Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins

für Schleswig-Holstein

Band XXIX

Heft 1

Im Auftrage des Vereins
herausgegeben von **Ekke W. Guenther**

Kiel 1958
Kommissions-Verlag Lipsius & Tischer

INSTITUT FÜR UR- UND FRÜHGESCHICHTE
AN DER UNIVERSITÄT KIEL

Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins
für Schleswig-Holstein, Band 29 Heft 1

Die Küsten der Flensburger Förde
Ein Beispiel für Morphologie und Entwicklung einer Bucht

Von Rolf Köster, Kiel

Mit 5 Abbildungen

Zusammenfassung

Die Steilufer der Flensburger Förde enthalten Glimmerton- und Cyprinentonschollen, Sedimente der jungtertiären Nordsee und der junginterglazialen Ostsee. Die Westgrenze des riß-würm-interglazialen Eem-Meeres dürfte etwa im Gebiet von Holnis gelegen haben. Der Cyprinenton hat als Urheber von Rutschungen großen Einfluß auf die Morphologie der meist in Seitenmoränen des Flensburger Förde-Gletschers eingeschnittenen Steilufer der heutigen Förde. Die gegenwärtigen Vorgänge werden von zwei selbständigen Meeresströmungssystemen in Innen- und Außenförde beherrscht, die sich an der Halbinsel Holnis treffen. Dementsprechend sind Küstenversatz und Aufbaurichtung der Strandwall-Landschaften beider Fördenteile einander entgegengerichtet.

Einleitung

Der ständige Wechsel zwischen Steilufern und Flachküsten beherrscht die Morphologie der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Die Kliffs sind zusammen mit den submarinen Abrasionsflächen Materiallieferanten für den Aufbau von Strandwällen. Der Transport des Gesteins erfolgt im Wasser und wird nach Richtung und Stärke vom Relief des Seegrundes sowie von Windstärke und Windrichtung bestimmt. Die Faktoren stehen miteinander in einem Gleichgewicht, das sich mit jedem Eingriff an irgendeiner Stelle verschiebt.

In den Aufschüttungsgebieten können die Reste älterer Strandwälle erhalten bleiben. Sie sind Urkunden für die bei ihrer Entstehung wirksamen Bedingungen und erlauben damit die Erfassung von zeitlichen Verschiebungen des Gleichgewichtes.

Die Steilufer bieten als Abbruchküsten keine Möglichkeit, die Spuren früherer Tätigkeit des Meeres über längere Zeit zu bewahren. Dafür geben sie Einblicke in Aufbau und Lagerung älterer Schichten und erschließen die Vorgänge aus der Zeit vor der heutigen Küstenentwicklung und die Ausgangsbedingungen für das gegenwärtige Geschehen.

Steilufer und Flachküsten enthalten also Dokumente der Erdgeschichte ihres Gebietes. Als Beispiel für die Auswertung sollen in dieser Arbeit die Küsten der Flensburger Förde beschrieben und gedeutet werden, um so aus der heutigen Gestalt die Entwicklung einer für die schleswig-holsteinische Ostseeküste typischen Bucht zu erfassen.

Bei den Betrachtungen müssen wir das vorliegende Schrifttum berücksichtigen. Die Entstehung der Flensburger Förde in der jüngsten Vereisung ist von K. GRIPP (1954) beschrieben worden. Dem Rückzug des Eises folgte ein Anstieg des Wasserspiegels der Ostsee. Die Transgressionskontakte untersuchte E. TAPFER (1940). Seine Ergebnisse sind nach den Arbeiten von H. SCHMITZ (1952 und 1953) an der ostholsteinischen Küste heute nicht mehr gültig. Eine Neudatierung ist jedoch noch nicht erfolgt. Kurze Hinweise auf Küstengestalt und Küstenentwicklung gibt P. MARTENS (1927). Die Steilufer hat E. G. KANNENBERG (1951) untersucht, wobei die Erfassung des Küstenrückganges in den letzten Jahrzehnten im Vordergrund des Interesses stand. Angaben über die Geltinger Birk finden sich in E. G. KANNENBERG (1955) und R. A. HINTZ (1957). Letzterer bringt auch die Ergebnisse einer Seegrundkartierung in der Umgebung der Geltinger Halbinsel. Vom dänischen Gebiet nördlich der Förde liegt eine geologische Karte mit Erläuterungen (A. JESSEN 1945) vor. Beschreibungen einiger geologisch wichtiger Kliffs sowie anderer zum Vergleich wichtiger Küsten finden sich in verschiedenen Veröffentlichungen.

Die Geländearbeiten zur vorliegenden Untersuchung fanden im Frühjahr und Sommer 1957 statt. Für die Gewährung des Urlaubs und für ständige Förderung möchte ich Herrn Prof. Dr. K. GRIPP, Kiel, auch an dieser Stelle danken.

Lage und Gliederung der Flensburger Förde

Die Flensburger Förde begrenzt die schleswig-holsteinische Ostseeküste nach Norden. Als Ergebnis der glazialen Vorgänge (K. GRIPP 1954) besteht sie aus zwei Teilen, die sich in verschiedenen Punkten erheblich unterscheiden.

Die Außenförde (Abb. 1) hat bei einer Länge von etwa 30 km einen fast ost-westlichen Verlauf. An der Mündung in die Ostsee ist sie breit, verengt sich aber nach innen beträchtlich. Vor der Halbinsel Holnis biegt sie scharf nach NNE um und geht in die Innenförde über. Im äußeren Abschnitt befinden sich im N und S Teilbuchten, das Hörup Hav, der Vemmingbund und die Geltinger Bucht.

Die Innenförde (Abb. 1) ist kleiner als die Außenförde. Sie erstreckt sich auf etwa 15 km Länge in südwest-nordöstlicher Richtung und hat eine recht gleichmäßige Breite von 2—3 km. Erst vor der Halbinsel Holnis verengt sie sich. Hier stehen beide Teile über ein NW—SE verlaufendes Zwischenstück miteinander in Verbindung.

Die Trennung von Außen- und Innenförde durch die weit nach N vorstoßende Halbinsel Holnis wird noch durch das Relief des Seegrundes verstärkt. An der engsten Stelle springen nach den Angaben der Seekarte die Tiefenlinien von beiden Seiten weit vor und lassen nur eine schmale Rinne mit größerer Meerestiefe übrig.

Demnach haben wir zwei Gebiete recht verschiedener Bedingungen vergangenen und gegenwärtigen Geschehens zu erwarten. Um diese im einzelnen zu erfassen, müssen wir die einzelnen Steilufer und Flachküsten auf ihre Aussagen überprüfen.

Die Außenförde

Ein großer Teil der gesamten Küste wird von Steilufern mäßiger Höhe eingenommen. Flachküsten haben eine viel geringere Ausdehnung.

Die Kliffs sind teilweise gut aufgeschlossen und bieten Einblick in den Aufbau des Hinterlandes. Meist handelt es sich um Profile im Streichen der Seiten-

