

# Margrethe-Koog

## Landgewinnung und Küstenschutz im südlichen Teil des dänischen Wattenmeeres

Von MARGOT JESPERSEN und ERIK RASMUSSEN

### Zusammenfassung

Hauptgegenstand der Abhandlung ist die Landgewinnung und der Küstenschutz im südlichen Teil des dänischen Wattenmeeres zwischen der deutsch-dänischen Grenze und der Geest bei Emmerlev Klev nördlich von Höjer.

Nach einer allgemeinen historischen und küstenmorphologischen Beschreibung folgt ein detaillierter Bericht über Landgewinnungsmaßnahmen in der Periode 1954–72, besonders mit Rücksicht auf die Verbreitung des Andelgrases und die damit verbundene Hauptstruktur der Vorlandbildung, die Marschklint.

Der Bau des Vordeiches 1979–82 und die Herstellung des Margrethe-Kooges mit Speicherbecken und Salzwassersee werden erwähnt.

Danach folgt eine Beschreibung des Vorlandes und des Watts vor dem Vordeich. Die Beschreibung gibt Auskunft über u. a. das neu entstandene Hochwatt und die Entwicklung des Grenzprieles, des Spülgrabens und des Niedrigwatts entlang dem Graben.

Vergleiche zwischen Wattenprofilen vor dem neuen Vordeich und dem alten Höjer Deich werden angestellt.

Zum Schluß folgt ein Bericht über Küstenschutzmaßnahmen, Schlickfeldanlagen und Andelgrasauslegung vor dem Vordeich.

### Summary

*The main subject of this paper is land reclamation and coastal protection in the southernmost portion of the Danish Wadden Sea.*

*After a general historical and coast-morphological introduction, a detailed description follows of the land reclamation measures undertaken in the period between 1954–72, with special reference to the growth of andel grasses and the subsequent main form of the resulting foreland, the marsh-“klint”.*

*The construction of a new dike 1979–82 and the formation of the Margrethe-Koog and its associated reservoir for surplus water and salt water lake are mentioned.*

*Then a description of the foreland and the intertidal zone before the new dike is given, and information is presented on the development of the tidal channels and the pump canals.*

*Comparisons are made between the intertidal profiles in front of the new and the old dikes.*

*The last section gives an outline of the coastal protection measures before the new dike.*

### Inhalt

1. Einführung . . . . .	98
2. Das dänische Wattenmeer . . . . .	99
2.1 Küstenmorphologische Beschreibung . . . . .	99
2.2 Landgewinnung . . . . .	100
3. Landgewinnung und Deichbau in der Vidau-Marsch mit dem Schwergewicht auf dem dänischen Teil . . . . .	102
3.1 Die ältere Landgewinnung und die alten Deiche . . . . .	102

3.2 Landgewinnung in der Periode 1954–1972 . . . . .	107
3.2.1 Das alte Vorland . . . . .	108
3.2.2 Das Landgewinnungsfeld von 1958 . . . . .	112
3.2.3 Das Landgewinnungsfeld von 1960 . . . . .	118
3.2.4 Das Landgewinnungsfeld von 1963/64 . . . . .	120
3.2.5 Das Landgewinnungsfeld von 1965 . . . . .	122
3.2.6 Die Hauptstrukturen des Gebietes . . . . .	123
3.3 Landgewinnung und Deichbau in der Periode 1972–1982 . . . . .	124
3.3.1 Sturmfluten und Küstensicherung . . . . .	124
3.3.2 Der Vordeich . . . . .	126
4. Margrethe-Koog . . . . .	128
5. Vorland und Watt vor dem dänischen Teil des Vordeiches . . . . .	132
5.1 Vermessungen . . . . .	132
5.2 Landschaftsformen . . . . .	136
5.2.1 Das eingespülte Vorland . . . . .	136
5.2.2 Hochwatten . . . . .	137
5.2.3 Wattpriele . . . . .	138
5.2.4 Flutscharten und Flutbänke . . . . .	140
5.2.5 Der Spülgraben . . . . .	142
5.2.6 Die Niedrigwatten um den Spülgraben . . . . .	145
5.3 Vergleich zwischen Wattenprofilen vor dem Vordeich und vor dem Höjer Deich . . . . .	147
5.4 Küstenschutzanlagen vor dem Vordeich . . . . .	148
6. Schriftenverzeichnis . . . . .	153

### 1. Einführung

Die jüngste Eindeichung im dänischen Wattenmeer wurde in den Jahren 1979–81 durchgeführt. In einer dänisch-deutschen Zusammenarbeit wurde zwischen dem Hindenburgdamm und Emmerlev Klev auf der Geest nördlich von Höjer ein Vordeich errichtet. Hierdurch wurden zwei Köge geschaffen, und zwar der Rickelsbüller-Koog auf der deutschen und der Margrethe-Koog auf der dänischen Seite der Grenze (Abb. 1). Unmittelbarer Anlaß

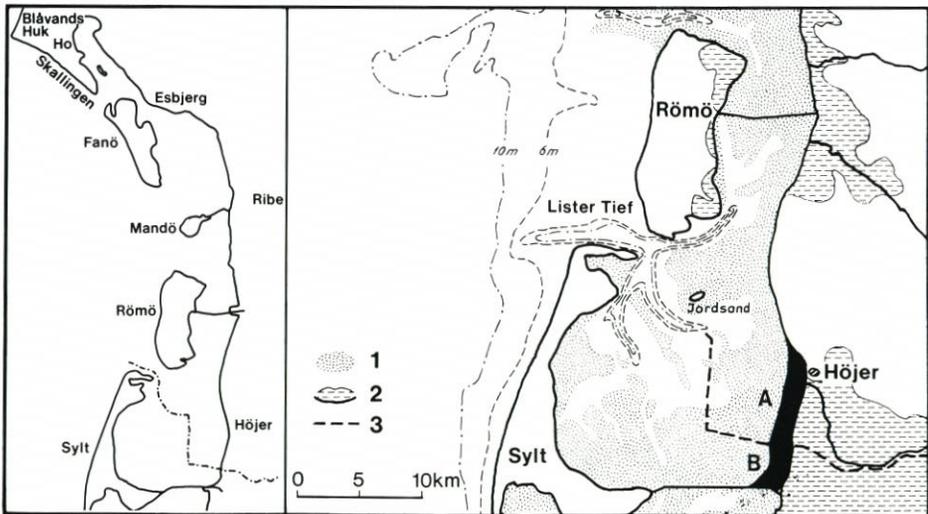


Abb. 1: Der südliche Teil des dänischen Wattenmeeres. 1: Watt, 2: Marsch, 3: Deutsch-dänische Grenze. A: Margrethe-Koog, B: Rickelsbüller-Koog

zur Errichtung dieses Deiches waren die Sturmfluten im Januar 1976. Der dänische Teil des neuen Deiches wurde auf dem Watt an der westlichen Abgrenzung eines großen in den Jahren 1958-65 zwecks späterer Eindeichung angelegten Landgewinnungsfeldes errichtet.

