de Bornholm. I Le Cénomanién. D. G. U. II. Række, Nr. 30.
 6. RAVN, J. P. J. 1918: II. Turonet. Avec résumé en français: Le Turonien de la côte sud-ouest de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 31.
 7. RAVN, J. P. J. 1921: III. Senonet. IV. Kridtaflejringerne ved Stampe Aa. Avec résumé en français: Le Sénonien de la côte sud-ouest de Bornholm et les dépôts crétacés à la rivière de Stampe Aa. D. G. U. II. Rk., Nr. 32.
 8. BONNESEN, E. P., BØGGILD, O. B. og RAVN, J. P. J. 1913: Carlsbergfondets Dybdeboring i Grøndals Eng ved København 1894—1907 og dens videnskabelige Resultater. København.
 9. RAVN, J. P. J. 1902—03: Molluskerne i Danmarks Kridtaflejringer. Vid. Selsk. Skr. 6 R., nat.-math. Afd., Bd. XI, Nr. 2, 4 og 6.
 10. NIELSEN, K. BRÜNNICH. 1909: Brachiopoderne i Danmarks Kridtaflejringer. Vid. Selsk. Skr. 7. R., nat.-math. Afd., Bd. VI, Nr. 4.
 11. NIELSEN, K. BRÜNNICH. 1920: Inddelingen af Danien'et i Danmark og Skaane. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 19.
 12. ØDUM, H. 1926: Studier over Danien i Jylland og paa Fyn. With a Summary of the Contents: Studies of Jutland and Funen Danian. D. G. U. II. Række, Nr. 45.
 13. ROSENKRANTZ, A. 1924: Nye Iagttagelser over Cerithiumkalcken i Stevns Klint. Dansk geol. Foren. Bd. 6, S. 28 (Referat).
 14. ROSENKRANTZ, A. 1925: Undergrundens tektoniske Forhold i København og nærmeste Omegn. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 26.
 15. ROSENKRANTZ, A. 1920: Craniakalk fra Københavns Sydhavn. Avec résumé en français: Calcaire à Crania du port sud de Copenhague. D. G. U. II. Række, Nr. 36.
 16. GRÖNWALL, K. A. 1899: Danmarks yngsta krit- och äldsta tertiäraflagringer. Förhandlingar vid 15de Skandinaviska Naturforskaremötet i Stockholm 1898.
-

Tertiär.

Ablagerungen aus der Tertiärzeit haben in Dänemark eine sehr grosse Verbreitung, indem sie weit über die Hälfte des ganzen Landes einnehmen, nämlich Mittel- und West-Sjælland, die Südspitze von Falster und die Südwestecke von Lolland, fast die ganze fünische Inselgruppe (mit Ausnahme von Nord-Langeland und einer Partie um Nyborg) und den Teil von Jylland, der südlich von einer etwas gewundenen Linie liegt, die von der Südküste des Kattegats, etwas südlich von Grenaa bis zur Nordseeküste, etwas nördlich vom westlichen Ausfluss des Limfjords verläuft. Das Tertiär ist jedoch so gut wie immer von mehr oder weniger mächtigen Quartärablagerungen bedeckt, so dass es nur in einer Reihe von Steilküsten und in grösseren und kleineren Gruben zugänglich ist, wo man Mergel für die Landwirtschaft oder Ton zur Ziegel- und Zementfabrikation gegraben hat. Ausserdem hat man das Tertiär bei Brunnenmacherarbeiten und namentlich bei einer grossen Anzahl von Tiefbohrungen getroffen; besonders die letzteren haben unsere Kenntnis dieser Ablagerungen ausserordentlich vermehrt.

Die Beschaffenheit dieser Ablagerungen ist sehr verschiedenartig. Es handelt sich hier fast ausschliesslich um terrigene Sedimente, indem reine oder fast reine Kalksteine — im Gegensatz zu den Verhältnissen in der dänischen Kreideformation — äusserst selten sind. Die Hauptmasse wird von Mergel und Ton gebildet, die zum Teil Glaukonit oder Glimmer und meistens wechselnde Mengen von Quarzkörnern enthalten. Mehr oder weniger reine Sandablagerungen, die gelegentlich zu Sandstein umgebildet sind, spielen ebenfalls eine grosse Rolle, besonders innerhalb der jüngeren Teile der Schichtenserie. Als untergeordnete Schichten kommen

teils Braunkohle, teils Diatomeenerde vor. In den Schichten der Diatomeenerde finden sich Schichten von vulkanischer Asche, welche die einzigen vulkanischen Produkte in dem Boden von Dänemark sind, wenn man von Bornholm, den färöischen Inseln und den Geschieben, die in unseren Quartärablagerungen vorkommen, absieht.

Die Beobachtung von natürlichen Profilen und namentlich von Bohrungen scheint zu zeigen, dass die Schichtenlage der Ablagerungen im allgemeinen die ursprüngliche ist. Doch erkennt man häufig recht umfassende Störungen, die in den meisten Fällen auf glaziale Einwirkungen zurückzuführen sind, doch auch durch Erdbeben in neuerer Zeit entstanden sein können. Eine mitwirkende Ursache dieser Störungen muss vermutlich in den fettigen Tonschichten gesucht werden, die auf verschiedenem Niveau in dem dänischen Tertiär angetroffen werden.

Stratigraphische Untersuchungen haben gezeigt, dass marine Ablagerungen bei weitem die Hauptrolle spielen; doch mindestens in zwei (vielleicht in drei) verschiedenen Niveaus wird die marine Schichtenserie von Lakunen unterbrochen, die jedoch ganz oder teilweise von limnischen Bildungen ausgefüllt worden sind. Man hat alle Abteilungen des Tertiärsystems in Dänemark nachweisen können; doch ist das Vorkommen der obersten Abteilung, des Pliozäns, etwas zweifelhaft. Nach unserer jetzigen Kenntnis kann man das dänische Tertiär wie folgt einteilen.*)

*) Die Verbreitung der Unterabteilungen der einzelnen Etagen kann noch nicht festgestellt werden und ist deshalb nicht auf der Karte Tafel I angegeben.

In der letzten Zeit hat man in Dänemark begonnen, den Plastischen Ton zum Paleozän zu rechnen, weil man in England und Frankreich im allgemeinen die gleichaltrigen Schichten zu dieser Abteilung rechnet. Wie man später sehen wird, ist es nicht ausgeschlossen, dass der oberste Teil des dänischen Plastischen Tons mit Ablagerungen gleichgestellt werden muss, die man in England und Frankreich zum Eozän rechnet. Da der Plastische Ton indessen in petrographischer Beziehung eine Einheit bildet, und da keine bestimmte Grenze zwischen seinen beiden Stufen angegeben werden kann, wird es zweckmässiger sein, ihn in seiner ganzen Ausdehnung zu einer und derselben Abteilung zu rechnen, wie man es bisher fast immer in Dänemark und Deutschland getan hat.

Einteilung des dänischen Tertiärs.

Pliozän	limnisch	?Mehr oder weniger grobkörniger Sand mit kleinen, silurischen Geröllen in der Gegend von Vejle.
Oberes Miozän	marin	Dunkler, sandiger Glimmerton («Astarte Ton») in Westjylland.
Mittleres Miozän	marin	Glimmersand und Glimmerton bei Skyum SSW von Thisted, Skive, am Mariager Fjord u. a. und in vielen Bohrungen bei Varde, Viborg, Endrupholm östlich von Esbjerg u. a.
Unteres Miozän	limnisch	Glimmersand und Glimmerton mit Braunkohlen in Zentraljylland. ?Glimmersand und Glimmerton bei Vejle, Fredericia usw.
Oberes Oligozän	marin	Schwarzer, fetter Glimmerton bei Vildsund, SSW von Thisted. Dunkelgrüner, glaukonithaltiger Ton am Mariager Fjord, bei Aarhus, Albæk-hoved nahe bei der Mündung des Vejle Fjords und Hindsgavl bei Middelfart.
Mittleres Oligozän	marin	Grauer Septarienton bei Branden (NW-Jylland), Skive, im unteren Gudenaa Tal, Faarup NW von Randers, Mariager Fjord usw. Sandiger Ton bei Aarhus und Odder, NO von Horsens.
Unteres Oligozän	limnisch	Nur als Geschiebe von Katholm bei Grenaa her bekannt.
Oberes Eozän		Fehlt?
Mittleres Eozän	marin	?Grauer, plastischer Ton am Kleinen Belt («Rösnæs-Ton», «Lillebelt Ton»).
Unteres Eozän	marin	Roter (und grauer?), plastischer Ton («Rösnæs Ton», «Lillebelt Ton») und Moler mit vulkanischer Asche in Thy, auf Mors, am Mariager Fjord, Røgle Klint, Fredericia, Rösnæs, Süd-Langeland, Lolland usw.

Oberes Paleozän	marin	?Grauer, kalkfreier Ton bei Klitgaard (Mors)? Rugaard bei Grenaa und bei zahlreichen Bohrungen im NW von Sjælland, auf Fyn und Jylland.
Mittleres Paleozän	marin	?Hellgrauer Mergel (»Kertemindemergel«) auf Sjælland und Fyn und bei Rugaard bei Grenaa.
Unteres Paleozän	marin	Glaukonitmergel in Köbenhavn, bei Hvalölse und in Djursland. Grünsandkalk bei Lellinge westlich von Köge. Grünsandkonglomerat (»Oberer Crania-kalk«, »Echinodermenkonglomerat«).

Paleozän.

Wo man in Dänemark Gelegenheit gehabt hat, die Grenze zwischen Kreide und Tertiär zu untersuchen, hat sich diese immer als sehr scharf erwiesen. Das unterste Glied des Tertiärs gehört zum Paleozän (»Selandium«), und ruht im allgemeinen auf dem Danium; bei ein paar Bohrungen scheint die Unterlage nach BÖGGILD's¹ Untersuchungen jedoch Schreibkreide zu sein. Nur ziemlich wenige Bohrungen gehen durch das ganze Paleozän, dessen Mächtigkeit 28—60 m beträgt, doch hat man bei anderen Bohrungen noch weit grössere Mächtigkeiten gefunden (bis zu 112 m). Man hat Grund anzunehmen, dass diese sehr mächtige Ablagerung nicht einer einzelnen Stufe innerhalb des Paleozän angehört, sondern, dass sie diese Abteilung in ihrer ganzen Ausdehnung repräsentiert. Es ist nämlich gegeben, dass wir in dem Glaukonitmergel von dem westlichen Gaswerk in Köbenhavn das ältere Paleozän vor uns haben, während der graue, kalkfreie Ton bei Hanklit auf Mors allmählich in das allerälteste Eozän überzugehen scheint und deshalb wohl nicht viel älter als dieses sein kann. Die im folgenden durchgeführte Dreiteilung des dänischen Paleozäns gründet sich hauptsächlich auf petrographische Verhältnisse, doch, was die beiden ersten Abschnitte angeht, gleichzeitig auch auf paläontologische. Indessen bestehen, wie BÖGGILD gezeigt

hat, Möglichkeiten, dass der Unterschied zwischen den drei Stufen auf den Unterschied in den Fazies zurückzuführen ist. Eine sichere Entscheidung dieser Verhältnisse muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Das Unterpaleozän beginnt fast immer (bei Köbenhavn Hafen, Hvallöse bei Randers) mit einem Basalkonglomerat (»Oberer Craniakalk«), das zum grössten Teil aus mehr oder weniger gerollten Fragmenten von Kreideversteinerungen und nicht gerollten Schalen von paleozänen Mollusken besteht.^{2,3,26-4} Darauf folgen glaukonithaltiger Sand und sandiger, graugrüner Mergel; dieser letztere enthält, namentlich am westlichen Gaswerk von Köbenhavn eine sehr reichhaltige, von MÖRCH⁵ und v. KOENEN⁶ beschriebene Fauna mit *Corbula* cfr. *regulbiensis* MORR., *Dentalium rugiferum* v. K., *Turritella nana* v. K., *Scalaria Johnstrupi* MÖRCH, *Natica detrita* v. K. und *N. detracta* v. K., *Aporrhais gracilis* v. K., *Voluta nodifera* v. K. u. a. Eine ähnliche reiche Fauna hat man auch in dem Sundkrog (Nordhafen von Köbenhavn) gefunden;^{7,27} ferner ist sie von Lellinge und von Köge her bekannt, wie auch von Hvallöse bei Randers, Korup im Djursland und aus zahlreichen Geschieben.⁸⁻⁹

Zum Mittelpaleozän kann man wohl die Ablagerungen rechnen, die eine weite Verbreitung in West- und Mittel-Sjælland, auf Fyn (Steilufer bei Kerteminde) und in Ost-Jylland (Jensgaard, Rugaard) haben; sie sind namentlich bei zahlreichen Bohrungen angetroffen. Sie bestehen aus beinahe sandfreiem, grauen Mergel mit untergeordneten, hornsteinartigen Schichten und werden gewöhnlich als »Kerteminde-mergel« bezeichnet. Der Gehalt an kohlen-sauren Kalk ist recht verschieden; durchschnittlich kann man ihn auf ca. 50 % ansetzen. Sehr oft begegnet man in diesem Mergel Spongienadeln, Foraminiferen und Diatomeen; die Schalen der letzteren sind in Schwefelkies verwandelt. Makroskopische Fossilien sind in der Regel selten, doch ist, besonders von Rugaard eine ziemlich reiche Molluskenfauna bekannt, die ausser zahlreichen Arten aus dem Unterpaleozän (namentlich *Lima testis* GRÖNW. (= *L. Geinitzi* v. HAG.) und *Pecten sericeus* GRÖNW.) *Discohelix Pingelii* MÖRCH sp. und *Fusus cimbricus* GRÖNW. enthält.¹⁰

Bei vielen Bohrungen im nordwestlichen Sjælland, auf Fyn und in Jylland hat man über dem Kertemindemergel eine ziemlich mächtige Ablagerung von grauem, kalkfreiem Ton ohne Versteinerungen gefunden, und ähnliche Ablagerungen treten an der Nordküste von Mors und bei Ruugaard zutage. Sie werden von den, im Folgenden zu besprechenden Tonablagerungen mit vulkanischem Tuff überlagert. Von USSING¹¹ sind sie mit einigem Vorbehalt zum Oberpaleozän gerechnet worden, doch besteht nach BÖGGILD's Untersuchungen die Möglichkeit, dass wir es hier mit einer kalkfreien Fazies des Kertemindemergels zu tun haben.

Eozän.

Zu dieser Etage rechnet man den Plastischen Ton mit der dazugehörenden »Molerformation« und deren Schichten von vulkanischer Asche. Die gesamte Mächtigkeit ist etwas verschieden (von 34 bis über 165 m). Wie die Grenze zwischen dem Paleozän und dem Eozän ist, weiss man nicht; doch sieht es bei Klitgaard auf Mors so aus, als ob die beiden Formationen allmählich in einander übergehen.¹ Bei Bohrungen hat es sich gezeigt, dass das Eozän in der Regel mit einer Serie von vulkanischen Tuffschichten, die mit Tonschichten abwechseln, anfangen; am besten ist jedoch dieser Teil des Eozäns durch die in Steilküsten vorkommenden, dislocierten Ablagerungen bekannt, wo, an die Stelle von Ton, Diatomeenkiesel (Moler) getreten ist. Diese Ablagerungen die seit Alters her den Name »Molerformation« tragen, sind in den westlichen Limfjords-Gegenden (Thy, Mors, Fur, Ertebölle) sehr verbreitet und sind ausserdem am Mariager Fjord und am Kleinen Belt (Røgle Klint) wie auch auf Røsnæs angetroffen. An allen diesen Stellen sind sie überall starken, glazialen Störungen ausgesetzt gewesen und liegen wohl kaum irgendwo auf primärem Lager, sondern sind — in jedem Falle stellenweise — vom Eis über Quartärablagerungen in den Randmoränen geschoben worden.¹¹

Der Moler ist eine dünnblättrige Ablagerung von weissem oder hellgrauem, etwas tonhaltigem Diatomeenkiesel mit zahlreichen Schichten von vulkanischen Tuffen und Sand, mit

eingelagerten konkretionären Linsen und Bänken eines unreinen, grauen Kalksteins (»Zementstein«). Er enthält, ausser einzelnen Mollusken (*Cassidaria* sp., *Valvatina raphistoma* STOLLEY) und einer Anzahl von bisher nicht beschriebenen Resten von Knochenfischen und einzelnen Blättern (*Cocculites Kanei* HEER.), eine sehr reichhaltige Flora von Salzwasserdiatomeen (Arten von *Coscinodiscus*, *Trinacria*, *Triceratium*, *Corinna* usw.); ausserdem kommen hier Reste von Dictyochiden¹² vor. In dem Moler selber sind die Diatomeen mehr oder weniger zerstört, während sie in dem Zementstein besonders gut erhalten sind. Die vulkanischen Schichten sind besonders von USSING¹¹ und BÖGGILD¹ untersucht worden. Sie werden teilweise von Asche, teilweise von mehr oder weniger fest zusammengekittetem Tuff gebildet. Die allermeisten Schichten sind basaltisch, und ihre Farbe ist dunkel; einzelne Schichten sind dagegen andesitisch oder liparitisch und ihre Farbe ist hell. Innerhalb der einzelnen Schichten nimmt die Korngrösse von unten nach oben ab, woraus man ersehen kann, dass jede Schicht von einem besonderen Aschenregen herrührt, dessen Körner durch das Sinken im Wasser nach der Grösse sortiert worden sind. Der gegenseitige Abstand der einzelnen Schichten ist sehr verschieden; in einzelnen Fällen haben sich Doppelschichten gebildet, indem zwei Lagen in unmittelbarem Kontakt liegen. Indem man die wechselnde Dicke der Schichten, ihren gegenseitigen Abstand und ihre petrographische Beschaffenheit in Betracht zog, ist es möglich gewesen, den einzelnen Schichten von einer Lokalität zur anderen zu folgen. Es hat sich weiterhin gezeigt, dass die »Molerformation« in zwei Abteilungen zerlegt werden kann, in eine untere, ca. 30 m mächtige Abteilung mit 39 Aschenschichten, die zusammen nur 0,62 m Mächtigkeit besitzen, und in eine obere, bis zu 27 m mächtige Abteilung, mit nicht weniger als 140 Aschenschichten, deren gemeinsame Dicke 3,68 m beträgt. — Vulkanischer Tuff, wie der im Moler gefundene, findet sich oft in Geschieben überall in Jylland und Norddeutschland und ist ausserdem bei zahlreichen Bohrungen, teils in Dänemark (Skive, Wedellsborg usw.), teils in Holstein und Nordhannover²⁸ gefunden worden, wie er auch in der Gegend von Hamburg und auf

der Greiswalder Oie zutage tritt.²⁹ Sonderbarerweise hat man bei diesen Bohrungen keine Spuren von Moler gefunden, aber es sieht so aus, als wäre dieses Gestein hier durch Plastischen Ton ersetzt worden.

Ueber der »Molerformation« folgt eine Ablagerung von Plastischem Ton, der fast immer stark rot gefärbt ist. Ebenso wie der übrige, noch höher in der Schichtenserie liegende graue Ton, ist er ausserordentlich fett und plastisch und enthält so gut wie ausschliesslich kolloidale Bestandteile; doch ist der Gehalt an kohlensaurem Kalk fast immer grösser als in dem jüngeren Plastischen Ton. Ueberhaupt sind in Plastischem Ton (»Rösnæs-Ton«, »Lillebelt-Ton«) Konkretionen von Toneisenstein und Baryt nicht selten. Wo dieser Ton an Steilküsten sichtbar wird, entstehen oft grosse Erdrutsche (z. B. bei Røgle Klint). Solange er nämlich nicht eingetrocknet ist, bildet er eine feste Masse, und beim Eintrocknen wird er fast steinhart. Aber wird er nach dem Eintrocknen wieder feucht, wird er schnell zu einem mehr oder weniger leichtflüssigen Teig aufgeweicht, indem er Wasser in grossen Mengen aufsaugt. — Die Fauna im Plastischen Ton ist sehr arm. In der unteren, meist rötlichen Abteilung hat man einzelne, bisher nicht bearbeitete Foraminiferen und einzelne Brachiopoden gefunden, doch ist hier das Vorkommen einer Krabbe, *Plagiolophus Wetherelli* BELL. am wichtigsten, weil es zeigt, dass diese Abteilung gleichaltrig mit dem London Clay ist und deshalb zum Untereozän gerechnet werden muss.¹³ Die Richtigkeit dieser Altersbestimmung wird von der etwas reicheren Fauna unterstützt, die man in entsprechenden Ablagerungen in Nord-Hannover gefunden hat (bei Hemmoor). — Der Plastische Ton tritt namentlich an den Steilufern von Rösnæs und am Kleinen Belt zutage. Ausserdem ist er bei zahlreichen Bohrungen in NW-Sjælland, SW-Lolland, den Südfünischen Inseln, NW-Fyn, Ost-Jylland und bei Frijsenborg und Skive gefunden worden.

Bei Bohrungen hat es sich gezeigt, dass der Plastische Ton eine Mächtigkeit von weit über 100 m erreichen kann. Da man wohl annehmen muss dass die Ablagerung dieses ausserordentlich feinen Sedimentes ausserordentlich langsam vor sich gegangen ist, liegt es nahe zu vermuten, dass die oberen

Schichten bedeutend jünger sein können, als die unteren. Leider ist die Fauna, besonders in den oberen Schichten sehr arm und giebt uns nur wenig Aufschluss über das Alter. Doch scheint das Vorkommen einer *Avicula*, die vermutlich mit der aus dem belgischen Bruxellien beschriebenen *A. (Aviculoperna) limaeformis* VINC. identisch ist, dafür zu sprechen, dass in jedem Fall ein Teil des grauen Plastischen Tons, der über dem roten liegt, zum Mitteleozän gerechnet werden kann. Wegen der Armut an Fossilien wird es sicher sehr schwierig werden, die Grenzen zwischen diesem vermuteten Mitteleozän und dem mit Sicherheit nachgewiesenen Untereozän zu ziehen, und man kann auch zur Zeit nicht entscheiden, einen wie grossen Teil des Eozäns der graue Plastische Ton repräsentiert. Die marine Ablagerung, die in Dänemark auf den Plastischen Ton folgt, gehört zum Mitteloligozän, und da man annehmen muss, dass das Unteroligozän durch eine Lakune repräsentiert ist, ist es möglich, dass diese Lakune auch die oberste Eozän-Stufe in sich schliesst.

Oligozän.

Anstehende unteroligozäne Ablagerungen sind in Dänemark nicht bekannt. Dagegen hat man bei Katholm in Djursland ein paar Geschiebe gefunden, die Schalen von *Melanopsis* sp. und *Cyrena (Corbicula) sp.* aber doch namentlich zahlreiche Schalen von *Paludina lenta* Sow. enthalten; diese Geschiebe sind auf Grundlage dieser Fauna von GOTTSCHKE mit dem Unteroligozän in Verbindung gebracht worden.¹⁴ Da die Geschiebe aus einer Süsswasserablagerung stammen müssen, hat man Grund zu vermuten, dass die marine Schichtenserie in Dänemark beim Uebergang vom Eozän zum Oligozän durch eine Regression unterbrochen worden ist, wodurch in jedem Falle ein Teil des Landes über das Meer erhoben wurde.

Zum Mitteloligozän muss man einen Teil von mehr oder weniger sandigen, fast immer etwas glaukonit- oder glimmerhaltigen Tonablagerungen rechnen, die in einem Landstrich von der Gegend von Aarhus ganz bis nach Branden in Nord-Salling verbreitet sind; an der Ostküste von Jylland

sind sie stellenweise, nach Norden bis zum Mariager Fjord, nach Süden bis nach Odder, gefunden worden. Gegen Südosten (bei Aarhus) sind diese Ablagerungen sandiger und besonders durch das Vorkommen von *Leda Deshayesiana* DUCH. charakterisiert; diese Art wird nach Nordwesten zu immer seltener (das Gudena-Tal zwischen Langaa und Bjerringbro) und zuletzt (in Salling) verschwindet sie vollständig, während gleichzeitig die Ablagerungen immer weniger sandig werden und nun oft Kalkkonkretionen enthalten, die im Inneren rissig sind (»Septarien«). Im ganzen enthält das dänische Mitteloligozän eine ziemlich reiche Fauna, die von v. KOENEN,¹⁵ RAVN¹⁶ und HARDER¹⁷ beschrieben worden ist; man hat besonders eine grössere Anzahl von Molluskenarten gefunden (*Nucula Chasteli* NYST, *Leda Deshayesiana* DUCH., *Cyprina rotundata* A. BRAUN, *Dentalium Kickxi* NYST, *Aporrhais speciosa* SCHLOTH. sp., *Cassidaria nodosa* SOL., *Buccinopsis danica* v. K., *Fusus biformis* BEYR., *F. Waeli* NYST, *Pleurotoma Selysi* DE KON., *Surcula regularis* DE KON. sp. usw.). Von anderen Tieren muss ein Wal, *Squalodon* (*Microzeuglodon?*) *Wingei* RAVN,¹⁸ hervorgehoben werden.

Das Oberoligozän ist zum Teil durch fette, glaukonit-haltige, dunkle Tonablagerungen repräsentiert (Cilleborg und andere Lokalitäten am Mariager Fjord, Aarhus), teils durch dunklen Glimmer-Ton mit kugelfundenen Kalkkonkretionen (um Vildsund); ferner tritt es stellenweise an der Ostküste von Jylland südlich von Aarhus (Jensgaard, Albækhoved) auf. Auf Fyn hat man es bei Hindsgavl gefunden, und die Beobachtungen bei einzelnen Bohrungen scheinen darauf zu deuten, dass es eine recht weite Verbreitung in dem südwestlichen Teil der Insel hat.³⁰ Die Fauna¹⁶⁻¹⁷ ist ziemlich reich an Arten, besonders an Mollusken (*Leda gracilis* DESH., *Limopsis Goldfussi* NYST sp., *Meretrix splendida* MER. sp., *Aporrhais speciosa* SCHLOTH. sp., *Cassis Rondeleti* BAST., *Fusus Steenstrupi* RAVN, *Pleurotoma Selysi* DE KON. und *Pl. Duchasteli* NYST, *Surcula regularis* DE KON. usw.).

Miozän.

Beim Uebergang vom Oligozän zum Miozän wird die marine Schichtenserie wieder unterbrochen. Das Unter-

miozän ist nämlich nur durch eine limnische Fazies bekannt. Es ist über fast ganz Mittel-Jylland verbreitet. Man findet hier wechselnde Ablagerungen von mehr oder weniger glimmerhaltigem Ton und Sand, die leider gar keine Versteinerungen zu enthalten scheinen. Ihre Mächtigkeit ist oft über 30 m. An vielen Stellen findet man in diesen Ablagerungen eine geringe Anzahl (2—4) von Braunkohlenschichten und in Verbindung mit diesen, Reste einer reichen Flora (Blätter, Früchte usw.). Namentlich in Gytjebildungen, die unmittelbar unter den Kohlenschichten liegen, aber auch an anderen Stellen auftreten können, trifft man auf solche Pflanzenreste, die manchmal besonders gut erhalten sind und in grossen Mengen auftreten (Silkeborg, Moselund). Diese Flora ist vor Jahren von HARTZ¹⁹ beschrieben worden und enthält ausser zahlreichen Diatomeen Blätter und Früchte von Nadel- und Laubbäumen (*Pinus Laricio Thomasiana* HEER, *Sequoia Langsdorffii* BRONG. sp., *Hydrocharis tertiaria* HARTZ, *Laurus tristaniaefolia* WEB. etc.). Die Resultate von neueren, sehr reichhaltigen Einsammlungen (besonders bei Moselund) sind noch nicht veröffentlicht worden. — In mehreren Gegenden von Jylland (z. B. am Kleinen Belt) trifft man auf Ablagerungen, die aus immer wechselnden, oft dünnblättrigen Schichten von mehr oder weniger glimmerhaltigem Ton und Sand bestehen, und oft grössere Mengen von Bitumen oder Holzresten enthalten, gelegentlich von Limonitschichten begleitet sind, aber keine Versteinerungen enthalten. Man hat wohl Grund, anzunehmen, dass man es hier mit Süsswasser- oder Lagunenbildungen zu tun hat, und die Ablagerungen müssen deshalb wohl am ehesten zum Untermiozän gerechnet werden.

In dem Mittelmiozän haben wir wieder das Tertiär in mariner Fazies ausgebildet. Die hierhergehörigen Ablagerungen bestehen aus Glimmersand und Glimmerton, oft in wechselnden Schichten. Man kennt sie am besten durch verschiedene Bohrungen in Jylland (Viborg, Skive, Varde, Endrupholm usw.). Früher sind sie in dem Steilufer von Skyum (Thy) sichtbar gewesen. Etwas zweifelhaft ist es dagegen, ob gewisse, am Mariager Fjord und bei Ulstrup vorkommende Ablagerungen von schwarzem, sehr sandigem Glimmerton hierher zu zurechnen sind. Namentlich von der Bohrung auf

dem Markt von Varde her kennt man die Fauna des Mittelmiozäns,¹⁶ in der man 53 Molluskenarten gefunden hat (*Portlandia pygmaea* MÜNST. sp., *Yoldia glaberrima* MÜNST. sp., *Maetra trinacria* SEMP., *Dentalium mutabile* DOD., *Cerithium spina* PARTSCH, *Aporrhais speciosa* SCHLOTH. sp., *Nassa cimbrica* RAVN, *Pleurotoma rotata* BROU. sp., *Ringicula striata* PHIL., *Vaginella depressa* DAUD. etc.). Fernerhin ist das Mittelmiozän in Geschieben über einen grossen Teil des westlichen Jylland verbreitet; von den Fundstellen für solche Geschiebe müssen besonders Balling (in Salling) und Maade (bei Esbjerg)²⁰ hervorgehoben werden. Weiterhin muss bemerkt werden, dass GRIPP²² und KAUTSKY²³ einen Teil der hier zum Mittelmiozän gerechneten Ablagerungen zum Untermiozän rechnen wollen, wogegen sich jedoch NÖRREGAARD gewendet hat.²⁴

Die marine Fazies wird im Obermiozän fortgesetzt, das über ganz West Jylland von den Limfjord-Gegenden bis zur Südgrenze Dänemarks verbreitet ist. Man trifft hier auf Ablagerungen von grauem Glimmerton (»Astarte-Ton«), der gelegentlich sehr fett, aber im allgemeinen doch ziemlich mit Sand vermischt und oft glaukonithaltig ist. Recht häufig finden sich in dem Ton runde Kalkkonkretionen, die in der Regel eine Krabbenschale enthalten. Versteinerungen¹⁶ treten in grossen Mengen auf (Skjærum Mølle, Esbjerg, Gram usw.); die Form, die am häufigsten auftritt ist *Astarte Reimersi* SEMP., aber ausserdem hat man ca. 50 Molluskenarten gefunden (*Nucula Georgiana* SEMP., *Isocardia Forchhammeri* BECK, *Natica helicina* BROU., *Cassis saburon* BROU., *Fusus eximius* BEYR. und *F. distinctus* BEYR., *Dolichotoma cataphracta* BROU. sp., *Pleurotoma turricula* BROU. sp., *Pleurotoma rotata* BROU. sp., *Conus antediluvianus* BRUG. u. a.). Ferner hat man einzelne Seehundsknochen gefunden und eine grössere Anzahl von Walknochen; ein Teil von den letzteren sind von WINGE²¹ auf *Hoplocetus curvidens* GERV. und *Plesiocetus* sp. hingeführt worden. Schliesslich müssen die Schild- und Knochenreste einer grossen, zu den Sphargiden gehörigen Schildkröte, *Psephophorus* sp., erwähnt werden.

Pliozän.

Mit dem Obermiozän wird das marine Tertiär in Dänemark abgeschlossen. Auf der Insel Sylt und an mehreren Stellen in Holstein hat man über dem obermiozänen Glimmer-ton mehr oder weniger kaolinhaltigen Sand mit kleinen Geröllen gefunden, die sich durch ihren Inhalt an Versteinerungen als Teile von Silurablagerungen erweisen. Man nimmt an, dass diese Gerölle aus dem schwedischen Ostseegebiet gekommen sind, und dass sie in der Pliozänzeit von einem Fluss an ihren jetzigen Ort gebracht worden sind. WOLFF²³ hat Silurgerölle in ähnlichen Sandablagerungen in Grejsdal bei Vejle nachgewiesen, was darauf deuten könnte, dass wir es auch hier mit pliozänen Flussablagerungen zu tun haben. Ueber den näheren Verlauf des Flusses, (oder der Flüsse), die dieses Material hierher geschleppt haben, weiss man nichts.

Die jetzige Oberfläche des Tertiärs ist sicher an keiner Stelle des Landes die ursprüngliche. Während der Eiszeit hat das Eis nämlich den obersten Teil des Tertiärs abgehobelt und entfernt, und häufig haben Stauchungen und Verschiebungen stattgefunden, so dass die Grenzfläche zwischen Tertiär und Quartär oft ausserordentlich unregelmässig geworden ist. Blickt man auf eine geologische Karte des Präquartärs von Dänemark (Tafel I), wird man bemerken, dass man — namentlich in Jylland — wenn man nach Südwesten geht, ständig auf immer jüngere Ablagerungen trifft. Die Ursache dieser Erscheinung mag darin liegen, dass die glaziale Erosion gegen Nordosten besonders stark gewesen ist, während sie nach Südwesten zu abgenommen hat; und in diesem Falle kann am Anfang der Quartärzeit über dem ganzen Lande eine gleichmässige Decke von Tertiärablagerungen gelegen haben, die möglicherweise sogar auch marines Pliozän enthalten hat. Aber verschiedene Verhältnisse scheinen darauf zu deuten, dass die Ursache eine andere ist, nämlich eine im grossen und ganzen stetig fortgesetzte Regression des Meeres. Diese Regression hat in jedem Fall vor dem Abschluss der Kreideperiode begonnen, und machte sich mehrere Male — mindestens, was einzelne Landesteile angeht — durch zeit-

weilige Emersionen bemerkbar. Es ist jedoch wohl nicht ausgeschlossen, dass tiefergehende, tektonische Störungen mit dazu beigetragen haben.

J. P. J. Ravn.

Literatur.

Abkürzungen:

- Dansk. geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.
 D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse. København.
 Vid. Medd. Naturh. Foren. = Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening. København.
 Vid. Selsk. Skr. = Det kongelige danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. København.

1. BØGGILD, O. B. 1918: Den vulkanske Aske i Moleret samt en Oversigt over Danmarks ældre Tertiærbjergarter. Avec résumé en français: Les cendres volcaniques du Moler (terre éocène à diatomées), avec un aperçu des roches tertiaires les plus anciennes du Danemark. D. G. U. II. Række, Nr. 33.
2. GRÖNWALL, K. A. 1899: Danmarks yngsta krit- och äldsta tertiäraflagingar. Förhandl. vid 15de skand. Naturforskaremötet i Stockholm 1898.
3. ROSENKRANTZ, ALFRED. 1924: De københavnske Grønsandslag og deres Placering i den danske Lagrække. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 23.
4. RAVN, J. P. J. 1925: Sur le Placement géologique du Danien. D. G. U. II. Række, Nr. 43.
5. MØRCH, O. 1874: Nye Tertiærforsteninger i Danmark. Forhandl. ved 11. skand. Naturforsker møde i Kjøbenhavn 1873.
6. VON KOENEN, A. 1885: Ueber eine Paleocäne Fauna von Kopenhagen. Abhandl. d. Königl. Gesellschaft d. Wissensch. zu Göttingen. Bd. 32. Göttingen.
7. ROSENKRANTZ, ALFRED. 1920: En ny københavnsk Lokalitet for forsteningsførende Paleocæn. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 20.
8. GRÖNWALL, KARL A. 1897: Block af paleocän från Köpenhamn. Dansk geol. Foren. Bd. 1, Nr. 4.
9. GRÖNWALL, KARL A. 1904: Forsteningsførende Bløkke fra Langeland, Sydfyn og Ærø samt Bemærkninger om de ældre Tertiærdannelser i det baltiske Omraade. Avec résumé en français: Blocs fossilifères de l'île de Langeland, du sud de

la Fionie et de l'île d'Æroë et Remarques sur les dépôts tertiaires anciens du territoire baltique. D. G. U. II. Række, Nr. 15.

10. GRÖNWALL, KARL A und HARDER, POUL. 1907: Paleocæn ved Rugaard i Jylland og dets Fauna. Avec résumé en français: Paléocène près de Rugaard en Jutland. D. G. U. II. Række, Nr. 18.
11. USSING, N. V. 1910: Dänemark. Handbuch d. regional. Geologie. Bd. I, Abteil. 2, Heft 1. Heidelberg.
12. STOLLEY, E. 1899: Ueber Diluvialgeschiebe des Londonthons in Schleswig-Holstein etc. Archiv für Anthrop. u. Geol. Schleswig-Holsteins. Bd. 3. Kiel u. Leipzig.
13. RAVN, J. P. J. 1906: Om det saakaldte plastiske Lers Alder. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 12.
14. GOTTSCHÉ, C. 1883: Die Sedimentaer-Geschiebe der Provinz Schleswig-Holstein. Yokohama.
15. VON KOENEN, A. 1886: Ueber das Mittel-Oligocæn von Aarhus in Jütland. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellschaft. Bd. 38. Berlin.
16. RAVN, J. P. J. 1907: Molluskfaunaen i Jyllands Tertiæraflejringer. Avec résumé en français: Recherches sur la stratigraphie du tertiaire en Jutland. Vid. Selsk. Skr., 7. Række, naturv. og math. Afd. Bd. 3.
17. HARDER, POUL. 1913: De oligocæne Lag i Jærnbanegennemskæringen ved Aarhus Station. Avec résumé en français: Les dépôts oligocènes de la tranchée du chemin de fer près de la gare d'Aarhus. D. G. U. II. Række, Nr. 22.
18. RAVN, J. P. J. 1926: On a Cetacean, Squalodon (Microzeuglodon?) Wingei nov. sp. from the Oligocene of Jutland. Dansk geol. Foren. Bd. 7.
19. HARTZ, N. 1909: Bidrag til Danmarks tertiære og diluviale Flora. With an English Summary of the Contents: Contributions to the tertiary and pleistocene Flora of Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 20.
20. NØRREGAARD, E. M. 1916: Mellem-miocæne Blokke fra Esbjerg. Avec résumé en français: Blocs du Miocène moyen d'Esbjerg. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 1.
21. WINGE, H. 1909: Om Plesiocetus og Squalodon fra Danmark. Vid. Medd. Naturh. Foren.
22. GRIPP, KARL. 1917: Ueber das marine Altmiocæn im Nordseebecken. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Beilage-Bd. 41. Stuttgart.
23. WOLFF, WILH. 1919: Erdgeschichte und Bodenaufbau Schleswig-Holsteins. Hamburg.
24. NØRREGAARD, E. M. 1918: Mellem-Miocænet i Danmark. Forhandl. ved 16. skand. naturforskermøte 1916. Kristiania.

25. KAUTSKY, F. 1925: Das Miocän von Hemmoor und Basbeck-Osten. Abhandl. Preuss. Geol. Landesanst. Neue Folge. Heft 97. Berlin.
 26. ØDUM, H. 1921 in Dansk geol. Foren. Bd. 6, Hefte 1. Møder og Ekskursioner, S. 4.
 27. HARDER, POUL. 1922: Om Grænsen mellem Saltholmskalk og Lellinge Grønsand etc. Avec résumé en français: Sur la limite entre le calcaire de Saltholm et le sable vert de Lellinge etc. D. G. U. II. Række, Nr. 38.
 28. GAGEL, C. 1907: Ueber die untereocänen Tuffschichten und die paleocäne Transgression in Norddeutschland. Jahrb. d. Königl. preuss. geol. Landesanst. Bd. 28, Heft 1, Berlin.
 29. ELBERT, JOH. und KLOSE, H. 1904: Kreide und Paleocän auf der Greifswalder Oie. — VIII. Jahresber. d. Geogr. Gesellschaft zu Greifswald.
 30. RAVN, J. P. J. 1922: Geologisk Kort over Danmark. Texte en français: Carte géologique du Danemark; les formations préquaternaires. D. G. U. III. Række, Nr. 22.
-

Quartär.

Glazigene Ablagerungen.

Die glazigenen Ablagerungen bestehen aus Moränenablagerungen, die vom Inlandeis abgesetzt worden sind und aus glaziofluvialen Ablagerungen, die vom Schmelzwasser des Inlandeises abgesetzt worden sind.

Moränenablagerungen.

Morärenton, steiniger Ton ohne Schichtung, ist die von den glazialen Erdschichten, die die grösste Bedeutung hat. Er nimmt den grössten Teil der Erdoberfläche auf den dänischen Inseln ein, ferner die östlichen Teile von Jylland, südlich von Mariager Fjord und die Gegend um die westlichen Teile des Limfjords, findet sich aber auch da und dort an anderen Stellen. In unverwittertem Zustande hat er in der Regel eine blaugraue Farbe. Sein Gehalt an Partikeln, die kleiner sind, als 0,002 mm (wesentliche Tonsubstanz) liegt in der Regel zwischen 15 und 35 %; ausnahmsweise kann er bis zu 60 % steigen. Der Rest besteht hauptsächlich aus Sand, da Kies selten mehr als 4—8 % ausmacht. Der Kalkgehalt variiert sehr, er liegt gewöhnlich zwischen 10 und 30 %. An Phosphorsäure enthält er ungefähr 0,1 %. Die Steine in dem Morärenton sind an den Kanten abgestossene und geschrammte Geschiebe; namentlich die härteren Kalksteine, aber auch die feinkörnigen Granite können schön gekritzelt sein. Durch Verwitterung werden die Eisenverbindungen des Morärentons oxydiert, wodurch die Farbe zuerst gelblich, später rötlich wird, der Kalk wird aufgelöst, und ein Teil des Tons wird ausgewaschen, so dass seine Be-

schaffenheit sandiger wird. Durch die Einwirkung von Humussäure kann der Moräenton schwach podsoliert werden.

Moränensand hat einen Tongehalt von unter 20 %. Er fühlt sich sandig an und ist so mager, dass er nur in geringem Grade plastisch ist. Er sieht dem Moräenton ähnlich, von dem er nicht wesensverschieden ist. Durch Verwitterung wird er mehr podsoliert als jener, und die Verwitterung geht weiter in die Tiefe, verläuft aber sonst in derselben Art. Moränensand tritt namentlich in West-Jylland, in Vendsyssel und auf Bornholm auf.

Moränenkies enthält so viele Steine, dass er im wesentlichen als eine Zusammenhäufung von Steinen bezeichnet werden muss. Die Zwischenräume zwischen diesen sind von Moräenton oder Moränensand ausgefüllt. Moränenkies kommt nur da und dort vor.

Steiniger Sand. Recht verbreitet trifft man in der Erdoberfläche auf den sogenannten steinigen Sand. Er bildet in der Regel eine $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ m dicke Decke über anderen Ablagerungen. Er hat keinen Kalk- und im allgemeinen auch keinen Tongehalt. Er ist nicht im geringsten geschichtet, enthält aber verstreute Steine, die, wenn man davon absieht, dass Kalksteine fehlen, den Geschieben in dem Moräenton entsprechen; doch sind sie oft abgerundeter und haben gelegentlich ein Aussehen, als wären sie Flugsand ausgesetzt gewesen. Der steinige Sand bedeckt bedeutende Strecken von West-Jylland und Vendsyssel; auf den Inseln kommt er seltener vor.

Während Moräenton und Moränensand und in verschiedenen Fällen auch Moränenkies als die Grundmoräne des Inlandseises betrachtet werden müssen, muss man den steinigen Sand als eine Oberflächenmoräne auffassen; es sind die Sand- Kies- und Steinmassen, die die Oberfläche des Inlandseises in der Nähe des Eisrandes bedeckt haben. Während die Grundmoräne durch das Gewicht des Eises fest zusammengedrückt ist, ist die Oberflächenmoräne lose und nicht zusammenhängend; die feinsten Bestandteile, Ton und Staub sind fortgespült oder vom Winde fortgeweht worden.

Lokalmoränen. Eine Moränenablagerung kann als eine Lokalmoräne ausgebildet sein. Sie besteht dann ausschliess-

lich aus älterem Material, Kalkbrocken, tertiärem Ton oder Sand; es können auch Lokalmoränen aus glaziofluvialen Kies, Sand oder Ton vorkommen. In anderen Fällen zeigt es sich, dass die Schichten des Untergrundes in die darüberliegende Moräne hinaufgefaltet oder aufgestaucht worden sind, oder, dass ganze Schollen losgerissen worden und vom Eis mitgeführt worden sind.

Glaziofluviale Ablagerungen.

Unter den Quartärablagerungen spielen die glaziofluvialen oder die Schmelzwasserablagerungen eine sehr bedeutende Rolle. Sie sind von dem Schmelzwasser des Inlandeises, unter dem Eise, auf dem Eise oder auf dem Lande vor dem Eisrande abgelagert worden. Sie bestehen überwiegend aus Sand, in weit geringerem Masse aus Kies oder Ton.

Geschichteter Sand und Ton. In dem Kies sind die Steine abgerundet und gerollt. Er kann als mächtige Geröllablagerungen auftreten, doch sind solche nicht häufig. Im Sand finden sich feinere und gröbere Schichten, häufig auch Kies-schichten; oft kommt Kreuzschichtung vor. Glaziofluvialer Sand spielt im Aufbau des Landes eine grosse Rolle und bildet häufig über 30 m mächtige Ablagerungen. In den östlichen Teilen Dänemarks ist er in der Regel von Moränenton bedeckt, in West-Jylland bildet er die grossen Heideebenen und tritt an vielen anderen Stellen an der Oberfläche auf. Der glaziofluviale Sand und Kies ist immer noch in der dänischen, geologischen Litteratur als Diluvialsand und Diluvialkies bezeichnet worden. Diese nicht sehr guten Namen werden jedoch nicht gebraucht, wenn von dem vor dem Eisrand in Bassins oder als Heideebenen abgelagerten, geschichteten Sand oder Kies die Rede ist, der bei verschiedenen Verfassern als spätglazial bezeichnet wird.