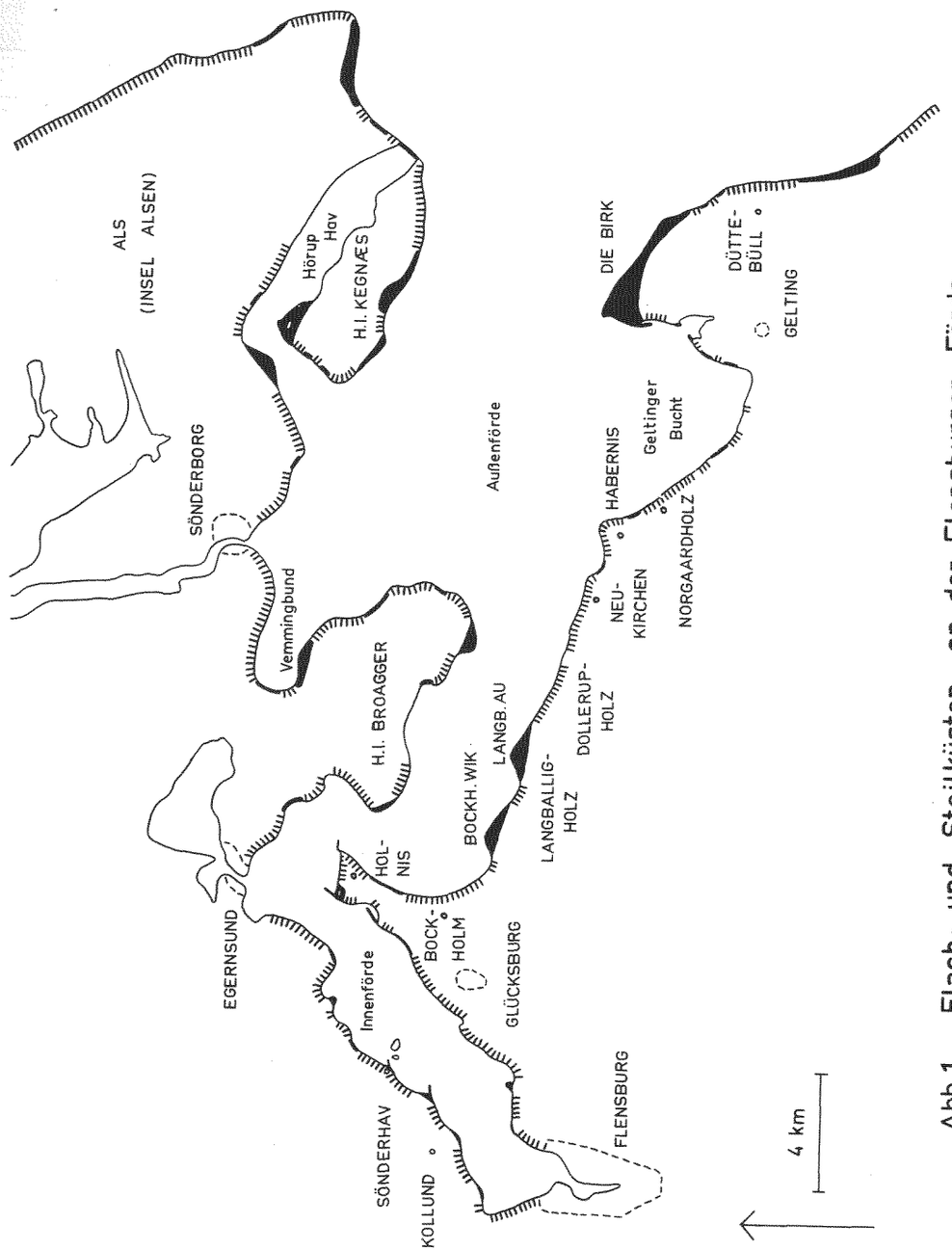


Abb. 1. Flach- und Steilküsten an der Flensburger Förde

Steilufer — Strandwallebene — strandwallfreie Flachküste

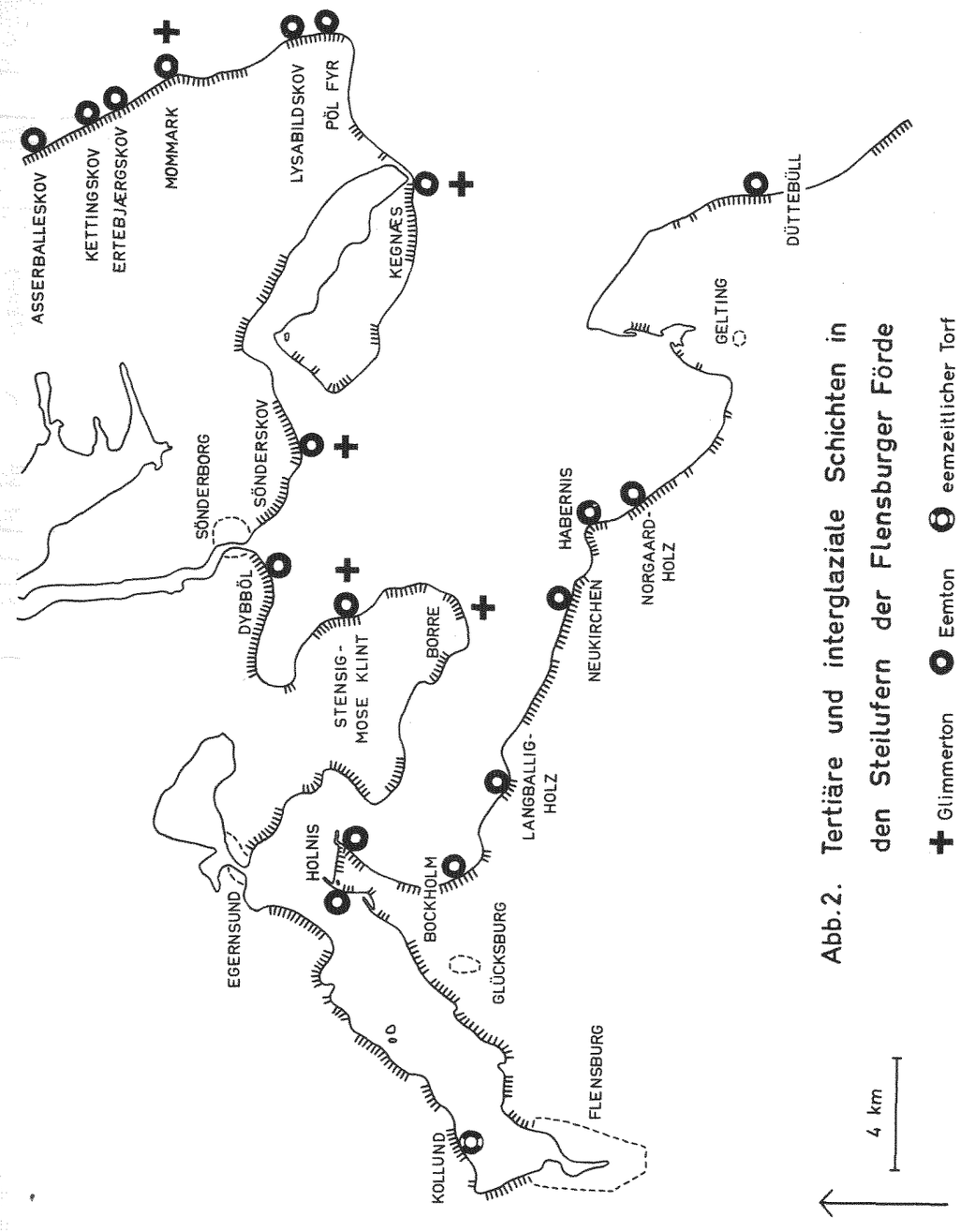


Abb. 2. Tertiäre und interglaziale Schichten in den Steilufern der Flensburger Förde

moränen des Flensburger Förde-Gletschers. Größere Bedeutung für die Glazialtektonik haben jedoch nur die Steilufer, in denen die Moränen etwa quer zum Streichen angeschnitten sind. Das Gestein besteht überwiegend aus Geschiebemergel und glazialen Sanden. Daneben können örtlich noch andere Schichten größere Verbreitung haben. Sie werden in den Einzelbeschreibungen erwähnt.[1])

Das Steilufer von Düttebüll

Das Kliff liegt am Eingang der Förde (Abb. 1) und ist noch den Bedingungen der Außenküste ausgesetzt. Es besteht in manchen Abschnitten aus einer steilen Wand, in anderen wird es vom Kliffuß her neu angegriffen. Dort ist im oberen Teil des Steilufers noch der mit Gras und Buschwerk bewachsene Rest eines früheren schrägen Hanges erhalten. Demnach herrschte im Frühjahr 1957 am ganzen Kliff frischer Abbruch. Rutschungen konnten an keiner Stelle beobachtet werden.

Diese Aufschlußverhältnisse weichen erheblich von den Beobachtungen in E. G. Kannenberg (1951) ab. Er stellte am größten Teil des Kliffs einen Ruhezustand der marinen Abtragung fest, nur im nördlichen Abschnitt waren Spuren junger Angriffe zu erkennen.

Im Südabschnitt des Steilufers sind am Kliffuß drei kleine Vorkommen von Cyprinenton aufgeschlossen (Abb. 2) (Mbl. Gelting 1225, r 63170 h 68350). Bei dieser Ablagerung handelt es sich um einen graublauen Ton mit Lagen von zerbrochenen Fossilien. Die Stelle ist bereits von F. Johnstrup (1882) erwähnt und auf der Übersichtskarte in V. Madsen, V. Nordmann & N. Hartz (1908) eingetragen worden.

Das Steilufer von Norgaardholz

Das Kliff liegt am Westufer der Geltinger Bucht (Abb. 1). Der Zustand seiner Wand ist unterschiedlich.

Im Süden ist das Steilufer abgeschrägt und mit Buschwerk und Bäumen völlig bewachsen, im Mittelabschnitt steht dagegen eine Steilwand. Im Norden ist wie bei Düttebüll der Rest eines abgeschrägten und mit Gras, Buschwerk und Bäumen bewachsenen Hanges zu erkennen, der bis höchstens zur halben Höhe frisch angegriffen wird.