Die Landgewinnung bei Höjer wurde von einem 1953 eingesetzten Ausschuß mit u. a. Vertretern des dänischen Landwirtschaftsministeriums, des dänischen Wasserbauamtes, des Kreises Tondern und des Instituts für Geographie an der Universität zu Kopenhagen durchgeführt. Der dänische Teil des Vordeiches wurde von der Küsteninspektion des dänischen Verkehrsministeriums entworfen und von der niederländischen Firma Bos & Kalis als Hauptunternehmer errichtet.

In Verbindung mit der Errichtung des Deiches beschloß der naturwissenschaftliche Forschungsbeirat des dänischen Staates, die Forschung in dem Gebiet zu intensivieren, woraus sich u. a. die Genehmigung zur Inangriffnahme eines 10jährigen Projekts durch das Institut für Geographie an der Universität zu Kopenhagen ergab. Das Projekt betraf den Zusammenhang zwischen den Humaneingriffen und der Watten- und Vorlandentwicklung vor dem neuen Deich. Im Zuge des Projektes wurden detaillierte Wathöhenkarten erstellt, die die Grundlage für die Planung von Schlickfeldern am Vordeich bildeten. Diese Bauarbeit wird von der Direktion für Landwirtschaft des dänischen Landwirtschaftsministeriums ausgeführt.

## 2. Das dänische Wattenmeer

### 2.1 Küstenmorphologische Beschreibung

Das dänische Wattenmeer erstreckt sich von der Ho Bucht im Norden bis an die deutsch-dänische Grenze im Süden und wird gegen Westen von Skallingen, Fanö und Römö abgegrenzt (Abb. 1).

Die Außenküste des dänischen Wattenmeeres ist eine Barriereküste, die lediglich aus jungen marinen Bildungen besteht. Die Barriere bildet eine einigermaßen gleichmäßig gebogene Linie zwischen Blaavands Huk und dem Roten Kliff auf Sylt. Zwischen diesen Punkten versuchen die marinen Kräfte, eine Ausgleichsküste zu bilden. Die Westküste von Skallingen, Fanö und Sylt liegt ungefähr in der idealen Linie, während die Westküste von Römö im Anwachsen an die Idealküstenlinie begriffen ist.

Die Barriere wird von vier großen Gezeitenrinnen durchbrochen, und zwar vom Graatief, Knudetief, Juvre Tief und Lister Tief, die den Wasseraustausch zwischen der Nordsee und dem Wattenmeer vermitteln. Unmittelbar innerhalb der Barriere spalten sich die Tiefs in zwei Hauptzweige. Der Gezeitenunterschied im dänischen Wattenmeer variiert von 1,5 m im nördlichen Teil bis 2,0 m im südlichen Teil. Die gesamte Wasserbewegung je Gezeitenperiode in jeder Richtung beträgt für die vier Tiefs insgesamt ca. 1000 Mio. m<sup>3</sup>, von denen etwa die Hälfte durch das Lister Tief strömt.

Die Fläche des dänischen Wattenmeeres beträgt 850 km<sup>2</sup>, von denen 60 % Watten sind. Die Watten bilden nicht nur einen Saum an den Küsten der Nordsee, sondern sie finden sich auch als große freiliegende Bänke im Wattenmeer und in den Mündungsgebieten der Tiefs. Im Wattenmeer besteht ein ausgeprägter Unterschied zwischen den Küstenwatten auf den Leeseiten der Inseln und den Watten an der Festlandsküste. Dieser Unterschied kommt in erster Linie durch das Niveau und das Küstenprofil zum Ausdruck.

Auf der Leeseite der Inseln verhält es sich in den meisten Fällen so, daß der höhere Teil des Watts unmittelbar am Fuße einer Erosionskante in der Marsch liegt. Das Watt fällt von hier gleichmäßig zu einem niedrigen Niveau ab. Die höchsten Watten liegen selten über 0,5 m

DNN (Dänisch Normal Null), d. h. 30–50 cm niedriger als das Hochwasserniveau. Auf der Festlandseite liegen die höchsten Teile der Watten sehr oft im Niveau 0,7–0,9 m DNN, d. h. ein bißchen unter der Mitteltidehochwasserlinie (MThw). Diese Hochwatten, die als über 0,6 m DNN gelegene Watten definiert werden, erscheinen überwiegend als isolierte längliche Bänke parallel zur Küste, wobei die höheren Teile 200–400 m außerhalb der Marschkante liegen.

An der Grenze zwischen den Gezeitengebieten der einzelnen Tiefs finden sich hochliegende Wasserscheidebänke. Diese Bänke bildeten die Grundlage für zwei Straßenanlagen, und zwar den Römö Damm und den Mandö Lahnungsweg. Eine besondere Gruppe hochliegender Watten besteht aus Bänken mit der Längsachse ungefähr rechtwinklig zur Festlandküste. Diese bilden Wasserscheiden in den zentralen Teilen der Gezeitengebiete und erstrecken sich von der Festlandküste bis an die Verzweigung der Tiefs innerhalb der Barriere. Beispielsweise sei Jordsands Flak im Gezeitengebiet vom Lister Tief erwähnt. Bei Ebbe ist diese Bank bis etwa 8 km westlich von der Festlandküste trockengelegt.

Das dänische Wattenmeer besitzt eine positive Sedimentbalance. So werden große Sedimentmengen vom Boden der Nordsee sowie vom Abbau der jütischen Westküste nördlich von Blaavands Huk und von der Westküste von Sylt zugeführt. Beispielsweise haben sich in den letzten 50 Jahren lediglich im Gezeitengebiet vom Lister Tief mindestens 3 Mio. m<sup>3</sup> Material abgelagert. Die positive Sedimentbalance ist die Hauptvoraussetzung der Marschbildung im dänischen Wattenmeer.

Die Marsch bildet sich durch einen Ablagerungsprozeß im oberen Teil der Gezeitenzone in einer dichten Vegetationsdecke aus salzverträglichen Pflanzen. Im dänischen Wattenmeer finden sich mehrere verschiedene Typen von Marsch, die sich durch Anwachsengeschwindigkeit, Salzgehalt, Oberflächenformen und Verbreitung voneinander unterscheiden. Unter den gegenwärtigen Verhältnissen gibt es hauptsächlich zwei dominierende Marschtypen, und zwar die sogenannte Klintmarsch, die durch Anwachsen auf Hochwatten an der Festlandküste entsteht, und die sogenannte Leeküstenmarsch, die sich durch Anwachsen auf der Ostseite der Barriere bildet. Die Leeküstenmarsch kann sowohl auf einem Hochwatt, wie z. B. an der Ostküste von Mandö, als auch auf Flächen über der Hochwasserlinie, wie z. B. auf Skallingen, entstehen. Andere Formen von Marschanwachs sind Flußmarsch und Lagunenmarsch, die sich um Aumündungen und in teilweise geschlossenen Buchten oder Lagunen bilden, in denen die Vegetation durch Brackwasser gekennzeichnet ist und zum Teil aus Rohrwald besteht. Diese Marschtypen bilden sich gegenwärtig nur im geringen Ausmaß im dänischen Wattenmeer, haben aber allem Anschein nach während der Bildung der älteren Marschgebiete eine große Rolle gespielt.