Wo eine Vermoderung von den toten Pflanzenteilen eintritt, indem die Luft freien Zutritt hat, und Bakterien und Regenwürmer sie bearbeiten, wird die Ackerkrume reich an Kohlensäure, und diese, nebst dem Sauerstoff der Luft dringt mit dem herabsickernden Wasser in den Sand hinunter und be-

wirkt, dass dieser auf dieselbe Weise wie der Moräntenon verwittert, nur geht die Verwitterung hier viel tiefer als dort. Die Farbe wird gelblich oder bräunlich, der Kalk wird ausgewaschen und die Schichtung verschwindet. An der Grenze zwischen diesem verwitterten und dem nichtverwittertem Sand treten unregelmässige gebuchtete, schmale, braune Streifen auf, die aus einer geringen Menge von Humus- und eisenhaltigen Stoffen, die das Wasser abgesetzt hat, bestehen. In dieser Weise tritt der Sand gewöhnlich unter den kultivierten Aeckern auf.

Anders ist das Verhältnis in Gegenden, wo die Luft nur wenig Zutritt zu den toten Pflanzenteilen hat, z. B. in Landgebieten mit dichter Heidekrautbewachsung oder an Orten, wo Sonne und Wind die Erde ausgetrocknet haben, so dass Regenwürmer dort nicht gedeihen können, und der Boden deshalb von ihren Gängen nicht durchlüftet wird. In solchen Gegenden sammelt sich eine torfartige Schicht von Pflanzenresten, die man »Mor« nennt. Diese verhindert den Zutritt von Luft, weshalb die Pflanzenteile nicht vermodern können, sondern nur vertorft werden, d. h. sie werden teilweise zu Humussäuren umgebildet. Diese werden von dem herabsickernden Wasser mitgeführt und lösen in dem Sand unter der »Mor« schicht alle auflösbaren Bestandteile auf, so dass eine typische Podsolbildung eintritt. Der Sand wird zu unfruchtbarem Quarzsand, der durch etwas beigemischten Humus eine fahlgraue Farbe erhält, dem sogenannten Bleichsand; er ist in der Regel ca. $\frac{1}{4}$ m mächtig. Der allerunterste Teil des Bleichsandes ist oft besonders reich an niedergeschlemmten Morpartikeln und kann deshalb ganz schwarz werden, es ist der sogenannte »Torf-Ahl«. Der eigentliche Ahl, »der braune Ahl«, der Ortstein, den man unter dem Bleichsand antrifft, besteht aus Sand, der von den Humusstoffen zu einem schlecht zusammenhängenden Sandstein zusammengekittet ist. Wenn dieser ausgegraben wird und der Einwirkung der Luft ausgesetzt wird, zerbröckelt er schnell. Er ist oft 1—2 dm dick, kann aber eine Dicke von bis zu 1 m erreichen. Oben hat die Ahlschicht eine ziemlich ebene, wagerechte Grenze gegen den Bleichsand, nach unten zu wird sie loser und schickt zapfenförmige Ausläufer in den darunterliegenden Sand. Die Ahl-

Bildung beginnt als feine Häuten, die sich um die Sandkörner absetzen. Nach und nach werden alle Zwischenräume zwischen den Körnern ausgefüllt, so dass eine fast kompakte Masse entsteht. Von den Stoffen, die das herabsickernde Wasser im Bleichsand auflöst, werden die Eisenverbindungen wieder unten in dem Ahl ausgeschieden, weshalb dieser oft eisenhaltig ist. Nicht selten können die Eisenverbindungen sogar einen Hauptbestandteil darin bilden, so dass ein Eisen-sandstein entsteht, der an der Luft nicht zerbröckelt. Er bildet in der Regel keine Schichten, sondern Knollen und Fladen in dem gewöhnlichen Ahl.

Schmelzwasserton ist steinfrei und in unverwittertem Zustand blaugrau; bei der Verwitterung wird er gelblich. Er verwittert in der selben Art wie Moränenton. Er enthält stets feinen Sand, der sich oft in feinen Schichten abgelagert hat, so dass der Ton eine schöne Schichtung aufweist. Die Korngrösse des Sandes geht nur selten bis 0,5 mm. Der Gehalt des Schmelzwassertons an Partikeln, die kleiner sind als 0,002 mm (wesentliche Tonsubstanz) übersteigt in der Regel 40 % und kann 60 % erreichen. Der Kalkgehalt liegt fast immer zwischen 20 und 50 %. Oft kommt der Schmelzwasserton in Form von Brockenton vor, d. h. er ist aus kleinen, eckigen Tonbrocken zusammengesetzt, deren Grösse zwischen der einer Nuss und einer Hand schwankt und von Gleitflächen begrenzt wird. Jeder einzelne Brocken ist geschichtet, doch geht die Schichtung in den verschiedenen Brocken in ganz verschiedenen Richtungen. Schmelzwasserton kommt an zahlreichen Stellen überall in Dänemark vor, doch fast immer auf kleinen Gebieten, welches zeigt, dass er in kleineren Seen abgesetzt worden ist, wohin das Schmelzwasser des Eises strömte. An vielen Stellen ist der Schmelzwasserton vom Moränenton oder Sand bedeckt, an anderen Stellen bildet er die Oberfläche, und in diesen Fällen kann man oft die Ufer des ehemaligen Sees, in dem er abgesetzt wurde, nachweisen. Gelegentlich fehlt ein Teil des Bassinrandes. Dann ist der See von dem Inlandeise oder auch von »toten« Eismassen aufgedämmt gewesen. Wenn der ganze Bassinrand fehlt, so dass der Schmelzwasserton als Plateau-ton auftritt, der eine freiliegende Höhe bildet, zeigt dies,

dass der Schmelzwasserton ursprünglich in einer Vertiefung in der Oberfläche des Inlandeises selber oder in »toten« Eismassen abgesetzt worden ist. Für Schmelzwasserton wird in der dänischen geologischen Literatur die nicht sehr bezeichnende Benennung »Diluvialer« (Diluvialton) noch immer oft verwendet.

Fliesserde. In Ländern, wo die mittlere Jahrestemperatur unter 0° liegt, bleibt der Boden in der Tiefe stets gefroren; er bildet wie der Norweger sagt »Täle«, oder wie der Schwede sagt »Käle« oder »Tjäle«. Schon bei einer mittleren Temperatur von wenigen Graden Kälte, geht die Täle in bedeutende Tiefen hinunter, 150—300 m. Im Sommer tauen nur die oberen 1—5 m auf. Wo Täle auftritt, kann man überhaupt nicht von Grundwasser reden, und es finden sich keine Quellen, Niederschlag und Schmelzwasser müssen oben über der Täle fortsickern. Dadurch und, weil der oberste Teil der Täle auftaut, wird die Erde über der Täle ganz von Wasser durchzogen, sodass ihr Gehalt an Ton eine flüssige Konsistenz annimmt. Wenn das Terrain schräg ist, bewegt sich die Erde langsam von den höheren Partien in die niederen, wobei das abwechselnde Gefrieren und Auftauen mitwirkt.

Dass wir in Dänemark in den Glazialzeiten Täle gehabt haben, ist zweifellos. Das Fliessen der Erde muss in grossem Masse statt gefunden haben, aber woran kann man Fliesserde erkennen? Bei Untersuchungen der interglazialen Brörup-Moore zeigte es sich, dass die Torfschichten in diesen von Fliesserde bedeckt sind, und man bekam auf diese Weise Gelegenheit, auch diese zu studieren.

Man fand, dass keine bestimmte Grenze zwischen dem unteren Torf und der darüber liegenden Fliesserde besteht, sondern ein Uebergang durch Gytje mit Sandstreifen, oder mit Gytje vermischten Sand, und klitschigem, schwach schlammigen Sand zu moränenartigem Sand mit eingestreuten Steinen; oder der Torf konnte etwas in die Höhe gepresst sein, konnte aufgestaucht sein oder wie eine Breccie mit oder ohne Schmieren in den darüberliegenden Ton- und Sandmassen auftreten. Die Fliesserde ist eine sandige, moränen-

artige Masse mit verstreuten Steinen, stellenweise tonig, stellenweise aus scharfem Sand bestehend, nach unten zu in mit Gytje vermischten Sand übergehend. Gegen die Mitte der Senkung geht sie in Sand mit ausserordentlich wenigen Steinen über, um endlich am weitesten weg, ganz steinfreier, geschichteter Sand zu werden, der, wie deutlich zu sehen ist, im Wasser abgesetzt sein muss. Die Steine in der Fliesserde werden zahlreicher gegen den Rand der Senkung und nach oben gegen die Oberfläche hin. Sie können eine Grösse von bis zu 20 cm erreichen, ja ein einzelner Quarzit war 35 cm gross, doch sind die meistens durchgehend nicht grösser als ein Ei oder eine Nuss. In erster Linie findet sich Feuerstein, welcher sandpoliert sein kann.

Fliesserde findet sich niemals oben auf Hügeln, sondern auf den Abhängen und in den Senkungen. Sie ähnelt Moränen-sand, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, dass die verstreuten Steine nicht gleichmässig verteilt sind, sondern gegen den Rand zu und zur Oberfläche hin häufiger auftreten, ferner daran, dass ein Uebergang zwischen der Fliesserde und den darunterliegenden Süsswasserablagerungen vorhanden ist.

Erste Glazialzeit.

Man hat in Dänemark bisher nur drei Glazialzeiten nachweisen können, die den drei letzten der vier Glazialzeiten der Alpen entsprechen. Während der ersten und der zweiten war Dänemark ganz von Eise bedeckt, während der letzten bedeckte der Inlandeis nur die nördlichen und östlichen Teile von Jylland.

Moräenton aus der ersten dänischen Glazialzeit, der Mindel-Glazialzeit (PENCK und BRÜCKNER), der Milazzien-Glazialzeit (DÉPÉRET), der Saxonian-Glazialzeit (JAMES GEIKIE) kann als »untere« Moräne in West-Jylland auftreten. Dieser Moräenton ist mit Sicherheit bei Esbjerg nachgewiesen als Unterlage für den, dort vorkommenden Yoldienton, der am Anfang der ersten der zwei dänischen Interglazialzeiten abgelagert wurde, ferner bei Tvile, Kalsgaard und an mehreren anderen Stellen auf dem Kartenblatte Varde, als Unterlage einer mächtigen Ablagerung von Schmelzwasserton, der in dem

südwestlichen Jylland sehr verbreitet ist und in demselben Zeitabschnitt wie der Yoldienton bei Esbjerg gebildet ist. Dieser Moränenton wird von AXEL JESSEN als dunkelgrauer, sehr harter und sandiger Ton beschrieben,¹ der weniger grosse, aber viel mehr kleine Steine und Kies enthält, als Moränenton im Allgemeinen. Der Kalkgehalt liegt unter 10 %. In situ in dem Moränenton, unter dem Yoldienton bei Esbjerg ist ein Rhombenporphyr gefunden worden. Dies ist das einzige Leitgeschiebe, das in situ in dieser Moräne gefunden worden ist.

Als objektive Methode zur Unterscheidung der verschiedenen Moränenablagerungen sind bei der Geologischen Landesanstalt Dänemarks seit mehreren Jahren Steinzählungen² vorgenommen worden. 10 kg an der Luft getrockneter Moränenton wird durch ein Sieb mit quadratischen Maschen, deren Seitenlänge 6 mm beträgt, gewaschen. Von den Steinen, die in dem Siebe zurückbleiben, werden die wenigen, die grösser als ein Hühnerei sind, weggenommen, der Rest wird gewogen, bestimmt und gezählt, und die Prozentmenge der verschiedenen Gesteine wird berechnet. Danach wird der Steinzählungskoeffizient berechnet, welcher die Anzahl der Feuersteine, dividiert mit der Anzahl von Eruptiven + krystallinischen Schiefen ist. Dieser Koeffizient hat sich nämlich als annähernd derselbe bei Steinzählungen herausgestellt, die in derselben Moränenablagerung in derselben Gegend ausgeführt worden sind. Aus den gefundenen Steinzählungskoeffizienten wird der Mittelwert und sein wahrscheinlicher Mittelfehler berechnet. Auf diese Weise erhält man eine Zahl, die die betreffende Moräne in der betreffenden Gegend charakterisiert.

Bei der Verwendung dieser Methode auf die Moräne A bei Esbjerg und bei Tvile, hat man als Mittelwert von 7 Steinzählungskoeffizienten 0,55 gefunden; der wahrscheinliche Mittelfehler dieser Zahl ist 0,035.

Die Moräne A ist auch in dem Steilufer Røgle Klint bei Strib auf Fyn nachgewiesen worden (siehe S. 105). In diesem, in geologischer Beziehung sehr wichtigen, dislozierten Steilufer ist die Schichtenreihe wie folgt:

10. Moräne D.

9. Glazifluviale Schichten.

8. Moräne C.
7. Moräne B.
6. Glaziofluviale Schichten.
5. Tellinaton.
4. Glaziofluviale Schichten.
3. Moräne A.
2. Oberoligozäner Glimmerton und Glimmersand.
1. Eozäner Plastischer Ton, Lillebelt-Ton.

Moräne A tritt hier mit einer Mächtigkeit von 5—6 m auf. Sie ist blauschwarz oder schwarzbraun und enthält an gewissen Stellen zahlreiche Sandschmierer. Als Mittelwert von 8 Steinzählungskoeffizienten wurde 0,36 gefunden, der wahrscheinliche mittlere Fehler dieser Zahl beträgt 0,044.

Zu einer Beurteilung der Richtungen der Eisbewegung ist in Dänemark noch nicht genügend Material vorhanden, aber in den Ländern südlich und südwestlich von Dänemark kann man Klarheit über diese Angelegenheit bekommen, indem es namentlich durch die von V. MILTHER'S^{3.4.5} ausgeführten, umfangreichen Studien über das Vorkommen der verschiedenen Leitgeschiebe, sowohl in diesen Ländern, als auch in Dänemark, für erwiesen betrachtet werden muss, dass Dänemark zuerst von Eis aus dem östlichen Norwegen und dem westlichen Schweden und danach von Eise aus der Ostsee bedeckt wurde.

Victor Madsen.

Erste Interglazialzeit.

Die wenigen Meeres- und Süßwasserablagerungen, die wir mit Sicherheit zu der ersten Interglazialzeit rechnen können (Mindel-Riss-Interglazial, PENCK und BRÜCKNER, Tyrhénien-Interglazial, DEPÉRET), geben uns nur wenig Aufschluss über die Verteilung von Land und Meer in dieser Zeit und so gut wie gar keinen Aufschluss über die Terrainformen.

Marine Ablagerungen.

Zu dieser Interglazialzeit gehören in erster Linie der sogenannte Esbjerg-Yoldienton und der Tellinton in dem Steilufer von Røgle auf Fyn, ausserdem die marinen

Ablagerungen bei Vognsbøl dicht bei Esbjerg und an einzelnen anderen Stellen in dem südwestlichen Jylland.

Zwischen Esbjerg und dem $2\frac{1}{2}$ km östlich davon entfernt liegenden Dorf Maade kommt ein auf primärem Lager liegender, mariner Ton¹ vor, dessen volle Mächtigkeit nicht bekannt ist, aber in jedem Falle 12 m übersteigt; die Dicke nimmt nach den Seiten zu ab. Er hat den Namen »Esbjerg-Yoldienton« bekommen, was wenig glücklich ist, weil *Portlandia (Yoldia) arctica* nur in dem untersten Teil der Ablagerung vorkommt. Der unterste Teil des Tons ist reich an Glimmer und enthält auch gleichzeitig eine Menge Sandschichten; mehr nach oben zu werden die Sandschichten immer mehr untergeordnet, während die Tonschichten immer dicker werden, doch ganz oben wird der Ton wiederum mehr und mehr sandhaltig, und geht schliesslich in eine Ablagerung von dunklem, tonigem, marinen Sand über. Die marinen Ablagerungen enthalten nur wenig Steine. In den westlichen Profilen sieht man sie auf Moränenton ruhen, mit dessen Oberfläche die Sandschichten konkordant sind. Der Moränenton welcher besonders in seinen unteren Teilen stark mit Glimmerton vermischt ist, ruht auf miozänem Glimmerton, der sowohl nach Westen zu, in Esbjerg, wie nach Osten zu bei Maade, über das Niveau der Meeresoberfläche hinaufreicht. Die Schichtung des marinen Tons und die Sandschichten sind in den westlichen Teilen nach Osten geneigt, in der Mitte des Gebietes (bei Gammelby) gegen Süden und in den Ziegeleigruben am Strande zwischen Gammelby und Maade gegen Westen. Wie gross die Ausdehnung der Ablagerungen ist, weiss man nicht mit Sicherheit, aber sie setzen sich jedenfalls ein Stück unter dem Rande des Hochlandes nach Westen und Norden und teilweise nach Osten zu fort. Bei den Bohrungen, die bisher in der Stadt Esbjerg ausgeführt worden sind, hat man nicht mit Sicherheit »Yoldienton« nachweisen können, aber bei einer 1927 ausgeführten Bohrung bei Esbjerg (Genossenschaftsschlächtere) traf man unter 20 m glaziofluvialen Sand marine Ton- und Sandschichten mit einzelnen Schalen bis zu einer Tiefe von ca. 67 m, überlagernd Moränensand und darunter Glimmerton. Diese Schichtenreihe zeigt, dass man es hier mit dem Esbjerg Yoldienton zu tun hat. In einem

grossen Teil dieses Gebietes liegen die marinen Ablagerungen sozusagen frei zutage, oder sind nur von Marsch und Süswasseralluvium bedeckt; aber andere Teile sind wiederum von echten glazigenen Bildungen bedeckt: Diluvialsand mit mehr oder weniger gefalteten Schichten, der stellenweise tonig mit moränenartigen Charakter ist oder grössere Gesschiebe enthält. Da sich das Inlandeis während der letzten Glazialzeit nicht so weit nach Westen erstreckte, muss dieses über den marinen Ablagerungen liegende Diluvium zu der zweitletzten Glazialzeit gerechnet werden.

In dem marinen Ton verstreut und stellenweise in dem marinen Sand hat man Schalen von im ganzen 12 Mollusken-Arten gefunden.⁶ Da die Schalen zwar zerquetscht sind, aber alle Stücke in situ liegen, und da die Schalen der Muscheln geschlossen sind, müssen die Tiere an dieser Stelle gelebt haben. Ziemlich gleichmässig verteilt in den Ablagerungen sind *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica* (in ihrer arktischen, dickschaligen Form) und *Mya truncata*; häufig sind auch *Leda pernula* und *Astarte Banksii* mit *var. Warhami*, aber diese beiden Arten sind doch hauptsächlich auf bestimmte, wenig mächtige Zonen in dem Ton beschränkt. Unten im Ton kommt die stenotherme, hocharktische Muschel *Portlandia (Yoldia) arctica* vor, während man oben in dem Ton und dem darüberliegenden Sande Schalen von *Mytilus edulis* und *Modiola modiolus* findet, die nicht in den hocharktischen Gewässern leben können. Diese Verhältnisse zeigen, dass sich die Temperatur des Wassers während der Bildung der marinen Ablagerungen von ausgesprochen arktisch zu boreoarktisch, vielleicht boreal geändert haben muss, und dass diese Bildungen also dem Beginn einer Interglazialzeit angehören müssen; bestimmte Verhältnisse deuten darauf, dass der ursprünglich obere Teil der marinen Ablagerungen von dem später vorrückenden Inlandeise entfernt worden ist.

Im unmittelbaren Anschluss an den Esbjerg Yoldienton sind zweifellos die marinen Ablagerungen gebildet, die beim Mergelgraben NO und O von diesem Gebiete angetroffen worden sind: bei Skads Kirche, Smörpyt, Sadderup, Solbjerg und Sneumgaard;¹ eine Ablagerung von marinem Ton bei

Terpager, in der nur Schalen von *Nucula* gefunden worden sind, gehört mit ziemlicher Sicherheit auch hierher.

Bei mehreren, dicht nebeneinander liegenden Bohrungen bei dem Dorfe Vognsböl, 2 km nordwestlich von Esbjerg, sind unter glaciofluvialen Bildungen, die nicht jünger als die zweitletzte Interglazialzeit sein können, marine Ton- und Sandschichten gefunden worden, die auf Glazialbildungen ruhen.⁷ Die Lagerungsverhältnisse sind indessen so unregelmässig, dass sich die marinen Schichten kaum auf primärem Lager befinden; auf der anderen Seite deutet die verhältnismässig gute Erhaltung der in den Schichten gefundenen Molluskenschalen nicht auf langen oder gewaltsamen Transport. Unter den gefundenen 35 Arten befindet sich eine Reihe von arktischen, die bei verschiedenen Temperaturverhältnissen weit verbreitet sind (aber keine hocharktischen), doch müssen besonders die borealen und lusitanischen Formen hervorgehoben werden: *Cyprina islandica*, *Zirphaea crispata*, *Aporrhais*, *Mactra elliptica*, *Anomia squamula*, *Litorina litorea*, *Cardium edule* und *Pholas candida*. Es scheint eine gewisse Sortierung vorhanden zu sein, so dass die lusitanischen Arten nur in den oberen Schichten vorkommen. Die Vognsböl-Fauna bildet also in klimatologischer Beziehung eine Fortsetzung der Esbjerg-Fauna, und deshalb liegt der Gedanke nahe, dass die dislozierten Ablagerungen bei Vognsböl ursprünglich im Anschluss und als Fortsetzung der Esbjerg-Ablagerungen gebildet worden sind.

Auf Indre Bjergum Banke, westlich von Ribe ist durch zwei Bohrungen mit einem gegenseitigen Abstand von 300 m eine marine Ablagerung nachgewiesen worden, die ca. 26—66 m unter dem Meeresspiegel liegt.⁸ Nur von einem einzelnen Horizont sind Schalen eingesammelt worden (ca. 52 m unter dem Meeresspiegel): *Leda pernula*, *Limopsis* sp., *Mytilus edulis*, *Cardium fasciatum*, *Cyprina islandica*, *Mactra elliptica*, *Syndesmya alba* und andere; mit anderen Worten: eine nördliche boreale Fauna. Es ist zwar nicht konstantiert worden, ob die Ablagerung anstehend ist, oder, ob es sich nur um eine Scholle handelt; aber, da sie durch eine ansehnliche Bank von Moränenton und glaciofluvialen Sand von der darüber liegenden, auf primärem Lager ruhenden Eem-Ab-

lagerung der letzten Interglazialzeit geschieden ist, während ihr auf der anderen Seite jede Spur von präglazialen Elementen fehlt, ist es einleuchtend, diese Ablagerung zur ersten interglazialen Zeit zu rechnen; in diesem Falle ist dies vorläufig das einzige bekannte Profil mit marinen Ablagerungen aus beiden Interglazialzeiten in Dänemark.

Der Tellinton in dem Steilufer von Røgle Klint tritt in den dislozierten Teilen des Steilufers mit den übrigen Glazialablagerungen so auf, dass kein Zweifel darüber herrschen kann, dass sein Platz in der quartären Schichtenreihe erhalten ist. Es ist ein fette, sehr glimmerhaltiger Ton, der namentlich unten viele Sandschichten enthält, und nach und nach in die darunter liegenden glaziofluvialen Sand- und Tonschichten übergeht; diese ruhen wiederum konkordant auf einer mageren Moräne, die sowohl in ihrem Steingehalt (niedriger Steinzählungskoeffizient), wie durch ihren Gehalt an Glimmer-ton (hier oligozän) sehr an die Moräne erinnert, die unter dem Esbjerg-Yoldienton liegt, ohne dass doch diese Aehnlichkeit absolut bestimmend für das Alter zu sein braucht.

Über dem Tellinton liegen zwei Moränen (B und C, siehe S. 105 und 118), deren Steinzählungskoeffizienten so genau denen der beiden Oberflächenmoränen westlich und östlich von der letzten Glaziationsgrenze in Jylland entsprechen, dass man annehmen muss, dass die Røgle-Moränen mit ihnen identisch sind und respektiv der zweitletzten und der letzten Glazialzeit angehören, obwohl keine interglazialen Ablagerungen zwischen ihnen in Røgle Klint vorkommen. Infolgedessen muss der Tellinton zur ersten Interglazialzeit gerechnet werden.

In dem Ton hat man stellenweise Schalen von *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica*, *Mya truncata* und *Modiolaria lazvigata* gefunden, also eine arktische Fauna, die zwar arm ist, aber doch so beschaffen ist, dass man annehmen muss, das Sediment sei in einem arktischen Fjord abgelagert worden, der beträchtlich salzhaltig war, aber gleichzeitig viel Schlamm führte (vergl. die Verhältnisse am innersten Teile des Nordre Strömfjord in West-Grönland, wo ausschliesslich die gewaltigen, von den Schmelzwasserflüssen ausgespülten Schlammengen die Entfaltung des Tierlebens verhindern).⁹⁻¹⁰

Ausser den bisher besprochenen Ablagerungen finden sich an mehreren Stellen im Diluvium marine Sedimente von grösserer oder geringerer Verbreitung und mit mehr oder weniger zerstörter Schichtenlage. Die Fauna in ihnen ist teilweise arktisch, teilweise boreal, mit einem mehr oder weniger lusitanischen Gepräge. Einige von diesen Ablagerungen kommen aller Wahrscheinlichkeit nach in situ vor, z. B. das marine Diluvium bei Hostrup in Salling;²⁶ andere dagegen sind ohne Zweifel nur Schollen.

Bei Hostrup²⁶ findet sich unter einem 4—5 m dicken Moränen-ton, die man als zur letzten Glazialzeit gehörig betrachten muss, 2—3 m mariner, fast wagerecht geschichteter Sand mit Schalen von *Mytilus sp.*, *Leda pernula*, *Cyprina islandica*, *Axinus flexuosus*, *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica*, *Mya truncata* und *Litorina litorea*; darunter ca. 4½ m undeutlich wagerecht geschichteter, mariner Ton mit Schalen von: *Astarte Banksii*, *Modiolaria discors*, *Tellina calcarea* und *Saxicava arctica*. Man hat die Tiefe, auf der die Tonschichten gebildet sein müssen, auf 15—150 m berechnet; die Sandschichten sind auf Flachwasser gebildet. Man nimmt an, dass die Temperatur die bei der Entstehung der Tonschichten geherrscht hat, zwischen -2° und $+6^{\circ}$ C gewesen ist; während sie bei der Absetzung des Sandes zwischen 0° und $+10^{\circ}$ gelegen haben muss. Die marinen Ablagerungen ruhen konkordant auf miozänem Glimmerton, den man für anstehend halten muss. Teils wegen der Höhe der Ablagerungen über dem Meeresspiegel (27 m), teils, weil sie höher liegen als grosse Teile der Heideebenen aus der letzten Glazialzeit, nimmt man an, dass die Schichten bei Hostrup im Vergleich zu dem überwiegenden Teil der Eiszeitbildungen in Dänemark ein recht bedeutendes Alter haben müssen.

V. Nordmann.

Süsswasserablagerungen.

Zu der ersten Interglazialzeit rechnet man einige interglaziale Seeablagerungen,¹¹ die ausserhalb der Hauptaufenthaltslinie der letzten Glaziation in Jylland liegen, und welche von glazigenen Bildungen der zweiten Glaziation bedeckt

Stadien	Character der Flora		Zonen	Klimatische Verhältnisse, Niveauveränderungen		
Zweite Glazialzeit (Riss)						
	Lakune					
III	Nordische Flora	<i>Betula pubescens</i> vorherrschend, <i>Pinus silvestris</i>	k	Nach und nach kühler, kontinental geprägtes Klima	Niveauveränderungen in Dänemark nicht genauer nachgewiesen	Hebung?
II	Nadelwald	<i>Pinus silvestris</i> vorherrschend, <i>Picea excelsa</i> 's 2. Maximum, <i>Betula pubescens</i> häufig	l			
		<i>Pinus silvestris</i> vorherrschend, <i>Picea excelsa</i> 's 1. Maximum. Die Arten des Eichenmischwaldes verschwinden	h			
	Laubwald	[<i>Carpinus betulus</i> -Zone, nicht nachgewiesen]	[g]	Atlantisches Wärmeoptimum	Senkung?	
		Zone des Eichenmischwaldes <i>Pinus silvestris</i> und <i>Betula pubescens</i> im Minimum	f			
	Überwiegend Nadelwald	<i>Pinus</i> und <i>Betula</i> abnehmend. <i>Ulmus</i> -Maximum	e	Kontinentales Klima, nach und nach milder		
		<i>Pinus</i> vorherrschend. Die Arten des Eichenmischwaldes wandern ein	d			
		<i>Betula pubescens</i> vorherrschend. <i>Pinus silvestris</i> , <i>Picea excelsa</i> selten	c		Marines Diluvium bei Landvognsbøl b. Esbjerg	
I	[Subarktische und arktische Flora, nicht nachgewiesen]		[a, b]	Abschmelzung	hebung	Esbjerg Yoldienton
Erste Glazialzeit (Mindel)						

Schema über die Entwicklung von Flora, Klima und Niveauverhältnissen in Dänemark während der ersten Interglazialzeit.

sind. Besonders das Vorkommen von Kalk-Gytje bei Rind südlich von Herning und bei Harreskov, dicht an der Kibæk Station, gehören hierher. Ebenso gehören hierher die, zum grössten Teil kalkreichen, Seeablagerungen bei Starup östlich von Varde. Diese werden von spätglazialen Schmelzwassersand bedeckt, werden aber dadurch zeitlich festgelegt, dass sie ohne dazwischenliegende Lakune auf dem Diluvialton ruhen, dessen Platz in der Schichtenserie, zwischen den beiden Grundmoränen, die aus West-Jylland bekannt sind,¹ angesetzt werden müssen. Auch einige sehr tief liegende Torfschichten bei Tirslund und Vejen zwischen Kolding und Esbjerg müssen vermutlich aus der ersten Interglazialzeit stammen. Diese Bildungen zeugen von einer floristischen und klimatischen Entwicklung, die der sehr ähnlich ist, die in dem zweiten Stadium der letzten Interglazialzeit stattgefunden hat (siehe S. 113), und deren Hauptpunkte in dem Schema S. 101 dargestellt sind.

Während das Alter der eben erwähnten Ablagerungen durch ihre stratigraphische Stellung bestimmt wird, begegnen uns östlich von der äussersten Grenze der letzten Glaziation eine Reihe von fossilführenden Süsswasserablagerungen, die von den jüngsten glazigenen Bildungen bedeckt oder in ihnen eingelagert sind, und deren Alter deshalb nur ausnahmsweise durch ihre Lagerverhältnisse bestimmt werden können. Eine Gruppe von diesen, die ausser einer eigentümlichen Molluskenfauna in gewissen Fällen auch tertiäre Pflanzen enthält, ist ohne Zweifel älter als die letzte Interglazialzeit; sie ist sogar als präglazial angesehen worden.¹¹⁻¹²⁻¹³ Dies gilt namentlich für die Bernstein-Zweig-Schichten bei Köbenhavn. Sie treten als untergeordnete, wenige cm dicke Schichten in glaziofluvialen Sand auf und enthalten Mengen von zusammengespülten Pflanzenresten, wie Holzkohle, Holz, Früchte und Samen von 60 verschiedenen Pflanzenarten, unter denen sich, ausser den tertiären Arten, besonders zahlreiche diluviale Arten befinden, z. B. *Brasenia*, *Carpinus*, *Stratiotes*, *Aldrovanda*¹⁴ u. a. Dasselbe Alter der Bernstein-Zweig-Schichten hat man auch den tiefliegenden Süsswasserablagerungen bei Förslevgaard in Südsjælland zugesprochen, während einige in Morämenton bei Köbenhavn eingeschlossenen Gytjeböcke,

so wie der Nematurellenton bei Gudbjerg auf Fyn, vielleicht eher der ersten Interglazialzeit angehören mögen.¹⁵ Die Fauna der Gytjeböcker, der Schichten bei Förslevgaard und des Nematurellentons werden durch folgende alt-diluviale Arten gekennzeichnet: *Nematurella runtoniana* SANDB., *f. stenostoma* NORDM., *Corbicula fluminalis*, MÜLL. und *Pisidium astartoides* SANDB.¹⁶

Für andere, von den jüngsten dänischen Moränen bedeckte Süßwasserablagerungen gibt es kein Mittel, durch das man irgend eine genauere Zeitbestimmung ansetzen könnte. Dies gilt z. B. für die bei Hollerup SW von Randers vorkommende, technisch ausgenützte Diatomeenerde, die auf Kalkgytje liegt, welche den Ablagerungen bei Hörup N. von Viborg und Egtved SW von Vejle ähnelt; ferner dem ebenfalls technisch ausgebeuteten Okkerlager bei Lövskaal westlich von Randers und für die Schollen von Diatomeenerde und Kalkgytje bei Fredericia.¹⁷ Die Flora und Fauna dieser Ablagerungen stimmt ganz und gar mit der überein, die man aus den Süßwasserablagerungen der letzten Interglazialzeit kennt.

Knud Jessen.

Zweite Glazialzeit.

Morämenton und Moränensand (Moräne B) der zweiten Glazialzeit, der Riss-Glazialzeit (PENCK und BRÜCKNER), der Tyrrhénien-Glazialzeit (DEPÉRET), der Polandian-Glazialzeit (JAMES GEIKLE), kommt in der Oberfläche der Hügelsinseln in West-Jylland vor, und einige von den »unteren« Moränen, die innerhalb des Gebietes auftreten, das von dem Inlandeise der letzten Glazialzeit in Nord- und Ost-Jylland und auf den Inseln bedeckt worden war, können Moränen dieser Glazialzeit sein.

Die Beschaffenheit der Oberflächenmoränen der Hügelsinseln (siehe S. 166) kann sehr verschieden sein. So sagt AXEL JESSEN¹ von den Moränen in der Gegend nordöstlich von Esbjerg, dass sie in allen Variationen auftreten können, die vom mageren Moränensand bis zum typischen Morämenton und weiter durch einen sehr fetten, steinarmen Morämenton bis zu Lokalmoränen von steinfreiem Ton gehen können. In derselben

Tonwand kann man sowohl Moränton, wie Moränensand sehen, manchmal in abwechselnden Schichten. Der Moränensand ist, wo er eine grössere Mächtigkeit hat, in der Regel deutlich in Bänken abgelagert.

Auf ähnliche Weise treten die Oberflächemoränen auf den übrigen Hügeln auf, aber in der Regel überwiegt doch Moränensand und sandiger Moränton gegenüber dem normalen Moränton.

In einem Gebiet an der Westküste zwischen Esbjerg und Bröns, auf einer Breite von 20 km, wird der Moränton plötzlich reich an Kreide und Feuerstein; er kann mit Kreidestücken geradezu gespickt sein. Die Ursache liegt wahrscheinlich darin, dass hier ein Kreidehorst durch die tertiären Ablagerungen heraufragt, wie es nördlich von Hemmingstedt in Holstein der Fall ist; sonst wäre es schwer zu verstehen, woher die Kreide, die sich hier in dem Moränton befindet, gekommen sein sollte. Die in diesem Gebiete vorgenommenen 32 Steinzählungen haben als Mittelwert der Steinzählungskoeffizienten 1,44 ergeben mit einem mittleren Fehler von 0,103. Die ausserhalb dieses Gebietes in der Moräne B, von der deutsch-dänischen Grenze nordwärts bis zu der Linie Varde—Grindsted, vorgenommenen 92 Steinzählungen haben einen viel kleineren Mittelwert der Steinzählungskoeffizienten ergeben, nämlich: 0,87, mit einem mittleren Fehler von 0,042. Man erhält einen etwas niedrigeren Mittelwert, wenn er allein aus den, im Gebiet der Kartenblätter Varde und Bække vorgenommenen 32 Steinzählungen berechnet wird; er beträgt dann 0,84, bei einem mittleren Fehler von 0,057.

In dem Steilufer Røgle Klint bei Strib auf Fyn erreicht die Moräne B eine Mächtigkeit von ca. 23 m. Unten besteht sie überwiegend aus graubraunem, sandigen Moränton; es existieren Bänke, zu welchen offenbar Glimmerton viel Material geliefert hat. In dem oberen Teil kann die Moräne B blaugrau und wesentlich fetter sein; sie kann hier Schichten und Einlagerungen von steinfreiem Ton, Sand und Kies enthalten. Der Unterschied in der Konsistenz, der zwischen dem oberen und dem unteren Teil der Moräne B besteht, macht sich auch in dem Steinzählungskoeffizienten bemerkbar. In dem unteren Teil B¹, hat man als Mittelwert von 7 Bestim-

mungen 0,50 bei einem mittleren Fehler von 0,049, in dem oberen Teil B², hat man als Mittelwert von 30 Bestimmungen 0,82; bei einem mittleren Fehler von 0,026 gefunden.

Die genaue Uebereinstimmung, die zwischen dem Mittelwert für die Moräne B² in Røgle Klint und dem Mittelwert für die Moräne B besonders für die Kartenblätter Varde und Bække in West-Jylland existiert, zeigt, dass diese beiden Moränen zusammengehören müssen, dass also der Tellinton in Røgle Klint mit dem Yoldinton in Esbjerg gleichaltrig sein muss, und, dass die Moräne, die älter ist als der Tellinton, Moräne A sein muss.

Auf der nördlichsten Hügelinsel, der grossen Hügelinsel Skovbjerg Bakkeø hat MILTHERS³ nachgewiesen, dass die norwegischen Leitgeschiebe, die sonst ungefähr die Hügelinsel vollständig beherrschen, plötzlich in südlicher Richtung an der Linie Fiskbaek—Finderup, NO von Skern, stark abnehmen. Südwestlich von dieser Linie nach Süden bis zur deutsch-dänischen Grenze kommen reichlich baltische Leitgeschiebe auf den Moränenoberflächen vor. Dies ergibt sich auch aus den Untersuchungen von AXEL JESSEN, MILTHERS und NORDMANN auf den geologischen Kartenblättern von Varde, Bække, Ribe, Vamdrup und Tønder. MILTHERS deutet diese Verhältnisse auf folgende Weise: Diese Grenze zwischen dem reichlichen Vorkommen der norwegischen Geschiebe und dem reichlichen Vorkommen der baltischen Geschiebe sei die Grenze eines Inlandeises, das bis in diese Gegend von NNO über die Linie Holstebro—Herning, aber nicht bis zur Linie Ringköbing—Borris vorgedrungen sei, und sich über eine Moräne von baltischen Ursprung verbreitet habe. Da in West-Jylland unter der baltischen Moräne an verschiedenen Stellen glaziofluvialer Kies auftritt, dessen Leitgerölle fast ausschliesslich norwegischen Ursprungs, und so gut wie niemals baltischen Ursprungs sind, und da weiterhin in der Moräne B, auf die man bei der »Gasbohrung« bei Skærumhede stiess, unter der marinen Skærumhede-Schichtenreihe liegend (S. 109), nur baltische Blöcke gefunden wurden,²⁰ muss man schliessen, dass sich in der zweiten Glazialzeit erst Eis aus Norwegen und West-Schweden über Dänemark verbreitete; und erst danach drang Eis von der Ostsee vor und streute baltische Geschiebe

über ganz Jütland, nach Norden auch über ganz Vendsyssel und nach Nordwesten sogar über ganz Thy; später schob sich wieder Eis aus NNO vor, das nach Süden bis zu der erwähnten Grenze auf der Hügelinsel von Skovbjerg vordrang. AXEL JESSEN ist¹ jedoch zu dem Resultat gekommen, dass das Eis von NNO noch länger nach Süden vorgedrungen sei, indem auf der Oberfläche des nördlichen Teiles des Kartenblattes von Varde die norwegischen Geschiebe in noch grösserer Anzahl vorhanden seien, als die baltischen. Ein Hügelrücken bei Thorlund NO von Varde, der Hügelrücken Krusbjerg,¹ und das Riff Horns Rev²¹ in der Nordsee werden von AXEL JESSEN als Randmoränen gedeutet, die von dieser Eisdecke abgesetzt worden seien.

Victor Madsen.

Zweite Interglazialzeit.

Die zweite (letzte) dänische Interglazialzeit entspricht der Riss-Würm Interglazialzeit (PENCK & BRÜCKNER), der Monastirien-Interglazialzeit (DEPÉRET). Für diese Interglazialzeit geben die vielen Lokalitäten von marinen Ablagerungen, nämlich die Eem-Ablagerungen im südlichen Dänemark und die Ablagerungen der Skærumhede-Serie in Vendsyssel einige Vorstellung von der Verteilung von Land und Meer und von dem Wechsel der klimatischen Verhältnisse.

Von dem südlichen Teil des jetzigen Nordseegebietes drangen die Fluten des Eem-Meeres²² in grosse Teile von West-Slesvig hinein und standen durch verschiedene, ziemlich schmale Sunde in Verbindung mit einem grösseren Binnenmeer, das im grossen und ganzen den Ort der jetzigen Ostsee, von Ost-Slesvig bis Ost-Preussen einnahm. Die reiche Fauna, die in den Eem-Ablagerungen auf der Halbinsel Broager in Ost-Slesvig angetroffen worden ist, deutet auf einen verhältnismässig grossen Salzgehalt, und man muss deshalb annehmen, dass das Binnenmeer andere Verbindungen mit dem Weltmeer gehabt haben muss, als die obenerwähnten schmalen Sunde zwischen den west-schleswigschen Hügelinseln.

In einem etwas späteren Abschnitt der Interglazialzeit senkte sich der nördliche Teil von Jylland, und ein Teil von

Vendsyssel wurde bedeckt vom Meere, das im Anfang temperiert war, aber schliesslich hocharktisch wurde.²⁰

Das Vorkommen von Torfmooren und anderen Süsswasserablagerungen¹¹ geben uns recht gute Aufklärungen über das Relief des Landes, wie uns auch die westjütländischen Hügelinseln und Heideebenen zeigen, wo hohes Land und wo Niederungen gewesen sind, wenn auch die ursprünglichen Terrain-Formen der Hügelinseln in dem langen Zeitraum, der nach ihrer Bildung verstrichen ist, in den Details ausserordentlich verändert worden sind. Aber wichtiger ist es, dass guter Grund dazu vorhanden ist anzunehmen, dass die jütländischen Flüsse, die in die Nordsee strömen, wenigstens im wesentlichen interglazialen Flussbetten folgen, ja vielleicht ist die Lage von einigen Tunneltälern, die während der letzten Glazialzeit gebildet wurden, von den interglazialen Flüssen bestimmt worden, z. B. das Tunneltal, das von Törring (W. v. Horsens) nach NW ausgeht, und in dem Skern Aa und Gudenaå entspringen.²³

Marine Ablagerungen.

Zu der zweiten (letzten) Interglazialzeit gehören zwei wichtige Gruppen von marinen Ablagerungen, die Eem-Ablagerungen und die Skærumhede-Serie. Die erste Gruppe, die Eem-Ablagerungen,^{8,22} ist am weitesten verbreitet, indem ihre Ablagerungen längs der Küste von Belgien, in Holland, auf den friesischen Inseln, in West- und Ost-Slesvig, Fyn und auf den südlich davon gelegenen Inseln, wie auch in West- und Ost-Preussen vorkommen. In Dänemark kommen sie ungestört in West-Slesvig vor, während sie an anderen dänischen Lokalitäten mehr oder weniger stark gestört sind, und bald als nur wenig dislozierte Partien (Ristinge Klint auf Langeland, das östliche Ærø und die Ostküste von Broager), bald in mehr oder weniger losgerissenen Schollen oder Schmierien in Moränen vorkommen, oder so zerstört sind, dass man nur die mehr oder weniger gerollten Schalenreste findet; schliesslich können sie auch auf sekundärer Lagerstätte in glaziofluvialen Sand und Moräenton liegen (Sjælland, Fyn, Ostküste von Slesvig).

Vollständig entwickelt und am besten erhalten finden sich die Eem-Schichten in der nur wenig dislozierten Partie in dem Steilufer Gammelmarksklinter (Stensigmoose) auf Broager: Über einer Reihe von interglazialen Süßwasserschichten (Torf, Sand und Kies, Ton), die mit den marinen Eem-Ablagerungen eng verbunden sind, kommt zuerst eine Brackwasser-Zone mit *Hydrobia ulvae*, dünnchaligen *Cardium edule* und *Syndesmya (Lutricularia) ovata* vor, dann eine Zone von schlammvermischem Ton, in verhältnismässig flachem Wasser abgesetzt (Mytilus-Zone), dann eine aus reinem Ton bestehende Ablagerung, auf tieferem Wasser gebildet (Cyprina-Zone) — (die beiden zuletzt erwähnten Zonen wurden früher zusammen Cyprinenton genannt) — dann kommt eine Ablagerung von Ton, der nach oben zu immer sandiger wird, und schliesslich eine reine Sandablagerung (Tapes-Sand) mit einer reichen Fauna, die hauptsächlich aus Flachwasserarten besteht.

Bei zahlreichen Bohrungen in West-Slesvig ist nachgewiesen worden, dass die Eem-Ablagerungen ein Niveau einnehmen, dessen Oberfläche überall 10 m unter dem Meeresspiegel liegt und, dass sie ungestört auf Moränenton und glaziofluvialen Sände liegen, und nur von glaziofluvialen Sände der letzten Glazialzeit und alluvialen Bildungen bedeckt sind. Die Eem-Ablagerungen beginnen in der Regel unten mit Strandkies oder Strandsand, werden dann schlammig oder tonig und hören — wo die spätere Erosion nicht zu gewaltsam gewesen ist — wieder mit Strandsand auf. Die Eem-Ablagerungen sind also während einer Senkung des Landes gebildet worden, der eine Hebung folgte; doch zeigt die Fauna in der ganzen Zeit keine Spur von Temperaturveränderung. Die Fauna ist ausgesprochen lusitanisch; die nördlichen Arten, die in ihr vorkommen, sind Arten, die weit verbreitet sind. Die Fauna wird sowohl durch eine Varietät des ausgestorbenen *Tapes senescens*, der in diesen Ablagerungen allgemein verbreitet ist, als durch eine gewisse kleine Gruppe von südlichen Arten charakterisiert: *Lutricularia ovata*, *Gastrana fragilis*, *Mytilus lineatus*, *Lucina divaricata*, *Haminea navicula*; ausserdem kommen eine Menge von andern südlichen und borealen

Formen vor, die in dem jetzigen Kattegat oder in der Nordsee leben.