Im Nordabschnitt liegt am Kliffuß ein etwa 12 m langes und 1 m hohes Vorkommen von Cyprinenton in der erwähnten Ausbildung (Abb. 2) (Mbl. Sterup 1224, r 51850 h 72790). In der Nähe des bisher unbekannten Vorkommens befindet sich eine größere Rutschung.

Das Steilufer von Habernis

Das Kliff liegt an der nordwestlichen Ecke der Geltinger Bucht (Abb. 1). Es besteht aus einem nach Osten und einem nach Norden exponierten Abschnitt, die unter Bildung einer vorspringenden Huk zusammenstoßen. Sie zeigen eine sehr unterschiedliche Gestalt.

[1]) Nach einer Anmerkung in E. Tapfer (1940) dürften einige der in dieser Arbeit erstmalig erwähnten Vorkommen von Cyprinenton bereits E. Wasmund bekannt gewesen sein. Eine Veröffentlichung ist damals jedoch unterblieben.

Der an die Geltinger Bucht grenzende Abschnitt ist in starkem Maße der Einwirkung östlicher Winde ausgesetzt und deshalb in seiner ganzen Länge gut aufgeschlossen. Das Kliff zeigt ein nahezu senkrecht zum Streichen verlaufendes Profil durch eine Seitenmoräne des Flensburger Förde-Gletschers. In ihm sind drei Schuppen zu erkennen, die in großer Verbreitung eemzeitlichen Cyprinenton enthalten (Abb. 2). Das Vorkommen ist von C. Gottsche (1897/98) und W. Wetzel (1921) beschrieben worden. Die Höhe des Steilufers, die Intensität der Lagerungsstörungen und das Einfallen der Überschiebungsflächen nehmen von Norden nach Süden ab. Die glazialtektonischen Verhältnisse entsprechen also dem aus der Förde heraus erfolgten Zusammenschub. Der Aufbau dieser Seitenmoräne stimmt mit dem typischen Fall einer Stauchmoräne (R. Köster 1957) überein.

In der Umgebung der beiden südlichen Schuppen treten in großem Umfange Rutschungen auf. Am Strand befinden sich viele Grundwasseraustritte und Schilfbestände. Der Cyprinenton der nördlichen Schuppe, unmittelbar südlich der Huk, ragt dagegen mit steiler Wand hoch auf und bietet damit ein für die Vorkommen an der Flensburger Förde ungewöhnliches Bild.

Der nach Norden exponierte Abschnitt des Kliffs westlich der Huk ist weitgehend abgeschrägt und bewachsen. Frischer Angriff des Meeres erfolgt nur noch an einzelnen Stellen. Hier treten kleine Schollen von Cyprinenton auf. Einblick in die glazialtektonischen Strukturen gestatten nur die Nischen im Kliff. Die erkennbaren Richtungen verlaufen etwa küstenparallel, entsprechen also den Beobachtungen im Querprofil durch die Moräne.

Das Steilufer von Neukirchen

Lage und Aufschlußverhältnisse des Kliffs haben große Ähnlichkeit mit dem Steilufer von Habernis. Es liegt wenige Kilometer weiter fördeeinwärts (Abb. 1) und wird wieder durch eine scharf ausgebildete Huk in einen nach Osten exponierten gut aufgeschlossenen und in einen nach Norden gerichteten weitgehend bewachsenen Abschnitt geteilt.

Der erstere zeigt ein schräg zum Streichen liegendes Profil durch eine Seitenmoräne. Cyprinenton konnte hier nicht beobachtet werden, aber es finden sich starke Rutschungen sowie Grundwasseraustritte und Schilfbestände am Strand, also Erscheinungen, die auf sein Vorhandensein hinweisen. Die Rutschungen verwischen das Profil, so daß Einzelheiten der Strukturen der Moräne nicht mit Sicherheit zu erkennen sind.

Der zweite Abschnitt nördlich von Neukirchen ist in der Regel abgeschrägt und mit Gras, Sträuchern und Bäumen bewachsen. Meist ist nur der Kliffuß schwach angegriffen, Strecken mit steiler Wand sind sehr selten. Rutschungen, Grundwasseraustritte und Schilfbewuchs des Strandes haben auch hier eine große Verbreitung. Cyprinenton ist in den letzten Jahren nicht aufgeschlossen gewesen, jedoch hat F. Johnstrup (1882) ein Vorkommen, wenn auch mit sehr ungenauer Ortsangabe, erwähnt (Abb. 2).

Das Steilufer von Dollerupholz und Westerholz

Die Lage des Kliffs geht aus Abb. 1 hervor. Es ist weitgehend abgeschrägt und mit Buschwerk und Bäumen bewachsen. Nur der Kliffuß ist frisch angegriffen.

Cyprinenton konnte nicht beobachtet werden, aber auch hier treten ausgedehnte Rutschungen, Grundwasseraustritte und Schilfbestände auf.

Das Steilufer von Langballigholz

Das Kliff liegt bereits im inneren Abschnitt der Flensburger Außenförde. Im östlichen Teil ist es völlig mit Bäumen und Sträuchern bewachsen, im Westen dagegen gut aufgeschlossen. Am Kliffuß steht auf über 100 m Länge und bis zu 2 m Höhe Cyprinenton in der normalen Ausbildung an (Abb. 2) (Mitte des bisher unbekannten Vorkommens: Mbl. Glücksburg 1123, r 41280 h 77540). Rutschungen, Grundwasseraustritte und Schilfbestände haben am ganzen Kliff eine große Verbreitung.

Das Steilufer von Bockholm

Das Kliff liegt im inneren Abschnitt der Außenförde an der Wurzel der Halbinsel Holnis (Abb. 1). Der kurze Nordteil des Steilufers besteht aus einem abgeschrägten Hang, der mit Buschwerk und Bäumen bewachsen ist und keine Rutschungen aufweist. Am Kliffuß stehen einige Häuser. Im übrigen befinden sich am Steilufer von Bockholm die größten und ausgedehntesten Rutschungen an der ganzen schleswig-holsteinischen Ostseeküste. Vergleichbare Verhältnisse zeigt nur die Ostküste von Fehmarn bei Katharinenhof, doch sind die Einzelformen dieses erheblich niedrigeren Kliffs entsprechend kleiner. Außerdem bedingen die Eigenschaften des Tarras (Untereozän) typische Besonderheiten dieser Küste (E. Wasmund 1936).

Rutschungen großen Ausmaßes auf Cyprinenton sind von dem hohen Steilufer des Dornbusch auf Hiddensee bekannt (H. Reinhard 1956). Die dortigen Formen stimmen in vielen Zügen mit denen am Kliff von Bockholm überein.

Im mittleren Abschnitt des Steilufers sind die Rutschungen am stärksten ausgeprägt. Große Schollen sind abgeglitten und bilden scheinbare Terrassen. Auf dem Meßtischblatt werden sie durch das Vorkommen von Höhenschichtlinien auf der Seeseite des Steilabfalles sichtbar, worauf E. G. Kannenberg (1951) nachdrücklich hingewiesen hat. Die einzelnen Stufen sind in Kultur genommen und besiedelt worden.

In diesem Kliffabschnitt sind Beobachtungen zur Mechanik der Rutschungen möglich. Die Schollen bewegen sich an Abschiebungsflächen, die oben steil beginnen und dann, allmählich flacher werdend, gegen den Strand einfallen. Der größte Anstieg der Bewegungsfläche liegt im strandferneren Teil. Die seitliche Ausdehnung der Schollen beträgt einige hundert Meter. Die Abschiebungsbahnen zeigen also die gleiche schaufelförmige Gestalt wie die glazialtektonischen Überschiebungsflächen. Bedenkt man ferner, daß dieses Kliff in eine küstenparallel verlaufende Seitenmoräne des Flensburger Förde-Gletschers eingeschnitten ist, dann erkennt man, daß die in der Moräne zu erwartenden glazialtektonischen Bewegungsflächen etwa den gleichen Verlauf haben müssen wie die Abschiebungsbahnen. Möglicherweise erfolgen die Rutschungen teilweise an den Überschiebungsflächen in entgegengesetzter Richtung wie beim glazialen Zusammenschub. Zumindest dürfte aber die erste Anlage der Abschiebungen durch die Glazialstrukturen begünstigt worden sein.

Auch im südlichen Teil des Kliffs treten noch mächtige Rutschungen auf, jedoch ist es hier mit Buschwerk und Wald bewachsen. Durch den Hangrutsch gebogene Bäume zeigen, daß die Bewegungen heute noch andauern. Nahe dem Südende des Steilufers sind einige bisher unbekannte Vorkommen von Cyprinenton in der normalen Ausbildung zu beobachten (Abb. 2) (Mbl. Glücksburg 1123, r 38580 h 78550). Am ganzen Kliff kommen starke Grundwasseraustritte und ausgedehnte Schilfbestände vor.