## 2.2 Landgewinnung

Die Klintmarsch bildet die Grundlage eines wesentlichen Teils der Landgewinnung im dänischen Wattenmeer. Der natürliche Verlauf der Bildung einer Klintmarsch ist in kurzen Zügen wie folgt (Abb. 2):

Andelgras beginnt ein Hochwatt zu besiedeln und Grasbüschel im Mittelhochwasserniveau zu bilden. Die Andelgrasbüschel sind gute Sedimentsammler, weshalb sie in bezug auf Höhe und Fläche schnell wachsen. Die einzelnen Grasbüschel wachsen allmählich zu einer kleinen etwa 200 m außerhalb der Küste gelegenen Insel zusammen. Der westliche Teil der neugebildeten Insel wächst schneller in die Höhe als der östliche Teil. Dies ist darauf zurückzuführen, daß das Andelgras im äußeren westlichen Teil der Insel besonders den verhältnismäßig groben, mit den Gezeiten hineingeführten Sand auffängt, während der feinere

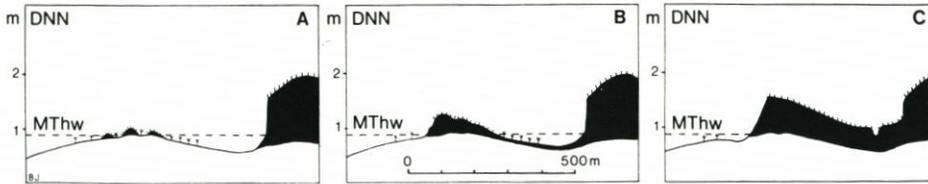


Abb. 2: Klintmarschbildung.

A: Anfang der Marschbildung auf Hochwatt vor dem alten Vorland. B: Entstehung der Andelgrasinsel, die Klint. C: Zusammenwachsen der Klint mit dem alten Vorland. DNN: Dänisch Normal Null. MThw: Mitteltidehochwasser (nach B. JAKOBSEN)

Sand und der Lehm erst im ruhigeren Wasser auf der Leeseite der Insel aufgefangen werden. In der mit Wasser gefüllten Niederung zwischen der Insel und der Küste, dem sogenannten Landpriel, wachsen oft große Mengen Spartina, die einen Sumpf bilden. In diesem Sumpf gedeiht das Andelgras schlecht, da es für diese Pflanze wichtig ist, daß das Wasser nach der Flut schnell wegströmt. Das Landprielgebiet wächst deshalb sehr langsam in die Höhe, und es dauert lange, ehe die Insel mit dem Land verbunden wird. Gleichzeitig mit dem Aufbauen der Marschinsel beginnt das Meer einerseits eine Erosion des davor liegenden Watts und die Gestaltung einer neuen Landprielniederung, andererseits einen Abbau des westlichen Teils der Insel, so daß sich eine niedrige, aber markante Erosionskante (im Dänischen „klint“) gegen das Watt hinaus bildet. Diese Erosionskint hat der ganzen Marschinsel, der Marschkint, und damit auch dem mit Klintmarsch bezeichneten Marschtyp den Namen gegeben.

An Stellen, an denen eine natürliche Bildung von Klintmarsch bereits im Gange ist, oder wo deutlich ist, daß die wesentlichsten Voraussetzungen vorhanden sind, sind nur verhältnismäßig bescheidene technische Eingriffe zur Förderung einer Landbildung erforderlich, die im Prinzip der natürlichen Bildung von Klintmarsch entspricht. Die Eingriffe bestehen im Bauen von Faschinezäunen auf dem Hochwatt parallel zur Küste und Grüppeln der Wattoberfläche rechtwinklig zur Küste. Die Faschinezäune gewähren einen Schutz, und die Grüppeln bewirken eine stark verbesserte Dränierung des Watts gegen den Landpriel. Beide Eingriffe ergeben bessere Wachstumsbedingungen für das Andelgras und damit einen schnelleren Marschanwachs. Im eigentlichen Landpriel bewirkt das Grüppeln in Verbindung mit einem Abflußkanal eine Verbesserung der Entwässerung in einem solchen Grade, daß die Bildung von Spartinasümpfen begrenzt wird, wodurch eine schnellere Eroberung des Gebietes durch das Andelgras und die Verbindung des Marschanwachses mit dem Land ermöglicht werden. Der Faschinezäun an der Westseite des Marschanwachsgebietes verhindert die Bildung einer Erosionskante und schützt damit die neugebildete Marsch vor Abbau. Diese einfache Form der Landgewinnung ist sehr alt, und sie hat für die Bildung eines Teils der Marsch im nordwesteuropäischen Marschgebiet eine große Rolle gespielt. Sie hat jedoch kaum eine Marschbildung mit sich geführt, die nicht ohnehin erfolgt wäre; die Marschbildung ist aber schneller als bei natürlichem Anwachs erfolgt.

Im dänischen Wattenmeer zielte man bis Mitte dieses Jahrhunderts hauptsächlich darauf ab, unter Verwendung des oben beschriebenen einfachen Verfahrens die vielversprechendsten Hochwattengebiete zu gewinnen. Erst in den letzten Jahren hat man eine intensive Landgewinnung über größere Strecken mit Anlegen von Schlickfeldern begonnen. In den jetzigen Landgewinnungsanlagen finden sich sowohl potentielle Anwachsgebiete als auch niedrigliegende Watten. Deshalb war es erforderlich, unter Berücksichtigung der Verhältnisse an den einzelnen Orten verschiedene Schlickfeldsysteme zu verwenden. In hoch- als auch in niedrigliegenden Schlickfeldern wird Grüppeln durchgeführt, aber für verschiedene Zwecke. In den

Schlickfeldern auf dem Hochwatt dienen die Gruppen als ein überdimensioniertes Dränierungssystem, das den potentiellen Anwachs fördert. In Schlickfeldern, in denen das Watt der Vegetation zu niedrig ist, wird ein Grüppeln zu dem Zweck durchgeführt, das Watt bis zum Vegetationsniveau anzuheben. Die Hochwattenschlickfelder liegen in mehreren Varianten vor, abhängig von der Wattneigung und den sich daraus ergebenden Unterschieden des Dränierungsmusters. Aus Abb. 3 ist ein Beispiel der Schlickfelder der Landgewinnung bei Höjer ersichtlich. Nach 1950 wurden im dänischen Wattenmeer Schlickfeldanlagen mit einer gesamten Fläche von 24,1 km<sup>2</sup> eingerichtet, davon 13,8 km<sup>2</sup> im Gezeitengebiet vom Lister Tief.