Die marine Skærumhede-Serie²⁰ ist durch eine Tiefbohrung nach natürlichem Gas bei Skærumhede, ca. 10 km westlich von Frederikshavn bekannt. Die Bohrung wurde in einem Tale ausgeführt, und hier stiess man nach 57 m glaziofluviatilen Bildungen der letzten Eiszeit, auf marine Ablagerungen von einer gesamt Mächtigkeit von 123 m, die auf Moränenton, glaziofluvialen Sand und Kies mit Fragmenten von *Portlandia arctica* und anderen arktischen Mollusken ruhten. Die marine Serie besteht zum allergrössten Teil aus Ton; nur in dem oberen Teile kommen Schichten oder unregelmässige Partien von Sand und gerolltem Kies vor, von denen später gesprochen werden wird. Der Ton enthält eine Menge von mehr oder weniger gut erhaltenen Molluskenschalen, von denen 81 Arten bestimmt werden konnten. Darunter befanden sich 36 arktische Arten, 22 boreale und 23 lusitanische; sie waren in den Schichten so verteilt, dass sie eine Klimaveränderung von borealen, durch boreal-arktischen zu hocharktischen Verhältnissen spiegelten.

In der untersten, 74 m mächtigen *Turritella terebra*-Zone wurden 22 lusitanische, 18 boreale und 16 arktische Arten gefunden; von denen, die am häufigsten vorkommen, können folgende erwähnt werden: *Cardium fasciatum*, *C. echinatum*, *Leda pernula*, *L. minuta*, *Abra (Syndesmya) prismatica*, *A. alba*, *A. nitida*, *Mya truncata*, *Turritella terebra* und *Eulimella Scillae*. Unter den Arten die das Temperaturmaximum charakterisieren, können *Nassa reticulata* und *Mangelia brachystoma* genannt werden die in der Gegenwart nicht nördlicher als an der norwegischen Westküste bei Bergen gefunden worden sind. Diese Arten finden sich weder in den alleruntersten noch in den allerobersten Schichten der Zone, und das Temperaturmaximum der ganzen Skærumhede-Serie liegt also ein Stück nach oben in die *Turritella*-Zone hinein.

Die nächste Zone, die *Abra nitida*-Zone, hat nur die geringe Mächtigkeit von 8½ m und enthält 10 arktische und 3 boreale Arten, aber keine lusitanischen; die Fauna muss deshalb als boreoarktisch bezeichnet werden. Die häufigsten

Arten sind *Leda pernula*, *Mya truncata*, *Cardium fasciatum* und *Abra nitida*; die beiden letzteren sind für die Temperaturverhältnisse in dieser Zone bezeichnend. *Cardium fasciatum* hat seine heutige Nordgrenze bei Nord- und Ost-Island und an der Murman-Küste, *Abra nitida* geht bis Ost-Island und bis Vadsö in Norwegen.

Die *Abra nitida*-Zone ist durch allmähliche Übergänge nach unten zu mit der *Turritella*-Zone, nach oben zu mit der dritten Zone, der *Portlandia arctica*-Zone verbunden. In dieser 40 m mächtigen Zone sind 25 arktische 2, vielleicht 4 boreale, aber keine lusitanischen Arten gefunden worden. Unter diesen Arten sind die häufigsten: *Saxicava arctica*, *Mya truncata* und die hocharktische *Portlandia (Yoldia) arctica*; ausserdem sind die folgenden für die Temperaturverhältnisse bestimmend *Kennerleya glacialis*, *Cardium ciliatum*, *Lyonsia arenosa*, *Axinopsis orbiculata*, *Turritella crosa*, *Rissoa scrobiculata* und *R. Jan-Mayeni* sie sind alle rein arktisch, sogar mit deutlich hocharktischem Gepräge. Diese Verhältnisse ergeben sich aus der eigentlichen, in dem Tone vorhandenen Fauna. Aber in den obererwähnten Einlagerungen von Sand und Kies trifft man auf eine ganz andere Fauna, die deutlich boreales Gepräge zeigt und durch *Zirphaea crispata*, *Mytilus edulis*, *Cyprina islandica* und *Bittium reticulatum* charakterisiert wird. Diese Fauna kann natürlich nicht neben der eben beschriebenen, arktischen existiert haben und muss sich deshalb auf sekundärer Lagerstätte befinden. Die Erklärung dieser Erscheinung muss darin liegen, dass der Sand und der Kies mit der borealen Fauna Strandablagerungen sind, die den tiefer liegenden Ablagerungen der *Abra*- und *Turritella*-Zonen entsprechen, Strandablagerungen, die von dem, während der Bildung der *Portlandia*-Zone herranrückenden Inlandeise gestört und von Eisbergen weiter ins Meer hinausgeführt worden sind.

Besondere Aufmerksamkeit verdient die für alle drei Zonen charakteristische Art *Bela incisula*, die sich etwas über der Mitte der *Turritella*-Zone zu zeigen beginnt und in dem unteren Teile der *Portlandia*-Zone wieder verschwindet; es ist eine kleine Schnecke, die an keiner anderen Stelle früher in Skandinavien fossil angetroffen worden und in der Neuzeit

nicht in europäischen Gewässern bekannt ist; sie kommt nur in den borealen und boreo-arktischen Zonen an der Ostküste von Amerika von Rhode-Island bis Umanak in West-Grönland und im Berings-Meer vor. — Trotz dieses eigentümlichen Verhältnisses, dass noch keine befriedigende Erklärung gefunden hat, dass die Skærumhede-Serie unten mit einer Tiefwasserbildung beginnt (was sowohl von dem Sediment, als von der Fauna bestätigt wird), die keinen Übergang zu dem darunterliegenden Moränen-ton in Form von Strandsand oder einer anderen Flachwasserbildung besitzt, ist kein genügender Grund dazu vorhanden, daran zu zweifeln, dass sich diese ganze mächtige Ablagerung in situ in der quartären Schichtenreihe befindet.

Während die Skærumhede-Serie in ihrer ganzen Ausdehnung nur durch die hier besprochene Bohrung bekannt ist, ist die oberste Zone lange unter dem Namen »Älterer Yoldinton« bekannt gewesen, der an mehreren Stellen in Vendsyssel gefunden worden²⁴⁻²⁵ und in den Steilufern, in Mergel- und Ziegelgruben sichtbar ist; oft tritt sie in Schollen mit gestörter Schichtenlage und in zerbröckeltem und verschmiertem Zustand auf. Sowohl bei Hirshals, nördlich von Hjørring, wie im Tieflande nördlich von Frederikshavn liegen sie dicht unter der Oberfläche und sind von den Strandablagerungen der alluvialen Tapes-Zeit bedeckt. Da nicht nur die ursprüngliche Decke von glazigenen Bildungen, sondern auch der oberste Teil der Portlandia-Zone forterodiert sind, sind die in diesen Schichten ursprünglich eingelagerten Steine ausgewaschen und als eine, oft dichte Steindecke auf der Oberfläche des marinen Tons konzentriert.

In den glazigenen Bildungen eingelagert oder zwischen ihnen finden sich an mehreren Stellen Reste von marinen Sedimenten, die wahrscheinlich der letzten Interglazialzeit angehören, z. B. der *Tellina-calcareo*-Ton bei Höve in Odsherred (Sjælland)²⁷ (er enthält nur *Tellina calcarea* und *Nucula tenuis* und ist wahrscheinlich arktisch) und der Ton bei Skambæk Mølle, Røsnæs auf Sjælland, (der 5 Arten enthält, die alle lusitanisch sind).²²

Die Schollen von marinem Ton mit borealer Fauna, die

in dem Moränenton bei Selbjerggaard²⁰ in Hanherred (nördliches Jylland) gefunden worden sind, gehörten ohne Zweifel zur Abra- oder Turitella-Zone der Skærumhede-Serie; aber, ob der sogenannte »Cyprinensand« in Möens Klint zur Skærumhede-Serie gerechnet werden muss, oder eher zu den Eem-Ablagerungen, wird man kaum entscheiden können. Die Fauna enthält boreale und lusitanische Arten, doch keine von den Arten, die für die Eem-Schichten besonders charakteristisch sind; die Lagerungsverhältnisse zeigen, dass die Ablagerung, die auf primärer Lagerstätte in der Schichtenserie liegt, der letzten Interglazialzeit angehört.

V. Nordmann.

Süswasserablagerungen.

Zur letzten Interglazialzeit gehören in erster Linie zahlreiche interglaziale Moor- und See-Ablagerungen,¹¹ die westlich von der letzten Glaziationsgrenze in Jylland vorkommen, und zuerst in der Gegend der Stationsstadt Brörup in südlichen Jylland nachgewiesen worden sind.¹³ Sie bestehen aus Torf-, Gytje- und Sandschichten, die auf ungestörtem Lager liegen und von ausgeschlemmtem Material und Fliesserde (Ton und Sand, mit oder ohne Steine) aus der letzten Eiszeit, doch niemals von glazigenen Bildungen bedeckt sind.²⁸ Die Deckschichten über den Mooren erreichen eine Mächtigkeit von ca. 2 bis 8 m, während die interglazialen Schichtenserien eine Mächtigkeit von über 17 m erreichen können. Die subaerische Denudation in der letzten Glazialzeit, die einen Transport von Sand und Ton von dem höher gelegenen Terrain zu den Mooren und über die Moore der vorausgehenden Interglazialzeit verursacht hat, konnte in der Regel diese Bassins nicht völlig ausfüllen, die noch als schwache Vertiefungen, die keinen Ablauf haben, in dem Terrain sichtbar sind. Die westjütlandische interglaziale Orographie kann auf diese Weise noch bis zu einem gewissen Grade in den heutigen Oberflächenformen verfolgt werden.

Diese interglazialen Süswasserablagerungen, die westlich von der letzten Glaziationsgrenze liegen, werden nach ihren stratigraphischen Verhältnissen in zwei Gruppen eingeteilt

nämlich in die Ablagerungen des Brörup-Typus, der nur einen temperierten Horizont aufweist, und die Ablagerungen des Herning-Typus, der See- und Moor-Ablagerungen umfasst, mit zwei temperierten Horizonten, die durch eine subarktische Zwischenschicht getrennt sind. Diese Type ist in der Gegend von Herning, bei Brörup und bei Rodebaek SO von Varde nachgewiesen worden; sie veranschaulicht den vollständigen Verlauf der letzten Interglazialzeit. (Vergl. das Schema S. 114).

Ausser diesen Ablagerungen, die westlich von der Eisrandlinie liegen, müssen auch einige Süßwasserablagerungen, die dicht östlich von dieser liegen, zur letzten Interglazialzeit gerechnet werden. Dies gilt besonders für die, unter spätglazialen Terrassen-Sand und in ungestörtem Lager liegenden See-Ablagerungen bei der Station Ejstrup, westlich von Kolding,¹³ und für ein Moor bei Rostrup, westlich von Vejle.²⁹

In den ersten Stadium der letzten Interglazialzeit, das durch verschiedene Tonschichten repräsentiert ist, herrschte eine arktische und subarktische Flora. In dem zweiten Stadium wurde die Sedimentation in den Seen normal in Gytje-Ablagerungen verwandelt, um in den kleineren Bassinen allmählich von Torfbildung abgelöst zu werden. Kiefern und Birkenreste charakterisieren die ältesten Zonen dieses zweiten Stadiums (siehe das Schema) mit denen die Süßwasserschichten unter den marinen Eem-Ablagerungen gleichzeitig sind. In die Zonen des Eichenmischwaldes und der Hagebuche fällt das Wärmeoptimum der Interglazialzeit, wahrscheinlich gleichzeitig mit dem Maximum der Eem-Senkung; diese Zonen werden u. a. durch folgende Pflanzen charakterisiert: *Brasenia purpurea*, *Dulichium spathaceum*, *Trapa natans*, *Aldrovanda vesiculosa*, *Stratiotes aloides*, *Najas marina*, *N. flexilis*, *Ilex aquifolium* und *Tilia platyphylla* ferner durch den Damhirsch (*Cervus dama*). Während die darauf folgenden Picea- und Pinus-Zonen gebildet wurden, nahm die Temperatur nach und nach ab, die termophilen Wasserpflanzen und der Laubwald verschwanden, *Betula nana* wanderte ein, und während der Bildung der aus Ton und Sand bestehenden Zwischenschicht, im dritten Stadium, herrschte eine subarktische Heidevegetation vor. Man muss annehmen, dass

Stadien	Charakter der Flora		Zonen	Klimatische Verhältnisse, Niveauperänderungen		
Dritte Glazialzeit (Würm)						
V	Lakune			Dritte Glaziation dringt vorwärts	Skærumhede-Serie	
	Subarkt. Flora	<i>Betula nana</i> -Heiden, <i>Betula pubescens</i> . Arme Wasserflora	n			
IV	Obere temperierte Flora	<i>Betula pubescens</i> , <i>Pinus silvestris</i> , <i>Picea excelsa</i> , <i>Betula nana</i>	m	Der Eisrand weicht wieder zurück. Temperiertes Klima in Jylland		
		Laubwald-Maximum. <i>Brasenia</i> , <i>Dulichium</i> , <i>Trapa</i> u. a.	l			
III	Zwischenschicht Subarkt. Flora	<i>Betula nana</i> -Heide und subarktische Moore. Nordische, arme Wasserflora.	k	Glaziation auf der skandinavischen Halbinsel. Subarktische Klima in Jylland		
II	Untere temperierte Flora	Nadelwald {	<i>Pin. silv.</i> -Zone, <i>Picea excel.</i> , <i>Betula pub.</i> , <i>Populus tremula</i>	i	Versumpfung von Mooren	
			<i>Picea excelsa</i> -Zone. <i>Dulichium</i> und <i>Brasenia</i> selten	h	Klima kontinental geprägt, nach und nach kühler. Landhebung	
			<i>Carpinus betulus</i> -Zone. <i>Picea excel.</i> Eichenwald reduziert	g		
	Überwiegend Flora	Laubwald {	Eichenmischwald-Zone. <i>Pinus silv.</i> selten. <i>Brasenia</i> , <i>Dulichium</i> , <i>Trapa</i> , <i>Aldrovanda</i> u. a. Keine <i>Picea</i> .	f	Eem-Senkung. Atlantisches Klima, Wärmeoptimum	
			Nadelwald {	} { <i>Ulmus</i> -Maximum Die Arten des Laubwaldes einw., <i>Picea</i> selten unvermischt	e	Kühl, nach und nach milder, kontinental geprägtes Klima
					d	
I	Subarkt. Flora Arktische Flora	<i>Betula nana</i> , <i>Salix phylicifolia</i>	b	Abschmelzungsperiode der zweiten Glaziation		
		<i>Dryas octopetala</i> , <i>Salix reticulata</i> , <i>Salix herbacea</i>	a			
Zweite Glazialzeit (Riss)						

Schema über die Entwicklung von Flora, Klima und Niveauperhältnissen in Dänemark während der zweiten Interglazialzeit.

gleichzeitig hiermit das Inlandeis auf der skandinavischen Halbinsel vorrückte und wieder zurückwich. Danach fanden sich jedoch alle die erwähnten termophilen Arten wieder in Jylland ein im vierten Stadium, oder in der oberen warmen Schicht, die aus Gytje oder Torf besteht. Diese Schicht lässt sich in eine untere Zone, die reich an Resten von Laubbäumen ist, und in eine obere, die überwiegend Birken- und Nadelbaumreste enthält, einteilen. In dem fünften Stadium wurde diese thermophile Pflanzengesellschaft wieder von einer subarktischen Vegetation verdrängt, während gleichzeitig die Sedimentation in den Bassinen wieder in Ton und Sand verwandelt wurde — beides geschah durch den Einfluss der sich nähernden Glazialzeit. Die Bildung der bis zu 9 m mächtigen subarktischen Zwischenschicht, die von temperierten Zonen über- und unterlagert wird, bedeutet eine kräftige klimatische Oscillation innerhalb der letzten Interglazialzeit.

Ausser dem erwähnten Damhirsch ist aus der letzten Interglazialzeit auch der Edelhirsch, der Elch, der Biber und Reste eines Elefanten, vermutlich eines Mammuths, die in den Seeablagerungen bei Ejstrup gefunden wurden, bekannt.¹⁸

Bei dieser Gelegenheit können auch einige Funde von diluvialen Säugetieren erwähnt werden, über deren Alter man nichts genaueres aussagen kann. Vom Mammuth sind Zähne und einige Knochen an etwa 50 verschiedenen Stellen in Moränenton oder glaziofluvialen Schichten gefunden worden,¹⁸ hauptsächlich im Gebiete der letzten Glaziation; vom Moschusochsen kennt man einen Schädel, die bei Bannebjerg NNW von Hillerød auf Sjælland gefunden worden ist. Beide Tiere waren wahrscheinlich vor dem Maximum der letzten Glazialzeit verschwunden. Auch die in Dänemark sehr spärlich vorkommenden Reste vom Riesenhirsch gehören sicherlich dem Diluvium an.¹⁹

Knud Jessen.

Dritte Glazialzeit.

Auf der Karte von Jylland kann man eine Linie ziehen, die die Grenze zwischen zwei Gebieten von ganz verschiedener Natur bildet, eine Linie, die in der Hauptsache als Grenze

für die Ausbreitung des Inlandeises während der dritten Glazialzeit betrachtet werden muss, die Würm-Glazialzeit (PENCK und BRÜCKNER), Monastirien-Glazialzeit (DEPÉRET), Mecklenburgian-Glazialzeit (JAMES GEILKIE). Diese Linie geht von einem Punkt südlich von Bovbjerg an der Westküste nach Osten und vielfach gebuchtet nach Dollerup, südwestlich von Viborg am Ende des Sees Hald Sø. Hier biegt sie in südlicher Richtung ab und setzt sich weniger gebogen, hauptsächlich in derselben Richtung bis an die deutsch-dänische Grenze fort, die sie an der Station Padborg passiert.

Es besteht ein sehr deutlicher Wesensunterschied zwischen den Terrainformen zu beiden Seiten dieser Grenzlinie. Auf der einen Seite sind die ursprünglichen Glazialformen in ihrem Jugendstadium erhalten, mit steilen Hügeln, mit Vertiefungen ohne Ablauf, mit Tunneltälern und mit extramarginalen Talstrecken, die unter anderen Entwässerungsverhältnissen, als den heutigen gebildet worden sind. Auf der anderen Seite der Grenzlinie liegen die grossen Heideebenen und Hügelinseln von West-Jylland. Auf diesen sind die ursprünglichen Glazialformen nicht erhalten. Die Terrainformen haben ihr Reifestadium erhalten mit ausgeebneten Hügeln, ohne grössere ablauflose Vertiefungen, ohne die charakteristischen Tunneltäler und extramarginalen Täler, dagegen mit Talstrecken, die von den heutigen Wasserläufen ausgebildet worden sind. Dieser ausgeprägter Wesensunterschied zwischen den Terrainformen auf der einen und der anderen Seite der erwähnten Grenzlinie ist ein entscheidender Beweis dafür, dass diese Grenzlinie im wesentlichen die Grenze für das Vordringen des Inlandeises in Jylland während der letzten Glazialzeit ist.

Es ist jedoch nicht möglich, den Verlauf dieser Grenze in allen Einzelheiten genau festzustellen. Teils können die äussersten-Spuren von dem Vordringen des Eises unter den Sanden der Heideebenen begraben sein — und teils beweisen, nach der Meinung von verschiedenen, die Vertiefungen (Erdfälle), die in den Heideebenen NNW von Hygum, bei Fole und N. v. Tislund, O und SO von Ribe vorkommen, und das von MILTHERS²⁹ nachgewiesene Vorkommen einer verhältnismässig grossen Menge von Basaltgeschieben in einem

Strich von Vork bei Vejle Aa (5 km N v. Egtved) über Bække, Köbenhoved, Vester Lindet, Nustrup und Skrydstrup in Sönderjylland, dass das Inlandeis sich an einigen Stellen ein Stück über die erwähnte Grenze vorgeschoben hat. Doch ist dies dann nur in einem so kurzen Zeitraum und mit so geringer Mächtigkeit geschehen, dass es die alten Terrainformen in den Teilen der Hügelseln, die es dann bedeckt hat, nicht umzuformen vermochte.

Namentlich in dem südlichen Jylland überschritt, nach der Meinung von einigem Forschern, das Inlandeis zeitweise die erwähnte Grenze. Zwischen Vandel (20 km N v. Vejle) und Öster Lögum (9 km NW von Aabenraa) bildete der Eisrand einen grossen Bogen, der gegen Westen bis nach Brörup, Foldingbro und fast bis Hjortvad (10 km W v. Rödning) reichte, und zwischen Öster Lögum und Padborg bildete der Eisrand einen zweiten Bogen, der bis ca. 5 km westlich von der Station Tinglev reichte. Hiermit übereinstimmend ist auf der Karte Tafel II die Grenze für die äusserste Ausbreitung des Inlandeises in Jylland während der dritten Glazialzeit als Linie C eingetragen.

Die Moräne, die das Inlandeis während dieser Glazialzeit abgelagerte, die Moräne C, ist von wechselnder Beschaffenheit. In Vendsyssel ist sie, nach AXEL JESSEN³¹ in den centralen und nördlichen Teilen ziemlich sandig und muss an den meisten Stellen als Moränensand bezeichnet werden; nach Süden und Westen zu ist sie durchgehend weit toniger und tritt in der Regel als typischer Moränenton auf. In den Teilen des südöstlichen Jyllands, die geologisch kartiert worden sind, tritt die Moräne C durchgehend als Moränenton auf, Moränensand findet sich aber doch hier und dort.

Unter den Leitgeschieben in Vendsyssel sind die norwegischen in überwältigender Majorität; ebenso sind Porphyre aus Dalarne ziemlich gewöhnlich, dagegen kommen baltische Leitgeschiebe nur in geringer Anzahl vor. In ähnlichem Verhältniss kommen die verschiedenen Leitgeschiebe weiter südlich bis zur Grenzlinie Bovbjerg—Dollerup vor, dagegen sind die baltischen Leitgeschiebe im südöstlichen Jylland in der Mehrzahl.

Die Steinzählungen, die im Gebiet des Kartenblattes Bække

in den Gegenden, wo man die oberste Moräne als Moräne C betrachten muss, ausgeführt worden sind, haben als Mittelwert von 23 Bestimmungen 0,82 bei einem mittleren Fehler von 0,056 ergeben. 4 Steinzählungen, die in »unteren« Moränen weiter nach Osten, im Gebiet des Kartenblattes Fredericia, wo man die Oberflächenmoräne als Moräne D (Siehe S. 124) ansehen muss, ausgeführt worden sind, haben einen Mittelwert von 0,73 bei einem mittleren Fehler von 0,075 ergeben. Als Mittelwert von allen 27 Koeffizienten hat man 0,80 bei einem mittleren Fehler von 0,049 gefunden.

Die 57 Steinzählungen, die in der Moräne C im südöstlichen Jylland innerhalb eines Gebietes ausgeführt worden sind, das von der Küste, der Landesgrenze, der Linie C auf der Karte Tafel II und einer Linie von Station Farre bis zu Trelde Klint begrenzt wird, gab als Mittelwert den Koeffizienten 0,88 mit einem mittleren Fehler von 0,047.

In dem Steilufer Røgle Klint auf Fyn besteht die Moräne C überwiegend aus Moränenton, der in unverwittertem Zustande und trocken wie gewöhnlicher blauer Moränenton aussieht; in feuchtem Zustand bekommt die Farbe eine eigentümliche schwarze Schattierung, die vermutlich einer Beimengung von Glimmerton zuzuschreiben ist. Die Beschaffenheit ist indessen variierend; in einer Partie des Steilufers ist die Moräne C hell-blaugrauer, sehr fetter Moränenton, der bald so gut wie völlig steinfrei, bald auch sehr steinreich sein kann. Die vorgenommenen Steinzählungen zeigen, dass in dieser Moräne, wie in Moräne B ein Unterschied zwischen dem oberen und unteren Teile besteht, indem der Mittelwert von 43 Bestimmungen in dem oberen Teil C₂ verhältnismässig hoch ist: 0,81 bei einem Mittelfehler von 0,040, während der Mittelwert von 18 Bestimmungen in dem unteren Teile C₁ nur 0,49, bei einem Mittelfehler von 0,012 beträgt.

Das dislozierte Steilufer: Ristinge Klint auf Langeland weist eine Schichtenreihe auf, welche die grösste Bedeutung für das Verständnis des Aufbaus von dislozierten Steilufnern und für das Studium der Eem-Ablagerungen und der Moränen der letzten Glazialzeit gehabt hat. Es ist aus folgender Schichtenreihe aufgebaut:

- | | | |
|--|---|----------------------|
| 7. Moräne D. (Der ostjütländische Vorstoss). | } | 3. Glazialzeit. |
| 6. Glaziofluviale Schichten. | | |
| 5. Moräne C. | } | 2. Interglazialzeit. |
| 4. Glaziofluviale Schichten. | | |
| 3. Eem-Ton. | } | 2. Glazialzeit. |
| 2. Süßwassersand, unten kiesig. | | |
| 1. Glaziofluviale Schichten. »Der blanke Ton«. | | |

Die Moräne C tritt in Ristinge Klint als eine ca. 1 m dicke Bank von rötlichem Moräenton auf, in dem man in situ baltische Geschiebe genommen hat. Als Mittelwert von 15 Steinzählungskoeffizienten hat man 0,68 bei einem mittleren Fehler von 0,064 gefunden.

Durch das Studium der Terrainformen und der Veränderungen der Entwässerungswege und mit Hilfe von Leitgeschieben und Steinzählungen, hat man auf längere oder kürzere Strecken hin Stillstandslinien nachweisen können, d. h. die Spuren des Eisrandes im Terrain, wenn er während des Abschmelzens des Inlandeises längere Zeit ungefähr auf derselben Stelle blieb. Die Stillstandslinien machen es möglich, jedenfalls in grossen Zügen, dem Abschmelzen des Inlandeises zu folgen.

Die Hauptstillstandslinie (I. Stadium, siehe Fig. 9; vergl. Tafel II), im wesentlichen die Grenze der Verbreitung des Inlandeises in der letzten Glazialzeit, bildet die wichtigste geologische und geographische Scheide Jyllands. Bei ihr enden die ostjütländischen Tunneltäler, auf ihr lagen die Gletschertore, durch welche die Schmelzwasserströme der Tunneltäler über das eisfreie Vorland hinaus strömten, und dort beginnen die grossen westjütländischen Heideebenen, die von den Schmelzwasserströmen abgelagert wurden.

Als die Abschmelzung des Inlandeises begann, rückte zunächst der nördliche Eisrand zurück, so dass das Schmelzwasser, das über Karup Heideebene, SW v. Viborg, strömte, und das früher von dem Flusse Storaä direkt zur Nordsee geführt wurde, nun einen Ablauf über Hjelmhede nach Venö Bugt im Limfjord erhielt; es entstand Skive Aa und mit ihm die Systeme von Tälern, die sich in die Karup Heideebene, sich an diesem Flusse und seinen Nebengewässern anschliessend,

Karte der Heideebene bei (etwa im Massstab

Die dicht punktierten Strecken bezeichnen das eisfreie Land, das die Heideebenen
Das Meer ist senkrecht schraffiert. Die successiven Stellungen des Eisrandes (St
Küste an. (Na

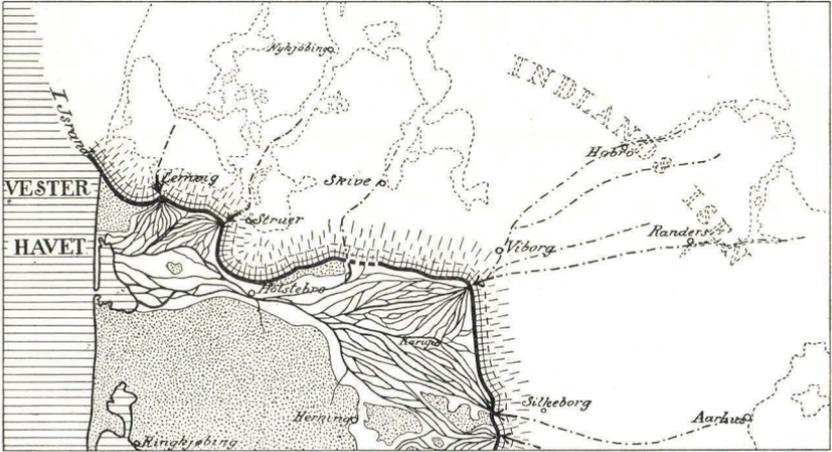


Fig. 9. I. Stadium. Die dicke, schwarze Linie gibt die Grenze für die grösste Ausbreitung des Inlandeises in der dritten Glazialzeit an, die Hauptstillstandslinie. Die grossen westjütländischen Heideebenen wurden gebildet. Das Schmelzwasser hatte Abfluss durch das Tal des Flusses Storaa, an Holstebro vorüber zur Nordsee (Vesterhavet).

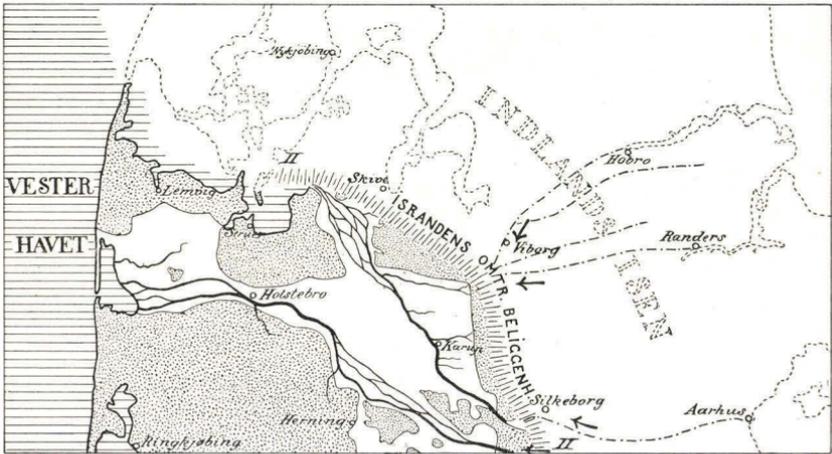


Fig. 10. II. Stadium. Der Eisrand ist ein Stück zurückgerückt. Das Schmelzwasser hat Abfluss über die Hjelmhede zur Bucht Venö Bugt am Limfjord bekommen.

Karup und ihrer Umgebung

(: 1 500 000)

und Flusstäler umgibt. Die Heideebenen und Bachtäler selbst sind ohne Signatur. (ien) sind mit I-V bezeichnet. Die punktierten Linien geben die Lage der heutigen N. V. USSING).

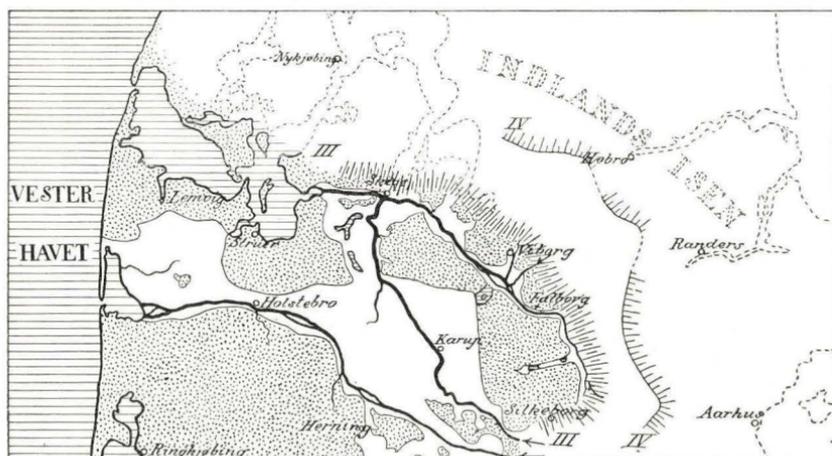


Fig. 11. III. und IV. Stadium. Der Eisrand ist weiter zurückgerückt. Das Schmelzwasser hat Ablauf durch das Tal Falborg Dal bekommen, zuerst (III. Stadium) an Skive vorüber zur Bucht Venø Bugt, später (IV. Stadium) zum Hjarbæk Fjord, NW von Viborg.



Fig. 12. V Stadium. Der Eisrand ist noch weiter zurückgerückt. Das Schmelzwasser hat nun Ablauf durch das Tal des Flusses Gudenaå, fast bis zu Randers, und dann weiter durch das Tal des Flusses Skalså zum Hjarbæk Fjord bekommen.

hineingeschnitten haben (II. Stadium, siehe Fig. 10). Wahrscheinlich trat gleichzeitig ein Vorrücken des östlichen Eisrandes ein. Das Stück der Grenzlinie, das zwischen Sebstrup und Dollerup (W. und SW v. Viborg) liegt, ist vermutlich etwas jünger als das Stück der Grenze, das zwischen Dollerup und der Nordsee liegt. Nach Verlauf einer gewissen Zeit, rückte auch der östliche Eisrand zurück, und das Schmelzwasser bekam einen Ablauf durch Falborg Dal (SO v. Viborg), erst an Skive vorüber in Venö Bugt (III. Stadium, siehe Fig. 11), später zum Hjarbæk Fjord (IV. Stadium, siehe Fig. 11). In dieser Zeit wurde der Randmoränenzug von Hundborg in Thy, über das nördliche Mors und Fur nach Sønderbaek (13 km WNW v. Randers) gebildet. Das Schmelzwasser konnte nun einen Ablauf durch das Tal der Skalsaa bekommen; hierdurch wurde das V. Stadium (siehe Fig. 12) eingeleitet, bei dem das Schmelzwasser, das sich im Tal der Gudenaä sammelte, in diesem Tale bis fast nach Randers fließen konnte. Von da an musste es dann nach Westen und Norden und dann durch das Tal der Skalsaa bis zum Limfjord ablaufen. Noch später bekam dann das Schmelzwasser Ablauf zum Kattegat durch Randers Fjord; aber, da sich das Inlandeis noch von Schweden nach Vendsyssel ausdehnte, musste es sich einen Weg nach Westen durch den Limfjord suchen. Etwa zu dieser Zeit wurden die, von AXEL JESSEN nachgewiesenen Randmoränen in Vendsyssel gebildet.³¹ Zuletzt wurde auch das nördliche Kattegat eisfrei, indem sich das Inlandeis ein gutes Stück zurückzog — wie weit, ist nicht bekannt.

Auf einem Hof auf Smidstrup Mark, 400 m nördlich von Klausholm bei Gadbjerg nordwestlich v. Vejle war der Brunnen durch eine Torfschicht gegraben, die von Moränenton gedeckt war. MILTHERS²⁹⁻¹¹ hat diese Verhältnisse durch eine Grabung näher untersucht und fand bei dieser:

- 1,4 m Krume und Uebergangsschichten.
- 1,3 » Moränenton.
- 0,8 » Gytje und Torf.
- Moränenton.

In der Gytje sind nicht nur Polarpflanzen, wie *Betula nana*, *Salix herbacea* und *Dryas octopetala* gefunden, sondern auch mehr thermophile Pflanzen, die sich besonders in der Mitte

der Schicht fanden, wie *Betula pubescens*, *Pinus silvestris* (Pollen), *Rubus saxatilis*, *Juniperus communis*, *Empetrum nigrum*, *Geum rivale*, *Potentilla palustris* u. a., ausserdem Exkremente vom Elch und vielleicht vom Bieher, alles Zeugnisse von subarktischen Klimaverhältnissen, die denen sehr ähnelten, die viel später während der Alleröd-Oszillation herrschten (S. 143).

Aus diesem sehr interessanten Fund ergibt sich also, dass das Klima so mild wurde, dass Birken und Kiefern das Land in Besitz nahmen, und der Elch und vielleicht der Bieher einwandern konnten, ehe sich das Inlandeis, während des ostjütländischen Vorstosses, wieder über dieses Gebiet verbreitete und die Moräne auf der Gytjeschicht ablagerte.

Der ostjütländische Vorstoss.

Nachdem ein längerer Zeitraum verstrichen war — wohl einige Jahrhunderte — wurde das Klima wieder kälter, und das Inlandeis breitete sich wieder über das südöstliche Jylland aus. Er ging bis zu der von POUL HARDER³² nachgewiesenen ostjütländischen Stillstandslinie (auf der Karte Tafel II als Eisrandlinie D angegeben), und das Schmelzwasser des Inlandeises fand einen Ablauf durch das Tal der Gudena, das sich nun in seiner ganzen Länge ausbildete.

Sowohl im Steilufer Ristinge Klint als im Steilufer Røgle Klint beobachtet man, dass in der dritten Glazialzeit zwei ziemlich verschiedene Moränen abgelagert worden sind, die Moränen C und D, die durch glaziofluvialen Sand von nicht geringer Mächtigkeit von einander geschieden sind. Die Moräne C ist in der Zeit abgelagert worden, in der das Inlandeis während der letzten Glazialzeit seine grösste Ausbreitung erreicht hatte, bei welcher es bis zur Linie C reichte; die Moräne D ist während des ostjütländischen Vorstosses abgelagert worden, bei dem das Inlandeis, nachdem es ziemlich weit abgeschmolzen war, sich wieder vorwärtsschob und bis zur Linie D in Jylland reichte.

In Ristinge Klint ist die Moräne D eine blaugraue, ziemlich mächtige Ablagerung von Moränenton, in der in situ sowohl baltische, als norwegische Geschiebe gefunden worden

sind. Sein Steinzählungskoeffizient ist 1,20 bei einem mittleren Fehler von 0,119 (Mittelwert von 15 Steinzählungen).

In der westlichsten Partie des Røgle Klint, dem sogenannten »Sandprofil«, kommt die Moräne D an der Oberfläche als Reste von verwittertem Moränenton mit einer Mächtigkeit von bis zu 2 m vor. In den östlicheren Partien tritt sie als ziemlich fetter und steifer Moränenton auf, in dem sich ansehnliche »Schmier« oder ausgequetschte Partien von Plastischem Ton finden. Ihr Steinzählungskoeffizient ist 1,22 bei einem mittleren Fehler von 0,050 (Mittelwert von 7 Bestimmungen). Die Uebereinstimmung zwischen dem Steinzählungskoeffizienten der Moräne D in Ristinge Klint und in Røgle Klint ist also sehr gross; die Differenz zwischen ihnen ist geringer als der mittlere Fehler.

Die auf Fyn ausgeführten Steinzählungen zeigen, dass die Moräne D ganz Nord- und Mittel-Fyn innerhalb der Wasserscheiden zwischen den Auen, die zu Kattegat und Odense Fjord fließen, und denen, die zu den Belten fließen, einnimmt. Der Steinzählungskoeffizient der Moräne D auf Fyn ist 1,29 bei einem mittleren Fehler von 0,032 (116 Zählungen).

Die auf dem Nordlande von der Insel Samsø ausgeführten 14 Steinzählungen zeigen, dass auch diese Insel von der Moräne D eingenommen wird, da der Steinzählungskoeffizient 1,40 bei einem Mittelfehler von 1,105 ist.

Die Steinzählungen, die im südöstlichen Jylland in den Gegenden (Kartenblätter Fredericia und Bække) ausgeführt worden sind, in denen man die oberste Moräne als Moräne D ansehen muss, — also zwischen den Linie D und E auf der Karte Taf. II, — haben Steinzählungskoeffizienten 1,08 bei einem mittleren Fehler von 0,067 (Mittelwert von 51 Bestimmungen).

Die Moräne D gehört zu den dänischen Moränen, die am meisten Feuerstein enthalten; dies geht aus den Steinzählungen direkt hervor. Aus den Studien und Einsammlungen von Leitgeschieben, die bei der geologischen Kartierung vorgenommen worden sind, und besonders aus MILTHERS Untersuchungen²⁹, geht hervor, dass die Moräne D auch reich an Material ist, das aus Norden und Nordosten gekommen ist (Geschiebe aus Norwegen und Dalarna). Es hat

sich gezeigt, dass in dem Gebiet auf Fyn, das von der Moräne D eingenommen wird, 10—20% norwegische und 80—90% baltische Leitgeschiebe vorkommen, und dass die Dalaporphyre die baltischen Geschiebe an Anzahl übertreffen.

Der ostjütländische Vorstoss bildet einen besonderen, bedeutenden Abschnitt der letzten Glazialzeit. Am Eisrand in Jütland entstand die Lösning Heideebene (SW v. Horsens) und mehrere eisgestauchte Seen, und etwas später die prachtvollen Randmoränenhügel (von denen ein Teil Mols Bjerge genannt werden) um die Zungenbecken Æbeltoft Vig und Kalø Vig, NO v. Aarhus, ausserdem die Randmoräne bei Odder, NO v. Horsens.

Auf Fyn wurden verschiedene Oser gebildet, und bei dem Abschmelzen ein grosser vor Eise aufgestauchter See bei Stenstrup³³⁻³⁴. Das Inlandeis schmolz soweit ab, dass ganz Fyn und jedenfalls grosse Teile von Sjælland eisfrei wurden.

Der Belt-Vorstoss.

Dann machte das Inlandeis einen neuen Vorstoss, den Belt-Vorstoss, bei dem es bis zu der auf der Karte Taf. II angegebenen Linie E reichte, indem es als ein grosser Gletscher durch den Kleinen Belt nach Norden bis Tavlov in die Gegend von Kolding vordrang; in Sönderjylland stiess er vor bis zu der Wasserscheide zwischen den Flüssen, die in die Nordsee fliessen und denen, die in die Ostsee und den Kleinen Belt fliessen. Dass diese Wasserscheide nun dort liegt, wo sie liegt, ist gerade diesem Eisvorstoss zuschreiben. In West-Fyn drang es bis zu den »Fynske Alper« vor, dem Höhenzug, der die Wasserscheide zwischen den Flüssen die in den Kleinen Belt, und denen, die in den Kattegat fliessen, bildet; in Ost-Fyn bedeckte das Eis das Land an der Küste und Hindsholm. Nach Norden zu reichte es bis auf das südliche Samsø und bedeckte den grössten Teil von Sjælland. Stein-zählungen, die in Nordwest-Sjælland ausgeführt worden sind, zeigen, dass das Inlandeis jedenfalls im Norden bis zur Höhe von Røsnæs und dem Holbæk Fjord reichte.

Bei diesem Vorstoss wurden an dem Eisrande auf dem nord-östlichen Fyn Züge von Moränenkieshügeln gebildet, vor

allem zwischen Revsvindinge und Davinde, ferner die interessanten Heideebenen zwischen Station Langeskov und Odense Fjord, ihr feeding esker zwischen Birkinde und Rynkeby, und der Randmoränen-Hügelzug um Kertinge Nor, die dessen Zungenbecken ausfüllen. Der erwähnte Hügelzug wird von den Munkebo feeding esker und der dazugehörigen kleinen Heideebene unterbrochen. Schliesslich wurden die Q uerhügel (siehe S. 163) auf Hindsholm und dem südlichen Samsö gebildet. RØRDAM³⁵ zieht den Eisrand von der Nordwestküste des Stavns Fjord auf Samsö über die Bosserne nach Sejro und Nexelö, und für ein etwas späteres Stadium, von der Nordspitze von Hindsholm über Lille Grund, Bolsax und Falske Bolsax nach Rösnaes.

Das Inlandeis verursachte Ueberschiebungen und Störungen in den Eemschichten und den über diesen liegenden Moränentonbänken und glaziofluvialen Schichten in Ristinge Klint auf Langeland und in den Steilufern auf Ærö, und der Kleine-Belt-Gletscher führte zahlreiche Schollen des Eemtones und der über diesem liegenden Moränen mit sich und lagerte sie in seiner Moräne ab. Alle bisher gefundenen Lokalitäten von Eemton-Schollen, mit Ausnahme von den Lokalitäten in Stavrbyskov südlich von Strib und Urnehoved bei Aabenraa, liegen im Bereich des Kleinen-Belt-Gletschers.

Auf Sjælland wurden, nach den Untersuchungen von MILTHERS³⁶ die Eismassen vom Halleby Aa geteilt, welcher das Wasser aus dem oberen Lauf der Susaa aufnahm und an Saltbæk Vig an Sejro Bugt Ablauf hatte, so dass jetzt, wenn nicht schon früher, ein Grosser-Belt-Gletscher entstand, indem das Entwässerungsgebiet der damaligen Halleby Aa, nach Südosten bis Fensmark—Haslev eisfrei wurde. Im Odsherred und in der Gegend von Jyderup wurden die prachtvollen, von MILTHERS³⁶ beschriebenen Randmoränenbogen und etwas später die Randmoränenstriche in Nord-Sjælland gebildet. Schliesslich entstanden Köge Os und Mogenstrup Os bei Næstved.

Die Moräne des Belt-Vorstosses, Moräne E, enthält auf Ost-Fyn, Hindsholm und dem südlichen Samsö sozusagen gar keine norwegischen Leitgeschiebe. Bei der geologischen Kartierung hat man in diesen Landesteilen nur ganz verein-

zette als grosse Seltenheiten finden können. Anders ist dagegen das Verhältnis an den Küstenstrichen des Kleinen Belt. Hier sind die norwegischen Geschiebe durchaus nicht selten. Jedenfalls kann man sie bei einiger Aufmerksamkeit überall finden, wo Steine in grösseren Mengen auftreten. Sie stammen aus mitgeführten Teilen der Moräne D.

Die Steinzählungskoeffizienten auf dem südlichen Samsö, Hindsholm und Ost-Fyn sind sehr gleichartig und niedrig, während die Steinzählungskoeffizienten in Ost-Fyn und im Bereiche des Kleinen-Belt-Gletschers sehr stark variieren. Folgende Resultate haben sich ergeben:

Das südliche Samsö (15 Steinzählungen)	0,34	mittl. Fehler	0,040
Nordwest-Sjælland (40 »)	0,27	»	0,022
Hindsholm (7 »)	0,54	»	0,057
Ost-Fyn (38 »)	0,88	»	0,058
Die Küstenstriche um den Kleinen Belt, einschliesslich Taasinge (229 Steinzählungen).....	0,82	»	0,026

Der Langeland Vorstoss.

Nachdem das Inlandeis von der fünischen Inselgruppe ganz fortgeschmolzen war, machte es wieder einen neuen Vorstoss, bei dem der Eisrand bis zu der auf der Karte Tafel II eingezeichneten Linie F reichte. Man muss annehmen, dass dieser Vorstoss dem gothiglazialen Stadium in Schweden entspricht. Bei diesem reichte das Inlandeis nach DE GEER noch ins Kattegat hinaus an der Westküste Schwedens entlang. In Dänemark überflutete das Inlandeis das eigentliche Langeland, aber nicht die Halbinsel Ristinge. Der Eisrand stand an dem südlichen und mittleren Teil der Westküste von Langeland entlang und ging weiter über die Reihe von Gründen, welche der Westküste von Nord-Langeland folgen, über Vresen und Sprogö bis Halskov bei Korsör. Von da aus ging er in einem Bogen (mit der konkaven Seite nach Nordwesten) durch Süd- und Ost-Sjælland, indem er bei Helsingör den Öresund überschritt, nach Schonen¹² hinüber.