Das Steilufer an der Ostküste der Halbinsel Holnis

Nur am Nordende ist das auf der Abb. 1 eingetragene Kliff frisch angegriffen, im übrigen ist es mehr oder weniger stark abgeschrägt und mit Gras, Buschwerk und Bäumen bewachsen. S. Hansen (1940) erwähnt kleine Vorkommen von Cyprinenton, die nicht wieder aufgefunden werden konnten (Abb. 2).

Die Steilufer an der Nordküste

Die Kliffs an der Nordküste der Außenförde (Abb. 1) stimmen weitgehend mit denen an der Südküste überein. Der Cyprinenton hat eine große Verbreitung. Mit ihm vergesellschaftet treten auch hier Rutschungen, Grundwasseraustritte und Schilfbestände auf. Außerdem finden wir Schollen von jungtertiärem Glimmerton, die in den Steilufern der Südküste bisher nicht beobachtet werden konnten. Die in der Literatur (C. Gottsche 1897/98 und 1904, K. Gripp 1915, A. Jessen 1945, F. Johnstrup 1882, V. Madsen, V. Nordmann & N. Hartz 1908, Th. Sorgenfrei 1940) erwähnten Vorkommen von Cyprinenton und Glimmerton sind in der Abb. 2 eingetragen.

Die Geltinger Birk

Am Nordende der Geltinger Halbinsel liegt an der Mündung der Flensburger Außenförde das große Naturschutzgebiet der Birk (Abb. 1). Es wird von einer ausgedehnten Strandwall-Ebene aufgebaut. Zwischen ihr und der alten Küste des Hinterlandes, an der sich nördlich von Nieby und an der Nordküste von Beverö tote Kliffs befinden, liegt ein vermoortes Gelände. Gegen das Meer wird das Gebiet heute durch einen Deich geschützt.

Das Strandwallsystem der Birk besteht aus zwei Teilstücken (Abb. 3, IV)[1]), deren kleineres nördlich von Falshöft aus mit Gras und Buschwerk bewachsenen hohen Wällen besteht. Sie weisen die Anordnung eines hinter einem Knick in der Küstenlinie aufgebauten höftartigen Gebildes auf. Der östliche Teil ist heute abgetragen, doch lassen sich ursprüngliche Gestalt und Entwicklung auf dem Wege der Rekonstruktion der Strandwälle ermitteln (R. Köster 1955).

Die Mehrzahl der Strandwälle gehört einem großen, nach Westen geöffneten Fächer an (Abb. 3, IV). Sein Aufbau erfolgte also durch einen von E nach W gerichteten Küstenversatz. Strandwall legte sich vor Strandwall, wobei der Aufhängepunkt in der Transportrichtung wanderte. Das Material entstammt demnach

[1]) Kartierung und Ausdeutung des Strandwallsystems weichen in einigen Punkten von der in R. A. Hintz (1957) vertretenen Auffassung ab. Bei den Geländebegehungen ergaben sich weitere Beobachtungen. Deshalb wurde eine Neukartierung vorgenommen.

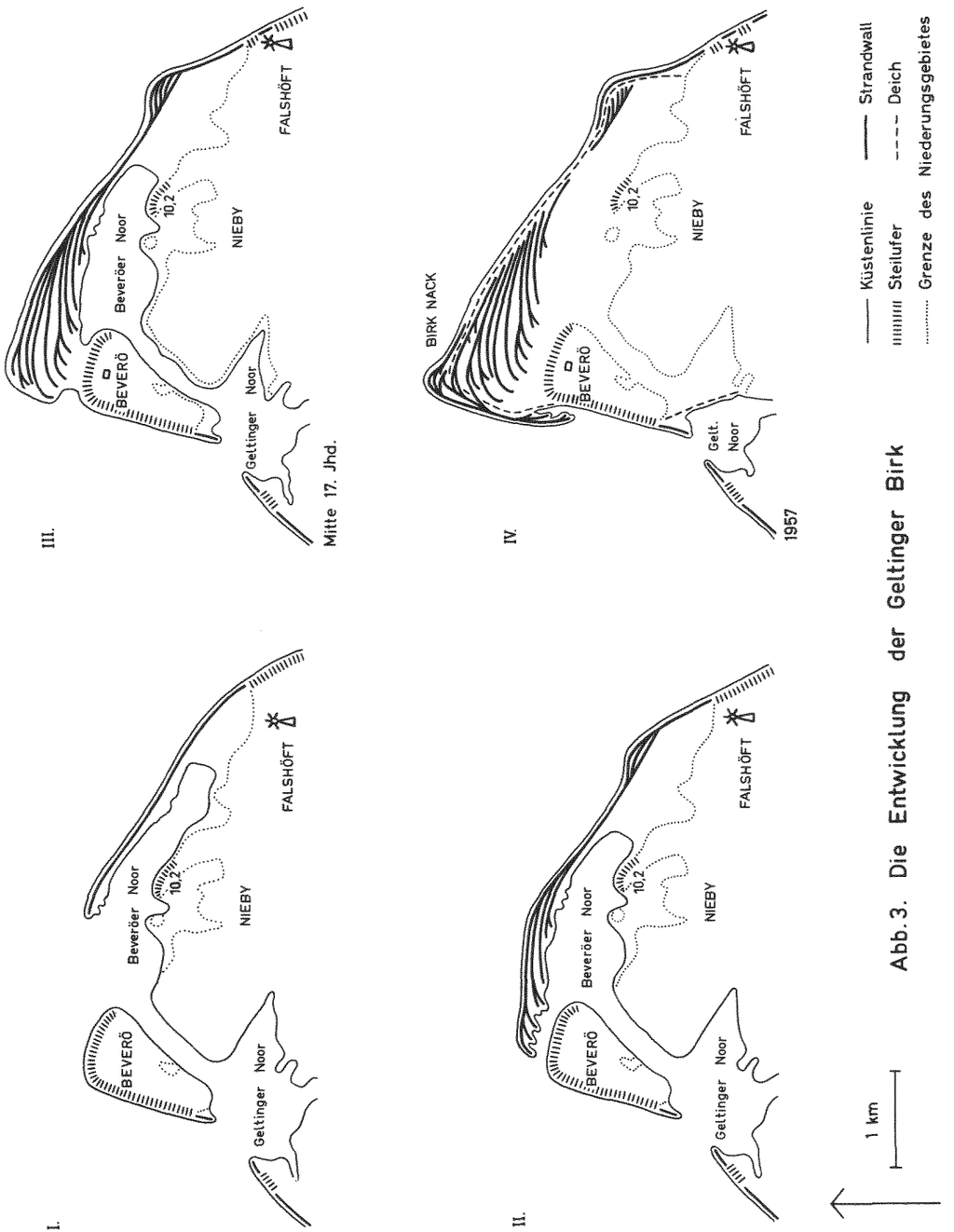
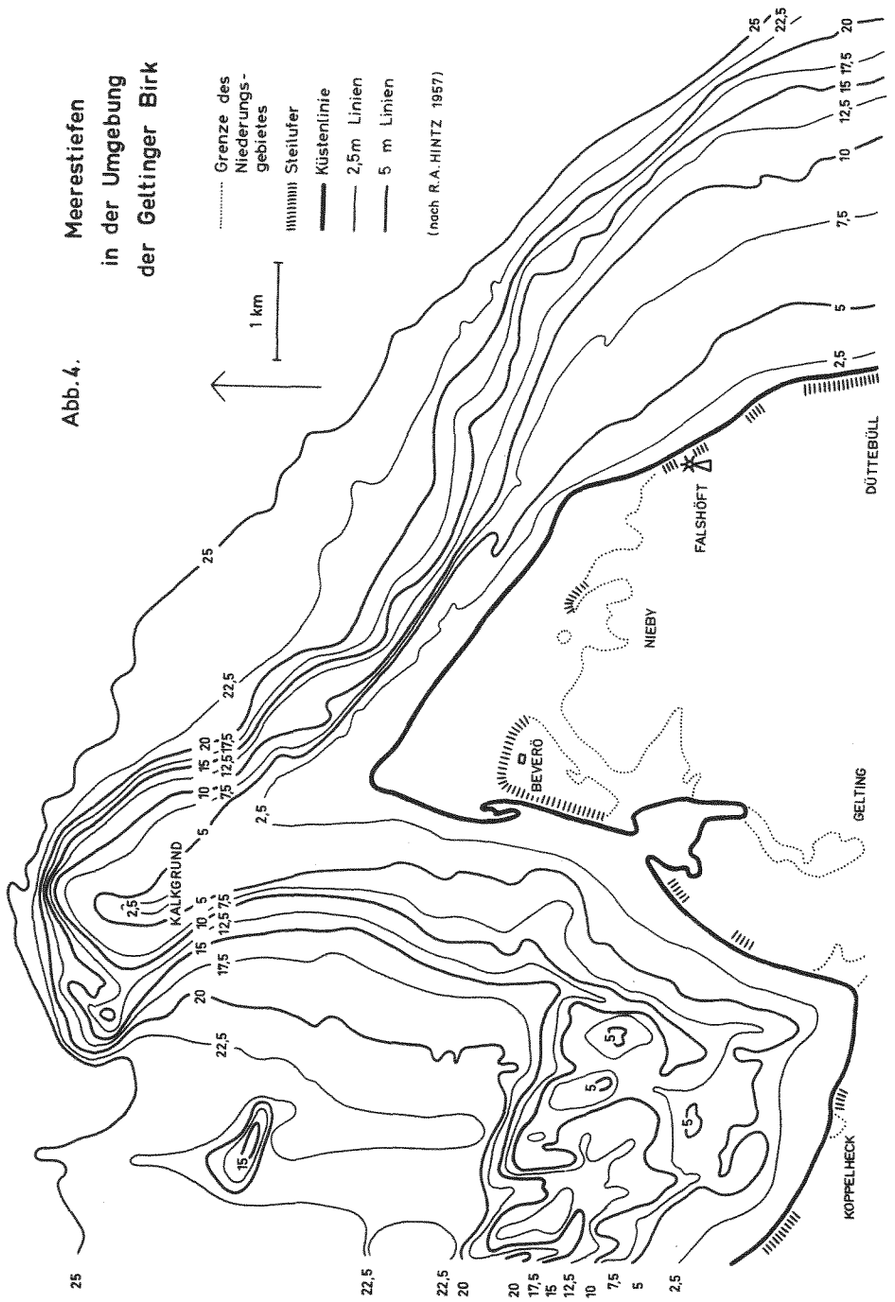