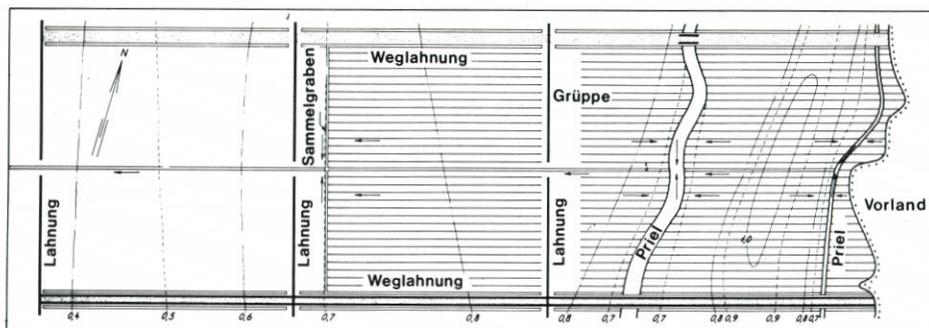


Abb. 3: Beispiele der Schlickfelder bei Höjer (nach H. A. OLSEN)

### 3. Landgewinnung und Deichbau in der Vidau-Marsch mit dem Schwergewicht auf dem dänischen Teil

#### 3.1 Die ältere Landgewinnung und die alten Deiche

Die Vidau-Marsch ist der nördlichste Teil des großen Marschgebietes, das sich von der Geest bei Husum bis an die Geest bei Höjer erstreckt. Die südliche Abgrenzung der Vidau-Marsch erfolgt durch eine Linie Südwesthörn-Niebull-Klixbull. Der größte Teil dieses Marschgebietes entwässert in die Vidau.

Der älteste Seedeich in der Vidau-Marsch stammt von 1436 und umrahmt den alten Koog der Wiedingharde (Abb. 4). In den Jahren 1553–56 wurde ein Deich von Höjer über Rudböl nach Grelsböl errichtet, wodurch ein ca. 55 km<sup>2</sup> großes Marschgebiet eingedeicht wurde. Zehn Jahre später, i. J. 1566, wurde die große Niederung vom Gotteskoog östlich vom alten Koog der Wiedingharde eingedeicht, wodurch von Südwesthörn nach Höjer ein zusammenhängender Seedeich geschaffen wurde. Dieser Deich war von einer sehr erheblichen Länge, ca. 30 km, da er an der Innenseite einer großen Wattenbucht verlief, die sich gegen Südosten ganz nach Rudböl erstreckte. Auf einer Karte von 1652 (Abb. 4) wird die Bucht „Rutebull haven“ genannt. Auf der nördlichen Seite der Bucht erstreckte sich das Wattenmeer zu diesem Zeitpunkt fast ganz bis an den Deich zwischen Höjer und Rudböl, während sich auf der südlichen Seite der Bucht bedeutende Marschgebiete außerhalb des Deiches befanden, und zwar Richelsbull und Trindsand vor dem Deich um den alten Koog der Wiedingharde herum und Brunodde vor dem 1618 eingedeichten Brunodde-Koog. Im Jahre 1692 wurde um Trindsand ein Deich gebaut, wodurch der Alt-Friedrichskoog geschaffen wurde (Abb. 5), und



Abb. 4: Das Marschgebiet südlich von Höjer. Johannes Mejer, 1652. 1: Wiedingharder alter Koog. 2: Höjer-Mögeltränder-Koog. 3: Gotteskoog. 4: Brunodde-Koog

1715 wurde ein Deich über die Vidau zwischen dem Deich um den Alt-Friedrichskoog und dem alten Deich zwischen Höjer und Rudböl gebaut, wodurch der Rudböl-Koog entstand.

Vor den neuen Deichen bildete sich ein neues Vorland, das 1805 eine Größe von ca. 500 ha erreicht hatte. An der nordwestlichen Ecke des alten Kooges der Wiedingharde ist dagegen eine Erosion erfolgt, die das alte Marschgebiet Richelsbüll völlig entfernt hat. Westlich vom neugebildeten Vorland bildete sich in den folgenden Jahren noch ein neues Vorland, und nach Verlauf von knapp 50 Jahren hatte sich die Vorlandfläche fast verdoppelt (Abb. 6). In den Jahren 1859–61 wurde das Vorland durch den Bau eines neuen Deiches eingedeicht, der von Höjer nach Süden an den Deich um den alten Koog der Wiedingharde verläuft. Eine deutsche Karte von 1881 (Abb. 7) zeigt den neuen Seedeich, der Höjer Deich genannt wurde, und den neuen Koog, der mit Neu-Friedrichskoog bezeichnet wurde.

Die Neu-Friedrichskooger-Marsch ist zum größten Teil durch Verwendung des früher erwähnten einfachen Landgewinnungsverfahrens geschaffen, das auf der natürlichen Klintmarschbildung basiert. Im südlichen Teil vom Neu-Friedrichskoog ist dies besonders deutlich. Aus einer Detailkarte (Abb. 8) ist ersichtlich, daß der Höjer Deich auf dem hohen westlichen Teil einer Marschklint gebaut wurde, die gegen Osten zu einer früheren Landpriel-



Abb. 5: Karte der Gesellschaft für Wissenschaft 1805. 5: Alt-Friedrichskoog. 6: Rudböl-Koog

niederung vor einer älteren Marschklint abfällt. Diese Marschklint ist ebenfalls höher in ihrem westlichen Teil und nimmt im Osten an Höhe ab. Die östlichere Marschklint entspricht der Küstenlinie des Jahres 1805, während sich das westlich davon liegende Vorland in der Periode 1805–53 (Abb. 5 und 6) bildete. 1857 wurde eine Kartierung des Wats vor dem neugebildeten Vorland vorgenommen. Daraus ergibt sich, daß sich im nördlichen Teil eine ca. 200 m breite Wattfläche mit Queller findet, was ein Wattniveau von mindestens 0,6 m DNN anzeigt. Vor dem südlichen Teil des Vorlandes ist das Watt dagegen vegetationslos. In diesem Bereich wurde der Deich auf einer 700 m weiten Strecke direkt auf dem Watt ungefähr hundert Meter außerhalb des Vorlandes angelegt. Das eingedeichte Wattenareal der südwestlichen Ecke vom Neu-Friedrichskoog stellt heute eine niedrige mit Schilfrohr bestandene Fläche dar und bildet somit einen deutlichen Gegensatz zu der Marsch, die zum größten Teil Weideland ausmacht.

Der Höjer Deich bedeutete für die Bewohner des alten Koogs hinter dem Höjer-Rudböl-Deich eine große Erhöhung der Sicherheit im Falle einer Sturmflut. Früher im Jahrhundert war in diesem Koog eine andere Verbesserung der Sicherheit durchgeführt worden, da 1828 bei Snurom östlich von Höjer (Abb. 7) ein Deich gebaut wurde; dieser sollte verhindern, daß das Meer in einer Sturmflutsituation über die Marschareale nördlich von Höjer in den Koog