Bei diesem Vorstoss wurden die Querhügel Langelands gebildet, die der Landschaft auf dieser Insel ihr eigentümliches Gepräge geben. Auf Sjælland entstand der Randmoränenzug,

der sich von Korsör Nor nach Südosten, nordöstlich um Skelskör erstreckt. Die Glazialschrammen bei Faxe, Stevns Klint und in der Umgebung von Køge und Köbenhavn wurden in den harten Kalkstein des Untergrundes eingeritzt. Die meisten Schrammen haben die Richtung aus SO oder SSO, doch finden sich hie und da auch ältere mit der Richtung NO, und bei Köbenhavn hat das jüngste System die Richtung aus S.

Unter den Leitgeschieben auf Langeland sind die norwegischen ausserordentlich selten, so selten, dass man bei der Kartierung, trotz eifrigem Suchens mehrere Jahre lang, nur zwei, drei Stücke gefunden hat. KARL A. GRÖNWALL ist bei seinen Untersuchungen³⁷ der versteinierungsführenden Geschiebe, die bei der Kartierung auf Langeland, Süd-Fyn und Ærø eingesammelt wurden, zu folgendem Resultat gekommen: »Bei genauerer Betrachtung der Fundstätten der Geschiebe innerhalb dieses doch ziemlich eng begrenzten Gebietes zeigt sich ein bestimmter Unterschied mit Rücksicht auf ihre Verteilung und auf die Weglängen über die hin sie transportiert worden sind. Auf Langeland sind nämlich Blöcke die nur über eine kürzere Wegstrecke hin transportiert worden sind, und die ihre Heimat in dem südöstlichen Skaane, auf Bornholm und in den angrenzenden Teilen der Ostsee haben, absolut überwiegend, wenn man sie mit den Geschieben vergleicht, die über eine längere Wegstrecke hin transportiert worden sind und z. B. aus Gotland und dem Ostbalticum stammen, während auf Süd-Fyn und den südwestlichen Inseln die Geschiebe aus dem Ostbalticum sich in der Mehrzahl befinden, und die Geschiebe aus dem südöstlichen Skaane und Bornholm sehr selten sind«. . . . »Das Moränenmaterial Langelands ist bei einem späteren Vorstoss des Inlandeises abgelagert worden und ist nur über eine verhältnismässig kurze Wegstrecke hin transportiert worden. Dieser Vorstoss hat kaum längere Zeit gedauert, und das Eis ist kaum besonders mächtig gewesen.«

Die auf Langeland ausgeführten Steinzählungen haben niedrige Steinzählungskoeffizienten ergeben; der Mittelwert von 26 Bestimmungen ist 0,29, bei einem mittleren Fehlen von 0,027.

Zuletzt schmolz das Inlandeis von den Inseln völlig fort, doch umschloss es eine lange Zeit lang immer noch Bornholm und ritzte auf dieser Insel zahlreiche Glazialschrammen ein, die nördlich von einer Linie von Nexö zu Knudskirke überwiegend Richtungen aus NO haben, während südlich von dieser Linie die Richtung aus OSO vorherrschend ist. Die zu letzt erwähnten Schrammen sind die jüngeren; sie wurden erst eingeritzt, als das Inlandeis so dünn worden war, dass das verhältnismässig hohe Graniterrain von Bornholm wie eine »Nunatak« aus dem Eise hervorragte.

Am Schlusse der letzten Glazialzeit war Dänemark im wesentlichen fertig gebildet. Das Hügelland, die Flächen, Ebenen und Täler hatten in den Hauptzügen die Formen, die wir heute noch sehen können; Bäche und Seen waren ungefähr wie heute nur die Verteilung von Meer und Land war anders als in der Jetztzeit.

Uebersicht über die Steinzählungen.

Moräne A. Esbjerg	0,55	mittlerer Fehler	0,035
Rögle Klint	0,36	»	» 0,044
Moräne B. Das Gebiet zwischen Esbjerg und Bröns	1,44	»	» 0,103
Blätt. Varde und Bække	0,84	»	» 0,057
Das übrige West-Jylland südlich von einer Linie			
Varde—Grindsted	0,87	»	» 0,042
Rögle Klint B ₂	0,82	»	» 0,026
» » B ₁	0,50	»	» 0,049
Moräne C. Oberflächenmoränen am			
Kartenblatt Bække	0,82	»	» 0,056
Untere Moränen am Kartenblatt Fredericia	0,73	»	» 0,075
im ganzen	0,80	»	» 0,049
Südost-Jylland, s. 107	0,88	»	» 0,067
Rögle Klint C ₂	0,81	»	» 0,040
» » C ₁	0,49	»	» 0,012
Ristinge Klint	0,68	»	» 0,064
Moräne D. Bl. Bække und Fredericia	1,08	»	» 0,067
Nord-Samsö	1,40	»	» 0,105
Nord- und Mittel-Fyn	1,29	»	» 0,032
Rögle Klint	1,22	»	» 0,050
Ristinge Klint	1,20	»	» 0,119

Moräne E. Süd-Samsö	0,34	mittlerer Fehler	0,040
Nordwest-Sjælland	0,27	»	» 0,022
Hindsholm	0,54	»	» 0,057
Ost-Fyn	0,88	»	» 0,058
Küsten um den Kleinen Belt	0,82	»	» 0,026
Moräne F. Langeland	0,29	»	» 0,027

Victor Madsen.

Spätglazialzeit und Postglazialzeit.

Als spätglaziale Zeit und als postglaziale Zeit (alluviale Zeit) wird der Zeitraum bezeichnet, der mit dem Zurückgehen des letzten Inlandeises begann — gerechnet nicht von der äussersten Grenze, die es bei seinem Vorrücken erreicht hatte, sondern von der auf S. 119 erwähnten Hauptstillstandslinie. Diese Linie wird auf der Karte Taf. II von der Grenze zwischen dem einfach und doppeltschraffierten Gebieten markiert.

Die spät- und postglaziale Zeit wird durch Oczillationen in den Temperaturverhältnissen charakterisiert, die denen ähnlich sind, die während der Eiszeit selber eintraten, wenn auch in diesen späteren Oczillationen der Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum nicht so gross ist, wie zwischen den Temperaturminima der Glazialzeiten und den Temperaturmaxima in den Interglazialzeiten. Schon in der Zeit, die zwischen dem Zurückrücken des Eisrandes von der obenerwähnten Hauptstillstandslinie und dem neuen Vorstoss des Inlandeises bis zu der ostjütländischen Eisrandlinie liegt (Linie D auf der Karte Taf. II), hat eine Temperaturoszillation stattgefunden, die in dem oben besprochenen (S. 122) Profil in den Süsswasserschichten auf Smidstrup Mark, westlich von Gadbjerg, ihren Ausdruck findet. In dem Zeitabschnitt, der auf das Zurückrücken des Inlandeises von der auf der Karte Taf. I als Linie F eingezeichneten Eisrandstellung folgt und bei der Stellung an der mittelschwedischen Hauptstillstandslinie endet, fällt die Temperaturoszillation, die man als Alleröd-Oszillation bezeichnet (Siehe unten S. 143. So genannt nach der Ziegelei bei Alleröd in Nordsjælland, in

deren Gruben sie zum ersten Male nachgewiesen worden ist).³⁸ Noch nach der Einwanderung des Hochwaldes, in der postglazialen oder alluvialen Zeit, können deutliche, wenn auch weniger in Erscheinung tretende Oczillationen nachgewiesen werden.

Wie Dänemark während der Glazialzeiten und der Inter-glazialzeiten einer Reihe von Niveauveränderungen ausgesetzt war, hat sich die Strandlinie auch in der spät- und postglazialen Zeit verschiedentlich positiv und negativ verschoben, deren Spurem man um so deutlicher nachweisen kann, als keine spätere Eiszeit sie zerstören konnte. (Vergl. den Abschnitt über Niveauveränderungen S. 169—186).

Da die Naturverhältnisse, die man als spätglaziale bezeichnen muss, eng an das in der Hauptsache zurückweichende Inlandeis gebunden waren, und deshalb an den verschiedenen Stellen zu verschiedenen Zeiten eintrafen, in dem Masse wie das Eis nach und nach das Land räumte, — kann selbst in einem so kleinen Gebiet wie Dänemark keine genaue Grenze zwischen der spät- und postglazialen Zeit angesetzt werden. Man kann im allgemeinen sagen, das man die postglaziale Zeit von der Zeit an rechnet, wo der Hochwald im grossen und ganzen das Land erobert hatte.

Eine genauere, absolute Zeitbestimmung der verschiedenen Phasen innerhalb der hier behandelten Zeiträume, hat man bisher noch nicht zufriedenstellend in Dänemark durchführen können. In Schweden haben G. DE GEER und seine Schule versucht, die spät- und postglazialen Naturereignisse durch die Zählung der »Varven«*) in dem von den Schmelzwasserflüssen und ihren Nachfolgern, den postglazialen Flüssen, abgelagerten varvigen Ton festzulegen.³⁹ Man hat auch versucht, diese Methode in Dänemark anzuwenden, doch bisher ohne Erfolg.⁴⁰ Man hat auch in Dänemark »Varv« nachweisen können, aber die in Dänemark durchgezählten

*) Unter einer »Varv« (Jahresschicht) versteht man eine Schicht mit mehr oder weniger secundären Tonschichten, die unten aus grobem Sand besteht, und nach oben zu nach und nach in feineren Sand übergeht, um mit feinem Ton abzuschliessen. Man meint, dass ein »Varv« im Laufe eines Jahres abgesetzt worden ist, indem die Stromgeschwindigkeit der Flüsse vom Taubruch zum Winter hin abnimmt.

»Varv«-serien sind zu kurz und zu unregelmässig gewesen, als dass sie eine sichere Grundlage zu einem Vergleich mit den Schichten an anderen, weiter fortgelegenen Lokalitäten hätten abgeben können.⁴¹⁻⁴² Eine der Ursachen dazu, dass die Methode bisher missglückt ist, muss man darin suchen, dass verschiedene von den dänischen »Varv« in Verbindung mit »totem« Eis abgesetzt worden sind, und nicht in Verbindung mit dem »lebenden«, zurückweichenden Eisrand.³⁴ Eine andere Ursache muss man sicher darin suchen — wie von dänischer Seite her behauptet worden ist⁴³ — dass die meisten »Varv«, die DE GEER an dänischen Lokalitäten gemessen hat, nicht Jahres-Varv, sondern Unterabteilungen von solchen sind.

In Schweden hat man in Verbindung mit der durch die Varv-Zählung gefundenen, geochronologischen Zeitskala, die spät- und postglaziale Zeit in verschiedene Abschnitte eingeteilt: in die daniglaziale, gothiglaziale, finiglaziale und die postglaziale Zeit. Die daniglaziale Zeit ist die Zeit, die zwischen dem Aufenthalt des Eisrandes an der jütländischen Hauptstillstandslinie und seinem Aufenthalt an der Eisrandlinie, die den schonische Eisse umkränzt und etwas südlich von Hälsingborg die schwedische Küste erreicht und ihre Fortsetzung in der Linie F auf der Karte Taf. II findet. Die gothiglaziale Zeit ist die Zeit zwischen dem Zurückrücken des Eisrandes von der eben erwähnten Linie bis zu seinem Aufenthalt bei den mittelschwedischen Moränen. Die finiglaziale Zeit ist die Zeit, während derer der Eisrand von diesem Punkt an bis zu der Stelle in östre Jämtland zurückwich, wo die letzten Reste des Inlandeises in zwei Hälften geteilt wurden. Danach folgte die Postglazialzeit, die von der Bipartion des Inlandeises an bis zur Neuzeit geht.⁴⁴

Diese Einteilung wird nur wenig in Dänemark angewendet, dagegen ist die von schwedischen Geologen vorgenommene Einteilung der postglazialen Zeit auf Grund der wechselnden klimatischen Verhältnisse auch in Dänemark allgemein gebräuchlich geworden (siehe unten S. 148—49). Ausserdem hat man Einteilungen angewendet, die teils auf die marinen Ablagerungen, teils auf die wechselnden Waldvegetationen ba-

siert waren. A. C. JOHANSEN hat eine Einteilung in drei Perioden vorgeschlagen, die auf die Einwanderung der Süßwassermollusken basiert ist, so dass die Einwanderung der *Bithynia tentaculata* die erste Grenze bildet und die Einwanderung von *Planorbis corneus* die zweite. In der ersten Periode wurden die Süßwasserbildungen abgelagert, die die *Planorbis stroemi* & *Valvata cristata*-Zone bilden; sie entspricht der beginnenden Waldzeit. Darauf folgt die *Planorbis stroemi* & *Bithynia tentaculata*-Zone, die im grossen und ganzen der Kiefern-Zeit entspricht, und schliesslich die *Planorbis corneus*-Zone, die am ehesten der Zeit des Eichenmischwaldes und der späteren Zeit entspricht.¹⁶

In der spätglazialen und postglazialen Zeit findet eine neue Einwanderung von nach und nach immer mehr thermophilen Pflanzen- und Tierarten statt. Wenn die Anzahl namentlich der höheren Tierarten im Vergleich zu der in den Interglazialzeiten so überwältigen ist, liegt die Ursache dafür ausschliesslich darin, dass man die spät- und postglazialen Ablagerungen weit besser kennt, was wiederum darauf zurückzuführen ist, dass diese Bildungen in zahlreichen künstlichen und natürlichen Profilen leicht zugänglich sind. Verschiedene von den durch die interglazialen Ablagerungen bekannten Arten haben sich nach der letzten Glazialzeit in Dänemark nicht mehr gezeigt, z. B. das Mammut, der Riesenhirsch der Damhirsch, die Fichte, *Dulichium* und *Brasenia* (Fichte und Damhirsch sind später vom Menschen eingeführt worden). Die höheren Tiere, Säugetiere und Vögel, erreichen ihren grössten Artenreichtum am Ende der Zeit des Kieferwaldes und in der Eichenmischwaldzeit, in den borealen, atlantischen und subatlantischen Perioden (siehe unten), danach nehmen sie langsam im Laufe der subatlantischen Zeit ab. Erst während der Kultivierung des Landes in der allerletzten Zeit und der völligen Umgestaltung der Natur durch die Hand des Menschen ist eine schnelle Verringerung der dänischen Tierwelt eingetreten.

Obleich man erwarten sollte, dass Dänemark schon während der Interglazialzeiten zur Bewohnung für den Menschen geeignet gewesen sein müsste, hat man doch erst aus der

spät- und postglazialen Zeit sicheren Spuren davon gefunden*). Die ältesten wirklichen Wohnplätze (Die Maglemose- oder Mullerup-Kultur), stammen aus dem Schluss der Ancyluszeit (die boreale Periode),⁴⁵⁻⁴⁶⁻⁴⁷ aber die ältesten aus Dänemark bekannten Geräte, eine Pfeilspitze aus Feuerstein⁴⁸ und ein Paar Axtschäfte aus Renntiergeweihen, stammen aus dem Anfang der Waldzeit, oder möglicherweise aus der vorhergehenden Tundrazzeit. Das Renntier starb in Dänemark aus, kurz nachdem der Hochwald eingewandert war.⁴⁹

V. Nordmann.

Spätglaziale und postglaziale marine Ablagerungen.

Man kennt in Dänemark keine so kontinuierliche Reihe von spät- und postglazialen marinen Ablagerungen mit einer entsprechenden Entwicklung des faunistischen Gepräges von hocharktischen zu deutlich lusitanischen Charakter wie in Norwegen⁵⁰⁻⁵¹⁻⁵² und Westschweden. Die drei Senkungen und darauf folgenden Hebungen, denen Dänemark nach der letzten Eiszeit unterworfen gewesen ist (vergleiche den Abschnitt über Niveauveränderungen), haben die Küstenlinie so verschoben, dass, selbst wenn die neuere Ablagerung von marinen Sedimenten auf den älteren stattfinden konnte, sie doch immer von jenen durch deutliche Lakunen geschieden sind.

Als Exempel für das Vorkommen solcher übereinander abgelagerten marinen Schichten aus weit verschiedenen Abschnitten innerhalb der spät- und postglazialen Zeit kann ein scheinbar unansehnliches Profil im Ufer gerade gegenüber der Ziegelei am Flüsslein Tversted Aa, nördlich von Hjörning, erwähnt werden. Hier sieht man unten im Flussbett spätglazialen Yoldienton, der von einer bis zu 3 m mächtigen Zirphäaschicht bedeckt ist, der unten aus Kies mit einer Menge von gerollten Molluskenschalen und Schalenfragmenten und darüber aus deutlich geschichteten Sand mit untergeordneten

*) Vergleiche jedoch ANATHON BJÖRN, 1928: Nogen norske Stenalderproblemer.. Norsk geolog. tidsskrift Bd. 10. Darin wird ein paläolithisches Steinwerkzeug aus Harebjerg, südlich v. Station Brörup in Jylland abgebildet und beschrieben.

Kiesschichten und zerstreuten Schalen besteht. Der Zirphäa-sand wird von einer 5—10 cm dicken Torfschicht aus der Festlandszeit (Ancylus-Zeit) bedeckt; und diese Torfschicht wird wiederum von einer dünnen Schicht von marinem Schlamm mit Resten von *Zostera* und *Pinus* bedeckt, worüber toniger, mariner Sand liegt, der *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *Scrobicularia piperata*, *Litorina litorea* u. a. enthält. Die drei zuletzt besprochenen, marinen Ablagerungen repräsentieren also jede für sich ihre genau abgegrenzte marine Periode: die Yoldia-Zeit, die Zirphäa-Zeit und die Litorina-Zeit (s. u.), zwischen denen sich das Meer von dieser Stelle zurückgezogen hatte.

Die wichtigste spätglaziale Ablagerung in Dänemark ist der jüngere oder spätglazialen Yoldienton,³¹ der über grosse Strecken hin in Vendsyssel und westlich und östlich von Aalborg bis zum nördlichen Teil des Lille Vildmose vorkommt. Was die Niveauverhältnisse angeht, unter denen der Yoldienton vorkommt, muss, und dasselbe gilt auch für alle anderen marinen Ablagerungen, auf den Abschnitt über Niveauveränderungen verwiesen werden. Dieser Yoldia-Ton ist während einer Senkung des Landes unmittelbar nach der letzten Abschmelzung des Inlandeises gebildet worden und ruht auf spätglazialen Strandsand (Unterer Saxicavasand), der stellenweise zahlreiche Schalen von *Saxicava arctica* enthält. Der Yoldienton, dessen Mächtigkeit bis zu 20 m beträgt, kann nach unten zu ziemlich sandig sein und nach oben zu eine Reihe von dünnen Sandschichten enthalten; die Schichtung ist in der Regel horizontal und ungestört, und der Ton enthält nur sehr wenig Steine, die von Treibeis hierher gebracht worden sind. Er wird in der Regel vom oberen spätglazialen Strandsand bedeckt oder von postglazialen Bildungen und liegt an vielen Stellen ziemlich dicht unter der Oberfläche. Er enthält eine ausgesprochene arktische Fauna, die 24 Molluskenarten enthält, von denen die folgenden erwähnt werden müssen: *Portlandia (Yoldia) arctica*, *P. lenticula*, *Axinopsis orbiculata*, *Kennerleya glacialis*, *Leda pernula*, *Lyonsia arenosa*, *Modiolaria laevigata*, *Cylichna scalpta*, *Fusus despectus* var. *fornicatus*, *Saxicava arctica*, *Tellina calcarea* und andere. Ausser durch *Portlandica arctica* wird die Fauna durch die hocharktischen *Tellina Torellii* und *T. Lovenii*, die

nicht in der Portlandica-Zone der Skærumhede-Serie gefunden worden sind, charakterisiert. Von anderen Tierresten aus dem spätglazialen Yoldienton kann man Knochen des Grönlandwals (*Balaena mysticetus*) und des Speckhauers (*Orca sp.*) erwähnen. Einige, am Strande bei Rubjerg Knude südlich von Lönstrup gefundene Zähne von Walross (*Trichechus rosmarus*) stammen wahrscheinlich auch daher.

Der Yoldienton wird wie oben erwähnt von spätglazialen Strandsand (Oberer Saxicavasand) überlagert, der während der folgenden Hebung des Landes gebildet worden ist. Dieser hat eine etwas grössere Ausdehnung als der Yoldienton, da er als eine Flachwasserbildung auf bedeutend geringerer Tiefe als der Ton abgelagert werden konnte; aber viel von dem Strandsand, der, auf den glazigenen Bildungen ruhend, ein grösseres Gebiet als der Yoldienton einnimmt, ist mit dem in tieferem Wasser abgelagerten Ton gleichzeitig. Der Strandsand bildet die Oberfläche auf den hochliegenden Plateaus, über die sich die Höhenzüge, die niemals von Meer bedeckt gewesen sind, wie Inseln oder Festland erheben. Mollusken sind überall in dem Sande selten, wahrscheinlich weil diese sehr magere Bildung für Wasser und Luft so leicht zugänglich ist, dass die Schalen aufgelöst worden sind. Eine Ausnahme bilden jedoch zwei Lokalitäten bei Raaholt und Borgbakke, die ca. 20—25 m über dem Meere liegen. In dem Sande und dem Kies hat man eine boreoarktische Litoralfauna gefunden, die 10 Molluskenarten enthält und durch die folgenden Arten charakterisiert wird: *Mytilus edulis*, *Tellina baltica*, *Buccinum undatum*, *Lacuna divaricata* og *Litorina rudis*. Diese Arten zeigen, dass die Temperatur — jedenfalls in den oberen Schichten — schon am Ende der »Yoldia-Zeit« ziemlich stark gestiegen sein muss.

Wie lange die Landhebung, während derer der Obere Saxicavasand abgelagert worden ist, dauerte, weiss man nicht; aber, da sie wieder von einer Senkung abgelöst wurde, war inzwischen, wie die jetzt eingewanderte Fauna zeigt, eine weiterer Temperaturzunahme im Meereswasser eingetreten: damals gedieh an den dänischen Küsten nicht mehr eine boreoarktische, eher eine nördlich-boreale Fauna. Man kennt aus den, während der erneuten Senkung gebildeten Ab-

lagerungen, den Zirphäaschichten,³¹ die nur Flachwasserbildungen aus Sand und Kies sind, c. 20 Molluskenarten, von denen jedoch verschiedene nur an vereinzelt Lokalitäten gefunden worden sind. Die echten hocharktischen Arten fehlen; die gewöhnlichsten sind (nach der Anzahl der Lokalitäten, in denen sie gefunden worden sind, gerechnet): *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica*, *Mytilus edulis*, *Zirphaea crispata*, *Tellina baltica* (eine grosse, dickschalige Varietät), *Cyprina islandica*, *Mya truncata* und *Buccinum undatum*. Die übrigen sind nur an einer einzelnen oder an sehr wenigen Lokalitäten gefunden worden, unter denen können die folgenden erwähnt werden: *Trophon clathratus*, *Natica groenlandica*, *N. clausa*, *Spirialis balea*, *Pecten islandicus*, ausser zwei Fragmenten von *Cardium ciliatum*, die jedoch vielleicht auf sekundärer Lagerstätte liegen und aus der Portlandia-arctica-Zone ausgewaschen worden sind. Für die Temperaturverhältnisse charakteristisch ist *Cyprina islandica*, das in der Jetztzeit seine Nordgrenze in der St. Lawrence-Bucht, an der Nord- und Ostküste von Island, an den Ostküsten des östlichen Finnmarken und in der »warmen Area«⁵³ des Weissen Meers hat; ferner durch *Zirphaea crispata* dessen Nordgrenze in der St. Lawrence-Bucht, an der Süd- und Westküste und vielleicht auch der Nordküste von Island und bei den westlichen Finnmarken liegt.⁵³

Diese Senkung, die nur gering gewesen ist, und wahrscheinlich nur kürzere Zeit gedauert hat, wurde von einer bedeutenden und langeandauernden Hebungperiode abgelöst, der Ancylus- oder der Festlandszeit, in der sich der Hochwald ernstlich über Dänemark verbreitete und seine Entwicklung durch die subarktischen und borealen Perioden durchmachte. In der darauffolgenden Periode, der atlantischen, trat eine neue (dritte oder letzte) Senkung des Landes ein. Diese Senkung wird die Litorina- oder Tapesenkung genannt, und während dieser und der folgenden Hebung wanderte eine, von derjenige der Zirphäaschichten sehr verschiedene, Fauna mit einer Menge von lusitanischen Arten ein, von denen sich jedoch mehrere schon während der vorausgehenden Festlandszeit an den Küsten von Schweden und Norwegen eingefunden hatten. Von den, für diese Fauna

am meisten charakteristischen Arten, müssen die folgenden genannt werden*) *Cardium edule*, *C. echinatum*, *Ostrea edulis* **Pecten varius*, **Tapes aureus*, **T. decussatus*, *T. pullastra*, *Scrobicularia piperata*, *Corbula gibba*, *Nassa reticulata*, *Trochus cinerarius*, *Bittium reticulatum*, *Litorina litorea* abgesehen von einer Menge von südlichen Kleinformen, unter denen sich eine Anzahl von *Rissoa*-Arten befinden. Aber ausser diesen Arten kommt eine Reihe von borealen Arten vor, die in der Jetztzeit nicht ins Mittelländische Meer vorkommen, so dass man der Fauna ein südlich boreales Gepräge zusprechen muss. Ausser den weit verbreiteten, eigentlichen (älteren) *Tapes*-Ablagerungen befinden sich bei Frederikshavn und um die östliche Mündung des Limfjords einige jüngere Ablagerungen, die nur eine geringe Höhe über dem Meeresspiegel erreichen (3 m bei Frederikshavn, wo die älteren *Tapes*-Schichten eine Höhe von bis zu 13 m über dem Meere erreichen); diese hat man unter dem Namen *Dosinia*-Schichten ausgeschieden;⁵⁴ sie werden durch folgende Arten charakterisiert: **Dosinia exoleta*, *D. lincta*, **Lutraria elliptica*, **Tapes edulis* (= *virgineus*), *Pecten maximus*, *P. opercularis*, *Mytilus adriaticus*, *Lucina borealis*, *Lucinopsis undata*, **Psammobia vespertina*, **Pholas dactylus*, **Cypraea* (*Trivia*) *europaea*, *Nassa incrassata*, *Turritella terebra*, *Scalaria Turtonis* und einige Kleinformen; keine von diesen Arten hat man in den älteren *Tapes*-Schichten angetroffen. Die Fauna, die sowohl durch lusitanische als durch boreale Arten vermehrt worden ist, hat im grossen und ganzen ihr südlich-boreales Gepräge behalten. Die *Dosinia*-Schichten muss man gleichzeitig mit den Schalenschichten in Norwegen ansetzen die zu dem von ØYEN aufgestellten *Ostrea*-Niveau gehören, während dessen sich das Klima von subboreal und verhältnismässig trocken in subatlantisch und feucht veränderte.

Die Ablagerungen des *Tapes*meeres wechseln sehr von Ort

*) Die Arten, die mit einem * bezeichnet sind, sind nun wieder aus den dänischen Gewässern, östlich von Skagen verschwunden, oder zeigen sich nur ab und zu. *Pecten varius* kommt jedoch noch in dem westlichen Teile des Limfjords vor, in dem dänischen Gewässer, das am meisten Ähnlichkeit mit dem *Tapes*meere hat.

zu Ort. In engen Buchten, Fjorden und in Sunden mit geringer Strömung kommt weicher, oft schwarzer stinkender Schlamm Boden vor, mit einer artenarmen und dünnschaligen Fauna; in Sunden mit starker Strömung in offenen Breitungen und an den äusseren Küsten finden sich Sand- und Kiesablagerungen mit einer reichen Fauna, deren Schalen oft in Schichten von recht ansehnlicher Ausdehnung und Mächtigkeit auftreten: an mehreren Stellen hat man ausgedehnte Austernbänke gefunden. Der Umstand, dass eine verhältnissmässig reiche Fauna sich bis in die engen Fjorde und bis weit in die dänischen Gewässer erstreckte (in die Ostsee z. B. bis zu den Gewässern südlich von Fyn, sogar in den Buchten bei Kiel und bei Neustadt,⁵⁵ während sich in der Gegenwart die entsprechenden Arten nur sparsam im nördlichen Kattegat und im Limfjord finden), zeugt von einem grösseren Salzgehalt und von höherer Temperatur als in der Jetztzeit; aus derselben Ursache gingen die Mollusken in der Tapes-Zeit auch auf etwas flacheres Wasser als heute.⁵⁴ Als ein Exempel für die veränderten Verhältnisse kann erwähnt werden dass aus Roskilde Fjord gegenwärtig nur etwa zehn Arten bekannt sind, während allein in den Tapes-Ablagerungen bei »Bildt« bei Frederikssund doppelt so viele Arten festgestellt worden sind. Verschiedene von den Vor- und Jetztzeit gemeinsamen Arten treten in fossilem Zustande mit grösseren und dickeren Schalen auf.⁵⁶ Manchmal kann die Fauna allein Aufschluss über die Meeresverbindungen der damaligen Zeit geben. Man könnte meinen, dass eine offene Verbindung zwischen der Nordsee und dem Kattegat durch einen breiten Sund über der Gegend, die nun von Store Vildmose eingenommen wird, existiert hätte, aber die Fauna in den dortigen marinen Ablagerungen entspricht — abgesehen von der grösseren Reichhaltigkeit an Arten — ganz derjenigen, die sich nun in den Breitungen des Limfjords befindet, und weicht u. a. sowohl von der rezenten Fauna der Nordsee als von der fossilen in den Tapes-Ablagerungen westlich von Fjerritslev bedeutend durch Schalengrösse und Dicke ab. Das besprochene Areal muss deshalb von einer direkten Verbindung mit dem Skagerrak abgeschnitten gewesen sein und muss eine Breitung in dem Limfjord der Tapes-Zeit gewesen sein, der sich nur von

Løgstør bis etwas östlich von Aalborg erstreckte.⁵⁷ (siehe Fig. 13).

Zwischen dem Hochland bei Fjerritslev und dem Hochland bei Thisted lag dagegen in der Litorina-Zeit ein Inselmeer mit



Fig. 13. Karte des nördlichen Jylland zur Zeit des Maximums der Litorina-(Tapes-)Senkung. Die weitschraffierten Gebiete an der Westküste entlang bezeichnen später verschwundene Landstrecken. Die feinpunktierte Linie ist die heutige Küstenlinie.

breiten Sunden und ausgedehnten Verbindungen zwischen der Nordsee und den Meeresgebieten, die sich an der Stelle der heutigen Limfjord-Breitungen befanden. An den Küsten dieses Inselmeeres befinden sich mächtige Strandwälle mit grobem Kies, in dem dicke, solide, aber stark gerollte Schalen

von *Buccinum undatum*, *Litorina litorea*, *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *Tapes aureus* und *decussatus*, *Macra subtruncata* vorkommen. *Purpura lapillus*, das in den östlichen Gegenden sehr selten ist, kommt in den westlichen Strandwällen häufig vor, und die Fauna in diesem Gebiet enthält verschiedene Arten, die nicht in den Tapes-Schichten des östlichen Jyllands oder auf den Inseln gefunden worden sind, z. B. *Donax vittatus*, *Helcion pelucidum* und *Patella vulgata*. Weiter nach SW, in dem Salzwasseralluvium zwischen Nissum Bredning und Ferring Sö westlich von Lemvig, trifft man wiederum auf eine ziemlich artenarme und dünnschalige Fjord-Fauna, die uns zeigt, dass dieses scheinbar offen liegende Gebiet während der Litorina-Zeit ein mehr eingeschlossenes Gewässer gewesen sein muss. Hier finden sich auch keine grossen Strandwälle oder ähnliche Zeichen einer offenen Nordseeküste.⁵⁸

Auf Fyn ist das marine Alluvium besonders zwischen Bogense und Næraa Strand verbreitet, ferner an Odense Fjord und südlich und nördlich von Kerteminde.²⁻⁵⁹ Auf der Halbinsel östlich von Nyborg Fjord finden sich ansehnliche Strandwälle.⁶⁰ Besonders war die Gegend um die Mündung des Odense Fjord ein Archipel und die Halbinsel Hindsholm war eine Insel, die von Fyn durch einen engen und buchtigen Sund zwischen Odense Fjord und Kerteminde Bugt geschieden war. Die Fauna, die 33 Arten umfasst, ist im ganzen betrachtet weniger ansehnlich als die in Vendsyssel, von der man 112 Arten kennt.

Auf Sjælland ist das marine Alluvium hauptsächlich an der Nordküste verbreitet, ferner um Isefjord und seine Verzweigungen, und zwar nicht nur um die breiteren Partien im Westen, Holbæk- und Lammefjord,³⁶ sondern auch um den an einer Strecke sehr engen Roskilde Fjord. Auf der Strecke von Saltbæk Vig bis nach Hornbæk war die Küste in eine Reihe von unregelmässig geformten Halbinseln zerklüftet, vor denen grössere und kleinere Inseln lagen. Die See Arresø bildete den innerste Teil eines aus dem Kattegat einschneidenden breiten Fjord oder einer Bucht; der nördliche Teil des Hornsherred war durch einen Sund zwischen Roskilde- und Isefjord von dem südlichen Teil getrennt usw.¹² Die Fauna umfasst 35 Arten, die in allen Verzweigungen des

Meeres weit verbreitet waren; so ging z. B. die Auster bis ganz in den innerste Teil des Roskilde Fjord bei Kattinge. Zahlreiche Kökkenmöddinger an der Küste entlang zeigen, dass die Bevölkerung der epipaläolithischen Steinzeit dieses reiche Tierleben im weitesten Masse ausnützte.⁶¹ Eine Ausnahme wird von der armen Fauna in dem marinen Alluvium am Öresund und in der Köge Bugt gebildet: sie zählt nur 13 Arten; verschiedene von den für die Litorina-Zeit charakteristischen Formen wie z. B. *Ostrea edulis* und die *Tapes*-Arten, fehlen. Als charakteristisches Tier für diesen Teil des marinen Alluviums kann *Scrobicularia piperata* genannt werden, das man jedoch nicht an allen Lokalitäten gefunden hat.¹²⁻⁶²

Die Hebung, die im nordöstlichen Dänemark auf das Maximum der Litorina-Senkung folgte, wurde im grossen und ganzen durch die Ablagerung der Dosinia-Schichten abgeschlossen; weiter nach Süden setzte sich die Senkung so fort, dass die Tapes Schichten südlich von Fyn und Sjælland und an den Ostküsten von Slesvig und Holstein nun in tieferem Wasser liegen, als damals, als sie gebildet wurden. In den später gebildeten marinen Ablagerungen, die nun vorzugsweise in den künstlich eingedämmten Buchten und den »Noren« (verengte Buchten) zugänglich sind, ist die Fauna ärmer, weil mehrere von den obenerwähnten Arten in Dänemark wieder ausgestorben sind. Charakteristisch für diese ärmere Fauna ist *Mya arenaria*, das nach der Eisenzeit eingewandert ist.

Von den späteren, sich noch in Bildung befindenden, marinen Ablagerungen, muss der Marschklei genannt werden, der an der Westküste von Slesvig abgelagert wird. Wenn die Flutwelle von der Nordsee zweimal täglich in das Wattenmeer zwischen den Nordseeinseln und dem Festlande eindringt, schlemmt es eine Menge von feinem Schlick auf, das mit dem feinen, von den Flüssen mitgeführten Material vermischt wird; dieses wird während des Hochwassers auf den Gründen (Watten) und den flachen Küsten abgelagert, wo es durch Schnecken (*Hydrobia*) und Ringkrebse (*Corophium*), zum Teil auch durch die Vegetation gebunden wird, so dass es von der Ebbe nicht wieder mit fortgeführt werden kann. Die Marschbildung hat nach der Bronzezeit begonnen, und eine spätere Hebung des Landes hat ver-

ursacht, dass die älteren Marschgebiete nun so hoch über der Flutwelle liegen, dass die Marschbildung auf bedeutenden Arealen vollendet ist.⁶³

V. Nordmann.

Spätglaziale und postglaziale Süßwasserablagerungen.

Die Spätglazialzeit oder die Tundrazzeit reicht von dem Verschwinden der letzten Eisdecke bis zur endgültigen Einwanderung der Wälder. Die hierhin gehörigen, zuerst von NATHORST (1870) erkannten Süßwasserbildungen,⁶⁴ bestehen aus Sand und kalkhaltigem Ton, Dryaston, mit arktischen und subarktischen Pflanzen, wie *Dryas octopetala*, *Betula nana*, *Salix polaris*, *S. reticulata* u. a.; Reste von Renntieren sind häufig, während Reste vom Wolf und Elch nur vereinzelt gefunden worden sind. Der Dryaston ist in kleinen Vertiefungen in der Oberfläche des Geschiebemergels abgelagert worden und erreicht eine Mächtigkeit von 5, ja bis zu 10 m; häufig wird er von Torf oder Gytje überlagert. Auf Bornholm, Sjælland, Møen, Fyn und in Ost-Jylland sind Zeugnisse für eine bedeutende klimatische Oszillation gefunden worden, die Alleröd-Oszillation,³⁸⁻⁶⁵⁻⁶⁶⁻⁶⁷⁻⁶⁸⁻³⁴ die in der spätglazialen Zeit stattgefunden haben muss, indem man — da, wo die Schichtenfolge vollständig ausgebildet ist — unten Dryaston, darüber Gytje mit grossblättriger Birke, viel Kiefer-Pollen und Süßwassermollusken wie *Anodonta cygnaea*, *Planorbis fontanus*, *Ancylus lacustris* und *Limnaea stagnalis* gefunden hat; ferner Biber und einmal einen Bären,⁶⁹ welches von einer höheren Sommertemperatur zeugt; oben liegt wieder Dryaston. Der in faunistischer und floristischer Beziehung allmähliche Uebergang zum Alluvium wird in gewissen Gegenden durch die Anwesenheit der gewöhnlichen spätglazialen Formen zusammen mit den ersten Spuren des Waldes und seines Tierlebens bewiesen. Von einer Ablagerung bei Nørre-Lyngby,⁴⁸ südlich von Lönstrup in Vendsyssel, welche dieser Übergangszeit angehört, stammen u. a. folgende Funde: Renntier, Schneehase, Gebirg-Schneehuhn zusammen mit Biber und bestimmten Insekten, die im Walde leben. Von dieser Lokalität stammt auch ein Fund eines rötlichen

Ziesels (*Spermophilus rufescens*), und die ältesten, zeitlich genauer festgelegten Zeugnisse von Menschen in Dänemark, nämlich eine Pfeilspitze aus Feuerstein und ein Axtschäft aus Renntiergeweih. Ausserdem sind auch einige andere Funde von vom Menschen behandelten Renntiergeweihen in Dänemark bekannt;¹⁹ es entspricht dies der Tatsache, dass das Renntier wiederholt in den Torfschichten aus ältesten postglazialen Zeit nachgewiesen worden ist.⁴⁹

Die wichtigsten Gruppen der dänischen alluvialen Süswasserbildungen sind Torf und Gytje, die in den Mooren liegen und oft die spätglazialen Tonschichten überlagern, ferner Kalktuff, sowie auch Sand und Ton, die besonders in enger Verbindung mit den Wasserläufen vorkommen. Auch Raseneisen, das dicht an der Oberfläche in gewissen Mooren gebildet wird, gehört hierher. Die Moore, deren alluvialen Schichten eine Mächtigkeit von bis zu 11 m erreichen können, werden nach ihrer Entstehungsart oft weiter eingeteilt: in Verwackungsmoore,⁷⁰ die durch Verlandung von Seen und Flussläufen (See- und Fluss-Moore) entstehen, Versumpfungsmoore,⁷⁰ bei denen die Torfbildung ohne ein vorausgehendes Seestadium eingetreten ist (dazu gehören die meisten grossen Hochmoore in Jylland), endlich Quellenmoore,⁷⁰ die dort entstehen, wo Quellen in Talabhängen austreten. In kalkreichen, besonders ostdänischen Gegenden, treten Quellmoore häufig als Ablagerungen von Kalktuff auf. Fast immer ist dieser Kalktuff kiesartig und unzusammenhängend, kann aber gelegentlich auch als fester Kalkstein auftreten, den man als Baumaterial verwenden kann (Vergl. S. 198). Von den verschiedenen Gytjen, die auf dem Grunde des offenen Wassers abgelagert werden, muss besonders die helle Kalkgytje hervorgehoben werden, die reich an Molluskenschalen sein kann, ferner die dunkleren humushaltigen Gytjen, und schliesslich die Diatoméengytje. Die Torfarten⁷¹ lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen nach den Anforderungen, die ihre Mutterassoziationen an das Vorhandensein von Nahrungsstoffen stellen. (Mutterassoziationen sind die Pflanzengesellschaften, aus deren mehr oder weniger vermoderten Resten die Torfschichten entstanden sind). Man unterscheidet danach die eutrophe Sumpftorf-Reihe und

die oligotrofe Sphagnumtorf-Reihe. Die Sumpftorfarten, die besonders an den Fluss- und Quellmooren vorkommen werden nach den Anforderungen, die die Mutterassoziationen an die Feuchtigkeit stellen, weiterhin eingeteilt, d. h. nach ihrer Höhe über der Oberfläche des Grundwassers, nämlich in limnische Bildungen (z. B. der Phragmitestorf) telmatische Bildungen (z. B. Magnocaricetum-Torf) und terrestrische Bildungen, dessen letztes Glied der Bruchwald-Torf ist. Auch die Torfarten der Sphagnumtorf-Reihe lassen sich bis zu einem gewissen Grade nach demselben Prinzip einteilen, indem die limnischen und telmatischen Stufen von den Schwinggrasen-artigen Bildungen repräsentiert werden, die von Callunatorf, Birken- oder Kiefernwald-Torf überlagert werden können. Zu dem letzten Glied dieser letzteren Reihe gehört auch der, was den Humifizierungsgrad angeht, sehr stark variierende Sphagnumtorf (der besonders aus *Sphagnum magellanicum* und *S. fuscum* besteht) in den eigentlichen Hochmooren, die in ihren Wasserforderungen nur von Niederschlag abhängig ist (ombrogener Torf).

Oft sind die Torfschichten in progressiver Reihenfolge, abhängig von der ständig steigenden Mooroberfläche, abgelagert, aber in fast allen Schichtenserien der grösseren Moore kommen Fälle von inversen Schichtenfolgen vor: die Assoziationen, die einen relativ trocknen Boden voraussetzten, sind von mehr hydrophilen Assoziationen verdrängt worden, d. h. die Feuchtigkeit auf dem Moore ist wesentlich vermehrt worden. Dadurch entstehen die sogenannten Austrocknungshorizonte in den Moorprofilen, denen analoge »Bodenschichten in den Kalktuffablagerungen entsprechen. Diese Austrocknungshorizonte sind aus weit auseinanderliegenden Gegenden aus Nord-, Mittel- und Osteuropa bekannt, und da man in weiter Austreckung beweisen kann, dass sie in verschiedenen Mooren gleichzeitig sind, liefert die Stratigraphie der Moore und Kalktuffablagerungen in Verbindung mit dem Fossilinhalt wichtige Zeugnisse für die verschiedenen klimatischen Perioden der Alluvialzeit.

Ausser Resten von Wasser- und Moorpflanzen enthalten die Gytje- und Torfschichten, wie auch die Kalktuffablagerungen, Reste von den Waldgesellschaften die in den ver-

Die geologische Entwicklung des Kattegats und der Ostsee		Klimatische Perioden	Vegetationsperioden	Einwanderung (und Aussterben) von einigen wichtigen		Archäologische Perioden
				Pflanzen	Tieren	
Alluvialzeit (Postglaziale Zeit)	Mya-Meer Die Entwicklung des Kattegats und der Ostsee zu heutigen Verhältnissen	Neuzeit, trocken Subatlantische Zeit, kalt und feucht	Buchenperiode	<i>Viscum album</i> aussterbend <i>Pinus silvestris</i> fast verschwunden <i>Trapa natans</i> verschwunden		Historische Zeit Eisenzeit
	Dosinia-Meer	Subboreale Zeit, warm und trocken		Eichenmischwald Periode	<i>Carpinus betulus</i> <i>Fagus silvatica</i>	<i>Helicodonta obvoluta</i> , <i>Succinea elegans f. typica</i> , <i>Cyclostoma elegans</i>	Bronzezeit Neolithische Steinzeit
	Litorina-Meer	Atlantische Zeit, warm und feucht	alluviale Wärmezeit		<i>Viscum album</i> , <i>Acer platanoides</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Humulus lupulus</i> , <i>Ceralephyllum submersum</i> , <i>Trapa natans</i>	Auerochse und Elch verschwinden	Campignien Kökkenmööddinger (Ertebölle-kultur) Brabrand-kultur
	Älteres Tapes-Meer	Öresund				

Spätglaziale Zeit	Ancyclus-See (Festlandszeit)	Boreale Zeit, trocken und nach und nach ziemlich warm	Kiefernperiode		<i>Alnus glutinosa, Quercus robur, Tilia cordata, Ulmus glabra, Ceratophyllum demersum, Najas marina. Corylus avellana</i>	<i>Planorbis corneus.</i> Sumpfschildkröte, Bison, Auerochs, Edelhirsch, Reh, Wildschwein, Bär, Wildkatze, Auerhahn, Schwarzspecht u. a.	Epipaläolithische Steinzeit Mullerup- kultur Äxte aus Renntier- geweih «N. Lyngby- kultur»
				Birken- Kiefern Periode	<i>Betula pendula, Prunus padus, Pinus silvestris, Betula pubescens, Populus tremula</i>	<i>Bithynia tentaculata, Pyramidula ruderata.</i> <i>Planorbis stroemi, Valvata cristata,</i> Renntier, Elch, Bieher, Schneehase, Schneehuhn	
	Zirphaea- Meer Mittelschwe- discher Sund	Subarktisch Arktisch Subarktisch Arktisch	Klima	Jüngere Dryaszeit	<i>Arctostaphylus alpina, Betula nana, Dryas octopetala, Salix polaris, Salix reticulata, Saxifraga oppositifolia</i>	Renntier, Wolf <i>Limnaea peregra, Fossarina, Sphaerium corneum</i>	
				Allerödzeit	<i>Betula nana, Bet. pubescens, Juniperus communis, Pinus silvestris, Populus tremula, Rubus saxatilis</i>	Elch, Bieher, Landbär, Renntier. <i>Anodonta cygnaea, Ancyclus lacustris, Planorbis fontanus, Valvata piscinalis f. antiqua, Valv. cristata, Physa fontinalis, Planorbis stroemi</i>	
				Ältere Dryaszeit	<i>Betula nana, Dryas octopetala, Salix polaris, Salix reticulata, Saxifraga oppositifolia</i>	Renntier	
Yoldia-Meer Baltischer Eisse							
Letzte Eiszeit.							

schiedenen Zeiten in den Wäldern um die Moore vorherrschend waren.⁶⁸ Dies wurde bereits von JAPETUS STEENSTRUP 1837 beobachtet.