Abb. 3. Die Entwicklung der Geltinger Birk



in erster Linie submarinen Abrasionsflächen (R. Köster 1955). Die Wälle enden in der Mehrzahl einige hundert Meter vor dem toten Kliff an der Nordküste von Beverö. Die Höhe der Strandwälle nimmt von innen nach außen merklich zu. Die niedrigen Wälle sind mit Gras bewachsen und dienen als Weideland, während die hohen äußeren Heidekraut und Büsche tragen. An einigen Stellen ist Wald angepflanzt.

Die bis heute erhaltenen Reste der älteren, innen gelegenen Strandwälle verlaufen fast geradlinig in ost-westlicher Richtung. Die jüngeren biegen zunehmend nach Norden aus, streben dann aber ebenfalls auf die Nordküste von Beverö zu (Abb. 3). Die Krümmung wird nach außen immer stärker, der Winkel zwischen den Strandwallteilen erreicht schließlich etwa 90 Grad. Dadurch kommt es zur Ausbildung des spitzen Landvorsprunges der Birk Nack. Die jüngsten von dort nach Süden ziehenden Strandwälle schließen sich nicht mehr an die Nordküste von Beverö an, sondern bilden einen vor der Westküste liegenden Haken. Der Deichbau hat keinen sichtbaren Einfluß auf die Entwicklung des Systems gehabt.

Dieser Aufbau des Strandwallfächers ist ungewöhnlich. Er findet seine Erklärung in der besonderen Gestaltung des Seegrundes in der Umgebung der Geltinger Birk. Eine nach Peilplänen des DHI gezeichnete Tiefenlinienkarte gibt R. A. Hintz (1957). Nach dieser wurde die Abb. 4 gezeichnet.

Vor dem niedrigen Kliff östlich von Falshöft fällt der Seegrund nur langsam ab (Abb. 4). Hier besteht deshalb eine submarine Abrasionsfläche. Die Tiefenlinien konvergieren nach NW. Vor der schmalsten Zone des Strandwallfächers liegt ein untermeerischer Steilhang, der in seinem weiteren Verlauf den Rücken des Kalkgrundes umschließt. Dieser ragt an seiner flachsten Stelle bis 0,9 m unter den Meeresspiegel auf und bildet deshalb eine zweite Abrasionsfläche in der Umgebung der Birk. Am Kalkgrund biegen die Tiefenlinien nach S um und laufen in die Geltinger Bucht hinein, wo der Seegrund unregelmäßig kuppig ist. Nach R. A. Hintz (1957) erfolgt auch dort untermeerische Abtragung.

Der ausgedehnte Strandwallfächer liegt auf der breiten Wurzel des Kalkgrundes. Die zur Bildung der Birk Nack führende Zuspitzung der Strandwälle folgt seinem Sattel, also der Linie der geringsten Tiefe. Vor dem Abfall im W biegen die Wälle scharf nach S um und laufen in die Geltinger Bucht hinein. Damit sind die eigentümliche Gestalt der Birk und die Herkunft des Materials erklärt.

Die Rekonstruktion des ursprünglichen Verlaufes der Strandwälle (R. Köster 1955) und die Kenntnis des Seegrundes bieten die Grundlagen für die Ableitung der erdgeschichtlichen Entwicklung der Birk.

Zu Beginn der überlieferten Küstenentwicklung stieß die Geltinger Halbinsel mit ihren glazialen Gesteinen bis an das Meer. Stellenweise kam es zur Ausbildung von Kliffküsten. Die Insel Beverö hatte keine Landverbindung und war vom Meer umgeben. Der Kalkgrund muß zu dieser Zeit noch als Insel aufgeragt haben, an der Haken hingen.

Vom Steilufer östlich von Falshöft aus wurde in Verlängerung der ursprünglichen Kliffrichtung ein Haken nach NW aufgeschüttet, der auf langer Erstreckung nur eine sehr geringe Breite hatte und später von den Tiefenlinien geführt wurde

(Abb. 3, I). Vor ihm entstanden verschiedentlich Sandbänke, deren Reste hinter den Strandwällen heute stellenweise noch erkennbar sind. Erst nach Erreichen der breiten Wurzel des Kalkgrundes begann die Auffächerung (Abb. 3, II).

Während dieser Entwicklung wurde das Kliff von Falshöft zurückverlegt und änderte dabei seine Richtung. Dem mußte sich der Hals des Hakens anschließen. Dadurch entstand nördlich von Falshöft ein Knick in seinem Verlauf. Als Ausgleichsform bildete sich an dieser Unstetigkeitsstelle ein kleines Höftland (Abb. 3, II bis IV), das während des Aufbaues gleichzeitig von Osten her teilweise wieder abgetragen wurde. Diese Bildung ist also jünger als der ältere Teil des großen Strandwallfächers.