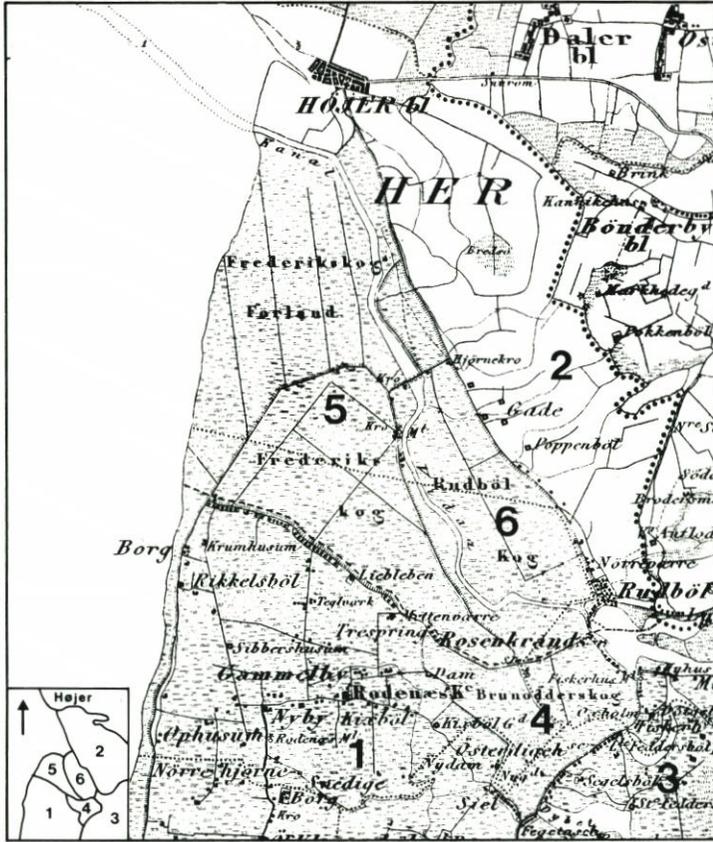


Abb. 6: Dänische Generalstabskarte 1853

hineindrang. Die Marschgebiete nördlich von Højer wurden erst nach der Wiedervereinigung Nordschleswigs mit Dänemark wirksam eingedeicht, da 1926/27 von Højer nach dem Emmerlev Klev nordwestlich von Højer ein Seedeich gebaut wurde. Bis dahin war das Gebiet nur von einem i. J. 1830 gebauten Sommerdeich geschützt, der im Falle einer Sturmflut zu niedrig war. Außerhalb der beiden Deiche (des Højer Deiches und des Emmerlev Deiches) gab es 1935 ein 320 ha großes Vorland (Abb. 9). Dieses Vorland hat sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts gebildet und 1881 ein Areal von 120 ha (Abb. 7) erreicht. Das Vorland ist somit im Laufe eines halben Jahrhunderts um 200 ha gewachsen. 1935 fand sich das breiteste Vorland auf einer Strecke um den Højer Kanal, wobei die größte Breite 700 m betrug. An dem nördlichen Teil des Emmerlev Deiches und auch am südlichen Teil des Højer Deiches entlang betrug die Breite des Vorlandes weniger als 200 m; im Bereich der südlichsten 400 m des Højer Deiches, der, wie früher erwähnt, direkt auf dem Watt gebaut wurde, war das neugebildete Vorland sehr schmal mit einer Breite von nur 50 m. Dieses schmale Vorland wurde von einem Priel abgebaut, der damals vom Gebiet südlich der deutsch-dänischen Grenze bis an den Højer Kanal verlief. In den folgenden Jahren setzte sich der Abbau fort und war 1943 so weit vorgeschritten, daß der Deich an der südwestlichen Ecke angegriffen wurde. Gleichzeitig damit erfolgte eine störende Materialablagerung im Højer Kanal. Diese ernste Situation bewirkte, daß die Gemarkung im Neu-Friedrichskoog entlang der südlichen Seite

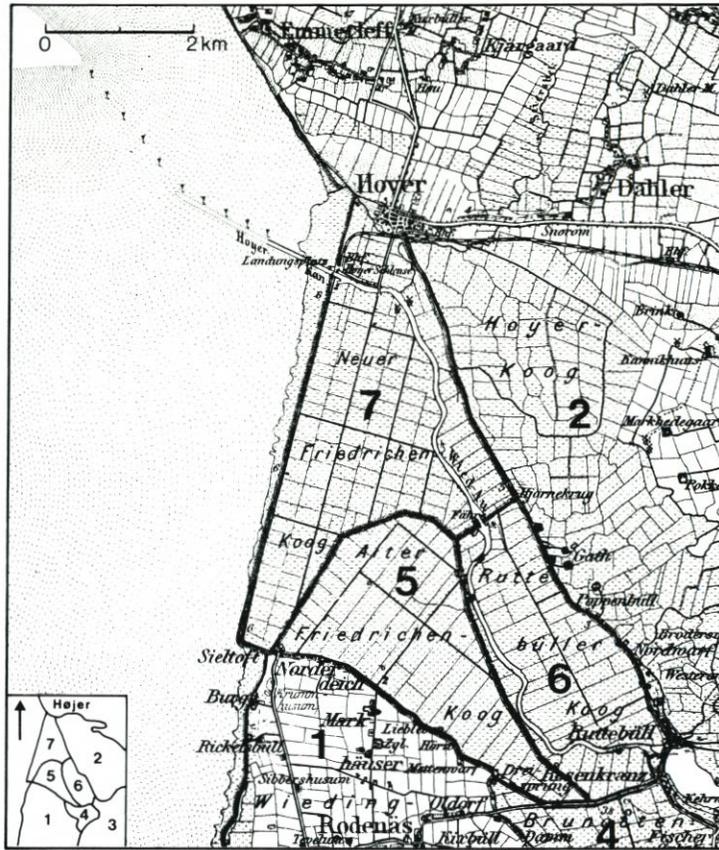


Abb. 7: Deutsche topographische Karte 1881. 7: Neu-Friedrichskoog

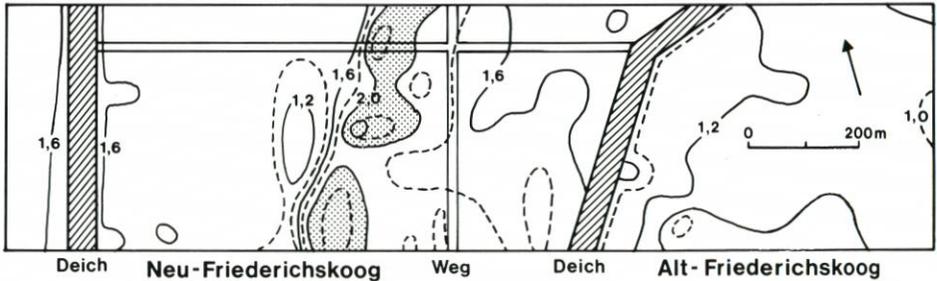


Abb. 8: Alte Marschklint im südlichen Teil des Neu-Friedrichskooges (nach N. K. JACOBSEN)

vom Hoyer Kanal eine Lahnung anlegte, um den Priel vom Kanal wegzuzwingen, und eine Landgewinnung auf dem Watt vor der südlichen Hälfte des Hoyer Deiches zu dem Zweck begann, einen Teil des Prieles zu entfernen und zum Schutz des Deiches ein breites Vorland aufzubauen. Aus einer Vermessung 1953/54 (Abb. 9) ergibt sich, daß im Laufe von zehn Jahren ein neues Klintmarschvorland in einer Breite von 200–600 m und einer Maximumhöhe von 1,5 m DNN geschaffen wurde, was ca. ½ m über Mittel tidehochwasser entspricht.