In der ersten Periode der Alluvialzeit, der Borealzeit, die ungefähr mit der Ancyluszeit zusammenfällt, war die Waldkiefer der vorherrschende Waldbaum, während jedoch die Birke und die Zitterespe, namentlich im Anfange, nach dem Verschwinden der Tundraflora, in gewissen Gegenden besonders häufig auftraten. Gegen den Schluss dieser Periode entfaltete sich die älteste dänische Steinzeitkultur, die Mullerupkultur, die besonders durch die grossen Wohnstättenfunde in den seeländischen Mooren bekannt ist.⁴⁵⁻⁷⁴⁻⁷⁵ In diesen Kulturschichten finden sich die ältesten Spuren von Eiche, Ulme und Linde, und die Reste von thermophilen Arten, wie *Najas marina*, der Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) und der Scheibenschnecke (*Planorbis corneus*); dagegen scheint die Eiche erst in der folgenden Zeit nach Vendssyssel gekommen zu sein. Aus der Borealzeit stammt die untere Austrocknungsschicht, die man an verschiedenen Stellen im Kalktuff und in Mooren beobachtet hat.⁷⁶⁻⁷⁷ Das Klima war kontinental und wurde nach und nach milder, und die Sommertemperatur war schliesslich mindestens eben so hoch wie in der Jetztzeit. Der Anfang der postglazialen Wärmeperiode fällt in den späteren Teil der Borealzeit.

In der atlantischen Zeit, die mit dem ersten Teil der Litorinazeit zusammenfällt, wurde die Kiefer fast ganz und gar von dem artenreichen Eichenmischwald verdrängt; das Klima wurde ozeanisch, zahlreiche Seen wuchsen zu, und die Hauptmasse des Sphagnumtorfs der Versumpfungsmoore wurde gebildet. In dieser Zeit geschah die Aufhäufung der Kökkenmöddinger.

In dem späteren Teil der Eichenmischwaldzeit, der Subborealzeit, veränderte sich das Klima, indem es trockener wurde, und die obere Austrocknungsschicht der Moore, die als fossiler Waldboden mit Baumwurzelschichten oder als Heidetorf auftritt, wurde gebildet. Die Sommertemperatur war wie in der atlantischen Zeit etwas höher als in der Jetztzeit. *Trapa natans* wuchs so z. B. an verschiedenen Stellen des südöstlichen Dänemarks, wie in Mittel-Schweden und Süd-

finnland, wo es in der atlantischen und subborealen Zeit weit verbreitet war. Wahrscheinlich in der subborealen Zeit wanderte eine südlichen Molluskengesellschaft mit *Helicodonta obvoluta*, *Succinea elegans f. typica* und *Cylostoma elegans* in Dänemark ein.⁷⁸ Nun begann die Buche sich in den Wäldern Ost-Dänemarks zu verbreiten. Funde aus dem späteren Teil der jüngeren (neolithischen) Steinzeit und aus der Bronzezeit finden sich in den subborealen Schichten von Nord- und Mitteleuropa.⁷²⁻⁷³

In der subatlantischen Zeit trat eine Versumpfung der Moore in grossen Maassstab ein, welches sich in den Hochmooren durch Ablagerung von frischem »jüngeren Sphagnumtorf« zeigt. Das Klima war wieder feuchter geworden, gleichzeitig wurde der Sommer kühler, und die meisten der vorhin genannten thermophilen Arten verschwanden entweder ganz oder wurden sehr selten. Die Buche siegte in den meisten ostdänischen Gegenden über den Eichenmischwald. Funde aus der Eisenzeit liegen in den subatlantischen Schichten der Moore vor. —

Die Reste von Wirbeltieren¹⁹⁻⁷⁹⁻⁸⁰⁻⁸¹⁻⁸² in den Mooren und den anderen postglazialen Bildungen umfassen zahlreiche Arten; von denen, die später wieder aus Dänemark verschwunden sind, müssen die folgenden erwähnt werden: Elch, Auerohse, Bison, Biber, Bär, Fuchs, Wolf, Wildkatze, Schwarzspecht, Auerhahn, der grosse Alk, der krausköpfige Pelikan und die Sumpfschildkröte.

Knud Jessen.

Äolische Ablagerungen.

In offenem Terrain, wo Sand die Oberfläche bildet — also in erster Linie an der Sandküste — weht der Wind Sand und feinen Kies in grössere oder kleinere Wehen zusammen: die Dünen. Anscheinend bilden sie eine höchst unregelmässige Landschaft, die aus mehr oder weniger steilen Hügeln bestehen; am einigen Stellen — besonders an der Westküste des südlichen Jylland und auf den Nordseeinseln — können die Dünen in mehrere, mit der Küste parallel verlaufende Reihen oder Wälle angeordnet sein, zwischen denen aus-

gedehnte, breitere oder schmalere Talstrecken liegen können, die völlig ebenen Grund haben. Die jüngeren Dünen sind ganz nackt (die »weissen Dünen«) und können dadurch, dass der Wind den Sand auf die Leeseite weht, in der Richtung des herrschenden Windes wandern.

Barkanen, nackte Dünen, die die Form von Parabeln haben, deren Oeffnung vom Winde abgewandt sind, kommen

Skagerrak
(Jammer Bugt)

Svinkløv

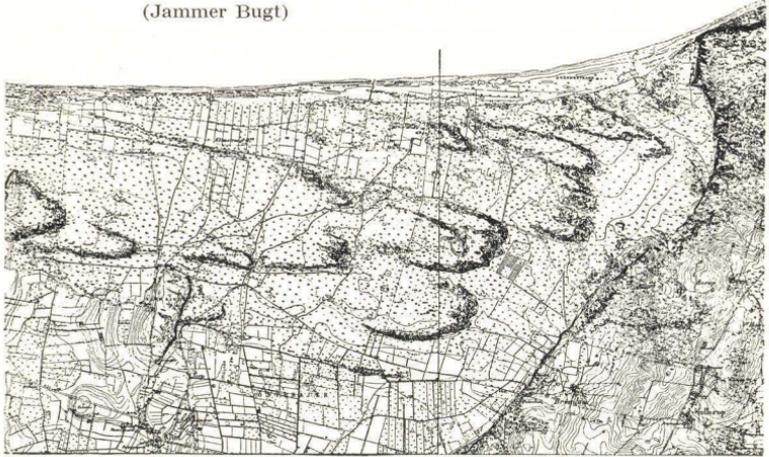


Fig. 14. Parabelförmige Dünen westlich von Svinkløv. Photographie nach dem Messtischblatt des Generalstabs, verkleinert zum Massstab ca. 1 110 000. (Nach K. J. V. STEENSTRUP).

vor, existieren aber selten längere Zeit. Der grösste Barkan in Dänemark ist Studeli Mile bei Raabjerg SW von Skagen. Sein Gipfel liegt 41 m über dem Meere und 20—22 m über der umgebenden Ebene; er ist ca. einen km lang von Norden nach Süden und ca. 600 m von Westen nach Osten; er wandert etwa 8 m im Jahre.

Nach und nach bedecken sich die Dünen mit einer Pflanzendecke, die aus Halmen, Moos und Flechten u. a. besteht, wodurch die »graue Düne« entsteht, die die Hauptmasse der Dünenlandschaft ausmacht. Die graue Düne kann auch in der Form von Parabeln auftreten (Fig. 14), doch wenden diese dann ihre Oeffnungen gegen die Windrichtung. Sie sind dadurch entstanden, dass die Pflanzendecke auf einer gewöhnlichen grauen Düne zerstört und der Sand blossgelegt worden

ist, wodurch ein »Windbruch« entstanden ist, d. h. Aushöhungen, aus denen der Wind nach und nach den Sand fortweht und ihn auf der Leeseite ablagert, wodurch die Düne auf diese Weise wieder anfängt zu wandern. Nach und nach werden die Schenkel der Parabel immer länger, während der mittlere Teil einschrumpft, und wenn er zuletzt ganz fortgeweht ist, sind zwei in der Windrichtung langgestreckte parallele Dünenzüge entstanden, zwischen denen sich ein Tal befindet.

Die Dünenlandschaft nimmt in Dänemark einen Flächenraum von ca. 700 km² ein, wovon der allergrösste Teil in einem Gürtel, der bis zu 10 km breit sein kann, an der Westküste von Jylland von Skagen bis Blaavandshuk liegt; ausserdem finden sich auf den Inseln in der Nordsee Dünen, und in geringerer Ausdehnung auch auf den Inseln Læsö und Anholt in Kattegat, an der Küste von Nordsjælland und an der Süd- und Westküste von Bornholm. Zwischen und östlich von den Stranddünen kann sich Flugsand als eine ebene Decke über Torf und andere Bildungen lagern.

Die Bedingung für die Bildung von Dünen muss sicher während der ganzen spät- und postglazialen Zeit wie auch früher vorhanden gewesen sein, doch lassen sich alte Stranddünen nicht mit Sicherheit nachweisen. Man kann weder an den Küsten des Litorina-Meereres noch an denjenigen des noch älteren Yoldia-Meereres grössere Mengen von Flugsand nachweisen; dagegen sieht man an mehreren Stellen innerhalb der Grenzen des jetzigen Dünengebietes Flugsand auf Torfmooren ruhen, die Geräte aus der Stein- und Bronzezeit enthalten, wie man auch dort, wo der Flugsand fortgeweht worden ist, die ursprüngliche Landesoberfläche mit ihrer Bodenschicht, ihren Pflugfurchen, Wagenspuren und anderem finden kann. An einzelnen Stellen hat man mehrere Bodenschichten übereinander gefunden, die durch Flugsand von einander geschieden sind. Der Flugsand scheint erst in der historischen Zeit in grösserer Masse aufgetreten zu sein, nachdem die Wälder zerstört worden waren, und ist besonders aus dem 16. Jhd. bekannt; seit dieser Zeit hört man Klagen über ernstliche Zerstörungen durch Flugsand.²⁴⁻³¹

Dünengebiete von weit geringerem Format sind die so ge-

nannten Inlandsdünen (Binnenlanddünen), die im Binnenlande auftreten, und meilenweit vom Strande entfernt liegen. Sie haben deshalb nichts mit dem Meere zu tun, ihr Material stammt aus dem sandigen Erdreich, auf dem sie selber stehen. Man findet deshalb Binnenlanddünen besonders auf Heiden, in den sandgefüllten spätglazialen Flusstälern oder auf Hügeln, die aus glaziofluvialen Sand bestehen. Im Gegensatz zu den Stranddünen kann man ihre Entstehung oft weit zurück verfolgen. So müssen die weitaus gedehnten, aus feinem, steinfreiem Sand bestehenden Hügel, die in dem west-schleswigschen Marschgebiet auftreten (Ydre und Indre Bjergum bei Ribe und die Hügel, auf denen die Dörfer Abterp, Ubjerg und andere liegen) aus der spät- oder postglazialen Zeit stammen, da sie durch den Marsch aus der darunterliegenden Heideebene heraufragen, und da man kaum annehmen kann, dass sie gebildet sein können, nachdem eine ziemlich dicht zusammenhängende Pflanzendecke auf der Heideebene Wurzel gefasst hatte.

Es zeigt sich, dass auch andere Binnenlanddünen, z. B. NW von Egtved und Rækkebjerg O von Grindsted in der spätglazialen Zeit oder im Anfang der postglazialen Zeit entstanden sein müssen.²⁹ An mehreren Stellen hat man Grabhügel entdeckt, die aus der Bronze- oder Eisenzeit stammen, die auf Flugsand errichtet worden sind oder aus dem Flachtorf der Flugsandheiden errichtet worden sind.²⁹

Einen eigentümlichen Ursprung hat das Binnenlanddünengebiet, das die Hügelinsel Rubjerg Knude zwischen Lönstrup und Lökken bedeckt. Der Flugsand stammt nicht etwa von dem unten liegenden Strand, sondern von dem oberen Teil des von dem Meere gebildeten Steilufers, indem starke Stürme tiefe Kluften in dem glaziofluvialen Sande aushöhlen, der zwischen den schrägliegenden Tonschollen des Steilufers liegt, und den Sand über den Rand des Steilufers hinauf wehen.³¹

Charakteristisch für gewisse Gegenden von Mitteljylland ist das Vorkommen des Flugsandes als Decke über den glazialen Ablagerungen, ohne dass es zur Bildung von Dünen gekommen ist. Man muss annehmen, dass der Flugsand auf der feuchten Oberfläche der in Betracht kommenden Gebiete in spätglazialer Zeit haften geblieben ist.²⁹

Wo der Sand von den kiesigen und steinigen Sandablagerungen fortgeweht wird, entstehen eigentümliche Stein-ebenen, deren Oberfläche dicht mit den zurückgebliebenen Steinen belegt ist. Diese sind oft vom Sande in charakteristischen Formen mit einer oder mehreren scharfen Kanten vom Sande abgeschliffen.⁸³

Der Unterkiefer eines rötlichen Ziesel (*Spermophilus rufescens*), der 1877 vom JAP. STEENSTRUP in den Süßwasserschichten bei Nörre Lyngby in Vendsyssel zwischen Lönstrup und Lökken, gefunden worden ist (Vergl. S. 143-44), hat wiederholt in der Literatur Anlass dazu geboten, zu vermuten, dass zwischen der spät- und postglazialen Zeit in Dänemark ein Steppenklima und eine Natur existiert haben sollte, ähnlich denjenigen der glazialen Steppenzeiten Mitteleuropas. Doch ist eine solche Annahme bisher noch nie durch Funde von Löss und von Steppenpflanzen oder anderen Resten von Steppentieren bekräftigt worden. Man kann die Anwesenheit des Ziesel auch in anderer Weise erklären.¹⁹⁻⁴⁸

Die einzige geologische Bildung, die in Dänemark auf steppenartige Naturverhältnisse deuten könnte, sind die Staubablagerungen, die man an manchen Stellen auf Hügeln abhängen gefunden hat, z. B. auf dem Öxnebjerg bei Langeskov auf Fyn,¹⁹⁻⁶⁰ oder oben auf den Steilufern (Ristinge Klint auf Langeland);²² aber teils sind diese Ablagerungen zu wenig mächtig (bis zu 1,6 m), teils ist ihr Umfang zu gering, und schliesslich stammen sie aus einem späten Abschnitt der Postglazialzeit, dass nicht die Rede davon sein kann, darauf die Hypothese eines Steppenklimas oder einer Steppennatur in Dänemark zu stützen. Man hat in diesen Staubablagerungen stellenweise Mengen von zersplitterten, angenagten oder teilweise verdauten Knochen gefunden, die von Kleinsäugetieren, Vögeln, Kriechtieren oder Kröten stammen. Es kommen die folgenden Arten vor: Der Iltis (*Mustela putorius*), der auf Fyn schon lange ausgestorben oder ausgerottet ist, der Dachs (*Meles taxus*), der Maulwurf (*Talpa europaea*), die Spitzmaus (*Sorex vulgaris*) und andere; die Waldschnepfe (*Scolapax rusticula*), die Stockente (*Anas boscas*), das Rothkehlchen (*Erithacus rubecula*), Natter (*Tropidonotus natrix*), Frösche (*Rana*) und Kröten (*Bufo*). Diese Knochen stammen teils aus

den Fuchshöhlen und Dachshöhlen der betreffenden Hügel, aus denen sie herausgeworfen worden sind und in die von dem Winde gebildeten Staubmassen eingelagert worden sind, teils auch aus Raubvögelaufstößen.⁸⁴

V. Nordmann.

Litteratur.

Abkürzungen:

- Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.
- D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.
- N. G. U. = Norges Geologiske Undersøkelse.
- S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning.
- G. F. F. = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar.
- Vid. Medd. Naturh. Foren. = Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening i København.
- Vid. Selsk. Overs. = Oversigt over det kongelige Videnskabernes Selskabs Forhandlinger.
- Vid. Selsk. Skr. = Det kongelige danske Videnskabernes Selskabs Skrifter.
- Aarb. f. nord. Oldk. = Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie.

1. JESSEN, AXEL. 1922: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Varde. Avec résumé en français: Description explicative de la feuille, de Varde (géologique). D. G. U. I. Række, Nr. 14.
2. USSING, N. V. und MADSEN, VICTOR. 1897: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Hindsholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Hindsholm. D. G. U. I. Række, Nr. 2.
3. MILTHERS, V. 1909: Scandinavian Indicator-Boulders in the Quaternary Deposits. D. G. U. II. Række, Nr. 23.
4. MILTHERS, V. 1913: Ledeblokke i de skandinaviske Nedisingers sydvestlige Grænseegne. Leitgeschiebe in den südwestlichen Grenzgebieten der skandinavischen Vereisungen. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
5. NORDMANN, V., JESSEN, KNUD und MILTHERS, V. 1923: Quartärgeologische Beobachtungen auf Sylt. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 15.
6. NORDMANN, V. 1904: Echinoderm- og Mollusk-Faunaen i Yoldialeret ved Esbjerg. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 10.

7. NORDMANN, V. 1922: Det marine Diluvium ved Vognsbøl. Avec résumé en français: Les dépôts marine diluviaux près de Vognsbøl. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 14.
8. NORDMANN, V. 1928: La position stratigraphique des dépôts d'Eem. D. G. U. II. Række, Nr. 47.
9. NORDMANN, V. 1912: Fra Nordre Strømfjord og Gieseckes Sø. »Det grønlandske Selskab«s Aarsskrift.
10. NORDMANN, V. 1921: Oversigt over naturvidenskabelige Undersøgelser i Grønland. »Naturens Verden«. 5. Aarg. København.
11. JESSEN, KNUD and MILTHERS, V. 1928: Stratigraphical and Palaeontological Studies of Interglacial Freshwater-deposits in Jutland and Northwest Germany. D. G. U. II. Række, Nr. 48.
12. MILTHERS, V. 1922: Nordøstsjælland's Geologi. D. G. U. V. Række, Nr. 3.
13. HARTZ, N. 1909: Bidrag til Danmarks tertiære og diluviale Flora. With a Summary of the Contents: Contribution to the tertiary and plintocene flora of Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 20.
14. REID, E. M. and CHANDLER, M. E. J. 1925: The Bembridge Flora. Britttish Museum. Catalogue of Cainozoic plants in the Department of Geology. Vol. I. London.
15. JESSEN, KNUD. 1927: Nematurella-Leret ved Gudbjerg og Gytjeblokkene i Københavns Frihavn i pollenfloristisk Belysning. Dansk geol. Foren. Bd. 7.
16. JOHANSEN, A. C. 1904: Om den fossile kvartære Molluskfauna i Danmark og dens Relationer til Forandringer i Klimaet. I. Land- og Ferskvandsmolluskfaunaen.
17. HARTZ, N. und ØSTRUP, E. 1899: Danske Diatoméjerd-Aflejringer og deres Diatoméer. Avec résumé en français: Dépôts de Diatomées en Danemark. D. G. U. II. Række, Nr. 9.
18. NORDMANN, V. 1921: Nyere Fund af Elefant-Levninger i Danmark. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 4.
19. NORDMANN, V. 1905: Danmarks Pattedyr i Fortiden. D. G. U. III. Række, Nr. 5.
20. JESSEN, A., MILTHERS, V., NORDMANN, V., HARTZ, N. und HESSELBO, A. 1910: En Boring gennem de kvartære Lag ved Skærumhede. With a Summary of the Contents: Boring operations through the quaternary Deposits at Skærumhede. D. G. U. II. Række, Nr. 25.
21. JESSEN, AXEL. 1925: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Blaavandshuk. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Blaavandshuk. D. G. U. I. Række, Nr. 16.
22. MADSEN, VICTOR, NORDMANN, V. und HARTZ, N. 1908: Eem-

- Zonerne. Avec résumé en français: Les zones de l'étage eemien. D. G. U. II. Række, Nr. 17.
23. MADSEN, VICTOR. 1921: Terrainformerne paa Skovbjerg Bakkeø. Avec résumé en français: Les formes du terrain de la Colline Insulaire de Skovbjerg. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 12.
 24. JESSEN, A. 1899: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Ska-gen, Hirshals, Frederikshavn, Hjørring og Løkken. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles (géologiques) de Skagen, Hirshals, Frederikshavn, Hjørring et Løkken. D. G. U. I. Række, Nr. 3.
 25. JESSEN, A. 1909: Lagfølgen i Vendsyssels Diluvium. Dansk geol. Foren. Bd. 3, Nr. 15.
 26. USSING, N. V. 1903: Om et nyt Findested for marint Dilu-vium ved Hostrup i Salling. Vid. Medd. Naturh. Foren.
 27. MILTHERS, V. 1900: Tellina calcaria Leret ved Høve i Ods-herred. Dansk geol. Foren. Bd. 1, Nr. 6.
 28. JESSEN, AXEL, MADSEN, VICTOR, MILTHERS, V. und NORD-MANN, V. 1918: Brørup-Mosernes Lejringsforhold. Avec résumé en français: Conditions de givement des tourbières de Brørup. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 9.
 29. MILTHERS, V. 1925: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bække. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bække. D. G. U. I. Række, Nr. 15.
 30. ØDUM, H. 1927: Bemærkninger om Vestgrænsen for den sidste Nedisning i Nordslesvig (Ref.). Dansk geol. Foren. Bd. 7.
 31. JESSEN, AXEL. 1918: Vendsyssels Geologi. D. G. U. V. Række, Nr. 2.
 32. HARDER, POUL. 1908: En østjydsks Israndslinje og dens Ind-flydelse paa Vandløbene. With a Summary of the Contents: An ice-edge line in East-Jutland and its influence on the watercourses. D. G. U. II. Række, Nr. 19.
 33. MADSEN, VICTOR. 1903: Om den glaciale, isdæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn. Avec résumé en français: Le lac glaciaire, endiqué par la glace, près de Stenstrup en Fionie. D. G. U. II. Række, Nr. 14.
 34. NORDMANN, V. 1922: Nye Iagttagelser over den glaciale, is-dæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn. With a Summary of the Contents: New Observations on the Glacial, Icedammed Lake at Stenstrup in Fyn. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 17.
 35. RØRDAM, K. 1909: Geologi og Jordbundslære. Bd. 2. Danmarks Geologi.
 36. RØRDAM, K. und MILTHERS, V. 1900: Beskrivelse til de geolo-giske Kortblade Sejro, Nykjøbing, Kalundborg og Holbæk. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles

- (géologiques) de Seirö, Nykjöbing, Kalundborg et Holbæk. D. G. U. I. Række, Nr. 8.
37. GRÖNWALL, KARL A. 1904: Forsteningsførende Blokke fra Langeland, Sydfyn og Ærø. Avec résumé en français: Blocs fossilifères de l'île de Langeland, du sud de la Fionie et de l'île d'Ærø. D. G. U. II. Række, Nr. 15.
 38. HARTZ, N. und MILTHERS, V. 1901: Det sen-glaciale Ler i Allerød Teglværksgrav. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 8.
 39. DE GEER, GERARD, 1912: A Geochronology of the last 12000 years, Congrès géologique internat. Compte rendu de la XI^e Session, Stockholm 1910.
 40. NORDMANN, V. 1922: De Geer's kvartærgeologiske Tidsberegning. »Naturens Verden«. 6. Aarg. København.
 41. DE GEER, GERARD, 1926: On the Solar Curve as dating the Ice Age, the New York Moraine and Niagara Falls through the Swedish Timescale. Geografiska Annaler, Årg.8. Stockholm.
 42. MILTHERS, V. 1927: On the so-called Gothi-glacial Limit in Denmark. Geografiska Annaler. Årg. 9. Stockholm.
 43. ANDERSEN, S. A. 1928: De danske varv. Et par foreløbige bemærkninger om deres udvikling og konnektion. G. F. F. Bd. 50.
 44. DE GEER, GERARD, 1925: Förhistoriska tidsbestämningar. »Ymer«. 45. Årg. Stockholm.
 45. SARAUW, GEORG F. L. 1903: En Stenalder's Boplads i Maglemose ved Mullerup sammenholdt med beslægtede Fund. Aarb. f. nord. Oldk. II. Række, Bd. 18.
SARAUW, GEORG F. L.: Maglemose, ein steinzeitlicher Wohnplatz im Moor bei Mullerup auf Seeland. Prähist. Zeitschrift 1911 und 1914.
 46. JOHANSEN, K. FRIIS, 1919: En Boplads fra den ældste Stenalder i Sværdborg Mose. Aarb. f. nord. Oldk. III. Række, Bd. 9. Une station du plus ancien age de la pierre dans la tourbière de Sværdborg. Extrait des Mém. de la Soc. Roy. des Antiqu. du Nord. Copenhague 1918—1919.
 47. BRÖHOLM, H. C. 1924: Nye Fund fra den ældste Stenalder. Holmegaard- og Sværdborgfundene. Aarb. f. nord. Oldk. III. Række, Bd. 14. Nouvelles trouvailles du plus ancien age de la pierre. Les trouvailles de Holmegaard et de Sværdborg. Mém. de la Soc. Roy. des Antiqu. du Nord. Copenhague 1926—27.
 48. JESSEN, A. und NORDMANN, V. 1915: Ferskvandslagene ved Nørre Lyngby. D. G. U. II. Række, Nr. 29.
 49. NORDMANN, V. 1915: On Remains of Reindeer and Beaver from the commencement of the Postglacial Forest Period in Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 28.
 50. BRÖGGER, W. C. 1900—01: Om de sen-glaciale og post-glaciale

- nivåforandringer i Kristianiafeltet. With a Summary of the Contents: On the Late Glacial and Postglacial Changes of Level in the Kristiania-Region. N. G. U. Nr. 31.
51. ØYEN, P. A. 1916: Istiden. »Naturen«. 40. Aarg. Bergen.
 52. BJØRLYKKE, K. O. 1913: Norges Kvartærgeologi. With a Summary of the Contents: The Quaternary Geology of Norway. N. G. U. Nr. 65.
 53. JENSEN, ADOLF SEVERIN. 1905: On the Mollusca of East-Greenland. I. Lamellibranchiata. With an introduction on Greenland's fossil Mollusc-Fauna from the quaternary time. Meddel. om Grønland. 29. Bd. II. Kbh. 1909.
 54. NORDMANN, V. 1904: Dosinialagene ved Kattégat. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 10.
 55. NORDMANN, V. 1903: Østersens (*Ostrea edulis* L.) Udbredelse i Nutiden og Fortiden i Havet omkring Danmark. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 9.
 56. NORDMANN, V. 1912: Der Kjökkenmödding bei »Bildt«. Trykt som Manuskript.
 57. NORDMANN, V. 1905: Bemærkninger om Molluskfaunaen (in Jessen, A.: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Aalborg og Nibe (nordlige Del). D. G. U. I. Række, Nr. 10).
 58. JESSEN, AXEL. 1920: Stenalderhavets Udbredelse i det nordlige Jylland. With a Summary of the Contents: The Extension of the Stoneage Sea (Tapes-Litorina Sea) in Northern Jutland. D. G. U. II. Række, Nr. 35.
 59. MADSEN, VICTOR. 1900: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bogense. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bogense. D. G. U. I. Række, Nr. 7.
 60. MADSEN, VICTOR. 1902: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Nyborg. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Nyborg. D. G. U. I. Række, Nr. 9.
 61. MATTHIASSEN, THERKEL. 1919: Ertebøllekulturens Bopladser ved Roskilde Fjord. Aarb. udg. af Historisk Samfund for Københavns Amt. Roskilde.
 62. MILTHERS, V. 1908: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Faxø og Stevns Klint. Avec résumé en français: Notice explicative des feuilles (géologiques) de Faxø et de Stevns Klint. D. G. U. I. Række, Nr. 11.
 63. JESSEN, A. 1916: Marsken ved Ribe. Avec résumé en français: Le Marsk près de la ville de Ribe. D. G. U. II. Række, Nr. 27.
 64. HARTZ, N. 1902: Bidrag til Danmarks sen-glaciale Flora og Fauna. Avec résumé en français: Recherches sur la flore et la faune glaciaires postérieures du Danemark. D. G. U. II. Række, Nr. 11.

65. HARTZ, N. 1903, i MADSEN, VICTOR: Om den glaciale, isdæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn. Avec résumé en français: Le lac glaciaire, endigué par la glace, près de Stenstrup en Fionie. D. G. U. II. Række, Nr. 14.
66. JOHANSEN, A. C. 1906: Om Temperaturen i Danmark og det sydlige Sverige i den senglaciale Tid. Dansk. geol. Foren. Bd. 2, Nr. 12.
67. GRÖNWALL, K. A. und MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
68. JESSEN, KNUD. 1920: Moseundersøgelser i det nordøstlige Sjælland. With a Summary of the Contents: Bog-investigations in North-East Sjælland. With remarks on the immigration of trees and shrubs and the history of the vegetation. D. G. U. II. Række, Nr. 34.
69. JESSEN, KNUD. 1924: Et Bjørnefund i Allerødgytje. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 24.
70. VON POST, LENNART. 1916: Einige südschwedische Quellmoore. Bulletin of the Geol. Instit. of Upsala, vol. XV.
71. VON POST, LENNART. 1924. Das genetische System der organogenen Bildungen Schwedens. Comité internat. de Pédologie. IV. Commission, Nr. 22. Helsinki-Helsingfors.
72. JESSEN, KNUD. 1918: Om Moserne og det postglaciale Klima. »Naturens Verden«. 2. Aarg.
73. JESSEN, KNUD. 1916: Bronzealderhorizonten i Boring Sønderkær. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 4.
74. JESSEN, KNUD. 1919: De geologiske Forhold i Sværdborg Mose. Siehe Nr. 46 (JOHANSEN, K. FRIIS i Aarb. for nord. Oldk.). L'enquête géologique, voir No. 46.
75. JESSEN, KNUD. 1924: De geologiske Forhold ved de to Bopladser i Holmegaards Mose. Siehe Nr. 47 (BROHOLM, H. C. i Aarb. for nord. Oldk. III. Række, Bd. 14). Conditions géologiques des deux stations du plus ancien age de la pierre dans la tourbière de Holmegaard; voir No 47.
76. JESSEN, KNUD. 1922: Skandinaviske Kalktuffer. »Naturens Verden«, 6. Aarg. København.
77. LEMCHE, HENNING. 1926: Et Kildekalkleje i Kagerup ved Grib Skov og dets Molluskfauna. Summary of the Contents A layer of Calcareous Tuff at Kagerup near Grib Forest and its Fauna of Mollusc. Vid. Naturh. Foren. Bd. 82.
78. JOHANSEN, A. C. und LYNGE, HERM. 1917: Om Land- og Ferskvandsmolluskerne i holocæne Lag ved Strandgaarden SSO for Kalundborg, og deres Vidnesbyrd om Klimaforandringer. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 11.
79. WINGE, HERLUF. 1903: Om jordfundne Fugle fra Danmark. Vid. Medd. Naturh. Foren.

80. WINGE, HERLUF. 1904: Om Fugle fra Bronzealderen i Danmark. Vid. Medd. Naturh. Foren.
 81. KURCK, C. 1917: Den forntida utbredningen af Kärrsköldpaddan *Emys orbicularis* (Lin.) i Sverige, Danmark och angränsande länder. Mit einer Zusammenfassung: Die ehemalige Verbreitung der Sumpfschildkröte *Emys orbicularis* LIN. in Schweden, Dänemark und den angrenzenden Ländern. Lunds universitets årsskrift. N. F. Avd. 2. Bd. 13, Nr. 9 (Kungl. Fysiografiska Sällsk. Handl. N. F. Bd. 28, Nr. 9).
 82. ØDUM, HILMAR. 1920: Et Elsdyrfund fra Taaderup paa Falster. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 11.
 83. MILTHERS, V. 1907: Sandslebne Stens Form og Dannelse. Dansk geol. Foren. Bd. 3, Nr. 13.
 84. WINGE, HERLUF. 1899: Om nogle Pattedyr i Danmark. Vid. Medd. Naturh. Foren.
-

Oberflächengestaltung.

Die Oberflächengestaltung Dänemarks ist in erster Linie durch die Wirksamkeit des Inlandeises und seines Schmelzwassers in der letzten und zweitletzten Glazialzeit entstanden. In geringerem Masse geht sie auf fluvialtile und marine Akkumulation und Erosion zurück. Ferner kommen Erdflüssen, Erdkriechen und die Wirksamkeit des Windes in Betracht. Hebungen und Senkungen des Landes haben auch dazu beigetragen, Dänemark seine heutige Gestaltung zu geben.

In einem Flachland wie Dänemark, das grösstenteils aus losen Erdschichten aufgebaut ist, ging die Ausformung der Oberfläche vor allem in der Randzone des Inlandeises und in einem Gürtel ausserhalb dieser vor sich, indem eine bestimmte Reihe von Landschaftsformen durch die Wirkung des Inlandeises und seines Schmelzwassers besonders dann entstand, wenn der Eisrand eine längere Zeit ungefähr an derselben Stelle verblieb.

Ein Stück hinter den Rande arbeitete das Inlandeis wesentlich in der Weise, dass es seine Unterlage abstrich und ausglättete, indem es sich stetig langsam über seiner Grundmoräne vorwärtsbewegte, während diese vom Eise mitgeführt und unter ihr abgelagert wurde. Auf diese Weise entstand unter dem Eise, ein Stück vom Rand entfernt, eine Moränenfläche, d. h. eine ebene Fläche, die sich nur wenig in breiten, flachen Wellen hebt und senkt. Als Beispiel für typische Moränenflächen kann man »Heden« (die Heide) zwischen Köbenhavn, Roskilde und Köge nennen, ferner »Sletten« (die Ebene) ind Nord-Fyn und die Gegend um Fredericia. Eine Moränenfläche kann als eine zungenförmige Niederung, ein Zungenbecken (Zentraldepression) ausge-

formt sein. Ein Zungenbecken kann später eine Meeresbucht geworden sein, wie z. B. Köge Bugt, Lammefjord und Sidingefjord in Odsherred, Kertinge Nor auf Fyn, die Breitungen im westlichen Teil des Limfjords, Kalø Vig, und Æbeltoft Vig (bei Aarhus), Eltang Vig (am Kolding Fjord). — Eine Moränenfläche kann so hoch liegen, dass sie ein Plateau bildet, dessen Ränder oft durch spät- oder postglaziale Erosion stark zerklüftet sind. Als Beispiel der Plateauen kan man die Gegend im Norden von Aarhus und das Land zwischen den Fjorden bei Horsens und bei Kolding erwähnen. Die Erosion kann einen kleineren Teil aus dem Plateau herauschneiden, so dass dieser einen »Falschen« Hügel bildet, wie z. B. Himmelbjerget, Skrædderbakken in Grejsdal und andere »Hügel« am Vejle Fjord.

Was das Inlandeis von der Unterlage wegnahm, führte es mit sich gegen den Rand hin. Im selben Masse wie diese Erdmassen, die immer grösser wurden, sich dem Rande des Eises näherten, wurde die Fähigkeit des Eises, sie zu transportieren immer geringer, da die Dicke des Eises zum Rande hin abnahm. Die grösste Menge dieser Erdmassen blieb unter dem Eise liegen und erschien nach dem Fortschmelzen des Eises als ein Hügelland, das in seiner typischen Gestaltung durch dicht aneinander liegende, oft steile Hügel aller Grössen charakterisiert wird, die häufig in einander übergehen. Zwischen den Hügeln liegen Niederungen mit Mooren und Seen, gelegentlich trockne Vertiefungen. Die Einzelheiten in den Formen sind in erster Linie auf die ursprünglich unregelmässige Akkumulation der Erdmassen zurückzuführen, Die Vertiefungen sind oft durch das Schmelzen von Eismassen, die in die Erdmassen eingelagert waren, entstanden. Die ursprünglichen Formen sind von der spät- und postglazialen Erosion weiter ausgearbeitet, oder durch Erdfließen und Erdkriechen etwas verwischt worden. Hügelland finden wir typisch entwickelt in verschiedenen, wegen ihrer Naturschönheit berühmten Gegenden, am Himmelbjerg in der Gegend von Silkeborg, in der Gegend von Hald Sø bei Viborg, Mols, Tolnebakker in Vendsyssel, Svanninge Bjerge bei Faaborg und die Hügelzüge um die Zungenbecken in Odsherred.

Ein Teil der vom Inlandeis transportierten Erdmassen wurde jedoch ganz bis zum Rande des Eises mitgeführt und wurden an ihm entlang als eine Randmoräne abgelagert, die nach dem Abschmelzen des Eises als ein langer Hügelrücken zurückblieb, der dieselbe Richtung wie der Eisrand hatte, und aus Moränenmaterial, wesentlich Moränenkies, und Schmelzwassermaterial, geroltem Kies und Sand aufgebaut wurde. Die Randmoränen liegen zu äusserst in den Gürteln der Hügelländer. Man kann sie gelegentlich über lange Strecken hin als zusammenhängende Wälle verfolgen, viel häufiger treten sie jedoch als kurze, einige hundert Meter lange, niedrige Rücken auf, die sich in langen Reihen an einander ketten. Als Beispiele von typischen Randmoränen können die Randmoräne bei Horneby, südlich von Hornbæk in Nordsjælland, die Randmoräne Torpshøje bei Lösning, die Randmoränen vor dem Hügelland auf Mols, sowie Tulsbjerg zwischen Hobro und Salling genannt werden.

Nicht selten trifft man Systeme von Randmoränen, die parallel zu einander so dicht an einander liegen, dass eine Randmoränenlandschaft entsteht. Solche finden sich an verschiedenen Stellen in Nordsjælland, z. B. im Gribskov, in Teglstrup Hegn westlich von Helsingør, im Rude Skov und bei Söllerød.

Eine besondere Form von Randmoränen sind die Querhügel, abgerundete, langgestreckte Hügel mit derselben Längsrichtung wie der Eisrand, die aus glaziofluvialen Kies und Sand oder aus einem Material bestehen, das den Uebergang zwischen diesen und Geschiebesand bildet. Die Schichtenstellung ist gestört, die Streichrichtung liegt in der Längsrichtung der Hügel, und die Schichten sind fast immer nach den Seiten der Hügel geneigt. Dort gehen sie unter die Geschiebetondecke des umliegenden, flacheren Landes hinunter, und diese kann sich ein Stück an den Seiten der Hügel hinauf fortsetzen; gelegentlich kann der ganze Querhügel von Geschiebeton bedeckt sein. Es sieht so aus, als wäre der Querhügel vom Druck des Eises vor dem Eisrand hinaufgepresst worden. Querhügel kommen vor allem auf Lange-land, auf Hindsholm und auf dem südlichen Samsø vor, wo

sie so zahlreich vorkommen, dass man von einer Querhügel-landschaft sprechen kann.

Wenn es beim Abschmelzen geschah, dass die Bewegung in der Randzone des Inlandeises aufhörte, so dass die Eisdecke des Landes eine Zeitlang still stand, ehe sie ganz verschwand, entstand durch das endgültige Abschmelzen die kleinhügelige Moränenlandschaft, die aus einer Menge von kleinen Hügeln und Moorlöchern besteht, die ganz unregelmässig im Verhältnis zu einander liegen. Die Vertiefungen sind da entstanden, wo sich die Eismassen am längsten gehalten haben, die Hügel da, wo sich das Moränenmaterial zwischen den Eismassen angesammelt hat. Ein typisches Beispiel für ein solches Terrain bietet die Strecke südlich vom Hareskov und Jonstrup Vang, nordwestlich von Köbenhavn.

Eine interessante, kleinhügelige Moränenlandschaft auf einem älteren Terrain mit grossen, regelmässigen und ruhig geformten Hügelzügen, deren Formen sie nur bis zu einem gewissen Grade verschleiert, findet sich am Kalö Vig. (Siehe Fig. 15).

Da und dort trifft man auf freiliegende Einzelhügel, die aus glaziofluvialen Kies und Sand bestehen, deren Schichtstellung in der Regel unregelmässig ist. Man nimmt an, dass dieses Material in den Vertiefungen auf der Oberfläche des Eises zusammengespült worden ist; die so entstandenen Sandausfüllungen mussten dann, als das Eis abschmolz, als Hügel zurückbleiben. Für Hügel, die ausschliesslich aus geschichteten »Plateauton« bestehen, muss man eine ähnliche Entstehung annehmen.

Das Schmelzwasser des Inlandeises sammelte sich unter dem Eise zu subglazialen Flüssen in Eistunneln; da sie sich in diesen unter Druck befanden, konnten sie »bergauf« fließen, bis sie an den Eisrand kamen, wo sie durch die Gletschertore ins Freie über das davor liegende Land flossen. Indem sie ihre Betten in der Unterlage des Eises austieften, bildeten sie Tunneltäler. Die Erosion des Flussbettes musste unregelmässig werden und sich danach richten, ob der Tunnel hoch oder niedrig war und ob Eismassen von der Decke des Tunnels in das Flussbett hinabgefallen waren. So wurde der Boden des Tunneltales uneben, mit langen, unregelmäs-

sigen Vertiefungen, in denen sich Rinnenseen bildeten, als das Inlandeis schmolz. In den Tunneltälern konnten sich, besonders in der Nähe der Mündung, Kiesmassen ablagern, die, als das Eis abschmolz, als in der Regel etwas gebuchtete



Fig. 15. Terrainkarte (Massstab 1:140 000) der Gegend zwischen dem Tal des Flusses Lilleaa und der Bucht Kalø-Vig NO von Aarhus in Jylland. Die Grenzlinien zwischen den dunkleren und helleren Zonen bezeichnen die 40-Fuss-Kurven; durch die dazwischenliegenden, helleren Schattierungen sind die 10-Fuss-Kurven angedeutet. Die schwarze Linie, die über die Karte verläuft, ist ein Teil der ostjütändischen Stillstandslinie (siehe S. 123); hier bildet sie die Grenze für die Eiszunge des Kalø-Vig. SO von dieser schwarzen Linie liegt eine kleinbügelige Moränenlandschaft, die auf einem älteren Terrain mit grossen, regelmässigen und ruhig geformten Hügelzügen liegt, dessen Formen die jüngere Landschaft nur bis zu einem gewissen Grade verdeckt. NW von der schwarzen Linie liegt das ältere Terrain mit den grossen, regelmässigen und ruhig geformten Hügelzügen. (Nach POTL HARDER, 1908: En østjydsk Israndslinje. With a Summary of the Contents: An ice-edge line in East Jutland and its influence on the water-courses. D. G. U. II. Række, Nr. 19. Atlas, Tavle II, Fig. 1).

Hügelrücken, Oser, zurückblieben, deren Längsrichtung senkrecht zum Eisrand war.

Die längsten Tunneltäler kann man vom Kattegat bis zu der Ostgrenze der grossen Heideebenen verfolgen; das Meer ist an verschiedenen Stellen in die östlichen Teile der Tunneltäler eingedrungen und hat auf diese Weise Fjorde gebildet.

Wenn die Schmelzwasserflüsse über das Vorland strömten, lagerten sie den mitgeführten Kies und Sand ab und füllten damit die niedrigeren Teile des Vorlandes aus. Auf diese Weise entstanden nach und nach die Heideebenen, von denen die bei weitem grössten in Mittel- und West-Jylland liegen. Sie bestehen aus glaziofluvialen Sand und Kies. Sie bilden flache Halbkegel, deren Gipfel dort liegen, wo die Tunneltäler enden. Dort liegt das grösste, steinige Material, weiter weg findet sich feinerer Kies und Sand. Am Ende der Tunneltäler ist die Neigung der Heideebenen in der Regel 1 : 400 oder 1 : 500 in der Mitte der Ebene 1 : 700 und an der Nordsee 1 : 1000.

Wo das alte Land aus der vorhergehenden Glazialzeit zu hoch war, als dass es mit dem Heidesande bedeckt werden konnte, entstanden Hügelinseln, grössere oder kleinere Gebiete, die inselartig aus den Heiden emporragen. In der Oberfläche finden sich die ältesten dänischen Oberflächenbildungen, in der Regel sandige Moränen und glaziofluviale Ablagerungen aus der zweitletzten Glazialzeit, die bis weit in die Tiefe verwittert sind. Die Hügelinseln sind vom Schluss der zweitletzten Glazialzeit an durch die letzte Interglazialzeit, die letzte Glazialzeit, die spät- und die postglaziale Zeit hindurch den denudierenden und erodierenden Kräften ausgesetzt gewesen. Die ursprünglichen Terrainformen sind im Laufe dieser langen Zeit verwischt worden. Seen finden sich nicht mehr, die abflusslosen Senkungen sind mit der Zeit mehr oder minder ausgefüllt oder in Talstriche verwandelt worden; steile Abhänge sind geebnet und Hügelgipfel und Rücken sind flacher und niedriger geworden. Die Tunneltäler haben ihr charakteristisches Gepräge verloren, die Hauptwasserläufe sind konsequent und die Nebenläufe insequent. Es haben sich breite Täler ausgebildet, deren Boden eine regelmässige Neigung hat; Wasserlauf und Tal »passen zusammen«. Die ganze Oberfläche hat ein ruhiges grossformiges, altes Gepräge erhalten. Der Erosionszyklus

hat schon vor langer Zeit seinen Reifezustand erreicht.

Die drei Landschaftstypen: Moränenfläche, Hügelland und Heideebene gehören also ihrem Ursprung nach zusammen. Je längere Zeit der Eisrand ungefähr auf derselben Stelle blieb, je ausgeprägter bildeten sie sich aus; je schneller das Abschmelzen des Eises vor sich ging, desto weniger typisch wurden diese Formen entwickelt; es konnten dann Uebergangsformen gebildet werden, von denen man schwer sagen kann, ob man sie als Moränenfläche, kleinhügelige Moränenlandschaft oder Hügelland bezeichnen soll.