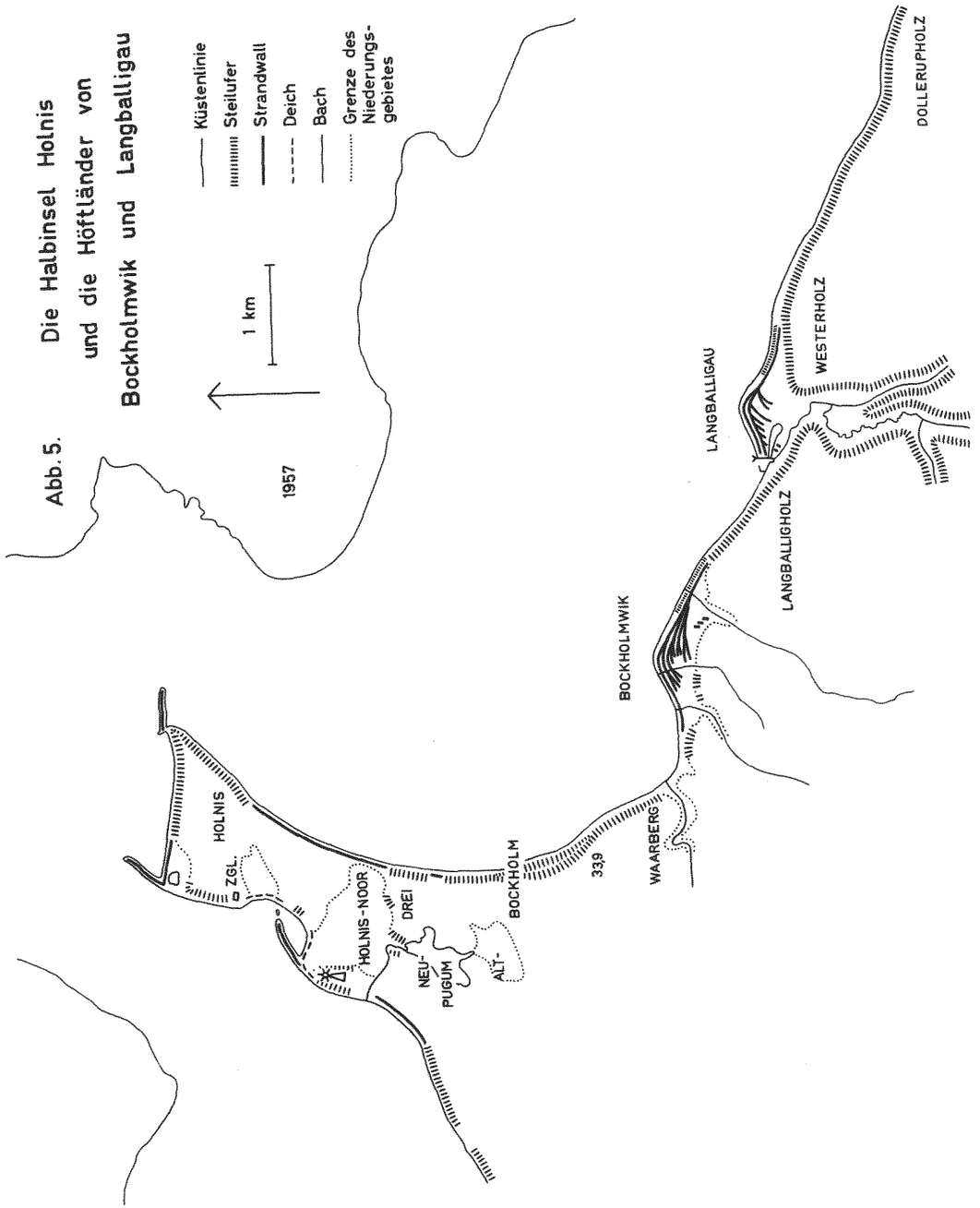
Mit fortschreitender Verlängerung des Hakens wurde ein Binnensee abgeschnürt, das Beveröer Noor (Abb. 3, II). Durch den Wasserarm zwischen der Insel Beverö und dem Festland stand es in Verbindung mit dem Geltinger Noor. Die weitere Entwicklung führte schließlich zur Herstellung einer, wenn auch schwachen, Landverbindung mit der Insel Beverö, wodurch der Haken zur Nehrung wurde (Abb. 3, III). Es folgte die Ausbildung der nach Norden vorspringenden Birk Nack. Damit hat das Strandwallsystem heute (Abb. 3, IV) eine Gestalt erhalten, die dem Typ des Höftlandes (G. Braun 1911, P. Martens 1927) entspricht, ohne von vornherein als ein solches angelegt worden zu sein.

Eine Datierung der Vorgänge durch pollenanalytische Untersuchungen ist bisher noch nicht erfolgt. Wir können deshalb Anhaltspunkte nur durch Auswertung alter Karten und durch historische Urkunden erhalten. Letztere sind von E. G. Kannenberg (1955) zusammengestellt worden. Beverö und die Birk wurden um 1500 noch als Inseln bezeichnet, dürften zu dieser Zeit also nicht durch Strandwälle miteinander verbunden gewesen sein. Dagegen zeigt eine Karte aus der Mitte des 17. Jhd. eine Landverbindung. Im Hinterland liegt das langgestreckte Beveröer Noor. Dieser Zustand ist in Abb. 3, III wiedergegeben.

Der älteste Deichbau erfolgte nach E. G. Kannenberg (1955) bereits 1581, also zu einer für die schleswig-holsteinische Ostseeküste ungewöhnlich frühen Zeit. Es wurde versucht, das Geltinger Noor und damit auch das Beveröer Noor zum Schutz des Hinterlandes vor Hochwasser von der Ostsee abzutrennen. Der Deich hatte nicht lange Bestand, aber sein Bau spricht dafür, daß das Beveröer Noor zu dieser Zeit nördlich der Insel keine freie Verbindung mit der Ostsee mehr hatte. Demnach hat der Haken den Geestkern von Beverö zwischen 1500 und 1580 erreicht.

Neue Deichbauten fanden 1821 bis 1828 statt (E. G. Kannenberg 1955). Das Beveröer Noor wurde endgültig durch einen Damm zwischen Goldhöftberg und Beverö und vor der durch Strandwälle nur schwach geschützten Niederung nördlich von Beverö vom Meer getrennt und wird seitdem künstlich entwässert. Nach 1872 wurde das Gebiet durch die heute noch bestehenden Deiche geschützt.

Betrachtet man Entwicklungsgeschwindigkeit und Entwicklungstendenz, dann erscheint es unwahrscheinlich, daß der Beginn des Aufbaues der heute noch erkennbaren Strandwallsysteme wesentlich vor dem Ende des 1. nachchristlichen Jahrtausends erfolgt sein kann.



Die Höftländer von Bockholmwik und Langballigau

Im inneren Teil der Außenförde liegen die Höftländer von Bockholmwik und Langballigau (Abb. 1). Im Gegensatz zur Geltinger Birk mit ihrer komplizierteren Geschichte entsprechen beide Bildungen dem Grundtyp des Höftlandes, wie er von G. Braun (1911) und P. Martens (1927) aufgestellt wurde.

Die Strandwallsysteme sind in der Abb. 5 dargestellt. Beide Höftländer haben sich hinter Knickstellen im Verlauf der Steilufer angelegt und sind von Osten nach Westen gewachsen, während gleichzeitig ein Teil der älteren Strandwälle abgebaut wurde. Dementsprechend ist ihnen ein sich nach Westen öffnender Strandwallfächer gemeinsam. In Einzelheiten des Aufbaues bestehen Verschiedenheiten, die aus den Skizzen der Abb. 5 zu ersehen sind. Das Höftland von Bockholmwik ist flacher angelegt und springt nicht so weit in das Meer vor wie das von Langballigau. Hinter den Strandwällen liegen vermoorte Senken, die gegen das Hinterland meist von toten Kliffs bregrenzt werden, teilweise aber auch in Täler übergehen.

Während sich das Höftland von Bockholmwik noch weitgehend im natürlichen Zustand befindet, sind Teile von Langballigau durch Kiesentnahme zerstört worden. Die jüngere Entwicklung wird hier außerdem durch Anlagen des künstlichen Hafens beeinflußt.

Das Holnis-Noor

Das Holnis-Noor am Hals der Halbinsel Holnis (Abb. 1 und 5) wird nach Osten von einem Strandwall gegen das Meer abgeschlossen. Über viele Jahrhunderte war er die einzige Landverbindung zwischen Holnis und dem Festland. Im Westen wurde es erst 1924 durch einen Deich von der Innenförde abgetrennt. Seitdem wird es künstlich entwässert.

Im Noor konnte E. Tapfer (1940) einen Transgressionskontakt erbohren und datieren. Er ermittelte für die Tiefe von — 2,05 m die Zeitangabe von etwa 2000 v. Chr. Seine Ausdeutung des Pollenprofils ist durch die Untersuchungen von H. Schmitz (1952 und 1953) überholt. Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Dr. L. Aletse, Kiel, ist nach den heute gültigen Anschauungen der Transgressionskontakt in den Zeitraum zwischen 500 vor und 500 nach Chr. zu verlegen.

Die Strandwallsysteme der Nordküste

Auch die Flachküsten der Nordküste (Abb. 1) unterscheiden sich nicht von denen der Gegenküste. An der Mündung der Außenförde gibt es Strandwallbildungen vom Nehrungstyp, während im Fördeninneren Höftländer auftreten. Die Aufschüttung erfolgte hier ebenfalls von E nach W. Eine Ausnahme bildet nur das Höftland an der Nordwestecke der Halbinsel Kegnæs, wo der Aufbau in entgegengesetzter Richtung in das Hörup Hav hinein erfolgte.

Die Innenförde

An der im Vergleich zur Außenförde viel kleineren Innenförde überwiegen die Kliffküsten in noch stärkerem Maße. Strandwallbildungen treten nur noch an einzelnen Stellen auf.

Die Steilufer

Mit Ausnahme der nach Westen exponierten Kliffs der Halbinsel Holnis sind die Steilufer durchweg abgeschrägt und mit Buschwerk und Bäumen bewachsen. Oft handelt es sich sogar um geschlossene Wälder. Die marine Abtragung ist weitgehend erloschen, nur gelegentlich kommt es infolge von Durchfeuchtung des Materiales im Frühjahr noch zu Rutschungen (P. MARTENS 1927, E. G. KANNENBERG 1951). Dieses Abfließen von wassergesättigtem Geschiebemergel ist eine im Frühjahr weit verbreitete Erscheinung und hat nichts gemeinsam mit den Rutschungen auf Cyprinenton. Derartige Bildungen fehlen an der Innenförde völlig. Am Steilufer von Kollund wurde nach A. JESSEN (1945) jedoch ein eemzeitlicher Torf aufgefunden (Abb. 2).