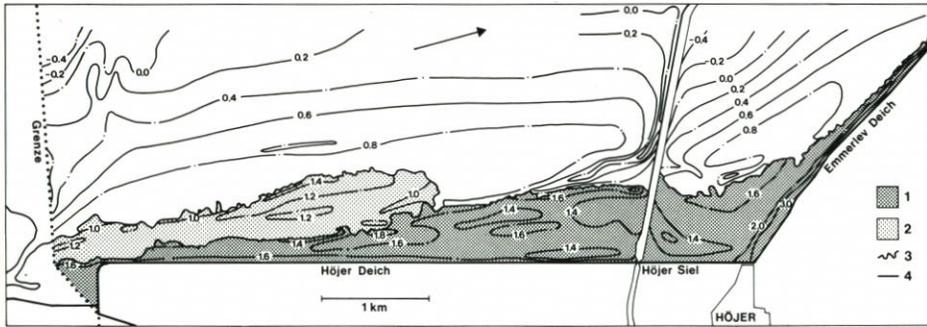


Abb. 9: Das Højer Vorland 1954.

1: Vorland 1935. 2: Vorland entstanden 1943–1954. 3: Erosionskante des Vorlandes. 4: Kanallahnung (nach B. JAKOBSEN)

Nördlich des neuen Vorlandes ist der Priel noch als eine Rinne entlang der Küste ersichtlich, aber in dem Gebiet, in dem neues Vorland gebildet wurde, ist der Priel verschwunden. Es ergibt sich jedoch, wo der Priel verlaufen ist, daß das Gebiet unmittelbar außerhalb der alten Küste fast  $\frac{1}{2}$  m niedriger als der westlichste Teil des neuen Vorlandes ist. Das Areal des neugewonnenen Vorlandes betrug 140 ha. Dadurch erfolgte eine Vergrößerung des gesamten Vorlandareals auf 460 ha.

Es läßt sich folgern, daß es in den äußeren Teilen der Vidau-Marsch ein Erfolg war, die auf der natürlichen Klintmarschbildung basierende Landgewinnung zu betreiben. Schon während der Periode 1805–1954 wurden durch dieses Verfahren in dem Gebiet etwa 1000 ha neue Marsch geschaffen.

### 3.2 Landgewinnung in der Periode 1954–1972

Die holländische Sturmflutkatastrophe 1952 veranlaßte eine Neubewertung der Landgewinnung im dänischen Wattenmeer. Die bisher privat vorgenommenen Landgewinnungen waren als unzulänglich anzusehen, und es wurde für notwendig gehalten, die Landgewinnung nach größeren Gesamtplänen unter staatlicher Regie durchzuführen.

1953/54 wurde im Vidau-Marschgebiet eine detaillierte Vermessung des Vorlandes und der Watten vor dem Højer Deich durchgeführt. Die Vermessung basierte auf einer durch trigonometrische Punkte auf dem Højer Deich hergestellten Basislinie. Rechtwinklig zur Basislinie wurden im Abstand von 200 bis 400 m Linien abgesteckt. Die Länge der Linien betrug 2000 m, abgesehen von den vier nördlichen Linien, bei denen die Länge von 500 bis 1500 m variierte. Entlang der Linien wurde ein geometrisches Nivellement mit festen Übergangspunkten für jeweils 100 m durchgeführt. Geländekoten wurden für jeweils 25 m oder dichter festgestellt, abhängig vom Charakter des Geländes. Alle Koten wurden im Verhältnis zum dänischen Normal Null angegeben. Aufgrund dieser Aufnahme erarbeitete 1956 das Institut für Geographie an der Universität zu Kopenhagen ein Projekt für eine 8,5 km lange Küstenstrecke 600 ha Watten umfassende Landgewinnung. Zweck der Landgewinnung war die Schaffung eines gleichmäßigen, breiten Marschvorlandes mit dem Endziel, einen Vordeich zu bauen, wodurch eine zweifache Deichsicherung der Vidau-Marsch erreicht wurde.

Das Landgewinnungsfeld besteht aus einem Netz von Schlickfeldern, die von küstenparallelen Faschinezäunen im gegenseitigen Abstand von 200–300 m und von Weglahnungen

im gegenseitigen Abstand von 200–400 m abgegrenzt werden. Die Größe der Schlickfelder ist den Naturverhältnissen so angepaßt, daß bei zu erwartenden schlechten Anwachsverhältnissen kleine und bei zu erwartenden guten Anwachsverhältnissen große Schlickfelder verwendet wurden. Die Landgewinnung wurde in mehreren Stufen (Abb. 10) durchgeführt. Die erste Stufe wurde 1958 angelegt und umfaßte hochliegende Watten. Im Anschluß daran wurden

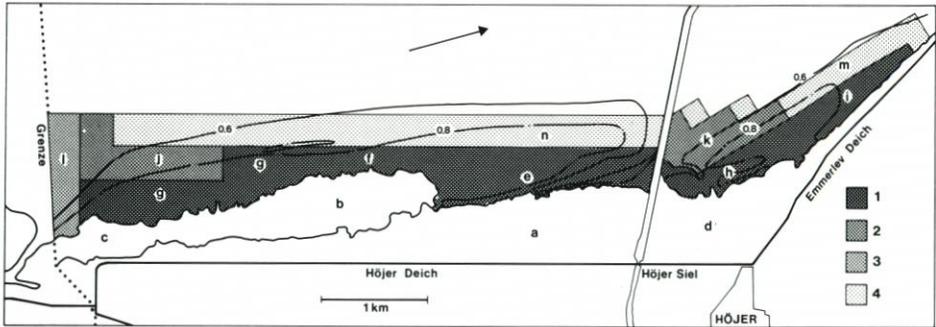


Abb. 10: Das Landgewinnungsfeld bei Højer.

1: Landgewinnung 1958. 2: Landgewinnung 1960. 3: Landgewinnung 1963/64. 4: Landgewinnung 1965 (nach H. A. OLSEN) a–n vgl. Abb. 11–27

1960 Schlickfelder auf niedriger liegenden Watten nördlich vom Højer Kanal und nahe der deutsch-dänischen Grenze angelegt. Danach wurden 1963–1964 im eigentlichen Grenzgebiet Schlickfelder hergestellt, und in diesem Zusammenhang wurde als eine deutsch-dänische gemeinsame Leistung ein breiter Lahnungsweg in der Grenzlinie angelegt. Die letzte 1965 angelegte Stufe umfaßte die niedriger liegenden Watten bis zur geplanten Deichlinie hinaus. 1965 hatte das Landgewinnungsgebiet die geplante Größe erreicht, mit einer Verteilung von 152 ha nördlich vom Højer Kanal und 446 ha südlich vom Kanal. Von dem gesamten Landgewinnungsgebiet waren 1958 281 ha, 1960 91 ha, 1963–64 30 ha und 1965 196 ha angelegt.

Nach Beendigung der Bauarbeit wurde 1966 eine erneute Vermessung des Landgewinnungsgebietes südlich vom Højer Kanal durchgeführt. Das Vorland und das Landgewinnungsgebiet nördlich vom Kanal wurden erst 1972 wieder vermessen, wobei eine umfassende Vermessung des ganzen Gebietes vom Emmerlev Klev bis an die deutsch-dänische Grenze bis zu einer Entfernung von 2–3 km vom Højer Deich durchgeführt wurde. Sowohl 1966 als auch 1972 wurde das 1953/54 hergestellte Vermessungsnetz verwendet.