Das Inlandeis hatte immer die Tendenz, das Terrain an seinem Rande durch Ablagerung von Hügelland, Randmoränen, und Heideebenen zu erhöhen; die höchsten Teilen der Heideebenen wurden ja bei dem Eisrande abgelagert. Man beobachtet deshalb oft, dass Wasserscheiden mit Stillstandslinien zusammenfallen. Wenn das Eis von einer Stillstandslinie schnell zurückschmolz, wo es sich längere Zeit gehalten hatte, konnte das Schmelzwasser sich keinen Ablauf über die Stillstandslinie hinweg schaffen, sondern musste sich neue Wege hinter dieser bahnen. Die Schmelzwasserflüsse erodierten sich dann nach und nach normale, extramarginale Flusstäler, deren Boden regelmässige Neigung haben, stellenweise Strecken der vorhandenen, alten Tunneltäler benutzend. Ein genaues Studium der verschiedenen Talsysteme gibt uns Aufschluss darüber, in welchen Richtungen und Betten das Schmelzwasser des Inlandeises zu verschiedenen Zeiten fortströmte. Wenn das Schmelzwasser einen kürzeren Weg zum Meere bekam, stieg seine Erosionsfähigkeit, und es entstanden Terrassen in den Tälern. Schöne Beispiele für extramarginale Täler bieten die Täler des Gudena und des Skalsaa, die an vielen Stellen über 50 m tief und 2 km breit sind. Solche grossen Täler zeigen uns deutlich, dass sehr grosse Wassermengen fortgeleitet werden mussten. Die Täler sind »zu gross« für die heutigen Flüsse; Tal und Fluss »passen nicht zu einander«.

Die hier geschilderten Terrainformen sind, mit Ausnahme der Hügelsel, alle nicht älter als der Schluss der letzten Glazialzeit. Seit ihrer Bildung sind sie keiner wesentlichen

Veränderung unterworfen gewesen. Der Fall der Talwege ist oft noch nicht ausgeglichen, und es finden sich häufig Seen in ihnen. In morphologischer Beziehung sind sie jung; der Erosionszyklus befindet sich noch im Jugendzustande. Wo wir auf diesen Formenkomplex treffen, können wir sicher sein, dass wir uns im Gebiet der letzten Glaziation befinden.

Von den Oberflächenformen, die in der spät- und postglazialen Zeit entstanden sind, nehmen die marinen Ebenen die grössten Gebiete ein. Man kann zwischen den höher gelegenen spätglazialen Flächen in Vendsyssel, den niedriger liegenden alluvialen Strandebenen in den nördlichen Teilen von Jylland, Fyn und Sjælland, die beide aus gehobenem Meeresboden bestehen, und den, nach der Bronzezeit entstandenen Marschebenen in dem südlichen West-Jylland unterscheiden. An die schon genannten, marinen Oberflächenformen schliessen sich die Akkumulationsformen: Akkumulationsterrassen, Strandwälle, Nehrungen, Landzungen, und die durch die Hebung des Landes vom Meer abgesperrten Seen, z. B. Arresø, und die durch Strandwälle abgesperrten Strand- oder Lagunenseen, z. B. Kjeldsnor am Südennde von Langeland und die, noch nicht ganz abgeschlossenen Haffe Ringköbing Fjord und Nissum Fjord, ferner die Erosionsformen: Steilufer oder Kliffe und Erosionsterrassen.

Süsswasserablagerungen sind teils Auebenen, die ziemlich grosse Gebiete einnehmen können, z. B. an Gudenaä bei Randers und das Delta des Skernaä, teils Moore, von denen die grössten Store und Lille Vildmose sind.

Durch die Wirksamkeit des Windes ist die S. 149—51 erwähnte Dünenlandschaft entstanden.

Victor Madsen.

Niveauperänderungen.

Marine Sedimente spielen in dem geologischen Aufbau von Dänemark eine dominierende Rolle, und das ständige Wechseln zwischen Sandstein, Tonschiefer, Kalkstein, Sand und Ton zeugt von den wechselnden geographischen Verhältnissen und von den zahlreichen Transgressionen und Regressionen des Meeres.

Die Schichtenreihe in dem Bornholmer Kambrium: Sandstein, sandiger Schiefer, bituminöser Tonschiefer, zeugt von einer ständig grösseren Landsenkung und von der Transgression des europäischen Kambrium-Meeres über diesen Gegenden. Weit bis ins Silur hinein war hier Meer, wogegen das Fehlen von Devon und Karbon auf eine Regression deuten könnte und darauf, dass dieser Teil der Erdoberfläche lange Zeit hindurch Land gewesen ist. Ob dieses auch für das Perm gilt, ist unsicher, da wir nichts genaueres darüber wissen, wie weit man den aus Mecklenburg und Holstein bekannten Permschichten nach Norden folgen kann. Erst am Schluss des Trias kann man mit Sicherheit eine neue Transgression von Süden her über Teile von Skandinavien nachweisen. Die Beschaffenheit der Rhät-Lias Schichten auf Bornholm, wo Süsswasserschichten mit Lagunen- und Meeresablagerungen abwechseln, deutet jedoch auf eine Grenzzone, wo Land und Meer häufig wechselten.

Von der Mitte der Jura bis etwas in die Kreidezeit hinein, kennt man keine anstehenden marinen Ablagerungen innerhalb der Grenzen von Dänemark, und man weiss nichts über die Niveauperhältnisse des Landes. Zahlreiche Gesschiebe aus Kalk- und Sandstein aus dieser Zeit, z. B. die in grossen Mengen vorkommenden Kimmeridge-Portland-Ge-

schiebe in Nord-Jylland deuten jedoch darauf, dass diese Stufen in der Tiefe anstehend sind, oder sich dicht ausserhalb der dänischen Küsten finden, und darauf, dass das Meer jedenfalls in gewissen Abschnitten der Oberen Jura und der Unteren Kreide über Dänemark hineingereicht hat.

Sehr bedeutende vertikale Verschiebungen haben im Laufe der mesozoischen Zeit in der NW—SO vom Kattegat über Schonen und Bornholm verlaufenden Bruchzone stattgefunden, die die Grenze zwischen dem in langen Erdperioden hochliegenden Fennoscandia und dem südlich davon liegenden Senkungsgebiet, Dänemark und dem norddeutschen Tiefland, bildet. Die Mächtigkeit der mesozoischen Ablagerungen südlich von dieser Grenze beträgt bis zu mehreren Kilometern, und allein die Sedimente, die in dem letzten Abschnitt der Kreidezeit über Dänemark abgelagert worden sind, haben eine Mächtigkeit von ca. 1 km.

Das Vorkommen von Ablagerungen von Cenoman, Ober-turon und Unter- oder Mittelsenon auf Bornholm zeigt, dass das Meer dann und wann bis hierher reichte. Im Anschluss daran wurden die mächtigen Schichten von Kalkmergel und Kreide abgelagert, von denen man annehmen muss, dass sie einen zusammenhängenden Untergrund unter ganz Dänemark bilden (mit Ausnahme von Bornholm). Während man vom Mittelsenon bis ins Obersenon — von der Quadratus-Zone bis zur Mucronata-Zone — eine Senkung des Meeresbodens bis zu recht beträchtlichen Tiefen annehmen muss, tritt mit dem Schluss des Senons eine Landhebung ein, wodurch Teile vom Boden des Kreidemeeres bis zur Oberfläche des Meeres und höher gehoben wurden. Verschiedenes deutet sogar darauf, dass man an der Grenze zwischen Senon und Danium mit zwei Regressionen rechnen muss, die von einer geringeren Transgression¹ unterbrochen wurden. Im Anfang des Daniums senkte sich das Land wieder, so dass das Meer, wenn nicht ganz Dänemark, so doch den grössten Teil bedeckte; die in diesen Zeiten gebildeten, etwas verschiedenartigen Kreide- und Kalkschichten deuten auf wechselnde Meerestiefe. Durch das Oberdanium und bis zum Schluss der Daniumzeit trat eine allmähliche Hebung ein, bei deren Kulmination grössere und kleinere

Gebiete über dem Meere lagen. Während einer darauffolgenden Landsenkung wurden die paleozänen Schichten abgelagert, zunächst die litoralen Schichten, später — in grösserer Tiefe — Tonarten, in der Regel mit abnehmendem Kalkgehalt.

Beim Uebergange vom Paleozän zum Eozän traten wahrscheinlich bedeutende Verschiebungen an der Grenze zwischen dem skandinavischen Hochland und dem ausserhalb liegenden, aus Sedimenten aufgebauten Tiefland ein, und im ersten Teil der Eozänzeit war Dänemark vom Meere bedeckt. Das Fehlen des Obereozäns(?) und Unteroligozäns deutet darauf, dass das Land in dieser Zeit über dem Meere gelegen hat; aber wiederum im Mittel- und Oberoligozän wurde Dänemark vom Meer bedeckt, und unter wechselnden geographischen Verhältnissen wurde bald sehr fetter, bald sandiger Ton abgelagert. Im Anfang des Miozän wurde das Land so weit gehoben, dass sich bedeutendere Süsswasserablagerungen bilden konnten (Braunkohle), um dann im Mittel- und Obermiozän wieder teilweise vom Meere bedeckt zu werden, wobei sandiger Ton und mächtige Sandschichten abgelagert wurden. Aus dem Pliozän sind in Dänemark keine marinen Ablagerungen bekannt; das marine Pliozän auf Sylt zeigt jedoch, dass das Meer nicht weit entfernt gewesen ist.²

Von den Niveauverhältnissen in Dänemark während der Eiszeit weiss man sehr wenig, wenn auch die Untersuchungen der letzten 40 Jahre manches Neue gebracht haben. Vorläufig muss man annehmen, dass Dänemark sowohl im Pliozän, als auch in dem ältesten Abschnitt der Eiszeit hochgelegen hat. Die ersten Anzeichen dafür, dass das Land — oder Teile davon — vom Meere bedeckt gewesen ist, stammen aus dem Anfang der ersten Interglazialzeit, in welcher mariner Ton bei Esbjerg abgelagert wurde.³ Die Ablagerung des Tons direkt auf einer älteren Moräne und der Character der Fauna (Siehe S. 97) zeugen von einer stetigen Landhebung und gleichzeitig von der steigenden Temperatur im Meere. Die Verbreitung dieses Tones und die Beschaffenheit der Fauna zeugen davon, dass die Gegend um Esbjerg im Anfang dieser Interglazialzeit mindestens 20 m niedriger als jetzt gelegen haben muss.

Während des Abschmelzens des ersten Inlandeises und des Zurückrückens des Eisrandes quer über Jylland, muss in jedem Falle das südliche Mittel-Jylland über dem Meere gelegen haben, was der hier sehr verbreitete, in Süßwasser abgelagerte, steinfreie und an ein paar Stellen Pflanzen-führende Diluvialton beweist.³ Am Kleinen Belt deutet der nun stark dislozierte Tellinenton (Siehe S. 99) in Røgle Klint darauf, dass das Meer bis hierher gereicht haben muss, wahrscheinlich kurz nachdem diese Gegend eisfrei geworden war.

Falls man die Ablagerung von dem marinem Ton bei Hostrup⁴ W v. Skive (S. 100) zur ersten Interglazialzeit rechnen darf, — und indem man dann davon ausgeht, dass die Schichten in situ liegen — würde das eine recht ansehnliche Niveauveränderung in dieser Gegend bedeuten. Der marine Ton erreicht eine Höhe von bis ca. 25 m über dem Meeresspiegel und ist in einer Tiefe von zwischen 15 und 150 m abgelagert worden, so dass das Land also mindestens 40 m tiefer als heute gelegen haben muss. Da der über dem Ton liegende Sand mit einer borealen Flachwasserfauna bis zu 27 m über dem Meere liegt, muss hier wie in Esbjerg eine Landhebung gleichzeitig mit dem Steigen der Meerestemperatur stattgefunden haben.

Bei der Bohrung bei Skærumhede⁵ fand man in der ältesten Moräne (Baltischer Herkunft) in einer Tiefe von \div 160 m Fragmente von arktischen Mollusken. Sie zeigen die Anwesenheit des Meeres O oder SO von Vendsyssel, entweder am Anfang oder am Schluss der ersten Interglazialzeit und können — wegen der ungewöhnlichen Tiefe — darauf deuten, dass der Meeresboden zu dieser Zeit höher als heute gelegen hat. Sollten weiterhin einige von den verschiedenen, zerstreuten Lokalitäten von diluvialem, marinem, schalenführendem Ton⁶ (z. B. Kibæk und Ansager in Jylland) in derselben Interglazialzeit abgelagert worden sein, muss die Verteilung von Land und Meer in bestimmten späteren Abschnitten der erwähnten Zeitperiode sehr verschieden von der heutigen gewesen sein, doch geben sie keinen direkten Aufschluss über stattgefundene Niveauveränderungen.

Die aus der zweiten und letzten Interglazialzeit bekannten, anstehenden, dänischen, marinen Ablagerungen

stammen alle aus dem warmen Abschnitt dieser Zeit und der darauffolgenden Zeit, während der die Meerestemperatur abnahm. Bis auf weiteres muss man also davon ausgehen, dass Dänemark in diesem ersten Abschnitt dieser Interglazialzeit höher gelegen hat als heute.

In dem südlichen Dänemark können vor allem die Eemschichten⁷ Auskunft über die Verteilung von Land und Meer geben. Aus der Verbreitung, Beschaffenheit und der Fauna der Eemschichten ergibt sich, dass das Eem-Meer einen langen, verhältnismässig schmalen Fjord bildete, der sich vom südlichen Teil der Nordsee nach Osten über Sönderjylland, die südfünischen Inseln und weiter hinein in den südlichen Teil der Ostsee erstreckte. Ferner zeigt die Beschaffenheit der Schichten, dass — jedenfalls im südlichen Dänemark — zu dieser Zeit eine Landsenkung und darauf eine Landhebung eingetreten ist, so dass die Schichtenfolge von unten nach oben wurde: Torf, Brachwasserschicht, ausgeprägter Salzwasserton und ganz oben Strandsand, — und dass sowohl die positive als die negative Verschiebung der Strandlinie in dem temperierten Abschnitt der Interglazialzeit vor sich gegangen ist. Innerhalb der Grenzen von Dänemark finden sich die Eemschichten nur ungestört in situ an der Nordseeküste, südlich von Blaavandshuk; sie gehen auf dieser Strecke überall bis zu einer Höhe von 10—12 m unter dem Niveau des Meeres und, da die Fauna teils eine Strandfauna ist, teils als eine Flachwasserfauna betrachtet werden muss, kann das südwestliche Dänemark während des Maximums der Transgression nicht viel niedriger gelegen haben als heute. Sowohl vor, wie nach diesem Maximum hat dieser Teil des Landes in der ganzen Interglazialzeit höher gelegen als heute.

Für den nördlichen Teil von Dänemark gibt die mächtige marine Schichtenserie bei Skærumhede⁵ recht vollständige Aufschlüsse über die Niveauverhältnisse in der letzten Interglazialzeit. Die unterste Schicht der Skærumhedeserie muss, nach ihrer Fauna zu urteilen, in einer Tiefe von 40—60 m unter dem Meeresspiegel abgesetzt worden sein und der übrige grösste Teil in einer Tiefe von 60—80 m. Da sich die Schicht nun in einer Tiefe von 157—83 m unter dem Meere

befindet, muss dieser Teil von Dänemark beim Beginn der Ablagerung mindestens 100 m höher gelegen haben als heute. Heute verläuft die 100 m-Tiefkurve etwas nördlich von der Nordspitze von Jylland an dem Südrande der norwegischen Rinne entlang und von da an im grossen und ganzen nach Westen in der Richtung auf Schottland zu. Wenn auch in der letzten Glazialzeit viel Moränenmaterial im Skagerrak abgelagert worden ist und grosse Mengen von Ton und Sand in die Nordsee gespült worden sind, wodurch ihr Boden gehoben und ausgeglichen worden ist, muss es doch als erwiesen angesehen werden, dass ansehnliche Partien des Meeresbodens westlich von Jylland trocken gelegen haben, und die Möglichkeit, dass in der zweiten Interglazialzeit eine Landverbindung zwischen England und Jylland existiert hat, ist nicht ausgeschlossen.

Gleichzeitig mit der 74 m mächtigen, borealen Turitella-zone, trat eine langsame stetige Landsenkung ein, so dass das Land zuletzt ein Niveau erreichte, das nur 10—20 m höher lag als heute. Während der darauf folgenden Ablagerung von Ton mit einer boreoarktischen Fauna, wurde die Senkung wieder von einer Hebung abgelöst, wodurch das Land auf ein Niveau gehoben wurde, das wahrscheinlich 40—60 m über dem heutigen gelegen hat, um dann wieder unter Ablagerung von Ton mit einer arktischen *Portlandia arctica*-Fauna zu einem Niveau gesenkt zu werden, das — den Verhältnissen bei Skærumhede entsprechend — 15—25 m über dem heutigen gelegen haben muss. Untersucht man jedoch andere Lokalitäten der Tonschichten der *Portlandia arctica*-Zone, Lokalitäten, die wegen der Ausdehnung und Mächtigkeit des Tones mit grösster Sicherheit als anstehend betrachtet werden müssen, kommt man zu einem noch niedrigeren Niveau. In dem Steilufer bei Hirshals erreicht der Ton eine Meereshöhe von 2—4 m, und bei Frederikshavn, wo er auf der Ebene eine ebene Abrasionsfläche bildet, die sich mindestens 7 km nördlich von Frederikshavn bis nach Strandby erstreckt, und der man ausserdem nach Süden hin am Fusse der Hügel bis Sæby folgen kann, liegt die Oberfläche des anstehenden Tons 2—5 m über dem Meeresspiegel und an gewissen Stellen wohl 15 m; da der Ton in einer Tiefe von

mindestens 10—20 m abgelagert worden ist, müssen deshalb diese Gegenden am Schluss der Interglazialzeit mindestens 20 bis 30 m niedriger als heute gelegen haben.

Gleichzeitig damit, dass sich das Inlandeis in der nun folgenden letzten Glazialzeit über Vendsyssel schob, trat eine negative Verschiebung der Strandlinie ein, indem die Ablagerung von Ton allmählich dazu überging, über dem Meere stattzufinden, und zwar in Süßwasser, wie auch die, über dem Ton liegenden, mächtigen Sandmassen, die unmittelbar vor dem Eise abgelagert wurden, ausschliesslich glaziale Flussablagerungen sind.

Das Vorkommen von Molluskenschalen sowohl von borealen, als von arktischen Arten in den Moränen des nordöstlichen Sjællands,⁸ wie auch der wahrscheinlich gleichzeitige, auf sekundären Lager liegende, *Tellina calcarea* führende Ton bei Høve in Odsherred⁹ zeugt davon, dass das Meer, in dem die marine Skærumhedeserie abgelagert wurde, sich auch ein Stück in den Kattegat hinein erstreckte.

Die geographischen Verhältnisse Dänemarks haben also in der zweiten Interglazialzeit stark gewechselt. In dem ersten Abschnitt der Interglazialzeit hat wahrscheinlich das ganze Land höher gelegen als heute. Erst in dem temperierten Abschnitt, und möglicherweise nur in einer kurzen Periode innerhalb dieser, hat eine Landsenkung nach Süden hin die Bildung eines Meeresarms verursacht, der sich von Westen aus an der südlichen Küste der Nordsee entlang erstreckt hat und über Sønderjylland hinweg in die Ostsee reichte. Die Aufschlüsse, die die marinen Schichtenserie bei Skærumhede gegeben haben, dass das nördliche Dänemark — ebenfalls in einem Teil des temperierten Abschnitts der Interglazialzeit — sehr hoch gelegen haben muss, — mehr als 100 m höher als heute — kann vielleicht erklären, dass die Fauna in dem südlich davon liegenden Eem-Meeresarm aus dem warmen Meere an der Küste von Frankreich eingewandert ist, und entweder gar keinen oder sehr geringeren Einschlag aus nördlicheren Gegenden erhalten hat, während umgekehrt die Fauna in den Skærumhedeschichten in Vendsyssel ausschliesslich von Norden und Nordwesten her eingewandert sein muss, nämlich aus dem Meer zwischen Norwegen und Schottland, indem der

südliche Teil der Nordsee damals wahrscheinlich Land war. Gleichzeitig damit, dass die Interglazialzeit ausebbte und das Inlandeis sich Dänemark wieder näherte, trat in Nord-Jylland eine, von einer kurzen Hebung unterbrochene Land-senkung ein, die das Niveau auf den heutigen Stand oder noch tiefer hinunterbrachte, während das südliche Dänemark ständig höher als in der Jetztzeit lag.

Ueber die Niveauverhältnisse während der letzten Glazialzeit weiss man sehr wenig; es ist jedoch sicher, dass der eisfreie, westliche Teil von Dänemark noch immer höher als heute gelegen hat, weil aus diesem Zeitabschnitt jede Spur von marinen Ablagerungen in diesen Gegenden fehlt.

Aus der Abschmelzungsperiode, der spätglazialen Zeit, hat man bessere Anhaltspunkte zur Beurteilung der Niveauverhältnisse. Während der nordöstliche Teil von Dänemark niedriger lag als heute und noch weiter gesenkt wurde, während es gleichzeitig eisfrei wurde, hat der südliche und südwestliche Teil von Dänemark ohne Zweifel ziemlich hoch gelegen, was aus den u. a. im Öresund und im Kleinen Belt vor dem Eisrande erodierten, tiefen Rinnen folgt. Was den Öresund betrifft, ist unser Wissen über die Niveauveränderungen der Folgezeit recht unsicher. Das Vorkommen von spätglazialen Küstenlinien an der Ostseite des Sundes entlang und das Vorkommen von marinem, arktischen Ton so weit südlich als bei Lomma, NO von Malmö, wo er bis mehrere Meter über dem Meere liegt, setzt eine positive Küstenverschiebung voraus, die vielleicht auch die dänische Seite der Küste betroffen hat, ohne dass man jedoch Spuren davon nachweisen kann. Es ist eigentümlich, dass man auf der dänischen Seite keine Spur von marinen Küstenlinien oder Ablagerungen aus dieser Zeit gefunden hat, während die oberste Grenze für das spätglaziale Eismeer in Schonen zu einer Höhe von 20 m südlich von Hälsingborg, 38 m nördlich von Hälsingborg und bei Kullen 51 m über dem heutigen Meeresspiegel angesetzt wurde. Sollten solche Küstenlinien oder Ablagerungen aus dieser Zeit auf der dänischen Seite der Öresund existiert haben, haben sie in einem so niedrigen Niveau gelegen, dass sie später in der Tapes-Zeit überdeckt oder zerstört worden sind; das heisst, dass sie bei Helsingör—Horn-

bæk weniger als 10 m und bei Rungsted weniger als 6 m über der heutigen Meeresfläche gelegen haben müssen.¹⁰ Bis auf weiteres muss man sich deshalb an die bekannte Anschauung halten, dass an der alten Bruchlinie entlang, die von der Westseite von Kullen durch den Sund verläuft, auch in spätglazialer Zeit Verschiebungen in vertikaler Richtung statt gefunden haben müssen.

Während das Inlandeis immer mehr aus der südlichen Ostsee fortschmolz, trat in dieser Gegend eine bedeutende Landhebung ein. Das Wasser der gegen Norden von Eis abgedämmten Ostsee bekam einen Ablauf zum Kattegat durch die Rinnen im Grunde der jetzigen dänischen Sunde, wurde aber infolge der Hebung des Landes immer höher aufgestaut, nach schwedischen Untersuchungen bis zu 55—56 m über den Wasserstand des Kattegats. Da der unter dem Meere liegende Rücken, — der sich als Fortsetzung des Gedser Rev (Riff) nach Südosten auf Pommern zu erstreckt, und welcher damals eine Schwelle bildete, über die das Wasser abfließen musste, — nun 18 m unter dem Meeresspiegel liegt, müsste das südöstliche Dänemark also 73—74 m höher als heute gelegen haben, evtl. noch höher.

Gleichzeitig damit, dass das Land gegen Süden bei Falster und Norddeutschland so hoch gelegen haben muss, hat Mittelschweden sehr niedrig gelegen. Die Schnittlinie zwischen der Strandlinie des baltischen Eissees und dem Wasserspiegel der heutigen Ostsee muss man wahrscheinlich von dem südwestlichen Schonen nach Südosten etwas südlich um Bornholm verlaufend, ansetzen. Auf Bornholm liegen die Strandlinien des baltischen Eissees (oft falsch als spätglaziale, marine Strandlinien bezeichnet) an der Südküste entlang ca. 10 m, nördlich vom Hammer 20—21 m über dem Wasserstand der jetzigen Ostsee.¹¹

Die angenommene, sehr bedeutende Landhebung des südlichsten Dänemarks muss eine sehr kräftige negative Verschiebung der Strandlinien zur Folge gehabt haben, die am geringsten am Öresund und am stärksten im Südwesten gewesen sein muss, ferner muss der Meeresgrund um die dänischen Inseln und in dem südwestlichen Kattegat trocken gelegen haben, wenn auch die Landhebung in der Richtung

nach Nordost sehr stark abgenommen haben muss. Die wenigen bisher bekannten Lokalitäten von spätglazialen Süßwasserablagerungen in den Gewässern um Dänemark sind jedoch, was in der Natur der Sache liegt, so nahe an den Küsten und in so geringer Tiefe gefunden worden (im Öresund $\div 5,4$ m¹⁰ und bei Esbjerg $\div 4,9$ m), dass sie nichts Wesentliches zu unser Kenntnis über die Niveauverhältnisse und die Ausbreitung des Landes in dieser Zeit fügen können.

Im nördlichen Dänemark waren die Verhältnisse wesentlich anders. In Vendsyssel hat es sich an einigen Stellen gezeigt, dass der oberste Teil der vom Inlandeise hinterlassenen Moräne im Meere abgelagert worden sein muss. Im selben Maasse wie das Eis aus dieser Gegend verschwand, nahm die Senkung zu, und das im Meere abgelagerte Sediment geht von Sand (Unterer Saxicavasand) in Ton (Spätglazialer Yoldienton) über. Strandlinien aus dieser Zeit (Erosionsterrassen und Strandkies) sind von Vendsyssel nach Süden zu bis zum Mariager Fjord und nach Südwesten bis zur Stadt Nibe am Limfjord bekannt. Die Höhe über dem heutigen Meeresspiegel nimmt stark von Norden nach Süden und Südwesten zu ab.¹² 5—6 km südlich von Frederikshavn liegen Strandlinien 56 m über dem Meere, bei Sæby ca. 50 m und bei Vorsaa ca. 40 m. Von hier aus nach Südwesten kommen Strandlinien bei Dronninglund bis zu 35 m, bei den Hammer-Bakker 25—30 m und bei Aalborg 20—21 m über dem Meere vor. Nach Süden zu, an der Ostküste von Himmerland (sw. Limfjord und Mariager Fjord) entlang, nimmt die Höhe ab, so dass die spätglazialen Strandwälle am Mariagerfjord nur 6,0—6,6 m über dem Meere liegen. Noch weiter nach Süden fallen sie mit den postglazialen Strandwällen zusammen oder werden von diesen bedeckt. Dasselbe gilt für die Ostküste von Djursland und für das nordöstliche Sjælland zwischen Helsingør und Gilleleje, wo man erwarten könnte, dass das spätglaziale Meer dauernde Spuren hinterlassen hätte.

In dem steinarmen, westlichen Vendsyssel, wo der Wind die lose Erde leicht umlagert, sind spätglaziale Strandlinien selten. Strandkies findet sich u. a. nördlich von Hjörning, 40 m über dem Meere und östlich von Brønderslev, 40,5 m ü. M., aber nur in einzelnen Fällen (z. B. bei Brønderslev)

weiss man mit Sicherheit dass man sich der höchsten marinen Grenze gegenüber befindet. Nach SW zu nehmen die Höhen über dem Meere stark ab; bei Gjøl betragen sie so z. B. 13 m und NO v. Nibe 11—9,5. Westlich und südwestlich davon decken sich die spätglazialen Küstenlinien mit den postglazialen Strandwällen. Die Nulllinie muss deshalb von NW nach SO verlaufen, und zwar von dem östlichen Thy über Djursland und von dort in der Richtung auf die Nordküste von Sjælland zu.

Die Sedimente, die während der Senkung und der darauf folgende Hebung abgelagert wurden, bestanden aus Sand, Yoldienton und oben wieder aus Sand (Oberer Saxicava-Sand). Diese Schichten füllten die Niederungen zwischen den Hügelpartien aus, die wie Inseln aus dem damaligen Eismeer hervorragten, und bilden nun sehr flache Ebenen, deren Meereshöhe allmählich nach SW abnimmt. Nach Norden und Nordosten zu ist ihre Höhe 30—34 m ü. M., bei Sæby bis zu 22 m und nach Süden zu, bei Hals, etwas 10 m. In der Richtung nach Südwesten zu findet man bei Hjörning eine Höhe von 20—25 m, bei Lökken und bei Store Vildmose etwa 15 m und in dem südwestlichen Vendsyssel 0—2 m ü. M. In den Wiesen um Nørresundby und Aalborg, wo der Yoldienton grosse technische Verwendung hat, liegt dieser wenige Meter über dem Meere. Die südlichste, bisher bekannte Lokalität befindet sich bei Dokkedal (Muldbjerge) an der Ostseite des Lille Vildmose.

In dem nördlichsten Dänemark wurde die grosse spätglaziale Landsenkung von einer Hebung abgelöst, während der Strandlinien in verschiedenen Niveaus ausgebildet wurden, und gleichzeitig stieg die Temperatur des Meeres, wodurch die hocharktischen Tierarten verdrängt wurden, und eine boreoarktische Fauna an ihre Stelle trat. Zeugnisse dafür hat man in ein paar (nun fast erschöpften) Schalenbänken, die in einer Meereshöhe von 20—25 m dicht westlich von Frederikshavn liegen. (Vergl. S. 136).

Die Landhebung setzte sich fort (jedenfalls in dem nördlichen Vendsyssel), bis das Land etwa auf das heutige Niveau gebracht worden war, wonach es wieder einer Senkung ausgesetzt wurde, die doch nicht so lange dauerte und nicht so

gross war; nämlich nur bis zu 15 m unter dem heutigen Niveau. Eine Strandbildung, die Zirphaeaschichten (Siehe S. 137), aus dieser Zeit, der Uebergangszeit zwischen der spät- und der postglazialen Zeit, ist an einigen Stellen des nördlichsten Vendsyssel nachgewiesen worden.

Am Ende der spätglazialen Zeit war das Inlandeis so weit zurückgeschmolzen, dass der baltische Eissees über das mittelschwedische Tiefland hin in Verbindung mit dem Kattegat kam, und der Wasserspiegel des Sees zum Niveau des Weltmeers gesenkt wurde. Als diese Verbindung mit dem Meere später geschlossen wurde, wurde die Ostsee wieder ein Süsswassersee, der Ancylussee, mit einem Ablauf durch Närke zum Vänern-Fjord. Da die Gegenden um die südliche Ostsee immer noch sehr hoch lagen, wurden durch diese Senkung des Wasserspiegels grosse Gegenden trocken gelegt; sowohl eine theoretische Berechnung der Höhe der Küstenlinie, als Funde von Torf und Baumstämmen, auf dem Boden der Ostsee haben ergeben, dass die Küstenlinie des Ancylussee gegen Süden — u. a. bei Bornholm — bei der \div 40 m Kurve, vielleicht noch tiefer gelegen haben muss. Von den am tiefsten liegenden Lokalitäten von submarinen Süsswasserschichten können Funde von anstehenden Kiefernstämmen erwähnt werden: teils südlich von der Südküste von Schonen in einer Tiefe von 35—37 m,¹³ teils südwestlich von Bornholm, wo auf einer Strecke von 20 km von Dueodde nach SW auf den Adeler Grund sowohl Kiefernstubben als Kiefernstämmen in einer Tiefe von 35 m gefunden worden sind.¹⁴

Infolge der fortgesetzten Landhebung im nördlichen Skandinavien transgressierte der Ancylussee nach Süden, bis der Wasserstand so hoch geworden war, dass das Wasser über die früher erwähnte Schwelle zwischen Gedser und Pommern fließen konnte. Der Wasserstand im Ancylussee kann damals, nach schwedischen Untersuchungen, auf mindestens 20 m, evtl. auf 32 m über dem Meeresspiegel veranschlagt werden; und da der unter dem Meere liegende Rücken, wie erwähnt, heute in einer Tiefe von 18 m liegt, hat das südöstliche Dänemark zu dieser Zeit mindestens 38 m evtl. 50 m höher als heute gelegen.

Zahlreiche Funde von Süsswasserschichten, in dänischen

Gewässern besonders von Torf und Gytje, zeugen von der grösseren Ausdehnung des Landes zu dieser Zeit. Es können Moore und andere Süsswasserschichten in der Köge Bugt in einer Tiefe von \div 11 m, in Kongedybet bei Köbenhavn, in einer Tiefe von \div 13,8, in dem Kronløb bei dem See-Forte Trekroner bei Köbenhavn in einer Tiefe von \div 9 m, im Freihafen von Köbenhavn in einer Tiefe von \div 8 m, nördlich von Saltholm in einer Tiefe von \div 5 m, und bei Rungsted in einer Tiefe von \div 4 m erwähnt werden.¹⁵ Auf Torfschichten traf man unter jüngeren, marinen Schichten bei Bohrungen bei Hindsholm (NO-Fyn) in einer Tiefe von \div 6 m und auf der Westseite von Fyn beim Kleinen Belt 6,5 m unter dem Niveau des Meeres. Auf der Westseite der jütländischen Halbinsel hat man in der Graadyb vor Esbjerg Torfschichten in einer Tiefe von 6,9 m gefunden und weiter südlich, an der Westküste von Slesvig in einer Tiefe von bis zu \div 20 m. Fügt man weiterhin hinzu, dass man beim Trawlen in der Nordsee an einer ganzen Reihe von Stellen Torf gefunden hat, so z. B. auf einem grossen Gebiet westlich von Nissum Fjord in einer Tiefe von zwischen 20 und 40 m, zwischen dem Horns Rev (Riff) und der Dogger Bank in einer Tiefe von 40 m und endlich, dass auf der Dogger Bank seit alters her viel Torf bekannt gewesen ist (Moorlog), und immer noch aufgefischt wird im allgemeinen in einer Tiefe von 35—40 m, und bedenkt man, dass dieser Torf nach seinem Pflanzeninhalt in der Zeit der Zwergbirke bis zur Kiefer, also im Anfang der Festlandszeit gebildet worden ist, scheinen diese Gegenden in der östlichen und südlichen Nordsee ganz wie die südliche Ostsee 40 m höher als heute gelegen zu haben; der grösste Teil der Nordsee südlich einer Linie von Hanstholm nach Südwesten bis zur Mündung des Humbers muss damals Land gewesen sein.

Aus dem Gebiet des Katttegats hat man nur wenig Beobachtungen, die Aufschluss über die Niveauverhältnisse geben können. Anstehender, submariner Torf ist nur bis in geringe Tiefen gefunden worden; dagegen hat man in einer Tiefe von 26 m, östlich von Læsø und in dem südöstlichen Kattegat Molluskenschalen von Arten gefunden (u. a. *Litorina litorea*), die man als Strandformen oder Flachwassertiere bezeichnen muss.¹⁶ Diese Funde stammen zweifellos aus der Festlands-

zeit und zeigen, dass auch der Meeresboden im Kattegat, sogar noch so weit gegen Norden wie bei Læsø, höher gelegen haben muss (vielleicht 10 m oder noch mehr) als heute. In den nördlichsten Teilen von Jylland beweisen Lokalitäten von Torf, die von jüngeren marinen Schichten bedeckt sind dass die Gegend um Aalborg in der Festlandszeit mindestens 6 m höher gelegen haben muss als jetzt; wahrscheinlich nimmt der Niveauunterschied ab, je weiter man nach Norden kommt. Von dem nördlichsten Vendsyssel weiss man mit Bestimmtheit, dass es jedenfalls in demselben Niveau gelegen hat, wie heute.

Das Ende der Festlandszeit und der Anfang der folgenden Zeit (*Litorina*-Zeit, die Zeit des Steinzeitmeeres) wird für ganz Dänemark durch eine recht bedeutende Landsenkung charakterisiert, wodurch grosse Strecken der jetzigen Ostsee und des südlichen Teils der heutigen Nordsee vom Meer bedeckt wurden. Während sich das Land allmählich senkte, entstand durch die Sunde zwischen dem Kattegat und der Ostsee eine offene Verbindung, so dass das Salzwasser des Meeres in das Binnenmeer eindringen konnte.

Im nördlichen und östlichen Dänemark fiel das Maximum der Landsenkung mit der Kökkenmøddinger-Zeit der älteren Steinzeit (*Ertebølle*-Kultur) zusammen, und da hier die Transgression von einer Regression abgelöst wurde, hat man das Niveau des Landes zu dieser Zeit bestimmen können. Am weitesten nach Norden, in der Gegend von Frederikshavn—Hirshals, hatte sich das Land im Maximum der *Litorina*-Zeit am weitesten gesenkt, nämlich ca. 13 m niedriger als heute.¹⁷ Je weiter man von hier aus nach Südwesten nach Thy hin geht, oder nach Süden an der Kattegatküste entlang, desto geringer werden die Abweichungen von dem heutigen Niveau, bis man die schon von FORCHHAMMER angegebene Nulllinie für die Hebung erreicht, die vom Nissum Fjord aus nach Südosten durch das Land geht, und die Ostküste von Fyn etwas südlich von Nyborg schneidet. Südwestlich von dieser Linie ist die allgemeine Senkung noch grösser gewesen, am grössten nach Südwesten zu; aber da das Land hier bereits im voraus ein sehr hohes Niveau besass, war es beim Maximum der *Litorina*-Zeit, zur Zeit der *Ertebølle*-Kultur, noch nicht auf

das heutige Niveau hinuntergekommen. Die Küstenlinie verlief — südwestlich von der FORCHHAMMER-Linie — ausserhalb der heutigen; aber abgesehen davon wissen wir sehr wenig von den Niveauverhältnissen in dieser Periode. Die wenigen Funde aus der Ertebölle-Kultur, die aus den Gewässern an den Küsten des südlichen Dänemarks entlang stammen, liegen in so flachem Wasser, dass sie in dieser Beziehung nur sehr wenig Bedeutung haben. An den Küsten von Lolland und Falster liegen sie 1—2½ m unter dem Niveau des Meeres, bei Süd-Fyn in einer Tiefe ÷ 2 m und im Kolding Fjord in einer Tiefe ÷ 3— ÷ 4 m (Die Angaben schwanken zwischen ÷ 3 und ÷ 6 m). Man hat solche Funde auch bei Flensburg in einer Tiefe von ÷ 4 m, bei Husum in einer Tiefe von ÷ 4 m gefunden und bei Kiel lag eine solche Kulturschicht aus der Erteböllezeit in einer Tiefe von ÷ 8½— ÷ 9 m.¹⁸ Diese Zahlen geben das Maximummass für die Höhenlage des südwestlichen Dänemark im Vergleich mit heute an.

In der folgenden Zeit, in der jüngeren Steinzeit und in der Bronzezeit, und vielleicht noch später, setzte sich die Landenkung im südwestlichen Dänemark fort, bis die heutige Verteilung von Land und Meer erreicht wurde. An einem Teil der Westküste von Jylland entlang, von Römö bis nördlich von Blaavandshuk, scheint diese Senkung jedoch schon in der Bronzezeit aufgehört zu haben und von einer Hebung abgelöst worden zu sein, die nach der Höhe des Marschlandes in der Gegend von Ribe auf 1,2—1,4 m zu veranschlagen ist.¹⁸ Auf der Strecke von Blaavandshuk bis Filsö deuten ältere, hochliegende Strandwälle gleichfalls auf eine Landhebung, die jedoch geringer ist als die bei Ribe,¹⁹ wogegen noch weiter nördlich nichts auf negative Strandverschiebung deutet. Dasselbe gilt von dem südlichen Teil der Küste von Sønderjylland, wo man keine solche Landhebung hat nachweisen können. Noch weiter südlich, in den Küststrecken um die Helgolandsbucht, gibt es Anzeichen, die dagegen auf eine, noch heute andauernde Landenkung zu deuten scheinen.

In dem nordöstlichen Teil von Dänemark entwickelten sich die Verhältnisse völlig anders. Schon in der älteren Steinzeit wurde die Transgression von einer Regression abgelöst, die am stärksten im Nordosten war und nach Südwesten hin

ausebbte, je näher man an die von FORCHHAMMER angegebene Linie vom Nissum-Fjord in südöstlicher Richtung durch Dänemark herankommt.¹⁷ In der Gegend von Frederikshavn-Hirshals, wo sich Strandwälle bis zu einer Höhe von 15 m ü. M. befinden, und schalenführender Fjordschlamm bis zu einer Höhe von 12,5 m ü. M., betrug die Landhebung seit dem Maximum der Litorina-Zeit ca. 13 m. Von hier an nach Südwesten bis zum westlichen Ende des Limfjords nimmt die Meereshöhe der alten Strandlinie ab; aber infolge der ungleichmässigen Lage, bald auf offenen, bald auf geschützten Stellen, sind ihre Höhen, sogar bei dicht an einander liegenden Stellen, sehr verschieden. Hier, wie an vielen anderen Stellen, kann die Grösse der Hebung nur annähernd angegeben werden, indem die Höhe, bis zu der das Meer einen Strandwall an der in Betracht kommenden Stelle aufwerfen kann, nicht immer exakt angegeben werden kann.

Die Kartenskizze Fig. 16 gibt mit Hilfe von 1 m-Kurven eine Uebersicht über die Grösse der Landhebung in dem nordöstlichen Dänemark, von dem Maximum der Litorina-Zeit (Tapes-Zeit) bis zur Jetztzeit. Bei Lökken kann man die Hebung auf $8\frac{1}{2}$ m veranschlagen, beim Bulbjerg auf $5\frac{1}{2}$ m, auf Mors auf ca. 3 m, bei Aggersund Odde auf ca. $1\frac{1}{2}$ m und an Nissum Fjord auf 0 m. Nach Süden zu, an der Küste des Kattegats entlang, findet ein ähnliches Abnehmen der Zahlen für die Grösse der Landhebung statt. Læsø, dessen höchster Punkt (abgesehen von den Dünen) 11 m über dem Meere liegt, ist in der Litorina-Zeit vom Meere bedeckt gewesen; man muss annehmen, dass die Landhebung hier etwa dieselbe war, wie bei Frederikshavn. Auf Anholt muss die Hebung mindestens 8 m betragen haben. Bei Hals—Aalborg hat sich das Land ca. 6 m gehoben und an der Mündung des Randers Fjord ca. 4 m; bei der am meisten nach Osten liegenden Fornæs bei Grenaa, wo die Strandwälle eine Höhe von bis zu 7,8 m erreichen, hat die Landhebung ca. 5 m betragen. Auf Samsø beträgt sie $3-2\frac{1}{2}$ m, auf Fyn bei Kerteminde 1 m, und von hier an nimmt die Höhe der Hebung ab sowohl nach Westen hin zum Kleinen Belt, wie nach Süden, an der Ostküste der Insel entlang.

Auf Sjælland²⁰⁻²¹ befinden sich die Küstenlinien, die am

höchsten gehoben worden sind, 10—10,2 m ü. M., bei Hornbæk, NW von Helsingør, was einer Hebung von ca. $7\frac{1}{2}$ m entspricht. Von hier an nimmt die Höhe der Strandlinie stetig ab, sowohl nach Süden hin, an der Ostküste entlang, wie nach

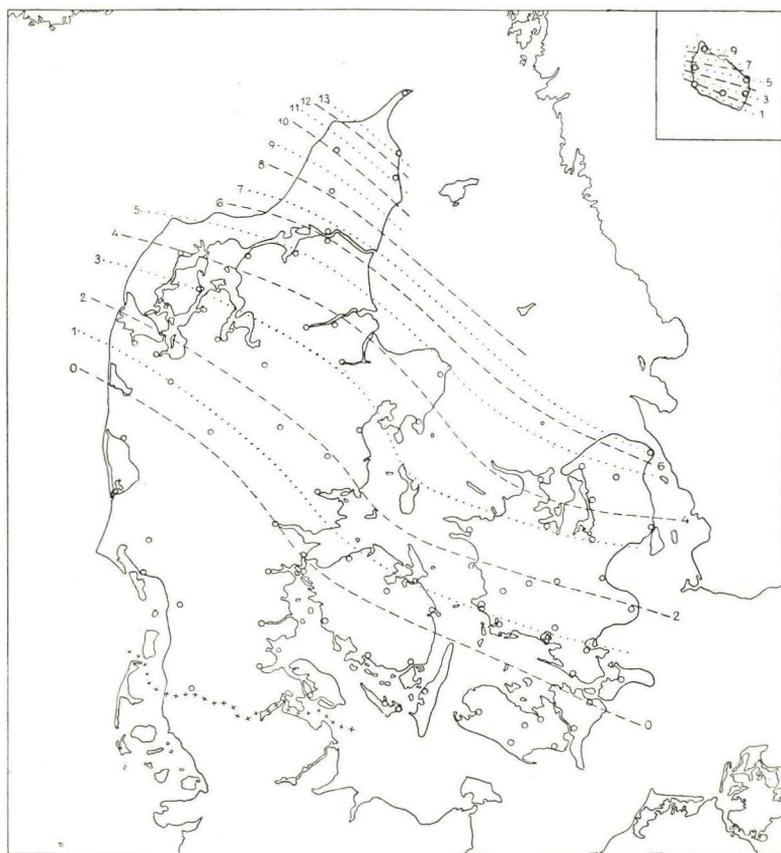


Fig. 16. Isobasen der Landhebung nach dem Maximum der Litorina-(Tapes-) Senkung in dem nordöstlichen Dänemark (Äquidistance 1 m).

Westen, an der Nordküste entlang, wobei jedoch die mehr oder weniger geschützte Lage eine bedeutende Rolle spielt. Die Grösse der Landhebung kann an der Ostküste wie folgt veranschlagt werden: bei Rungsted ca. 5 m, bei Köbenhavn $3-3\frac{1}{2}$ m, bei Stevns ca. 2 m und an der Nordküste von Falster 0 m. An der Nordküste von Sjælland entlang hat die

Hebung bei Tisvilde etwas 5 m betragen, bei Sjællands Odde $4\frac{1}{2}$ m, auf Sejro $3\frac{1}{2}$ m und bei Rösnaes $2\frac{1}{2}$ m. Auf Bornholm ist die Hebung des Landes recht beträchtlich gewesen;¹¹ die marinen Strandwälle erreichen nach Norden zu eine Meereshöhe von bis zu 11 m, nach Süden zu von 3—4 m, was einer Hebung von 8 bzw. ca. 1 m entspricht.

Axel Jessen.

Literatur.

Abkürzungen:

- Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.
 D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.
 Vid. Medd. Naturh. Foren. = Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening. København.