In großem Umfange ist die Gestalt der Küste außerdem durch menschliche Bauwerke und Aufschüttungen umgestaltet, so daß die schwachen marinen Kräfte ohnehin kaum zur Wirkung kommen können.

Gut aufgeschlossene Steilufer finden wir nur an der Halbinsel Holnis (Abb. 1). Das niedrige Kliff vor dem Leuchtturm (Abb. 5) wird verhältnismäßig stark angegriffen, so daß ein Teil durch Uferschutzanlagen befestigt worden ist.

In starkem Abbruch liegt das N—S orientierte Steilufer nördlich der Ziegelei Holnis (Abb. 5). Hauptanteil an seinem Aufbau haben gestauchte kreuzgeschichtete Sande und Beckentone. Der niedrige Nordabschnitt besteht vorwiegend aus Geschiebemergel und aus Cyprinenton in einer Ausbildung, die gegenüber allen anderen Vorkommen an der Flensburger Förde wesentlich sandiger und fossilärmer ist (Abb. 2) (Mbl. Glücksburg 1123, r 37730 h 83000).

Das Steilufer an der Nordküste von Holnis (Abb. 5) ist an seinem westlichen Ende frisch aufgeschlossen und zeigt eine mächtige Sandschüttung über Geschiebemergel. Zur Zeit der Geländearbeiten von E. G. KANNENBERG (1951) war diese Stelle ebenso wie das übrige Kliff mit Gras, Buschwerk und Bäumen bewachsen. Am Strand finden sich viele Grundwasseraustritte und Schilfbestände.

Die Flachküsten

Zwischen den Steilufern liegen örtlich kleine höftähnliche Aufschüttungsgebiete (Abb. 1). Deren größtes ist das Höftland an der Nordwestecke von Holnis (Abb. 5). Es wurde von E nach W aufgeschüttet und umschließt einen kleinen, aber typischen Höftsee. Der das Gebiet nach Westen abschließende Strandwall ist durch spätere Abtragung verloren gegangen.

Daneben gibt es an der Innenförde einige kleinere Hakenbildungen (Abb. 1), die besondere Aufmerksamkeit verdienen. Östlich von Kollund und bei Sönderhav hängen an Strandvorsprüngen kleine nach Osten gerichtete Haken. Ähnliche Bildungen finden sich an der Halbinsel Holnis (Abb. 5). Am Deich vor dem Holnis-Noor (P. MARTENS 1927, E. TAPFER 1940), an der Nordostecke der Halbinsel und am Höft der Nordwestecke hängen fördeauswärtsgerichtete Haken. Der letztere hat also eine Wachstumsrichtung, die derjenigen des Höftlandes entgegengerichtet ist.

Zusammenfassende Betrachtung der Beobachtungen

Das älteste Gestein in den Steilufern der Flensburger Förde ist der jungtertiäre Glimmerton. Seine Verbreitung ist nach den bisherigen Beobachtungen auf die Nordküste der Außenförde beschränkt. Er tritt nur in gestauchter Lagerung auf. In der weiteren Umgebung sind im N und W noch viele Vorkommen bekannt, während sichere Spuren unmittelbar südlich der Förde fehlen. Ob dieser Verteilung irgendwelche Bedeutung zukommt, läßt sich aus den wenigen Schollen nicht entscheiden. Bei dem Glimmerton handelt es sich um ein marines Sediment der jungtertiären Nordsee, deren Küste östlich der heutigen Nordseeküste lag (K. GRIPP 1915).

Eindeutiges Pliozän und Reste der Ablagerungen der älteren Vereisungen wurden in den Steilufern nicht beobachtet. Ein Teil der Geschiebemergel könnte vielleicht vor-würmzeitlich sein, jedoch ist eine sichere Entscheidung ohne Spezialuntersuchungen nicht möglich.

Der Cyprinenton aus dem Riß-Würm-Interglazial hat in den Kliffs der Außenförde und der Halbinsel Holnis eine große Verbreitung. Sämtliche Vorkommen liegen nicht auf primärer Lagerstätte, sondern sie wurden aus der Förde heraus aufgestaucht. Anzeichen eines Eistransportes über weitere Strecken fehlen. Das Eem an der Westküste von Holnis ist sandiger ausgebildet, gehört also zu einer küstennäheren Fazies. An der Innenförde gibt es keinen Cyprinenton, dafür wurde aber bei Kollund ein eemzeitlicher Torf gefunden.

Im nördlich anschließenden Gebiet der Insel Alsen hat der Cyprinenton in Kliffaufschlüssen und Bohrungen eine große Verbreitung (A. JESSEN 1945), ebenso auf den benachbarten dänischen Inseln Ærö, Langeland u. a. (V. MADSEN, V. NORDMANN & N. HARTZ 1908). Vorkommen in der Umgebung der Südküste der Förde sind bisher noch nicht bekannt geworden. Demnach ist der Cyprinenton der Flensburger Förde ein Sediment der eemzeitlichen Ostsee. Die Trennung vom Nordseebecken ist eine Folge der Vorgänge in den älteren Vereisungen. Die westliche Küste des Meeres dürfte nach den Beobachtungen etwa im Gebiet der Halbinsel Holnis gelegen haben, also in einem Streifen, der durch die nach Norden vorspringende Halbinsel noch heute auffällt. Die Verbreitung des Cyprinentones scheint bereits die heutige Außenförde anzudeuten. Die Klärung eines etwaigen ursächlichen Zusammenhanges bleibt Aufgabe weiterer Untersuchungen.

Die am weitesten verbreiteten Gesteine sind die Geschiebemergel, Sande und Tone der Würm-Vereisung. Sie gehören zu den Moränen des Flensburger Förde-Gletschers und seinen Schmelzwasserablagerungen. Die würmzeitlichen Vorgänge sind in K. GRIPP (1954) eingehend beschrieben.

In das durch diese Geschehnisse geformte Land drang die nacheiszeitliche Ostsee ein und schuf die gegenwärtigen Steilufer und Flachküsten. Die genaue Datierung der Transgression liegt nicht fest, jedoch dürfte der Wasserstand vor zwei Jahrtausenden um etwa 2 m tiefer gelegen haben als in den letzten Jahrzehnten. Der Abbruch der Kliffs könnte bis über diesen Zeitpunkt hinaus zurückreichen, während der Aufbau der bis heute überlieferten Aufschüttungsgebiete erst bei noch höherem Wasserstand in späterer Zeit begonnen haben wird.

An den Steilufern der Förde wirken die gleichen abtragenden Kräfte wie an denen der Außenküste, die Stärke der einzelnen Faktoren wird aber von der Lage in der Bucht bestimmt. Ihre Wirkung auf die morphologische Gestalt der Kliffs tritt jedoch an der Außenförde stark zurück gegenüber dem Einfluß des Cyprinentones. Die ausgedehnten Rutschungen an der Südküste der Außenförde sind bisher von den Bearbeitern in erster Linie auf das besondere Zusammenwirken der kliffabtragenden Faktoren in der Bucht zurückgeführt worden. Für sie ist jedoch zweifellos in erster Linie der Ton verantwortlich, wie es A. Jessen (1945) auch für die Verhältnisse an der Nordküste beschrieben hat. Diese Rutschungen sind nicht an die Lage in der Bucht gebunden, sondern sie können ebenso an der Außenküste auftreten, wie z. B. an der Ostküste von Fehmarn bei Katharinenhof sowie am Heiligenhafener Kliff auf dem Tarras. Möglicherweise werden sie an einigen Steilufern durch die glazialtektonischen Überschiebungsflächen begünstigt.

Dieser Deutung der Rutschungen scheint das Steilufer von Habernis mit seiner an der Huk hoch und steil aufragenden Wand aus Cyprinenton zu widersprechen. Die Erklärung liegt in der besonderen Lage dieses Vorkommens. An der Huk entfällt auf den Gesteinskörper eine erheblich längere Küste als sonst, so daß das Grundwasser in viel stärkerem Maße in das Meer austreten kann. Die Durchfeuchtung des Gesteins ist hier geringer, das Kliff also standfester. Weiter südlich, in größerer Entfernung von der Huk, treten am gleichen Steilufer wieder Rutschungen auf.