Nachstehend erfolgt eine Analyse der morphologischen Entwicklung des Vorlandes und des Landgewinnungsgebietes während der Periode 1954–1972, die auf den genannten Vermessungen und gleichlaufenden Vegetationskartierungen basiert. In Abschnitt 3.2.6 erfolgt eine Zusammenfassung der Hauptstrukturen des Gebietes.

### 3.2.1 Das alte Vorland

Wie früher erwähnt, gab es 1954 südlich vom Højer Kanal ein älteres und ein jüngeres Vorland, die beide den Charakter einer Klintmarsch (Abb. 9) hatten. Die Marschklingen wurden gegen Westen von einer unregelmäßigen und stark gegliederten Vorlandkante abgegrenzt, die an vielen Stellen, insbesondere im Gebiet nahe dem Kanal, Zeichen einer Erosion aufwies.

Das ältere Vorland bestand in seinem nördlichen Teil aus zwei Marschklinten (Abb. 11), von denen die ältere der Küstenlinie i. J. 1881 entspricht, während die jüngere der Küstenlinie i. J. 1935 entspricht. Die Höhen in den westlichen Teilen der Marschklinten variierten von 1,6 bis 1,9 m DNN. Die früheren Landpriele hinter den Marschklinten zeichneten sich deutlich im Gelände als längliche Niederungen ab. Die Koten variierten hier von 1,2 m bis 1,4 m

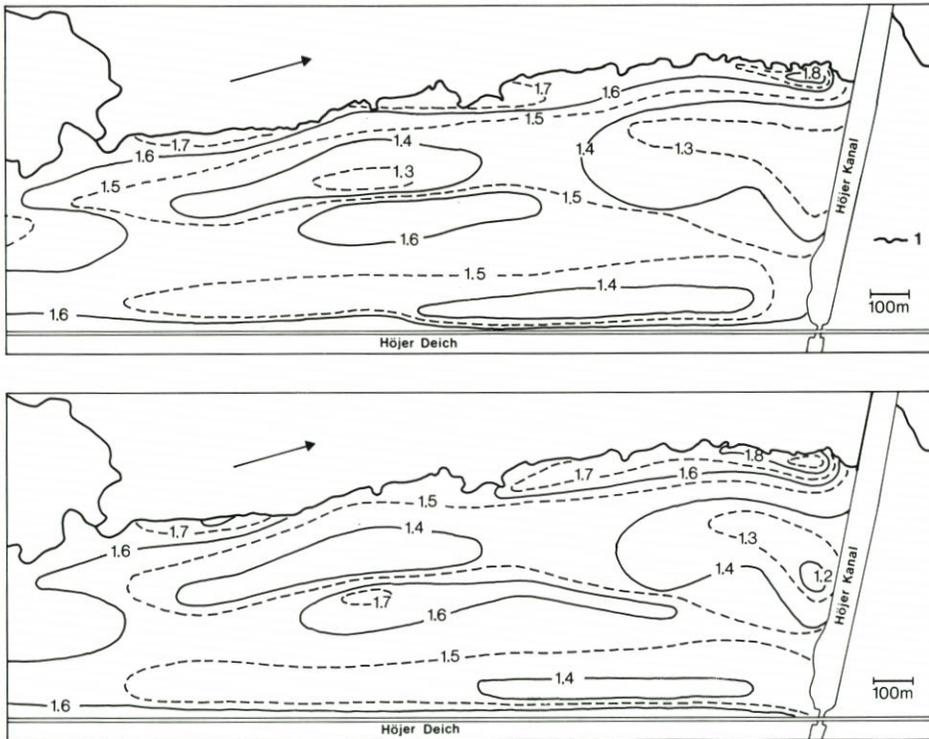


Abb. 11: Das alte Vorland südlich vom Höjer Kanal 1954 und 1972 (Gebiet a, Abb. 10).  
1: Erosionskante des Vorlandes

DNN, was bedeutete, daß Andelgras nicht nur auf den Marschklinten, sondern auch in den Landpriele die dominierende Pflanze war, so daß von einem zusammenhängenden Andelgrasvorland gesprochen werden konnte.

Das jüngere 1943–1954 gebildete Vorland (Abb. 12–13) liegt mit einer Maximumhöhe von 1,5 m DNN niedriger als das ältere Vorland. Das jüngere Vorland wird von zwei gleichzeitig gebildeten Marschklinten dominiert. Die Marschklinten werden von der 1,1 m Höhenkurve abgegrenzt. Die nördliche Marschklint ist nicht nur in bezug auf Länge und Breite die größere, sondern auch in bezug auf Höhe. Der Höhenunterschied kommt durch die Vegetation zum Ausdruck. Die nördliche Klint wird durchaus von Andelgras dominiert, während die südliche Klint in dem höheren Teil mit Andelgras und *Spartina* und auf den niedrigeren Niveaus mit *Spartina* und Queller bestanden ist. Die Landpriele hinter den Klinten sind ebenfalls sehr unterschiedlich. Der Landpriel hinter der nördlichen Klint ist vom Andelgras ganz erobert, während sich der Landpriel hinter der südlichen Klint aufgrund schlechter Dränierung zu einem *Spartina*-Sumpf entwickelt hat.

Die morphologische Entwicklung der Marschklinten während der Periode 1954–1972 ist

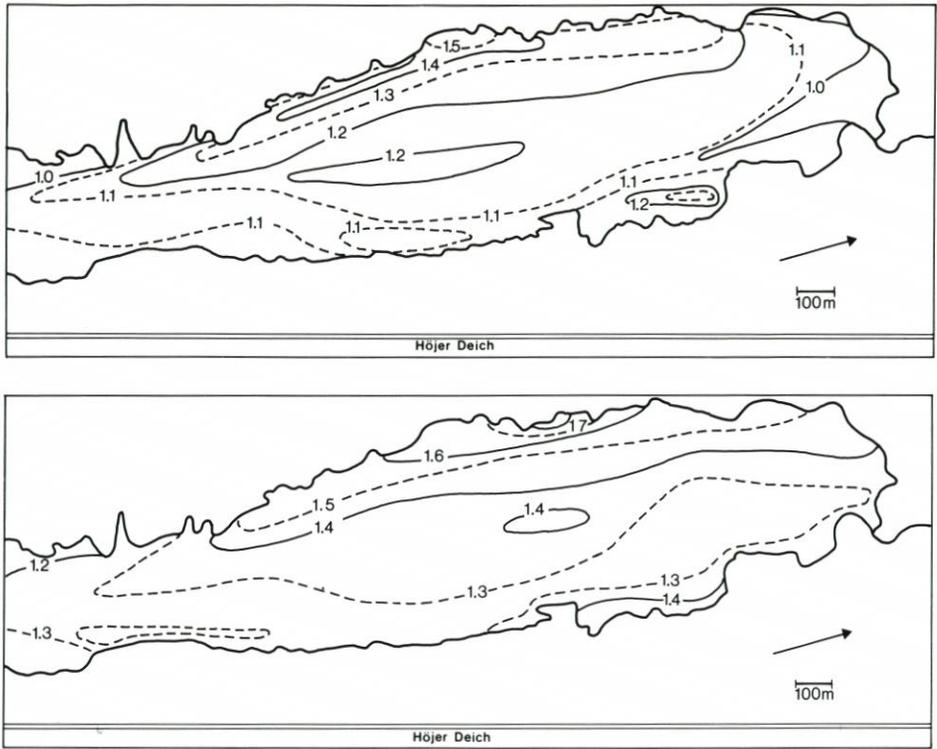


Abb. 12: Der nördliche Teil des jüngeren Vorlandes 1954 und 1972 (Gebiet b, Abb. 10)