1. ØDUM, HILMAR. 1926: Studier over Daniet i Jylland og paa Fyn. With a Summary of the Contents: Studier over the Danian in Jutland and Funen. D. G. U. II. Række, Nr. 45.
2. GRIPP, K. 1922: Marines Pliocän und *Hipparion gracile* KAUP vom Morsumkliff auf Sylt. Zeitschr. der Deutsch. Geolog. Gesellschaft. 74. Bd. (Abhandlungen). 1922. Berlin 1923.
3. JESSEN, AXEL. 1922: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Varde. Avec résumé en français: Description explicative de la feuille (géologique) de Varde. D. G. U. I. Række, Nr. 14.
4. USSING, N. V. 1903: Om et nyt Findested for marint Diluvium ved Hostrup i Salling. Vid. Medd. Naturh. Foren.
5. JESSEN, A., MILTHERS, V., NORDMANN, V., HARTZ, N. und HESSELBO, A. 1910: En Boring gennem de kvartære Lag ved Skærumhede. With a Summary of the Contents: Boring operations through the Quaternary Deposits at Skærumhede. D. G. U. II. Række. Nr. 25.
6. NORDMANN, V. 1913: Boringer gennem marint Diluvium i det sydvestlige Jylland og nordvestlige Slesvig. Résumé in deutscher Sprache: Bohrungen durch marines Diluvium im südwestlichen Jütland. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
7. MADSEN, VICTOR, NORDMANN, V. und HARTZ, N. 1908: Eem-Zonerne. Studier over Cyprinaleret og andre Eem-Aflejninger. Avec résumé en français: Les zones de l'étage eemien. D. G. U. II. Række, Nr. 17.
8. RØRDAM, K. 1893: De geologiske Forhold i det nordostlige Sjælland. Résumé d'une recherche géologique du Nord-Est de Seeland. D. G. U. I. Række, Nr. 1.

9. MILTHERS, V. 1900: *Tellina calcaria* Leret ved Høve i Odsherred. Dansk geol. Foren. Bd. 1, Nr. 6.
 10. JESSEN, KNUD. 1923: En undersøisk Mose i Rungsted Havn. With a Summary of the Contents: A submerged Peat-Bog in the Harbour of Rungsted. D. G. U. IV. Række. Bd. 1, Nr. 18.
 11. GRÖNWALL, K. A. und MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 12. JESSEN, A. 1899: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Skagen, Hirshals, Frederikshavn, Hjørring og Lökken. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles (géologiques) de Skagen, Hirshals, Frederikshavn et Lökken. D. G. U. I. Række, Nr. 3.
 13. ISBERG, ORVAR. 1927: Beitrag zur Kenntniss der post-arktischen Landbrücke. Geograf. Annaler. Aarg. IX. Stockholm.
 14. GRÖNWALL, K. A. 1927: Till frågan om senglaciala och post-glaciala nivåförändringar i södra Östersjöområdet. Medd. från Lunds geologisk-mineralogiska Institution. No. 34.
 15. MILTHERS, V. 1922: Nordøstsjælland's Geologi. D. G. U. V. Række, Nr. 3.
 16. PETERSEN, C. G. JOH. 1889: Det videnskabelige Udbytte af Kanonbaaden »Hauch«s Togter i de danske Farvande indenfor Skagen i Aarene 1883—86. II. (Mollusca). København.
 17. JESSEN, AXEL. 1920: Stenalderhavets Udbredelse i det nordlige Jylland. With a Summary of the Contents: The Extension of the Stone-age Sea (Tapes-Litorina Sea) in Northern Jutland. D. G. U. II. Række, Nr. 35.
 18. JESSEN, AXEL. 1916: Marsken ved Ribe. Avec résumé en français: Le Marsk près de la ville de Ribe. D. G. U. II. Række, Nr. 27.
 19. JESSEN, AXEL. 1925: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Blaavandshuk. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille de Blaavandshuk. D. G. U. I. Række, Nr. 16.
 20. RØRDAM, K. 1892: Saltvandsallubiet i det nordostlige Sjælland. Résumé d'une étude sur l'alluvion marine du Nord-Est de Seeland. D. G. U. II. Række, Nr. 2.
 21. RØRDAM, K. und MILTHERS, V. 1900: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Sejro, Nykjöbing, Kalundborg og Holbæk. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles (géologiques) de Sejro, Nykjöbing, Kalundborg et Holbæk. D. G. U. I. Række, Nr. 8.
-

Die Färöer.

Die Färöer liegen im atlantischen Ozean zwischen $61^{\circ} 00'$ und $62^{\circ} 24'$ nördl. Br., und zwischen $6^{\circ} 15'$ und $7^{\circ} 41'$ westl. Länge von Greenw., ca. 300 km NW von den Shetlandsinseln entfernt. Sie sind ein Glied des grossen nordatlantischen Basaltgebietes. Sie bestehen aus 17 bewohnten und einigen unbewohnten Inseln. Ihr Gesamtareal beträgt 1399 km². Die Inselgruppe bildet ein unebenes Basaltplateau mit einer Durchschnittshöhe von etwas 300 m; über diese Höhe hinauf ragen jedoch überall steilere Berge, die 800 m übersteigen können (der höchste Punkt ist Slattaretind auf Oesterö, 882 m), wie das Plateau auch an vielen Stellen von Tälern unterbrochen wird, die sich oft quer durch die Inseln erstrecken. Gegen das offene Meer hin haben die Inseln fast überall hohe, senkrechte Felsenwände (Myling auf Strömö ca. 620 m, Enniberg an der Nordspitze von Viderö ca. 720 m); dagegen sind die Sunde zwischen den einzelnen Inseln und Tälern oft von weniger steilen Küsten begrenzt, die fast immer nach den einzelnen Basaltbänken, in Terrassen eingeteilt sind. Tektonische Spalten finden sich in grossen Mengen, sie treten als tiefe sehr regelmässige und gradlinige Kluften auf (Gjógv'er) und haben eine Länge von bis zu einem Kilometer. Die Richtungen variieren; die Richtungen SO—NW und O—W oder ONO—WSW sind jedoch vorherrschend. Am Fusse der Steilküsten treten dieselben Risse teils als Kluften, teils als Höhlen auf; diese kommen in grossen Mengen vor und sind oft recht tief.¹⁻²⁻³

Der geologische Aufbau ist ausserordentlich gleichmässig, indem nur Basaltgesteine auftreten und Sedimente, die aus Bestandteilen des Basaltes gebildet sind (eine vereinzelte, in

neuerer Zeit gefundene Tuffschicht mit liparitischen Elementen kann leicht durch einen grösseren Ausbruch auf Island erklärt werden). Die Hauptmasse wird von Bänken gebildet, deren gesamte Mächtigkeit mindestens 4000 m beträgt. Die einzelnen Bänke sind 10—30 m mächtig, man kann sie oft über grössere Strecken hin verfolgen, quer über Sunde und Täler; doch kann man an einzelnen Stellen auch beobachten, wie sie sich verkeilen. Jede Bank repräsentiert einen einzelnen Lavastrom, und ihre obere Seite weist fast immer die typische Lavoerfläche auf. Der Basalt sieht verschieden aus, die Farbe wechselt von schwarzen bis zu ziemlich hellen Schattierungen, und die Korngrössen sind gleichfalls ziemlich verschieden. Nach alter Tradition unterscheidet man zwischen anamesitischen Schichten unter dem kohlenführenden Horizont und basaltischen (doleritischen) Schichten über diesem; die ersteren sind im allgemeinen etwas grobkörniger, während die letzteren dicht oder feinkörnig sind und meist gut entwickelte Einsprenglinge enthalten, die meist aus Labrador bestehen. In einzelnen Schichten kommt Olivin in grossen Mengen vor. Der Basalt ist normal zusammengesetzt und enthält etwa 50% SiO_2 . In den Bänken tritt die Säulenstruktur nicht besonders deutlich hervor. Die Bänke liegen fast wagerecht, auf Suderö haben sie eine Neigung von wenigen Graden nach ON, auf Myggenæs eine Neigung von bis zu 15° nach O; auf den mittelsten Inseln sind die Schichten überall ganz schwach nach Südosten geneigt, während die Schichten auf den Nordinseln völlig wagerecht liegen oder ganz schwach nach NO geneigt sind. Verwerfungen sind vorhanden, doch nur bis zu einer Höhe von ganz wenigen Metern.⁴⁻⁵

Die Basaltbänke werden durch Tuffschichten von einander geschieden, die in der Regel sehr dünn (unter 1 m) und rot sind (gebrannt von der darüber liegenden Basaltbank); an einzelnen Stellen kommen jedoch Sedimentserien vor (Sandstein und Schiefer), die viele Meter mächtig sein können. Besonders wichtig ist eine 4—10 m mächtige Serie auf Suderö, die meist aus Schiefer besteht und eine vereinzelt Kohlenschicht, oder besser Kohlenlinsen, enthält, die bis zu 1,5 m mächtig sein können. Die Kohlen,

Braunkohlen, werden lokal gebrochen, dagegen mussten einige Versuche, die Kohlen in grösserem Umfang auszunutzen, bald wieder aufgegeben werden. Auf niedrigeren Horizonten treten einzelne ganz unbedeutende Schichten auf. Auf Myggenæs, Tindholm und dem westlichen Teil von Vaagö finden sich unbedeutende Sedimentserien mit ganz untergeordneten Braunkohlenschichten. Auf Myggenæs hat man im Schiefer bestimmbare Abdrücke von *Sequoia Langsdorfii* gefunden: sowohl hier wie auf Suderö ist man unbestimmbaren Abdrücken von Laubbäumen begegnet.⁶⁻⁷⁻⁸⁻⁹

Die Ausbruchsstellen sind in ziemlich grossen Mengen erkennbar; die meisten sind in den Steilküsten sichtbar (besonders schön in dem Dalsnyp auf Strömö), und in der Regel sind sie daran erkennbar, dass eine oder mehrere Bänke von einer breccien-artigen Masse mit Bruchstücken von allen möglichen Bassaltarten überschnitten werden. Ob diese Bildungen Schnitte eines Kraterrohrs oder einer Spalte sind, lässt sich kaum konstatieren. Besonders grossartige Phänomene dieser Art kann man an der Küste zwischen Frodebonyp und Kvalbö auf Suderö sehen, wo sich mächtige Breccienmassen über eine grosse Strecke hin finden, die von einer Menge von unregelmässigen Gängen durchbrochen sind. In anderen Fällen werden die Schichten nicht von Tuff unterbrochen, sondern von Basalt, den man unmittelbar in eine darüberliegende Bank oder Intrusivmasse übergehen sieht (So z. B. bei Frodebö auf Suderö, wo schöne gebogene Basaltsäulen sichtbar sind.)

Gänge kommen in sehr grossen Mengen vor; am zahlreichsten sind die gewöhnlichen, senkrechten Gänge, die in der Regel nicht besonders mächtig sind (bis zu 10 m). Sie bestehen aus dichtem oder sehr feinkörnigem Basalt); gelegentlich sind sie porphyrisch. Sie scheinen keine bestimmte Richtung zu haben; gelegentlich folgen sie den vorher erwähnten tektonischen Spalten und können den Grund der Klüften bilden, doch gehen sie mindestens eben so oft quer über diese Klüften hinweg. Sie sind im allgemeinen sehr regelmässig, mit planparallelen Seiten, können aber auch gebogen oder verzweigt sein; gelegentlich kreuzen sie sich. In der Regel sind sie weniger widerstandsfähig als der sie umgebende Basalt,

doch kann auch das Umgekehrte der Fall sein (besonders bemerkenswert ist ein Gang bei Gjøv, der wie eine Reihe von Brennholzstapeln empor ragt).

Intrusivgänge sind bei weitem nicht so zahlreich, erreichen aber bedeutende Dimensionen (bis zu ca. 50 m); besonders bemerkenswert ist einer, der die Berge nördlich von Selletræ auf Oesterö durchschneidet, und einer, der die Berge (Skjellingfjeld usw.) zwischen Leinum und Nordredahl auf Strömö durchschneidet. Sie folgen nur teilweise der Grenze zwischen zwei Bänken, und gehen auch oft schräg in andere Niveaus hinauf. Die mächtigeren Intrusivgänge bestehen aus mittelkörnigem Basalt; sie haben alle eine regelmässige Säulenstruktur, mit meterdicken Säulen. Sie sind der Verwitterung gegenüber besonders widerstandsfähig und bilden deshalb über sehr grosse Strecken hin die Oberfläche, die durch die regelmässigen polygonen Säulenenden, und dadurch, dass sie fast völlig vegetationslos sind, charakterisiert werden.

Der färöische Basalt ist reich an Mineralien. Man hat in ihm die meisten bekannten Zeolithe gefunden, oft in grossen, schönen Krystallen. Ausserdem muss der Kalkspat erwähnt werden (eigentümliche Zwillinge bei Saxen, violette, würfelförmige Krystalle auf Hestö) Chalcedon, von dem aus alter Zeit besonders grosse Stücke vorliegen und Opal, der früher in einer halbedlen Form in ziemlich grossen Mengen gesammelt worden ist, besonders beim Kollefjord auf Strömö. Man hat gediegenes Kupfer gefunden, teils zusammen mit Zeolithen auf Holsö, und teils als papierdünne Blätter im Tuff bei Famien auf Suderö.

Ueber das Alter der färöischen Formationen kann man nichts mit Sicherheit aussagen; vielleicht ist die Ausbruchswirksamkeit in der älteren Tertiärzeit vor sich gegangen, jedenfalls ist sicher lange Zeit vergangen, in der die Erosion gewirkt hat, und nicht nur die Inseln ausmodelliert, sondern auch mächtige Landmassen forterodiert hat, die wahrscheinlich die Färöer auf der einen Seite mit England, auf der anderen Seite mit Island verbunden haben; Basaltrücken unter dem Meere sind als Reste dieser Verbindungen noch vor-

handen. Eine feinere Ausmodellierung in den Einzelheiten ist dann in der Eiszeit und später eingetreten.¹⁰

Die Färöer bildeten in der Eiszeit ein besonderes Glaziationsgebiet. Glazialschliffe, die in grossen Mengen vorhanden sind, gehen in radialen Richtungen nach allen Seiten. Das ganze Plateau ist vom Eis bedeckt gewesen, und die niedrigeren Berge sind als Rundhöcker ausgebildet worden; an vielen Stellen findet man auf den Abhängen regelmässige Kare. Geschiebemergel kommt an vielen Stellen vor, ist aber nie besonders ausgedehnt oder besonders mächtig.

Alluvialbildungen spielen nur eine geringe Rolle; marines Alluvium fehlt vollständig, da die Färöer, im Gegensatz zu anderen nordatlantischen Ländern, seit der Eiszeit nicht niedriger gelegen haben, als heute. Flugsand kommt vor, namentlich auf Sandö, aber nur in geringen Mengen. Torf ist in den niedriger gelegenen Gegenden weit verbreitet, ist aber nur wenig mächtig (selten mehr als 1—1,5 m). Es ist meist Flachmoortorf mit Ausnahme einer einzigen, vielleicht sub-borealen Schicht von Reisigtorf. An den Küsten liegen die Verhältnisse gelegentlich so, dass man annehmen muss, dass seit ihrer Bildung eine Senkung von mindestens 3,5 m eingetreten ist.¹¹⁻¹²

O. B. Bøggild.

Litteratur.

1. HELLAND, AMUND. 1880: Om Færøernes Geologi. Geograf. Tidsskrift. Bd. 4. København.
2. GEIKIE, JAMES. 1883: On the Geology of the Færøe Islands. Transact. of the Royal Soc. Edinburgh. Bd. 30.
3. RASMUSSEN, R. 1921: Um upphav Føroya lands. »Vardin«. Bd. 1. Torshavn.
4. GEIKIE, ARCHIBALD. 1896: The Tertiary Basalt-Plateaux. Quart. Journ. Geol. Soc. London. Bd. 52.
5. OSANN, A. 1884: Über einige basaltische Gesteine der Färöer. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Bd. 1.
6. HARTZ, N. 1903: Planteforsteninger fra Færøerne. Meddel. fra Dansk geolog. Forening. Bd. 2, Nr. 9.
7. JOHNSTRUP, J. FR. 1873: Om Kullagene paa Færøerne. Over sigt over Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forhandl.

8. STOKES, A. H. 1880: Notes upon the Coal found in Süderøe. Quart. Journ. Geol. Soc. London. Bd. 36.
 9. LINDWALL, GUSTAF. 1923: Om kollagren på Färöarna. Medd. fra Dansk geol. Forening. Bd. 6, Nr. 17.
 10. ØDUM, HILMAR. 1925: Træk af Færøernes Morfologi. Det 17. skandinav. Naturforskaremötet i Göteborg 1923. Förhandl. och Föredrag.
 11. JESSEN, KNUD und RASMUSSEN, R. 1922: Et Profil gennem en Tørvemose paa Færøerne. Summary of the Contents: Section of a bog in the Faroe Islands. D. G. U. IV. Række. Bd. 1, Nr. 13.
 12. JESSEN, KNUD. 1925: De færøske Mosers Stratigrafi. Det 17. skandinav. Naturforskaremötet i Göteborg 1923. Förhandl. och Föredrag.
-

Technisch verwendbare Stein- und Erdarten.

Dänemark besitzt von Seiten der Natur nur wenige verwendbare Stein- und Erdarten. Die im Lande gefundenen Rohprodukte, die in der Mineralindustrie verwendet werden, sind alle wenig wertvoll; trotzdem spielen sie aber in der Oekonomie Dänemarks eine wichtige Rolle, und auf verschiedenen Gebieten, z. B. innerhalb der Zementindustrie haben sich dänische Waren und dänischer Unternehmungsgeist in der ganzen Welt Geltung verschafft.

Erdverbesserungsmittel.

An wenigen Stellen in der Welt benutzt die Landwirtschaft einen grösseren Teil der Oberfläche des Landes als in Dänemark. Der angebaute Teil der Oberfläche beträgt 77%, während Wälder nur 9% einnehmen. Der Rest, der von Heiden, Mooren, Seen und anderem eingenommen wird, wird Jahr für Jahr durch Kultivierungs- und Entwässerungsarbeiten verkleinert. Der hohe Standpunkt der dänischen Landwirtschaft ist vor allem der Organisation der Landwirtschaft in dem Genossenschaftswesen zu verdanken; denn, wenn auch viel fruchtbarer Boden vorhanden ist, kann sich diese nicht mit dem nahrungsreichen Boden, der unter anderen Klimaverhältnissen entstanden ist, vergleichen, und besonders in Mittel- und West-Jylland wird viel Boden angebaut, den man an den meisten Stellen der Welt unangebaut daliegen lassen würde. Sowohl was die Erdarten, als was die Klimaverhältnisse angeht, ist Mittel- und West-Jylland dem anderen Lande

gegenüber schlecht gestellt, da in diesen Gegenden magerer Heidesand, Diluvialsand, steiniger Sand und Flugsand vorherrschen. Das Klima ist rauher und die Niederschlagsmengen etwas grösser als in den anderen Teilen Dänemarks. Mittel- und West-Jylland gehören zu den stark humiden Heidegebieten Nordeuropas, wo das durch Podsolierung entstandene Moderprofil vorherrscht. Ost-Jylland und die Inseln gehören zu dem nordwest-europäischen humiden Braunerdegebiet. Sein Boden ist tonhaltiger und weniger podsoliert als der der Heidegebiete. Die in der Erdoberfläche am meisten verbreiteten Erdarten sind Geschiebemergel und mehr oder weniger tonhaltiger Diluvialsand. Durch die unvollständige Podsolierung ist ein braunschwarzer Boden entstanden, der einen verhältnismässig kleinen Humusgehalt hat. Nur an Stellen, wo das Wasser schwer abfliessen konnte, ist ein humusreicher schwarzer, torfartiger Boden entstanden. Durch Drainage schafft man das schädliche Wasser fort, und die saure Reaktion (Kalkbedürfnis), die durch die Humusstoffe oder durch das Auswaschen von Kalziumkarbonat entstanden ist, wird durch Zuführung von Düngerkalk oder Mergel aufgehoben.

Fast alle Arten von Kreide und Kalkstein werden als Düngekalk verwendet.¹ Weiche Kreidesorten, wie die kieselsäurearme Schreib- und Blegekreide (s. S. 56), zerbröckelt in der Regel nach kurzer Zeit durch Einwirkung von Frost und kann deshalb in kleineren Klumpen ausgestreut werden, während härtere Kalksteine vor der Verwendung pulverisiert werden müssen.²

Düngekalk aus den Kalksteinen der Kreidezeit Dänemarks deckt bei weitem nicht den Bedarf des Landes an Kalk zur Bodenverbesserung;¹ in grossem Menge werden auch kalkhaltige Ablagerungen aus der Tertiär- und Quartärzeit verwendet. Unter den tertiären Erdarten spielt der paleozäne Mergel, der bis zu 70% Kalziumkarbonat enthält, die grösste Rolle. Man findet ihn besonders im östlichen Jylland von Randers bis Vejle. Südlich von Aarhus und in Sjælland kommt er nur als Schollen in der Moräne vor.

Diluvialton und Geschiebemergel sind die eiszeitlichen Ablagerungen, welche als Mergel am meisten ange-

wendet werden. Der Diluvialton ist oft sehr kalkhaltig und hat besonders in West-Jylland grosse Bedeutung, indem er mit bis zu 60% Kalziumkarbonat vorkommt, während andere Kalk und Mergelarten hier keine grosse Rolle spielen. Der Geschiebemergel in Mittel- und West-Jylland enthält selten mehr als ca. 15%, dagegen in Ost-Jylland und auf den Inseln oft 20—30% Kalziumkarbonat. Kreidemoränen, welche zum grössten Teil aus Schreibkreide bestehen, haben einen sehr grossen Kalkgehalt. Kalkhaltiger Diluvialsand und interglazialer Seemergel wird auch zum Mergeln verwendet, ist aber von geringerer Bedeutung; dagegen wird in Vendsyssel sowohl interglazialer als spätglazialer Yoldienton in recht grossem Massstab verwendet. In Ost-Jylland und auf den Inseln werden die dort vorkommenden Ablagerungen von spätglazialer oder alluvialer Kalktuff, Moor- und Seekalk ausgebeutet. Der Wert des jährlich verwendeten Mergel und Düngerkalk kann nicht angegeben werden, da er oft auf dem Grundstück des Besitzers verwendet wird.

Die Phosphoritknollen in den cenomanischen Grünsandschichten auf Bornholm wurden am Ende des Weltkrieges zur Herstellung von Phosphatdünger verwendet, doch hörte die Gewinnung nach kurzer Zeit wieder auf.

Baumaterialien.

Natürliche Bausteine.

Als die Eiszeit vorüber war, waren grosse Teile von Dänemark mehr oder weniger von Steinen übersät, die teils aus dem skandinavischen Urgebirgsgebiet, teils aus jüngeren Formationen stammten, die das Eis unterwegs getroffen hatte. Diese Feldsteine wurden schon früh praktisch verwendet; davon zeugen die vielen Hünengräber aus der jüngeren Steinzeit und die Runensteine. Von den zahlreichen, noch heute benutzten Steinkirchen, die die ersten Holzkirchen ablösten, sind eine überraschende Anzahl aus Feldsteinen errichtet.^{3,4} Seit der Einführung der Ziegel in der letzten Hälfte des 12.

Jhd. ging die Verwendung der Natursteine als Baumaterial zurück, und die Feldsteine wurden in grossen Haufen gesammelt oder zu Steinzäunen benutzt. Heutzutage werden diese Steinvorräte als Schotter für Weg- und Bahnanlagen oder in Betonmischungen benutzt. Gelegentlich werden auch heute noch Bauten ganz oder teilweise aus behauenen Feldsteinen errichtet. In den Mauern des neu aufgebauten Schloss Christiansborg in Köbenhavn sind Steine eingefügt, die von ca. 750 Gemeinden in Dänemark geschenkt wurden.

Zu Wasserbauten werden besonders Seesteine verwendet, die vom Meeresgrund aufgefischt werden, während der Bedarf der grossen Städte an Granit fast ausschliesslich durch Steinbrüche gedeckt wird. Auf Bornholm hat man anstehenden Granit seit ca. 100 Jahren gebrochen, und die Produktion steigt von Jahr zu Jahr; man hat im Jahre 1926 $1\frac{1}{2}$ mal so viel gebrochen als 1913. Der Rönne Granit wird als Baustein und zu Grabmonumenten verwendet, da er bei der Polierung eine schöne dunkle Farbe bekommt. Dadurch erreicht dieser Granit einen höheren Preis, als die anderen Sorten. Der Paradisbakke Granit ist als Fassadenstein wegen seines schönen weissgeflamnten Aussehens beliebt. Auch die anderen Granitsorten, der Hammer Granit, der Vang Granit und der Svaneke Granit werden als Bausteine,⁵ Pflastersteine u. a. verwendet.

Der färöische Basalt, der aus der Tertiärzeit stammt, ist bei einigen Bauten auf den Färöern verwendet worden, und man macht Versuche, ihn auch in anderen Teilen des Landes als Bau-, und Monumentstein einzuführen.

1754 wurde von dem dänischen Staat, nördlich von Nexö ein Sandsteinbruch in dem kambrischen Nexö Sandstein, unter dem Namen Frederiks Steinbruch, eröffnet, der aber später in Privathände überging. Bei der Sturmflut von 1872 brach das Meer in den Bruch ein und erst 1922 wurde er wieder trocken gelegt, so dass jetzt wieder Steine in dem alten Bruch gebrochen werden können.

Der Bryozoenkalk des Daniums bildet an einigen Stellen einen weichen porösen Kalkstein, der als »Limsten«, oder technisch auch als »Kridtsten« bezeichnet wird. Schon im Mittelalter ist er als Baustein in Stevns, Köbenhavn (Ab-

salons Burg) und bei Klim in den Hanherreder benutzt worden. Der Kreidestein von Stevns, wo er in dem Steilufer gebrochen wird, ist in frischem Zustand weich und saugt Wasser; doch bessert sich das im Laufe der Zeit — er ist gegen Frost widerstandsfähig. Bei Faxø findet sich sowohl Korallenkalk als Bryozoenkalk, der ähnlich beschaffen ist, wie in Stevns Klint. In beiden Kalksteinen können die Zwischenräume ganz oder teilweise von erhärtetem Kalkschlamm ausgefüllt sein; er wird dann Faxø Marmor genannt.

Kalktuff kann als loses, körniges Pulver vorkommen, enthält aber gelegentlich auch zusammenhängende Partien, die Kalksteincharakter haben. Solche Kalksteine wurden im Mittelalter unter der Bezeichnung »Fraadsten« als Bausteine verwendet. Orthocerenkalk (bornholmischer Marmor), Grünsandstein und Grünsandsteinkalk sind auch als Baumaterial verwendet worden.

Kunststein.

Ogleich das Ziegelbrennen ca. 1160 in Dänemark eingeführt wurde, ist die Entwicklung von der Selbstfabrikation zur Fabrikindustrie auf diesem Gebiete im wesentlichen erst in den letzten hundert Jahren eingetreten. Es sind auf diese Weise eine Reihe von grossen Ziegeleien entstanden, und viele von den kleinen Betrieben haben aufgehört zu existieren. Diese Konzentration in der Produktion scheint nun in einem passenden Umfang durchgeführt worden zu sein, da der grosse Rückgang in der Anzahl der Ziegeleien aufgehört hat. 1926 waren 262 Ziegeleien in Betrieb. Eine besondere Stellung innerhalb der Ziegelindustrie nehmen die Ziegeleien ein, die aus dem Bornholmer Rhaet-Lias-Ton und eventuel aus Kaolin feuerfeste Steine und andere feuerfeste Ziegeleiwaren herstellen. Zu gewöhnlichen Ziegelwaren werden sehr verschiedene Ton- und Lehmarten benutzt, an die man im wesentlichen dieselben Anforderungen, wie an Töpfer-ton stellt, besonders dann, wenn man feinere und dünnere Produkte herstellt. Zu Fassaden- und Dachziegeln benutzt man meistens rote Ziegel, die aus dem oberen, verwitterten Rothlehm hergestellt werden, während gelbe Ziegel aus Ton hergestellt wer-

den, der beim Brennen gelb wird, weil Kalziumkarbonat und Eisenoxyd in ein solches Mischungsverhältnis geraten, dass beim Brennen gelbe Kalkeisensilikate entstehen. Oft werden die Steine aus dem teilweise verwitterten Lehm unter dem roten Lehm gelbrot oder geflammt und werden dann nicht als Fassadenstein verwendet. Diluvialton, spätglazialer Süßwasserton und Yoldienton sind die Tone, die am häufigsten als Ziegelton verwendet werden. Von Bedeutung ist besonders die umfassende Lokalität von spätglazialen Süßwasserton bei Stenstrup auf Fyn (s. S. 125). Namentlich in der Nähe von grösseren Städten verwenden die Ziegeleien gelegentlich Morärenton; aber die Herstellungskosten werden durch Vorbehandlung die man dem Tone geben muss, ehe man ihn kneten und formen kann, erhöht. Wenn der Ton keine grösseren Kalksteine enthält, braucht man nur die Steine in Walzenwerken zu zermahlen; sonst muss er geschlemmt werden, da Stücke von Kalziumkarbonat beim Brennen in Kalziumoxyd verwandelt werden, die Wasser aufnehmen und den Stein sprengen. Fein verteilter Kalziumkarbonat (bis zu 30%) schadet dem Steine nichts. Geringere Bedeutung als Ziegelton haben der interglaziale Cyprinton (Eemton) und der alluviale Cardiumton. Eine Reihe von jütländischen Ziegeleien benutzen oligozäne und miozäne Tone; aber, da diese gelegentlich grosse Mengen von schädlichen Stoffen enthalten, wie Pyrit und Gips, muss man bei Neuanlagen und beim Probieren die Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse richten und u. U. diese schädlichen Stoffe durch Schlemmen entfernen.

In den letzten Jahren hat man in grosser Ausdehnung begonnen, Kalksandstein zum Bauen zu benutzen. Die Backsteine, die aus gebranntem Kalk und Sand durch Einwirkung von Dampf hergestellt werden, wurden 1926 von 8 Betrieben fabriziert. Zement-Backsteine und andere Zementwaren werden in grossen Mengen aus Zement und Sand hergestellt.

Die unteren Schichten des »Moler«⁶, (siehe S. 76) die einigermaßen frei von vulkanischer Asche sind, ergeben beim Brennen einen rotgelben, leichten, porösen und sehr widerstandsfähigen Stein, der in den letzten Jahren immer mehr zum Bauen ver-

wendet worden ist, wo man besondere Anforderungen an die Leichtigkeit und die isolierenden Eigenschaften des Steins stellt.

Mörtelstoffe.

Die meisten harten und zusammenhängenden Kalksteine mit mehr als 90% Kalziumkarbonat eignen sich gut zum Kalkbrennen, während weiche Kalksteine und Kreide weniger brauchbar sind. Man hat historische Nachrichten, wonach das Brennen von Kalkstein auf Saltholm bis ins 13. Jhd. zurückgeht. Im 16. und 17. Jhd. bestand eine, nach den Verhältnissen, sehr grosse Kalkbrennindustrie am Mariager Fjord in dem Danium-Gebiet am mittleren Teil des Fjords. Man nimmt an, dass sowohl das Brechen, als das Brennen von Kalkstein kurz nach 1700 aufgehört haben muss, teils wegen des Verhauens der umliegenden Wäldern, teils, weil der am besten geeignete Kalkstein in der Umgebung des Fjords erschöpft war. Seit langer Zeit hat man auch Kalkstein zum Brennen bei Davbjerg und Mönsted, bei Gudumlund und Faxø gebrochen. Der zuletzt genannte Kalkbruch ist nun der grösste in Dänemark und versieht grosse Teile des Landes mit Kalkstein und gebranntem Kalk. Korallenkalk eignet sich besonders gut zum Brennen, weil er hart und doch porös ist; das beim Brennen frei werdende Kohlenoxyd kann deshalb leichter entweichen als bei dem dichten Kalkstein. Der Bruch der offen ist, hat eine Länge von mehr als einem Kilometer, und eine Tiefe von ca. 30 m. In den Gesteinen des Daniums, dem Bryozoenkalk und dem Coccolithenkalk kommen oft erhärtete Partien vor, die man Saltholmskalk genannt hat. Dieser harte Kalkstein eignet sich gut zum Kalkbrennen. An verschiedenen Stellen in den glazialen Ablagerungen kommen grössere Gerölle von Saltholmskalk in so grossen Mengen vor, dass sie zum Kalkbrennen verwendet werden können, wie z. B. bei Farum nordwestlich von Köbenhavn, bei Klintebjerg in Odsherred und besonders in der Umgegend von Grenaa bei Glatved Strand. Die erhärteten Partien in der Blegekreide, die »Bleger«, werden auch zum Brennen von Kalk verwendet und werden u. a. bei Mönsted gebrochen. Der zum

Brennen ungeeignete Teil der Blege-Kreide wird als Dünger verkauft. Die Blege-Kreide wird teilweise in offenen Brüchen, teilweise in Stollen gebrochen (jütländisch: »Kover«); das Brechen von Kalkstein in »Kovern« ist auch an anderen Stellen von Jylland her bekannt. Weicherer Kalkstein und Schreibkreide werden ausnahmsweise zum Brennen verwendet*).

Tonhaltiger Kalkstein (Tongehalt 10—20%) lässt sich nach dem Brennen nur schwer löschen, aber der nach dem Brennen pulverisierte Kalkstein bekommt hydraulische Eigenschaften (Fähigkeit mit Wasser zu erhärten) und wird dann hydraulischer Kalk genannt.⁷ Bei einem grösseren Tongehalt löscht der gebrannte Kalk nicht (Bei 25—35%), und die hydraulischen Eigenschaften steigen so stark, dass die Abbindung evtl. unter Wasser stattfinden kann. Produkte solcher Art nennt man Romanzement;⁷⁻⁸ aber die Grenze zwischen hydraulischem Kalk und Romanzement kann nur durch Normen festgesetzt werden, die bisher in Dänemark noch nicht autorisiert worden sind. Von Kalkstein, der auf diese Weise verwendet wird, soll Orthocerenkalk und Andrarumkalk von Bornholm, Zementstein von den Molerlokaltäten auf Mors und Fur erwähnt werden, ferner Gerölle aus paleozänem Grünsandkalk von Klintebjerg im Odsherred, und die kieselsäurehaltigen Blege- und Schreibkreiden von Mariager, die beiden letzten werden noch immer benutzt.

Diese Produktion ist jedoch im Vergleich mit der Herstellung von Portlandzement ganz untergeordnet, der auf der Grundlage von chemischen Analysen so zusammengesetzt wird, dass der fertige Zement die bestmöglichen Eigenschaften erhält. Die Rohmaterialien der drei Zementfabriker am Mariager Fjord (von denen sich zwei in Betrieb befinden) sind Schreibkreide und dunkelgrauer tertiärer Ton (in den letzten Jahren wird jedoch fast ausschliesslich Cardiumton

*) Gebrannter Kalk wird hauptsächlich zu Mörtel und sonst bei Bauten verwendet, gelegentlich jedoch auch zur Desinfektion und in der chemischen Industrie, z. B. zum Reinigen von Rübenzucker. Bei diesem Prozess wird gleichzeitig auch das beim Brennen freiwerdende Kohlendioxyd angewendet.

verwendet), während die 5 Fabriken bei Aalborg Schreibkreide und spätglazialen Yoldinton benutzen (eine von den Fabriken verwendet ausgeschlemmten Moränenmergel). Die dänische Schreibkreide ist sehr rein (95—99% Kalziumkarbonat) und zeichnet sich namentlich durch seinen niedrigen Gehalt an Magniumverbindungen aus, die selten 1% übersteigen. Dies ist von grosser Bedeutung für die Qualität des Zementes. Die Produktion deckt nicht nur den einheimischen Bedarf; im Jahre 1926 wurde mehr als die Hälfte der Produktion ausgeführt.

Durch Zusatz von pulverisiertem Molerstein (siehe S. 199) entsteht der Molerzement, der sich besser als gewöhnlicher Portlandzement zu Wasserbauten eignet.

Vor dem Weltkriege war die Produktion und Ausfuhr von Rohkreide bedeutend grösser als heute. Dieser Rückgang ist besonders darauf zurückzuführen, dass die russischen Zementfabriken heute weit weniger Rohkreide abnehmen als früher.⁹

Kaolin- und Tonwaren.

Nachdem BÖTTGER 1709 eine Methode zur Herstellung von Porzellan erfunden hatte, entstand in den meisten europäischen Ländern grosses Interesse für dieses und die Rohmaterialien, aus denen es hergestellt wurde. Das Suchen nach Lagerstätten von Kaolin führte 1755 in Dänemark zur Entdeckung des auf sekundärem Lager ruhenden Kaolins am Grödby Aa, 5 km südlich von Aakirkeby; ca. 1775 wurde die Hauptfundstätte von Kaolin nordöstlich von Rønne gefunden, und zwar an der Stelle, wo das Rabekkegaards-Werk heute liegt. Bei höherer Temperatur (über Segerkegel 9) wird der bornholmische Kaolin grau oder gelblich, weshalb er jetzt nicht mehr zu feinerem Porzellan verwendet wird; dagegen hat er Verwendung als Füllstoff in der Papierindustrie gefunden, weil er rein weiss vom Bruche kommt. Zu diesem Zweck muss das Kaolin durch Schlemmen von Quarz befreit werden.¹⁰ Rohkaolin und die gröberen Schlemmprodukte werden zusammen mit feuerfestem Ton zu verschiedenen feuerfesten Waren verwendet (Kaolinstein u. a.).¹¹

Wie an den meisten anderen Stellen in der Welt ist der Ton in Dänemark schon frühzeitig zur Herstellung von gebrannten Gebrauchsgegenständen verwendet worden, was man schon an den Funden aus der Steinzeit sehen kann. Die Herstellung von roten und gelben Töpferwaren war in alten Zeiten ein Stadtprivilegium, während schwarze Töpfe (oder »Jydepotter«, wie sie auf den Inseln genannt wurden) auf dem Lande hergestellt wurden. Zur Herstellung der »Jydepotter« wurden verschiedene Tonarten verwendet: Glimmerton, Diluvialton, Morämenton. Die schwarze Farbe stammte nicht von den Ton, sondern rührte von der primitiven Brennungsart in Gräben mit Torf (Klyner) her; dadurch wurde das Gut durch Einwirkung des Rauchs schwarz und wasserdicht ohne die Anwendung von Farbe oder Glasur. Trotz der primitiven Verhältnisse, unter denen diese Hausindustrie ausgeführt wurde, erreichten die Waren eine so gute Qualität, dass man sie als Kochgefäße verwenden konnte.¹² Die Eigenschaften, durch die ein guter Töpferlehm charakterisiert wird: Brennungsfarbe, Plastizität, Formbeständigkeit beim Trocknen und Brennen, Sinterungsintervall und Feuerfestigkeit kann man bei Tonen von sehr verschiedener geologischer Herkunft finden. Von feuerfesten, oder halbfeuerfesten Tonen kommen in Dänemark nur die Rhaet-Lias-Tone auf Bornholm vor.¹⁰ Sie werden zu »bornholmischen Steinzeug mit verglastem Scherben, und zu Fajance, Majolika oder Terracotta« mit porösem Scherben verwendet. Einige bornholmische Tonarten sind stark gefärbt, aber nicht feuerfest; diese werden zur Färbung von keramischen Massen verwendet. Tonwaren, die nicht bei besonders hoher Temperatur gebrannt werden, werden auch aus anderen dänischen Tonen hergestellt, besonders aus Diluvialton und aus Morämenton, der am meisten verbreitet ist. Der Morämenton muss vor dem Gebrauch geschlemmt werden. 1926 existierten 4 bornholmische Fajancefabriken, 9 Terracotta und Majolikafabriken, 12 Fabriken für gröbere Tonwaren und 52 kleinere Töpferwarenbetriebe.

Brennmaterialien.

Torf ist der einzige, in Dänemark vorkommende Brennstoff, der zur Zeit Bedeutung hat. Torf wird am meisten auf dem Lande verwendet, da sich der Transport über grössere Strecken in der Regel nicht bezahlen kann. Heidetorf, der aus den Moderschichten des Heidekrautes gestochen wird, wurde früher in den Heidegegenden als Brennmaterial verwendet, hat nun aber keine Bedeutung mehr. Hochmoortorf ist auf feuchtem Grunde gebildet worden, wo das Wasser keine aufgelösten Kalksalze enthielt. Die obersten, losen Schichten werden nicht als Brennmaterial benutzt, während die tieferliegenden, weiter umgebildeten Schichten einen guten Brenntorf mit hohem Brennwert abgeben können. Tiefmoortorf, der auf feuchtem Grund mit kalkhaltigem Wasser gebildet worden ist, findet sich in allen Uebergangsformen von dem fast reinen organischen Stoff mit hohem Brennwert bis zum torfhaltigen Schlamm, der keinen Brennwert hat. Der »Martörv« im nördlichen Vendsyssel ist wie die anderen Torfsorten alluvial. Durch den Druck der darüber liegenden Flugsandmassen ist er sehr stark umgebildet und kann der Braunkohle ähnlich sehen. »Lyseklyne«, der harzhaltig ist, brennt mit leuchtender Flamme und wurde früher zur Beleuchtung verwendet. Aus Torf wird an einigen Stellen Torfstreu hergestellt, und auf dem Glaswerk von Holmegaard wird Torfgas zur Erhitzung der Oefen verwendet.

Während des Weltkrieges gewann die miozäne Braunkohlen in Mittel- und West-Jylland eine gewisse Bedeutung, indem man damals grössere Brüche bei Fasterholt und Troldhede eröffnete, doch hat jetzt die Ausbeutung fast ganz aufgehört. Die jütländischen Braunkohlenschichten, die eine Dicke von bis zu 2 m haben können, dehnen sich über ein ziemlich grosses Gebiete aus, und können an mehreren Stellen in offenen Brüchen gewonnen werden; aber da viele von den Braunkohlen zerbröckelig sind und viel Asche und Schwefel enthalten, macht es sich nur ausnahmsweise bezahlt, sie abzubauen. Tertiäre Braunkohlen auf den Färöern werden

lokal ausgebeutet, kommen aber nicht in grösseren Mengen vor.

Die bornholmer Kohlen aus der Jurazeit sind seit dem Anfang des 17. Jahrhundert ausgenutzt worden, doch mit grossen Unterbrechungen, weil der Abbau nur ausnahmeweise und nur in kurzen Perioden rentabel war. Die Qualität der Kohlen ist schlecht und die Ausbeutungsverhältnisse sind schlecht, weil die Kohlschichten, die eine Dicke von bis zu einem Meter erreichen können, mit darüber liegenden Sandschichten, so schräg sind, dass man die Stollen nur schwer absteifen und wasserfrei halten kann. Südlich von Hasle wurde während des Weltkrieges der Versuch gemacht, die Kohlen zu gewinnen, aber die Ausbeutung hörte kurz nach dem Schluss des Krieges wieder auf.

Andere Verwendungen von Stein- und Erdarten.

Ausser den grösseren Steinen in den Moränenablagerungen werden die kleineren Steine in den Sand- und Kiesablagerungen der Quartärzeit zur Herstellung von Schotter verwendet, der bei Weg- und Bahnarbeiten gebraucht wird. Die kleineren, gewöhnlich abgerundeten Steinen werden Singel genannt und werden u. a. bei Betonmischungen verwendet. Durch Siebung werden die, Steine die im Diameter grösser als 60 mm sind, und Sand und Kies, der kleiner als 30 mm ist entfernt. Man nennt Singel gelegentlich auch Siebkies. Unter Ral versteht man Steine aus Strandwällen (Grösse von 15—80 mm); sie werden besonders bei Wasserbauten verwendet. Kies und Sand werden ausserdem als Bau- und Wegmaterial verwendet, als Filter in Wasserwerken usw. Der Aarsdalekies entsteht durch Verwitterung von Svanekegranit und zeichnet sich dadurch aus, dass er staubfrei ist. Wo Sand mit einem passenden Tongehalt vorkommt (ca. 15%) und sonst die Forderungen, welche Giessereien, was Plastizität, Stärke, Luftdurchdringlichkeit und Feuerfestigkeit angeht, an solchen Sand stellen, erfüllt sind, verwendet man ihn als Formsand.¹³ Am meisten verwendet man Diluvialsand, Moränensand

Ware	Anzahl von Betrieben 1926	Produktion 1926		Produktion 1913	Umsatz mit dem Ausland 1926	
		Menge	Wert	Menge oder Wert	Ausfuhr	Einfuhr
Granit.....	16		Kr.			
Bauarbeiten.....		2478 t.	311254	6199 t.	2 t.	1718 t.
Grabmonumente.....		996 -	325518	756 -	5 -	336 -
Pflaster.....		37808 -	1177162	19037 -	1 -	103714 -
Unbehauener Granit (Rohblöcke)		368 -	14820	1190 -	141 -	5115 -
Schotter und Abfall.....		69963 -	458085	33180 -	60 -	65025 -
Sandstein.....	1				3 -	1082 -
Bauarbeiten.....		222 -	71100			
Grabmonumente.....		34 -	16600			
Pflaster.....		160 -	4600			
Andre Arbeiten.....		514 -	20900			
Kreide und Kalkstein.....	51					
Baustein.....		1215 -	20000	2100 -		260 -
Kalkstein zum Brennen und zu anderen technischen Zwecken		85877 m ³	894164	c. 139600 m ³	93270 -	42160 -
Kalkstein in eigenem Ofen gebrannt.....		49405 -				
Gebraannter Kalk, Mehlkalk....		58931 t.	3746366	c. 63000 t.	117 -	3882 -
Rohkreide.....		18685 -	65407	c. 100000 -	17214 -	18 -
Schlemmkreide.....		12632 -	293526	c. 10600 -	6105 -	137 -
Dünge-Kalk.....		c. 77104 -	650959	c. 40000 -	903 -	6277 -

Kugelfeuerstein.....	}	4	13008 -	377000		12922 -		
Feuerstein.....				15919 -	73374		9438 -	5709 -
Kalksandstein.....		8	20.2 Mill. Stein	c. 700000			146 -	
Zement.....	}	7+(1)						
Portlandzement.....				569021 t.	21350000	495400 -	331186 -	5204 -
Kaolin.....		2						
Roh.....			4625 - *)		17723 -	5 -	1015 -	
Geschlemmt.....			1694 - *)		41822 -	914 -	4083 -	
Feuerfester Ton.....						1213 -	2239 -	
Feinere keramische Waren.....	}	5						
Porzellan.....					7754000**)	}	3105000 Kr.	
Fajance.....					816000**)			
Feinere bornholmer Tonwaren usw.....			13			701000	1250000 -	
Tonwaren.....			12			c. 1300000	c. 1000000 -	
Ziegeleien.....		262		c. 24000000	13330000 -			
Moler (Mo-Ton).....		2	7.9 Mill. Stein + andere Waren	c. 550000	75000 -			
Sand.....						1920 -	4207 -	
Raseneisenerz nicht gebraucht...						585 -	71 -	
— gebraucht.....						1199 -		

*) Ein Teil von den 4625 tons sind zur Herstellung von 1694 t geschlemmter Kreide benutzt worden.