Auch an den Kliffs von Düttebüll und Holnis fehlen die Rutschungen auf dem Cyprinenton. Die Vorkommen sind aber nur klein und die Höhe der Steilufer ist gering, so daß es schon aus diesen Gründen nicht zu Rutschungen kommen kann. Der Ton von Holnis ist außerdem sandiger.

Die Aufschlußverhältnisse an den Kliffs sind an Innen- und Außenförde sehr verschieden. Zweifellos wird mit zunehmendem Eindringen in die Bucht die Lage geschützter und der Einfluß der marinen Kräfte geringer. Die Steilufer an der Mündung der Außenförde sind durchweg noch stark angegriffen, die der Innenküste dagegen in der Regel schon zur Ruhe gekommen. Aus dieser Abfolge fällt besonders die Halbinsel Holnis heraus, deren Kliffs teilweise stark im Abbruch liegen. An der Außenförde sind vor allem die Ostwinde morphologisch wirksam, an der Innenförde dagegen die Westwinde.

Die frisch angeschnittenen Steilufer zeigen die Bereiche an, in denen im Augenblick ein starker Angriff des Meeres herrscht. Ein Vergleich mit den Beschreibungen von E. G. Kannenberg (1951) ergibt, daß sich schon während der 7 bis 8 Jahre Abstand zwischen den Kliffbegehungen die Verhältnisse an einigen Punkten erheblich geändert haben. Daraus ergibt sich, daß aus dem Zustand der Steilufer während einer kurzen Beobachtungszeit keine weitreichenden Schlüsse auf die Vorgänge gezogen werden dürfen.

Die Beobachtungen an den Flachküsten ergänzen das bisher gezeichnete Bild. Als auffallender Zug ist allen gemeinsam, daß Dünen völlig fehlen.

An der Außenförde fügen sich die Strandwallbildungen der Flachküsten in eine Abfolge ein. Während am Buchteingang die Anlage von Haken und Nehrungen, die durch örtliche Sonderbedingungen überprägt werden, vorherrscht, erscheinen im Inneren der Außenförde Höftländer. In Übereinstimmung mit P. Martens (1927) sind sie sämtlich in die Förde hinein aufgeschüttet worden. Wie bei den Steilufern wirken in erster Linie die Ostwinde.

In der Innenförde weisen die kleinen Haken dagegen fördenauswärts. Bedenkt man aber, daß sich diese bei der Halbinsel Holnis beträchtlich verengt, dann ist zu folgern, daß die Innenförde wie eine selbständige Bucht wirkt, die entsprechend ihrer Lage in erster Linie den Westwinden ausgesetzt ist. Ähnliche Schlüsse ergaben sich schon aus den Abtragungsverhältnissen an den Kliffs.

In beiden Teilen der Flensburger Förde bestehen als Folge ihrer Gestalt und ihrer Lage zu den Windrichtungen zwei einander entgegengerichtete Küstenströmungen. Man darf annehmen, daß dann auch alle anderen Wasserbewegungen zwei selbständige Systeme bilden. An der Halbinsel Holnis treffen sie aufeinander. Besonders interessant sind die Verhältnisse an der Nordwest-Ecke dieses Landvorsprunges. Während das kleine Höftland von E nach W aufgebaut wurde, also zur Außenförde gehört, hat der jüngere Haken an der gleichen Stelle ebenso wie derjenige an der Nordost-Ecke die entgegengesetzte Richtung, sie gehören demnach zur Innenförde. Die dynamische Grenze zwischen beiden Fördenteilen liegt nicht fest, sondern sie wandert, wahrscheinlich infolge der in jüngerer Vergangenheit zunehmenden Stärke der Westwinde, nach Osten. Diese Stelle ist ein Beispiel mit nur selten zu beobachtender Deutlichkeit für Verschiebungen des Gleichgewichtes an einer Küste.

Schriften

Braun, G.: Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen. — Veröff. d. Inst. f. Meereskde. u. Geogr. Inst. Berlin, **15**, 1911

Gottsche, C.: Die Endmoränen und das marine Diluvium Schleswig-Holsteins. — Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 13, 1897/98.

Gottsche, C.: Der Tapessand von Steensigmoos. — Z. deutsch. Geol. Ges., **56**, 181—184, 1904.

Gripp, K.: Über das marine Altmiocän im Nordseebecken. — N. Jb. Min. etc., BB. **41**, 1—59, 1915.

Gripp, K.: Die Entstehung der Landschaft Ost-Schleswigs vom Dänischen Wohld bis Alsen. — Meyniana, Veröff. a. d. Geol. Inst. Kiel, **2**, 81—123, 1954.

Hansen, S.: Varvighed i danske og skaanske senglaciale Aflejringer. — Danmarks Geologiske Undersøgelse, II. R., 63, 1940.

Heck, H.-L.: Die Eem- und ihre begleitenden Junginterglazial-Ablagerungen bei Oldenbüttel in Holstein. — Abh. Preuß. Geol. L. A., N.F. **140**, 1932.

Hintz, R. A.: Sedimentpetrographische und diluvialgeologische Untersuchungen im Küstenbereich des Landes Angeln (Schleswig-Holstein). — Meyniana, Veröff. a. d. Geol. Inst. Kiel, **6**, 1957.

Jessen, A.: Beskrivelse til Geologisk Kort over Danmark, Kortbladet Sønderborg. — Danmarks Geologiske Undersøgelse, I. R., 20, 1945.

Johnstrup, F.: Nogle Jagttagelser over Glacialphænomenerne og Cyprina-Leret i Danmark. — Kjøbenhavn, 1882.

Kannenberg, E. G.: Die Steilufer der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. — Schrift. Geogr. Inst. Univ. Kiel, **14**, 1, 1951.

Kannenberg, E. G.: Deiche und Entwässerungsanlagen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste vor 1872. — Die Heimat, **62**, 49—53, 1955.

Köster, R.: Die Morphologie der Strandwall-Landschaften und die erdgeschichtliche Entwicklung der Küsten Ostwagriens und Fehmarns. — Meyniana, Veröff. a. d. Geol. Inst. Univ. Kiel, **4**, 52—65, 1955.

Köster, R.: Experimente zur glazialen Schuppung. — Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh., 510—517, 1957.

MADSEN, V., NORDMANN, V. & HARTZ, N.: Eem-Zonerne. Studier over Cyprinaleret og andre Eem-Aflejringer i Danmark, Nord-Tyskland og Holland. — Danmarks Geologiske Undersøgelse, II. R., 17, 1908.

MARTENS, P.: Die Morphologie der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. — Schriften der Baltischen Kommission zu Kiel, **5**, 1927.

PETERSEN, G.: Die Schollen der norddeutschen Moränen in ihrer Bedeutung für die diluvialen Krustenbewegungen. — Fortschr. d. Geol. u. Pal., **9**, 1924.

REINHARD H.: Küstenveränderungen und Küstenschutz der Insel Hiddensee. — Berlin 1956.

SCHMITZ, H.: Pollenanalytische Untersuchungen an der inneren Lübecker Bucht. — Die Küste, **I**, **2**, 34—44, 1952.

SCHMITZ, H.: Die Waldgeschichte Ostholsteins und der zeitliche Ablauf der postglazialen Transgression an der holsteinischen Ostseeküste. — Ber. deutsch. Bot. Ges., **66**, 151—166, 1953.

SORGENFREI, TH.: Marint Nedre-Miocaen in Klintinghoved paa Als. — Danmarks Geologiske Undersøgelse, II. R., **65**, 1940.

TAPFER, E.: Meeresgeschichte der Kieler und Lübecker Bucht im Postglazial. — Geologie d. Meere u. Binnengew., **4**, 113—244, 1940.

WASMUND, E.: Chemisch-physikalische Daten der Alttertiär-Tone um Fehmarn und der „innere Küstenzerfall". — Kieler Meeresforschungen, **1**, 243—263, 1936.

WETZEL, W.: Einige neue Fundpunkte von Eem-Schichten und ihre paläogeographische Bedeutung. — Z. deutsch. Geol. Ges., **73**, 151/152, 1921.

Karten

Meßtischblätter 1 : 25000: Nr. 1122 Flensburg (Nord); Nr. 1123 Glücksburg; Nr. 1124 Westerholz; Nr. 1224 Sterup; Nr. 1225 Gelting.

Seekarten 1 : 25000: Flensburger Förde, Innerer Teil; Flensburger Förde, Äußerer Teil.

Karte der Eisrandlagen von Ost-Schleswig 1 : 100000 aus K. GRIPP (1954).

Geologisk Kort over Danmark 1 : 100000, Kortbladet Sønderborg, Danmarks Geologiske Undersøgelse, I. R., 20, aufgenommen von A. JESSEN.

Landtcorte von dem Ambte Flensborg. Anno 1648.