***) Zum grössten Teil aus ausländischen Rohprodukten.

und Glimmersand, auf Bornholm jedoch auch Sand aus der Jurazeit.

Schreibkreide lässt sich leicht fein pulverisieren, und nach Ausschleimmen in Wasser hat sie unter dem Namen Schlemmkreide verschiedene technische Verwendungsmöglichkeiten, z. B. als Malerfarbe, Tafelkreide oder als Füllstoff in der Gummiindustrie.

Kreide und Kalkstein können bis zu 50% Unreinheiten enthalten, die zum grössten Teil aus Kieselsäure bestehen. Die Kieselsäure ist in der Regel in besonderen Feuersteinschichten oder in Reihen von Feuersteinknollen konzentriert, die sich sowohl in den Gesteinen des Danium als des Senons, mit Ausnahme des Korallenkalks, finden. Ausserdem kommen grosse Mengen von Feuerstein in Form von Geschieben in den quartären Ablagerungen Dänemarks vor. Der Feuersteinreichtum Dänemarks und seiner Nachbarländer hat in der hochentwickelten Steinalterkultur dauernde Spuren hinterlassen. Schon in der Steinzeit wurden beträchtliche Mengen von Feuerstein ausgeführt.¹⁴ Als Feuerstein auf Gewehren wurde er bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts verwendet, nun wird er als Wegmaterial, in der keramischen Industrie und ausnahmsweise auch als Baumaterial verwendet. Besonders interessant ist die Verwendung von Kugelfeuerstein in den Rohrmühlen, da Dänemark der Hauptlieferant dieser Ware auf dem Weltmarkt ist.¹⁵

Die interglaziale Diatomeenerde,¹⁶ die in Süsswasser gebildet worden ist, wird in grösserer Ausdehnung nur bei Hollerup, westlich von Randers, ausgenutzt wo sich eine 4–5 m dicke Schicht findet, und bei Vellev südlich von Gudena. Die Diatomeenerde tritt teils als ein rein weisser, teils als ein dunkelfarbiger, organischer Stoff auf; sie wird roh oder gebrannt sehr verschieden verwendet, besonders zur Isolierung von Röhren bei Wärme- und Kühlanlagen. Sie wird als Zusatz bei der Klärung und Filtrierung von Flüssigkeiten benutzt, zu den Sätzen und Streichflächen in der Streichholzindustrie, in Poliermitteln und zur Herstellung von Silikatpräparaten. Dänische Diatomeenerdepräparate zeichnen sich gegenüber anderen durch ihre Reinheit aus; was besonderes

bei Isolierungsarten, wo autorisierte Normen innegehalten werden sollen, eine Rolle spielt.

Raseneisenerz wurde im Mittelalter und noch in der Neuzeit zum Gewinnung von Eisen durch Reduktion mit Holzkohle benutzt. Reste von den primitiven Ofenanlagen und Schlackenhaufen finden sich noch heute an verschiedenen Stellen von Dänemark.¹⁷ In der Mitte des vorigen Jahrhunderts versuchte man holsteinisches und jütländisches Raseneisenerz in Hochofenanlagen bei Rendsburg auszubeuten, aber aus ökonomischer Gründen musste man dies bald wieder aufgeben. Spätere Pläne, Eisenwerke zu errichten, sind nicht ausgeführt worden; doch wird nun Raseneisenerz in immer weiterer Ausdehnung als Gasreinigungsmasse verwendet, indem man das Gas, um es von Schwefel und Cyanverbindungen zu reinigen, über flache Kästen mit Raseneisenerz leitet. Da die Cyanverbindungen aus der gebrauchten Gasreinigungsmasse gewonnen werden können, besitzt diese einen gewissen Handelswert und wird ausgeführt. Die Produktionsmenge von Gasreinigungsmasse versieht nicht nur die dänischen Gasanstalten; im Jahre 1926 wurden 585 t. ausgeführt. An einigen Stellen in Jylland wird Raseneisenerz als Wegmaterial benutzt.

Auf gehobenem Meeresboden oder Gebieten, die durch Abdämmung trocken gelegt worden sind, finden sich oft grosse Schalenbänke oder Schalenschichten, die zum grössten Teil aus der Alluvialzeit stammen. Schalen, die in Sand abgelagert worden sind, können verhältnismässig leicht gereinigt werden und als Hühner- oder Schweinefutter Verwendung finden. Solche Schalenlokalitäten werden an verschiedenen Stellen von Dänemark ausgebeutet, z. B. in dem trocken gelegten Lammefjord, im Odense Fjord und am Limfjord. In ähnlicher Weise verwendet man zerbröckelten Bryozoenkalk aus postglazialen Strandwällen bei Göttrup im östlichen Hanherred.

Als historisch interessante Verwendungen, die nicht mehr benutzt werden, können die Herstellung von Alaun aus dem kambrischen Alaunschiefer, die Verwendung von eozänem, Plastischem Ton zum Walken von Tuch (Walkton), die Verwendung von Feldspat aus den bornholmischen Pegma-

titgängen in der keramischen Industrie erwähnt werden. In der Bronzezeit spielte der Bernstein eine grosse Rolle im Tauschhandel mit dem Auslande; an der jütländischen Westküste wird nun jährlich 150 kg Bernstein eingesammelt.

Nach statistischen Mitteilungen aus den letzten Jahren ist ein bedeutender Rückgang in der dänischen Mineralienindustrie eingetreten; aber da das selbe auch für andere Zweige des Erwerbslebens gilt, kann man hoffen, dass die Produktion normal etwas grösser werden dürfte als 1926.

Johannes Andersen.

Physikalische Eigenschaften von einigen dänischen Tonen.

Infolge der grossen Verbreitung des Quartärs und des Tertiärs in Dänemark ist das Land verhältnismässig reich an Tonen von sehr verschiedener Zusammensetzung.

Die Untersuchung dieser Tone ist früher im wesentlichen darauf beschränkt gewesen, sie in der geologischen Schichtenserie zu plazieren, weshalb das Hauptgewicht naturgemäss auf die Lagerungsverhältnisse und den Versteinerungsgehalt gelegt wurde. In den letzten Jahren ist man indessen in Dänemark — wie in den meisten anderen Ländern — auf die praktische Bedeutung einer Einteilung der verschiedenen Tone nach ihren physikalischen Eigenschaften aufmerksam geworden: Korngrösse, Plastizität, Wassersaugfähigkeit (Hygroscopicität) usw. und man hat deshalb eine Untersuchungen dieser Eigenschaften bei den verschiedenen Tonen angefangen.¹⁸

Disse Untersuchung ist jedoch noch nicht so weit fortgeschritten, dass man ein detailliertes Schema über die dänischen Tone auf dieser Grundlage aufzustellen wagen dürfte, und die folgende Einteilung gibt deshalb nur die Hauptlinien eines solchen an:

- I. Sehr schwere Tone . . . : Eozäner, Plastischer Ton (Rösnæs, Trælle, Røgle).
- II. Schwere Tone : Grauer paleozäner Ton (Mors)?
Fetter oligozäner und miozäner Glimmerton (z. B. Uldal, Ulstrup, Mariager Fjord).

- III. Ziemlich schwere Tone: Der grösste Teil der paleozänen Tone (z. B. Rugaard, Kerteminde). Die am meisten tonhaltigen quar-
tären Tone.
- IV. Magere Tone.....: Sandiger oligozäner und miozäner Glimmerton. Die mageren quar-
tären Tone.

Endgültig untersucht sind nur die beiden äussersten Punkte des Schemas: der eozäne Plastische Ton und der magere glaziale Ton (Morämenton), in dem bei Probebohrungen für zwei Brückenbauarbeiten am Kleinen Belt und am Alssund Gelegenheit geboten wurde, einige hundert unverwitterte Proben (wobei sie die natürlichen Wassermengen enthielten) dieser beiden Tönen zu untersuchen, die jeder an seiner Stelle den Untergrund in den beiden Sunden bilden.

Indessen beanspruchen gerade diese beiden Tone besonderes Interesse; der Plastische Ton als die eigentümlichste und der Morämenton als der am weitesten verbreitete dänische Ton. Die Resultate der Untersuchung der Proben von den beiden erwähnten Lokalitäten sollen deshalb im folgenden besprochen werden.

I. Die Korngrösse der Tone.

(Bestimmt durch Schlemmung und Siebung).

	Diameter: 2—0,2 %	0,2—0,02 %	0,02—0,002 %	<0,002 mm %
Eozäner Plastischer Ton	0	0,1	8,7	91,2
»Fetter« Morämenton..	9,6	38,1	28,0	23,6
Magerer Morämenton.	23,7	39,8	18,8	18,0

Auf einem anderen Weg hat man gefunden, dass 0,002 mm die Grenze für die Grösse der Partikel ist, die sich — nach Umschütteln in einer 30 cm hohen Wassersäule länger als 24 Stunden schwebend erhalten können. Der grösste Teil der Partikel des Plastischen Tons kann sich mehrere Monate schwebend erhalten, ohne niedergeschlagen zu werden, und deren Diameter ist deshalb weit geringer als 0,002 mm. Bei keinem der anderen untersuchten Tönen hat man eine so grosse Feinkörnigkeit gefunden.

II. Konsistenzgrenzen der Tone.

Unter den Konsistenzgrenzen eines Tones versteht man die Wasserprocente*), bei denen der Ton von einer Zustandsform in eine andere übergeht, z. B. von fester zu plastischer, und von plastischer zu flüssiger Form.

Die beiden erwähnten Grenzen lagen für die beiden untersuchten Tone bei:

	I.	II.
	Grenze zwischen fester und plastischer Konsistenz	Grenze zwischen plastischer und flüssi- ger Konsistenz
Plastischer Ton.....	ca. 27% Wasser	ca. 60% Wasser
»Fetter« Moränenton.....	- 15 - —	- 25 - —
Magerer Moränenton.....	- 12 - —	- 20 - —

Der Wasserprozent, der die Grenze zwischen dem festen und dem plastischen Zustand des Tons angibt, wird die untere Plastizitätsgrenze genannt, während der Wasserprozent, bei dem der Ton vom plastischen in den flüssigen Zustand übergeht, die obere Plastizitätsgrenze genannt wird. Der Abstand, in Anzahl Wasserprozenten ausgedrückt, wird die Plastizitätszahl des Tons genannt, und diese gibt eine gute Grundlage zum Vergleich der verschiedenen Feinheiten der verschiedenen Tone. Wie aus dem Schema hervorgeht beträgt die Plastizitätszahl:

33 für Plastischen Ton.
8—10 für Moränenton.

In keinem der bisher untersuchten Tone ist die Plastizitätszahl grösser als 20 gewesen.

III. Der natürliche Wasserprozent der Tone.

Der natürliche Wasserprozent eines Tones ist der Mittelwasserprozent, auf den sich der Ton in seiner natürlichen Ablagerung einstellen möchte. Der natürliche Wasserprozent hat natürlich für die Beurteilung nur dann Wert, wenn die Abweichungen von dem Mittelwert für die einzelnen Proben nicht zu gross ist.

*) Die Wasserprocente sind aus dem Totalprozent berechnet (Ton + Wasser).

Der Mittel-Wasserprozent von 116 Proben von eozänem Plastischem Ton aus den Ablagerungen im Kleinen Belt war 31,7.

Nur der Wasserprozent von 9 Proben wich um mehr als 5 von dem Mittelwert ab.

Der Mittelwasserprozent von 89 Proben des Moränenton im Alssund betrug 11,9. Nur der Wasserprozent von 8 Proben wich um mehr als 3 von dem Mittelwert ab.

Der Plastische Ton, der den Meeresgrund im Kleinen Belt bildet, hat auf diese Weise überall in dem Teil der Schicht, aus der die Proben genommen worden sind (die obersten 20 m), sich auf einen Wassergehalt eingestellt, der etwas über der unteren Plastizitätsgrenze des Tones liegt; dagegen hat der Moränenton im Alssund sich im grossen und ganzen auf einen Wassergehalt eingestellt, der nur ein wenig unter der unteren Plastizitätsgrenze für diesen Ton liegt.

IV. Die Hygroskopizität der Tone.

Das gleiche Verhältnis zwischen den Feinheiten der Tone, das sich in den oben besprochenen physikalischen Eigenschaften abspiegelt, zeigt sich auch in ihren Hygroskopizitätszahlen. Die Hygroskopizitätszahl gibt den Wassergehalt an, den eine Ton erreicht, dadurch dass er, wenn er in einem Raum mit konstantem Wasserdampfdruck angebracht wird, Gelegenheit erhält, sich mit Feuchtigkeit zu sättigen. Die Hygroskopizitätszahl hängt von dem totalen Oberflächenareal der Partikel ab und gibt deshalb ein Mass für den Feinheitsgrad des Tones. Die Hygroskopizitätszahlen für die hier in Betracht kommenden Tone betragen:

Eozäner Plastischer Ton. Kleiner Belt.....	21,4—23,8
Moränenton. Alssund.....	4,0—4,5

Da die Hygroskopizitätszahl für die übrigen, bisher untersuchten Tone niemals höher als 16 gewesen ist, sieht man, dass sie für den Plastischen Ton ganz aussergewöhnlich hoch liegt.

Zwischen den beiden Tontypen: dem eozänen Plastischen Ton und dem mageren Moränton stehen, was die physikalischen Eigenschaften angeht, alle übrigen dänischen Tonarten.

Die Grenze zwischen Gruppe I und Gruppe II in dem Schema S. 000 ist ausserordentlich scharf. Es macht, nach den bisher gemachten Erfahrungen, auch keine grösseren Schwierigkeiten, zu bestimmen, ob ein Ton in der Gruppe I oder in der Gruppe II plaziert werden soll; dagegen finden sich, besonders im Gebiete des Quartärs, alle Uebergänge zwischen den beiden letzten Gruppen des Schemes.

Ellen Louise Mertz.

Literatur.

Abkürzungen:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

Aarb. f. nord. Oldk. = Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie.

1. D. G. U. III. Række, Nr. 9, 11, 13, 15, 18 og 23.
2. CHRISTENSEN, HARALD R. 1918: Forsøg og Undersøgelser vedrørende Kalk og Mergel. Tidsskrift for Planteavl. Bd. 25, Hefte 3.
3. KORNERUP, J. 1870: Materialet i de ældste danske Kirkebygninger. Aarb. f. nord. Oldk.
4. BRUUN, DANIEL. 1919—22: Danmark, Land og Folk (Amtskortene over Kirkerne).
5. NØRREGAARD, E. M. 1911: Oversigt over naturlige Bygningssten, anvendte i København. Dansk geol. Foren. Bd. 3, Nr. 17.
6. HANNOVER, H. J. 1927: Om Molersten. En betydningsfuld dansk Specialindustris Udvikling. Danmarks naturvidenskabelige Samfund A. Nr. 14.
7. OST, H. 1919: Chemische Technologie. 10. Aufl. Leipzig.
8. HARVEY, F. 1904: The Uses of Hydraulic Cement. Geological Survey of Ohio. 4. Series, Bulletin No. 2.
9. Danmarks Statistik. 1926. Statistiske Meddelelser. 4. Række, Bd. 75, 7. Hefte. Produktionsstatistik 1925.

10. RIES, HEINRICH. 1898: The Kaolins and Fire Clays of Europe. Nineteenth Annual Report of the United States Geological Survey 1897—98. Part VI. Mineral Resources. S. 445—48.
11. HOWE, J. ALLEN. 1914: A Handbook to the collection of Kaolin, China Clay and China Stone in the Museum of Practical Geology. London.
12. MADSEN, ANDREAS. 1927: Kortfattet Udtog af Keramikens Historie. København.
13. STEENBERG, N. und HARDER, POUL. 1905: Undersøgelser over nogle danske Sandsorters tekniske Anvendelighed. D. G. U. II. Række, Nr. 16.
14. SHETELIG, HAAKON. 1922: Primitive Tider i Norge. Bergen.
15. KATZ, FRANK J. 1920: Abrasive materials. Mineral Resources of the United States. 1917. Part II.
16. P. A. 1927: Dansk Diatoméjord, »Ingeniøren«. Aarg. 34, Nr. 29. København.
17. NIELSEN, NIELS. 1922: Jærnuvindingen i Nørrejylland i Oldtid og Middelalder. Aarb. f. nord. Oldk. III. Række, Bd. 12.
18. MERTZ, ELLEN LOUISE. 1926: Metoder til Undersøgelse af Lerets fysiske Egenskaber. With a Summary of the Contents: Methods to investigations of the physical properties of clay. D. G. U. II. Række, Nr. 44.

Ausserdem wird auf die folgenden Arbeiten hingewiesen:

- USSING, N. V. 1902: Mineralproduktionen i Danmark ved Aaret 1900. Avec résumé en français: Production minérale du Danemark aux environs de l'an 1900. D. G. U. II. Række, Nr. 12.
- USSING, N. V. 1913: Danmarks Geologi i almenfattelig, Omrids. D. G. U. III. Række, Nr. 2. Tredie Udg. ved POUL HARDER.
- RØRDAM, K. 1908—10: Geologi og Jordbundslære I—III.
- RØRDAM, K. 1890: Undersøgelse af mesozoiske Lerarter og Kaolin paa Bornholm. Résumé d'une recherche sur les argiles mésozoïques et le Kaolin de l'île de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 1.
- GRÖNWALL, K. A. und MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
- MILTHERS, V. 1925: Danmarks Jord. »Det danske Landbrugs Historie«. København.
- »Lerindustrien«. Nordisk Tidsskrift for Ler-, Kalk- og Sten-Industrien. København.

- Danmarks Statistik. 1927. Statistiske Meddelelser. 4. Række, Bd. 79, Hefte 3. Produktionsstatistik 1926.
- Danmarks Statistik. Statistisk Tabelværk. 5. Række, Litra D. Nr. 47. Danmarks Vareindførsel og -udførsel i 1926.
- FISCHER-MØLLER, H. 1906: Teglværkskemi. København.
- SUENSON, E. 1912: Bygningsmaterialer. III. København.
-

Register.

I. Sachregister.

- Aarsdalekies 205.
Abgesperrten Seen 168.
Abra nitida-Zone 109.
Abschmelzung des Inlandseises 119 f.
Acerocare-Zone 31.
Äolische Ablagerungen 149.
Agnostus pisiformis-Zone 31.
Ahl 90.
Akkumulationsformen 168.
Akkumulationsterrassen 168.
Alaunschiefer 28, 31, 209.
Alb 47, 48.
Alleröd-Oscillation 123, 130, 143, 147.
Alluviale Strandebenen 168.
Alluvialzeit 130, 146.
Alluvium (Färöer) 192.
Alminding-Granit 17.
Anamesit (Färöer) 189.
Ancylossee 180.
Ancylos-Zeit 134, 135, 137, 147.
Andrarumkalk 31, 201.
Anthrakont 28, 31.
Aplit 18.
Arkose 25.
Arnagergrünsand 47, 49.
Arnagerkalk 47, 50.
Arnager-Stampen Gebiet 48.
Arktische Zeit 147.
Astarte-Ton 73, 82.
Atlantische Zeit 133, 146, 148.
Auebene 168.
Ausbruchsstellen (Färöer) 190.
Austrocknungshorizonte 145.
Baltische Eisse 147, 177, 180.
Barkanen 150.
Baryt 78.
Basalt (Färöer) 197.
Basaltbänken (Färöer) 188.
Basaltgebiet, nordatlantisches 188.
Basaltgeschiebe 116.
Baumaterialien 196.
Bavnoddegrünsand 47, 51.
Belt-Vorstoss 125.
Bergkrystalle 35.
Bernstein 210.
Bernstein-Schichten 102.
Binnenlanddünen 152.
Birken-Torf 145.
Birke-Zeit 147.
Blanker Ton 119.
Blegekreme 47, 56 ff., 64, 66, 68, 195, 200.
Bleichsand 90.
Boreale Zeit 133, 147, 148.
Bornholmischen Diamanten 35.
Brörup-Typus, Mooren von 92, 112.
Brabrand-Kultur 146.
Brachiopodschiefer 34, 36.
Brauneisenstein 54.
Braunkohlen 72 f., 171, 204.
Braunkohlen (Färöer) 190.
»Brissopneustes-Schicht« 62.

- Brockenton 91.
 Bronzezeit 146, 149, 151, 183.
 Bruchlinie 11, 33, 68, 177.
 Bruchzone 170.
 Bryozoenkalk 47, 57 f., 63, 64, 66, 68, 197, 200.
 Buche 149.
 Buchenzeit 146.
 Bucklandi-Zone 42.
- Calluna-Torf** 145.
 Campignien 146.
 Cardinia-Follini-Zone 44.
 Cardiumton 199.
 Cenoman 47, 49, 170, 196.
 Centaurus-Zone 43.
 Ceratopygekalk 36.
 »Cerithium-Kalk« 61, 62.
 Chalcedon (Färöer) 191.
 Coccolithenkalk 47, 56.
 Cölestin 54.
 Colonus-Schiefer 35, 36.
 Craniakalk, oberer, 74, 75.
 — unterer, 69.
 Crania tuberculata-Zone 68.
 Cyclaster-Kalk 61, 62.
 Cyprina-Zone 108.
 Cyprinensand 112.
 Cyprinenton 108, 199.
 Cyrtograptus-Schiefer 34, 36.
- Damhirsch** 133.
 Daniglaziale Zeit 132.
 Danium, Ober- 64.
 Danium, Unter- 59.
 Daniumküste 67.
 Davidis-Zone 31.
 Devon 169.
 Diabasgänge 20, 21.
 Diatoméenerde (Interglazial) 103, 144, 208.
 Diatoméenerde (Tertiär) 72, 76.
 Dicollograptus-Schiefer 29, 33.
- Dictyograptus-Schiefer 29, 32, 36.
 Didymograptus-Schiefer 36.
 Diluvialkies 89 f.
 »Diluvialer« 92.
 Diluvialsand 89 f., 126, 205.
 Diluvialton 92, 195, 199, 203.
 Diluvialton, pflanzenführender 172.
 Dogger 44, 45.
 Dolerit (Färöer) 189.
 Dosinia-Schichten 138, 142, 146.
 Druck des Inlandeises 12.
 Dryas-Ton 143.
 Dryas-Zeit 147.
 Dünen 149.
 Düngerkalk 195.
- Echinodermenkonglomerat** 74.
 Eem-Ablagerungen 98, 107, 119, 173 f.
 Eichenmischwald 133, 146, 148.
 Eichenzeit 146.
 Einzelhügel 164.
 Eisberge 110, 135.
 Eisenkies 54.
 Eisensandstein 91.
 Eisenzeit 146, 149.
 Eisgetauchte Seen 125.
 Eisse, baltische 147, 177, 180.
 Elefanten 115.
 Emscher 51.
 Eozän, Mittel- 79.
 Eozän, Ober- 73.
 Eozän, Unter- 78.
 Epipaläolithikum 147.
 Erdfälle 116.
 Erdbeben 78.
 Erdverbesserungsmittel 194.
 Erosionsterrassen 168.
 Erosionszyklus 166.
 Ertebölle-Kultur 146, 182.
 Esbjerg Fauna 98.
 Esbjerg-Yoldienton 93, 95, 105, 171.
 Eurycare-Zone 31.
 Exsulans-Kalk 28.
 Extramarginale Flusstäler 167.

- Faxekalk 65.
 Faxe Marmor 198.
 »Fälsche« Hügel 162.
 Färöer 188.
 Feeding esker 126.
 Feldspat 18, 25, 209.
 Feldsteine 196.
 Fennoskandia 170.
 Fennoskandischen Randzone 11.
 Festlandzeit 39, 137, 146, 181.
 Feuerfester Ton 43.
 Feuerstein 50, 54, 57, 124.
 Fichte 133.
 Finiglaziale Zeit 132.
 Fischton 60 f.
 Fjorde 166.
 Fliesserde 92, 112.
 Flugsand (Färöer) 192.
 Flussablagerungen 83.
 Flüssen 13.
 Forchhammeri-Zone 31.
 Formsand 205.
 »Fraadsten« 198.
 »Fynske Alper« 125.
- Gänge (Färöer)** 190.
 Gas 109.
 Gault 47, 48.
 Geosynklinal 11.
 Geröllablagerungen 89.
 Geröll von Schreibkreide 59.
 Geschiebe 14, 82, 87, 94, 105, 116 f.,
 117, 119, 123 f., 125, 127, 128, 170.
 Geschiebe, baltische 105, 117, 119,
 125.
 Geschiebe, Dalar- 117, 124.
 Geschiebe, norwegischen 105, 117,
 123 f., 127, 128.
 Geschiebemergel (Moränenmergel)
 195, 202, 203.
 Gips 54.
 Gjog'ver (Färöer) 188.
 Glaukonit 27, 33, 71 f., 74.
 Glaukonitmergel 74.
 Glimmer 71 f.
- Glimmersand 71 f., 73 f., 95, 208.
 Glimmerton 71 f., 73 f., 95, 203,
 210 f.
 Glazialschrammen 128, 129.
 Glazigene Ablagerungen 87.
 Glaziofluviale Ablagerungen 89.
 Gothlandium 34, 36.
 Gothiglaziale Stadium 127.
 Gothiglaziale Zeit 132.
 Granit 15, 19, 197.
 Granithorst 43.
 Granulaten-Kreide 47.
 Grenze des Inlandeises 116.
 Gröndalsbohrung 52, 54, 55.
 Grosser-Belt-Gletscher 126.
 Grundgebirge 15.
 Grüne Schiefer 27.
 Grünsand 43.
 Grünsandkalk 74, 201.
 Grünsandkonglomerat 74.
 Grünsandstein 198.
 Gytje 81, 144.
 Gytjeblöcke 102.
- Härtungshorizont** 60, 62.
 Hammer-Granit 18.
 Hardeberga-Sandstein 27.
 Hasle-Sandstein 42.
 Hauptstillstandslinie 116, 119 f., 130.
 Heideebenen 116 f., 119, 125, 126,
 166.
 Heidetorf 204.
 Herning-Typus, Mooren von 113.
 Hils 47.
 Historische Zeit 146.
 Hochmoortorf 204.
 Holaster planus-Zone 51.
 Hoplites-Zone 49.
 Hügel-Inseln 103, 116 f., 166.
 Hügelland 162.
 Hydraulischer Kalk 201.
 Hygroskopizität 210 f.
- Interlazialer Mensch 133.
 Intrusivgänge (Färöer) 191.

- Jahresschicht 131.
 Jamesoni-Zone 43.
 Jura 14, 39, 44, 169 f.
- Kalkbrennen** 200.
 Kalkfreier Ton 74.
 Kalk-Gytje 102.
 Kalkkonkretionen 35, 80, 82.
 Kalkmergel 170.
 Kalksandkalk 66, 68.
 Kalksandstein 199.
 Kalkspat (Färöer) 191.
 Kalktuff 144, 196, 198.
 Kambrium 25, 36, 169.
 Kambrium, Mittel- 29.
 Kambrium, Ober- 29.
 Kambrium, Unter- 25 f.
 Kaolin 21, 39, 202.
 Kaolinsand 83.
 Karbon 169.
 Karup Heideebene 119, 120.
 Kegelförmige Bildungen 27.
 Kelloway 14.
 Kertemindemergel 74, 75.
 Kieferwald 133, 147.
 Kieferwald-Torf 145.
 Kiefer-Zeit 147, 148.
 Kimmeridge 14, 169.
 Kleinhügelige Moränenlandschaft
 164, 165.
 Kleiner-Belt-Gletscher 126.
 Klondyke-Typus 16.
 Kohlen 41, 43, 81, 205.
 Kohlschicht (Färöer) 189.
 Korallen-Kalk 47, 57, 58, 65, 68, 198,
 200.
 Korngrösse (d. Tone) 210 f.
 »Krabbenschicht« 59.
 Kreide 47, 169 f.
 Kreidehorst 104.
 Kreidestein 197.
 Kreuzschichtung 89.
 Kugelfeuerstein 208.
 Kunststein 198.
 Kupfer (Färöer) 191.
- Köge Os 126.
 Kökkenmöddinger 146, 148, 182.
- Lagunen-Seen** 168.
 Landareal (Dänemarks) 9.
 Landzungen 168.
 Langeland-Vorstoss 127.
 Lias 40, 41, 42, 44.
 Lillebelt Ton 73, 78, 95.
 Limnische Bildungen 72 f., 81, 145.
 Limonit 81.
 »Limsten« 57, 63, 197.
 Litorina-Senkung 140.
 Litorina-Zeit 135 f., 137 f., 182 f.
 Lösning Heideebene 125.
 Lokalmoränen 88.
 London Clay 78.
 »Lyseklyne« 204.
- Maglemose-Kultur** 134.
 Malm 44.
 Mammuth 115, 133.
 Mandelstein 20.
 Marsch 142, 152, 168.
 Mastorf 204.
 Mensch 144.
 — , interglazialer 133.
 Mergelkalkstein 52.
 Mergel, paleozäne 195.
 Milazzien-Glazialzeit 93, 101.
 Mindel-Glazialzeit 93, 101.
 Mindel-Riss-Interglazial 95.
 Miozän, Mittel- 81.
 Miozän, Ober- 82.
 Miozän, Unter- 80.
 Mogenstrup Os 126.
 Moler 73, 76, 199.
 Monastirien Glazialzeit 116.
 Monastirien Interglazialzeit 106,
 114.
 Moore 144.
 »Mor« 90.
 Moräne A 94, 95, 129.
 — B 95, 99, 103 f., 129.
 — C 95, 99, 117, 119, 123 f., 129.
 — D 94, 119, 123 f., 129.

- Moräne E 126, 130.
 — F 130.
 Moränenablagerungen 87 f.
 Moränenfläche 161.
 Moränenkies 88.
 Moränenmergel 195, 202, 203.
 Moränensand 88 f, 205.
 Moräneton 87 f.
 Moräne, »untere«, 93.
 Morphologie (Färöer) 191.
 Moschuschse 115.
 Mucronata-Zone 47, 52, 55, 170.
 Mullerup-Kultur 134, 147, 148.
 Mya-Zeit 142, 146.
 Myoconcha-Bank 43.
 Mytilus-Zone 108.

Nehrungen 168.
 Nematarellenton 103.
 Neocom 47.
 Neolithikum 146, 149.
 Nexö-Sandstein 25, 27, 197.
 Niveauperänderungen 67, 69, 83,
 102, 108, 114, 131, 134, 169.
 Nörre Lyngby-Kultur 147.
 Nunatak 129.
 Nyker-Gebiet 48.

Oberflächenformen 161.
 Oberflächenmoränen 88, 103.
 Öved-Ramsåsa Sandstein 35, 36.
 Okkerlager 103.
 Olenellus-Etage 27, 36.
 Olenus-Etage 29, 31, 36.
 Oligozän, Mittel- 79.
 Oligozän, Ober- 80.
 Oligozän, Unter- 79.
 Olivindiabas 20.
 Oolit 43, 45.
 Ordovicium 29, 32, 36.
 Orthoceren-Kalk 29, 33, 36, 198,
 201.
 Ortstein 90.
 Orusia-Zone 31.
 Oser 125, 126, 165.

 Ostrea-Niveau 138.
 Ostsee 14, 177, 180.

Paläolithikum 134.
 Paleozän, Mittel- 75.
 Paleozän, Ober- 76
 Paleozän, Unter- 75.
 Paleozäner Ton 210 f.
 Paradisbakke-Granit 16.
 Paradoxides-Etage 28, 29, 36.
 Pegmatit 18, 21, 209.
 Peltura-Zone 31.
 Perm 169.
 Phosphorit 196.
 Phosphoritkonglomerat 28, 32, 33,
 40, 50.
 Phosphoritkonkretionen 27, 31.
 Phosphoritsandstein 28.
 Phosphorsäure 87.
 Planktogener Kalkschlamm 53, 56.
 Planorbis corneus-Zone.
 Planorbis stroemi & Bithynia tenta-
 culata-Zone 133.
 Planorbis stroemi & Valvata cri-
 stata-Zone 133.
 Plastischer Ton 72, 73, 76, 95, 210 f.
 Plastizität (d. Tone) 210 f.
 Plateau 162.
 »Plateauton« 91, 164.
 Pliozän 72, 73, 83, 171.
 Podsobildung 90.
 Polandian-Glazialzeit 103.
 Portland 14, 169.
 Portlandia arctica-Zone 110.
 Portlandzement 201.
 Postglaziale Strandlinien 184.

Quadratus-Zone 47, 52, 170.
 Quartär 12, 87.
 Quartzit 27.
 Quellenmoore 144.
 Querhügel 126, 127, 163.
 Querhügellandschaft 164.

- Randmoränen 76, 106, 119 f., 125, 126, 127, 163.
 Randmoränenlandschaft 163.
 Raseneisenerz 209.
 Rastrites-Schiefer 34, 36.
 »Relikten« 58, 63.
 Renntiergeweih (Äxte von) 134, 144, 147.
 Rhät 40, 44.
 Rhät-Lias 169.
 Rhät-Lias-Ton 198, 203.
 Rhombenporphyr (siehe Geschiebe, norwegische) 94.
 Richtung der Eisbewegung 95.
 Riesenhirsch 115, 133.
 Rispebjærg-Sandstein 28, 29.
 Riss-Glazialzeit 103, 114.
 Riss-Würm Interglazial 106, 114.
 Robbedale-Kies 41.
 Rönne-Granit 16, 21.
 Røsnæs-Ton 73, 78.
 Rohkreide 202.
 Romanzement 201.
 »Saltholmskalk« 58, 200.
 Salzwasseralluvium 137 f.
 Sandstein (Färöer) 189.
 Sandsteingänge 21.
 Saxicavasand 135 f., 178 f.
 Saxonian-Glazialzeit 93, 101.
 Schalenführende Ton 172.
 Schalenschichten 209.
 Schiefer (Färöer) 189.
 Schlemmkreide 208.
 Schloenbachia-Zone 49.
 Schloenbachia varians-Zone 50.
 Schmelzwasserton 91, 93.
 Schreibkreide 47, 52 ff., 74, 195, 201, 208.
 Schriftgranit 18.
 Schwerspatkrystalle 32.
 Seemergel 196.
 Seen 13.
 Selandium 55, 66 f., 74.
 Selbjerggaard-Ton 111.
 Senkungsgebiet 170.
 Senon, Mittel- 52.
 Senon, Ober- 52.
 Senon, Unter- 51.
 Septarien 80.
 Septarienton 73.
 Silur, Ober- 34, 36.
 Silur, Unter 29, 32, 36.
 Silur Geröllen 73, 83.
 Skærumhede-Bohrung 105, 172.
 Skærumhede-Serie 105, 109, 173 f.
 Skagerrak 14.
 Skambæk Mølle-Ton 111.
 Spätglaziale Flächen 168.
 Spätglazialer Yoldienton 178.
 Spaltentälern 23.
 Spaltenzonen 23.
 Sphagnum-Torf 145.
 Staubablagerungen 153.
 Steilufer 168.
 Steindecke 111.
 Steiniger Sand 88.
 Steinzählungen 94, 104, 117, 124, 127, 128, 129.
 Steinzeit 147, 149, 151, 183.
 Steinzeitmeer 182.
 Steppenklima 153.
 Stillstandslinien 116, 119 f., 123, 165.
 Stillstandslinie, ostjütländische 123.
 Strandebenen, alluviale 168.
 Strandlinien, postglaziale 184.
 Strandlinien, spätglazialen 176 f.
 Strand-Seen 168.
 Strandwälle 140 f., 168.
 Streifige Granit 15.
 Subarktische Zeit 147.
 Subatlantische Zeit 133, 146, 149.
 Subboreale Zeit 146, 148.
 subglazialen Flüssen 164.
 Submarine Süswasserschichten 180.
 Süswassermollusken, Einwanderung der 133.
 Süswasserschichten, submarine 180.
 Süswasserton (spätgl.) 199.
 Sumpftorf 144.
 Svaneke Granit 18.

- Täle 92.
 Tapes-Sand 108.
 Tapes-Senkung 140.
 Tektonische Störungen 12.
 Tellina calcarea-Ton 111.
 Tellinton 95, 99, 105, 172.
 Terrainformen 112, 116 f.
 Terrassen 167 f.
 Terrestrische Bildungen 145.
 Terrigener Kalkschlamm 56.
 Tiefmoortorf 204.
 Tjäle 92.
 Toneisenstein 41, 42, 45, 78.
 Tonen (Physikal. Eigensch.) 210.
 Tonwaren 202.
 Torf 144, 204.
 Torf-Ahl 90.
 Totes Eis 91, 132.
 Trias 39, 169.
 Trinucleus-Schiefer 29, 33, 34, 36.
 Trümmerkalk 66, 68.
 Tuffschichten (Färöer) 189.
 Tundrazeit 134, 143.
 Tunnentäler 107, 116 f., 164.
 Turon 47, 50, 170.
 Turritella terebra-Zone 109.
 Tyrhénien-Glazialzeit 103.
 Tyrhénien-Interglazialzeit 95.
 Wärmezeit, alluviale 146, 148.
 Vang Granit 16.
 »Varven« 131.
 Varviger Ton 131.
 Wasserscheide 125.
 Wealden 40, 44, 47, 48.
 Versumpfungsmoore 144.
 Verwachsungsmoore 144.
 Verwerfungen 11, 22, 68.
 Verwitterung 90.
 Westfalicus-Kreide 47, 51.
 Wirbeltieren 149.
 Vognsböl-Fauna 98.
 Würm-Glazialzeit 116.
 Vulkanischer Asche 72, 73.
 Vulkanischer Tuffe 76 f.
 Yoldia-Zeit 135, 147.
 Yoldinton 93, 95, 105, 111, 134,
 135, 171, 178, 199, 202.
 Yoldinton, älterer 111.
 Yoldinton, Esbjerg- 93, 95, 105,
 171.
 Yoldinton, jüngerer 135.
 Yoldinton, spätgl. 134, 199, 202.
 Zeitskala 132.
 Zement-Backsteine 199.
 Zementstein 77, 201.
 Zentraldepression 162.
 Zeolithe (Färöer) 191.
 Zirphäaschichten 134, 137, 180.
 Zirphäa-Zeit 135, 147.
 Zone A 47, 58, 59, 68.
 Zone B 47, 59, 63, 68.
 Zone C 47, 64, 68.
 Zone D 47, 66, 68.
 Zungenbecken 125, 126, 161.

II. Ortsregister.

(Nur die wichtigsten Lokalitäten).

- Aalborg 52 f., 182, 202.
 Aarhus 79 f.
 Aggersborg Gaard 64.
 Albækhoved 80.
 Alleröd 130, 143.
 Ansager 172.
 Arnager 49, 50.
 Arresö 13, 141, 168.
 Bagaa 43.
 Balling 82.
 »Bildt« bei Frederikssund 139.
 Bögelund 59.
 Broager 108.
 Bröns 104.
 Brörup 112, 134.
 Bulbjerg 63, 184.

Dalsnypen (Färöer) 190.
 Dövredal 23.
 Dueodde 180.
 Dynddal 23.

Eerslev 60.
 Egtved 103.
 Ejstrup 113 f.
 Ekkodal 23.
 Esbjerg 82, 95 f. 171, 178.

Färöer 188 f., 197, 204.
 Faxe 65, 67, 198, 200.
 Fjerritslev 139 f.
 Förslevgaard 102.
 Fredericia 103, 161.
 Frederikshavn 111, 138, 174.
 Fynske Alper 125.

Galgelökken 42.
 Gammelmark Klinter 108.
 Gedser 49.
 Glatved Strand 200.
 Gram 82.
 Gribskov 163.
 Gröndal Aa 52.
 Gudbjerg 102.
 Gudena 13, 107, 121, 123, 167.

Hald Sø 162.
 Halleby Aa 126.
 Hanklit 74.
 Harebjerg bei Brörup 134.
 Hareskov 164.
 Harreskov 102.
 Hasle 41 f.
 Herfølge 67.
 Herning 113.
 Himmelbjerget 12, 162.
 Hindsgavl 80.
 Hirshals 111, 182.
 Hörup 103.
 Höve 111, 175.
 Hollerup 103, 208.
 Holsterhus 45.
 Horns Rev 106.

Hostrup 100, 172.
 Hvallöse 66, 75.
 Hvidodde 43.

Indre Bjergum 98.

Jensgaard 75, 80.
 Jonstrup Vang 164.
 Jyderup 126.

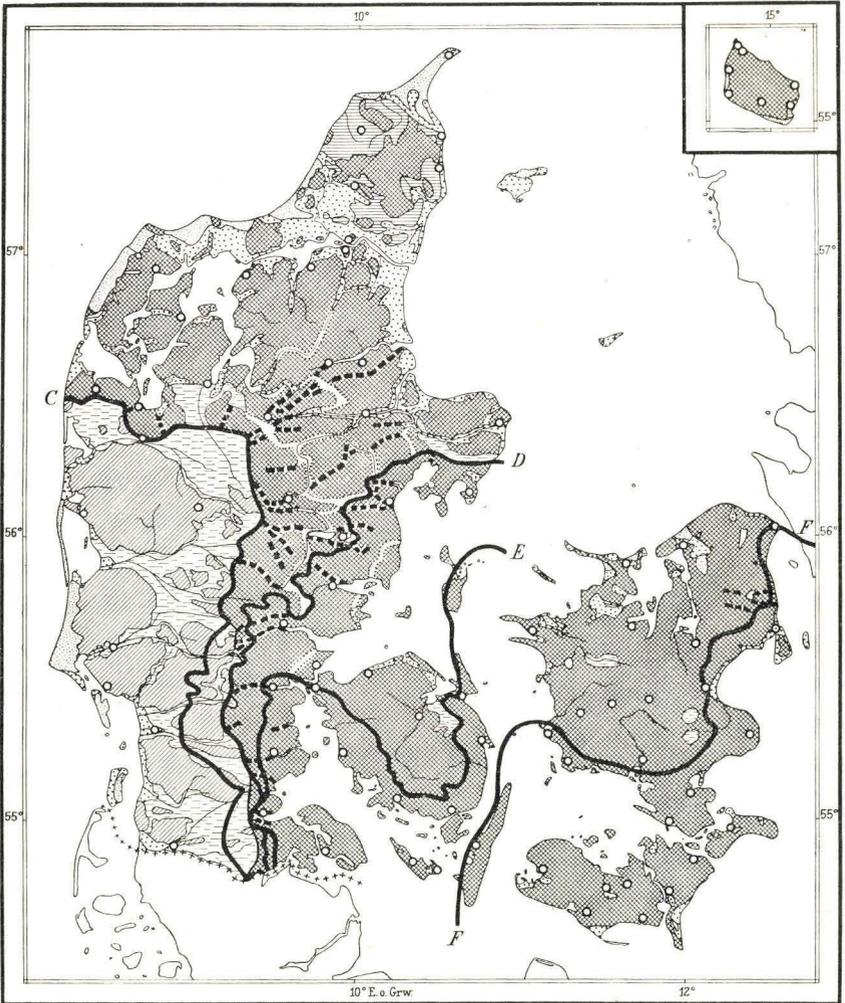
Kaas 20.
 Kalö Vig 125, 162, 164 f.
 Karup Heideebene 119.
 Kasted 52.
 Katholm 79.
 Kattinge 142.
 Kerteminde 75, 141.
 Kertinge Nor 126, 162.
 Kibæk 102, 172.
 Kiel 139, 183.
 Klintebjerg 201.
 Klitgaard 76.
 København 52, 67, 75, 102, 161.
 Køge Os 126.

Læsaa 28 f.
 Langeland 127.
 Limensgade 31 f.
 Listed 20.
 Lösning 125, 163.
 Lövka 43.
 Lövskal 103.

Maade 82, 96.
 Madsegrav 48, 49.
 Mariager Fiord 80, 201.
 Möens Klint 53, 55, 112.
 Mogenstrup Os 126.
 Mols Bjerge 125, 162.
 Moselund 81.
 Munkerup 40.
 Myggenæs 190.

Nebbe Odde 41 f.
 Neustadt 139.
 Nexö 25, 197.

- Nørre Lyngby 143, 153.
 Nystrup 59.
- O**dsherred 126, 162, 200.
 Öleaa 28 f.
 Öresund 142 f., 176 f.
 Öxnebjerg 153.
 Onsbæk 43.
 Ornebæk 41.
- P**ythus 41.
- R**aabjerg 150.
 Rind 102.
 Ringköbing Fjord 168.
 Risebæk 28 f.
 Ristinge Klint 107, 118, 123, 153.
 Rodebæk 113.
 Røgle Klint 76 f., 94 f., 104, 118,
 123, 172.
 Rønne 21, 39 f., 48, 202.
 Røsnæs 76 f., 111, 125.
 Rosmannebæk 43.
 Rostrup 113.
 Rugaard 75.
- Saltholm 55, 67, 200.
 Saltuna 20.
 Samsö 125 f., 164.
 Skalsaa 120 f., 167.
 Skambæk Mølle 111.
 Skelbro 32 f.
- Skern Aa 13, 107, 168.
 Skillingbro 64.
 Skive Aa 120 f.
 Skjærum Mølle 82.
 Skovbjerg Bakkeö (Hügelinsel) 105 f.
 Skræderbakken 162.
 Skærumhede 109 f. 172 f.
 Smidstrup 122.
 Sorthat 43.
 Sose Odde 41.
 Stampe Aa 42, 51.
 Starup 102.
 Stensigmose 108.
 Stenstrup 125, 199.
 Stevns Klint 53, 55, 57, 60 f., 63, 197.
 Studeli Mile 150.
 Sundkrogen (Köbenhavn) 75.
 Svanninge Bjerger 162.
- T**eglstrup Hegn 163.
 Terpager 98.
 Tolne Bakker 162.
 Torpshøje 163.
 Tversted Aa 134.
- V**arde 81, 83.
 Vasegaard 31 f.
 Vellengsbygaard 40.
 Vellev 208.
 Vestermarie 18.
 Vognsbøl 98.
 Voxlev 59.



Karte des Quartärs Dänemarks.