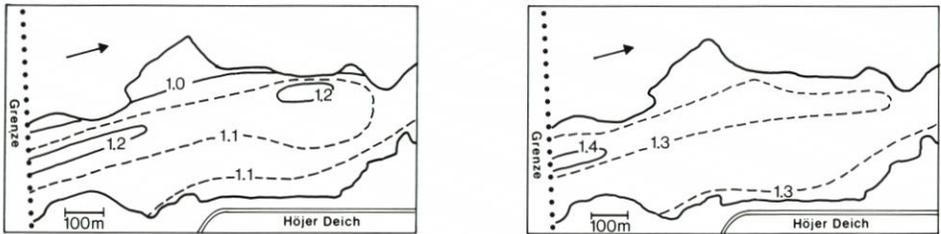


Abb. 13: Der südliche Teil des jüngeren Vorlandes 1954 und 1972 (Gebiet c, Abb. 10)

sehr unterschiedlich. Auf den jungen Marschklinen von 1943–1954 war die Sedimentation am größten mit einem Durchschnitt von 22 cm entlang der vermessenen Linien. Die Sedimentation im Spartina-Gebiet hinter der südlichsten Klint ist überraschend groß. Die Erklärung ist, daß im Laufe der Periode eine verbesserte Dränierung des niedrig liegenden Areals vorgenommen wurde, was die Zuwanderung von Andelgras ermöglichte. Das Andelgras war 1972 die dominierende Pflanze hier. Eine wesentlich kleinere Sedimentation erscheint auf den beiden Marschklinen, die das ältere Vorland unmittelbar südlich vom Höjer Kanal aufbauen. Auf der westlichen Marschklint beträgt die durchschnittliche Sedimentation 9 cm entlang der vermessenen Linien. Der Unterschied der Sedimentation läßt sich nicht nur durch die niveaubedingte, unterschiedliche Überflutungshäufigkeit erklären, sondern ist in Zusammenhang mit der Sedimentation der angrenzenden Landgewinnungsfelder zu sehen, die im

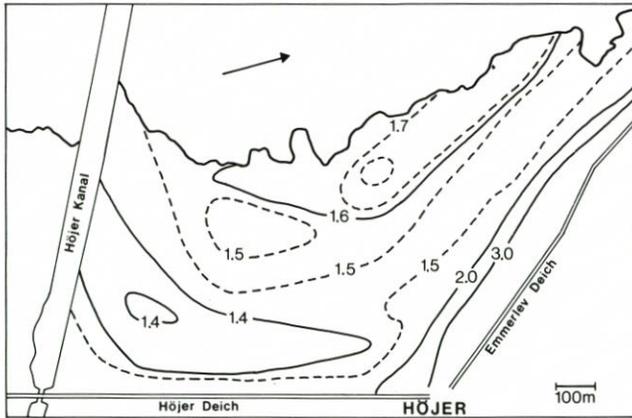


Abb. 14: Das Vorland nördlich vom Höjer Kanal 1954 (Gebiet d, Abb. 10)

nachfolgenden Abschnitt erwähnt werden. Die älteste Marschklint dem Höjer Deich zunächst ist durch eine sehr geringe Sedimentation von durchschnittlich 2 cm gekennzeichnet, was in erster Linie darauf zurückzuführen ist, daß die westlich davon liegenden Klinten den größten Teil des zugeführten Sediments auffangen.

Das Vorland nördlich vom Höjer Kanal ist durch die naheliegende Geest gekennzeichnet. Es handelt sich um einen kleinen Moränenhügel, auf dem die Stadt Höjer liegt, sowie ein größeres Moränengebiet, das sich nach Norden von Emmerlev erstreckt. Die Nähe der Geest sowie die Mündung der Vidau bewirken, daß das Vorland mehr als normal durch Süßwasser gekennzeichnet ist. Der charakteristischen, in erster Linie aus Andelgras bestehenden Klintmarschvegetation waren in diesem Gebiet Schilfrohr und Meerbinsen beigemischt. Die Vegetation ist sogar an gewissen Stellen von denselben dominiert. Die größten Vorlandareale liegen am nördlichsten Teil des Höjer Deiches (Abb. 9), wo das Vorland 1954 eine Maximumbreite von 800 m hat, während das Vorland weiter nördlich am Emmerlev Deich ganz schmal ist. Ganz nach Norden beim Emmerlev Klev wird das Vorland durch einen aus Abbaumaterial von der Geest bestehenden Sandstrand ersetzt.

Unmittelbar nördlich vom Höjer Kanal ist das Vorland ohne Klintmarschstruktur (Abb. 14), wodurch es sich vom Gebiet südlich des Kanals stark unterscheidet. Das Durchschnittsniveau des Gebietes entspricht nur 1,4 m DNN, und die Geländehöhe variiert im größten Teil des Gebietes weniger als 10 cm. Im nördlichen Teil dieses Gebietes hatte die Vidau früher ihre Mündung (Abb. 6), und von dort verläuft eine Landprielniederung gegen NNW entlang einem hochliegenden Landgebiet mit Koten über 3 m DNN. Es handelt sich hierbei um Geest, die die Basis des südlichen Teils des Emmerlev Deiches bildet. Außerhalb der Landprielniederung findet sich ein Marschvorland des üblichen Typs, das aus einer Marschklint besteht, die sowohl in bezug auf Alter als auch Höhe der westlichen der beiden Marschklinten unmittelbar südlich vom Höjer Kanal entspricht.

Im Jahre 1972 weicht das Vorland sehr wenig von dem des Jahres 1954 ab. Die Messungen ergeben nur an wenigen Stellen eine Sedimentation größer als 5 cm und an keiner Stelle größer als 10 cm. Dies bezieht sich sowohl auf die Marschklint, die Landprielniederung als auch das Gebiet am Kanal.

## 3.2.2 Das Landgewinnungsfeld von 1958

Aus der Vermessung 1954 ergibt sich, daß fast das ganze Gebiet südlich vom Höjer Kanal den Charakter eines Hochwatts hatte; nur im nördlichsten und südlichsten Teil des Feldes fanden sich niedriger liegende Gebiete. Vom Hochwatt lagen nicht weniger als 85 % über 0,8 m DNN und 28 % sogar über 0,9 m DNN, was dem Niveau unmittelbar unter Mittelhochwasser entspricht. Die Dränierung des Hochwatts war aufgrund des früher erwähnten markierten Landpriels mit Mündung in den naheliegenden Höjer Kanal (Abb. 15)

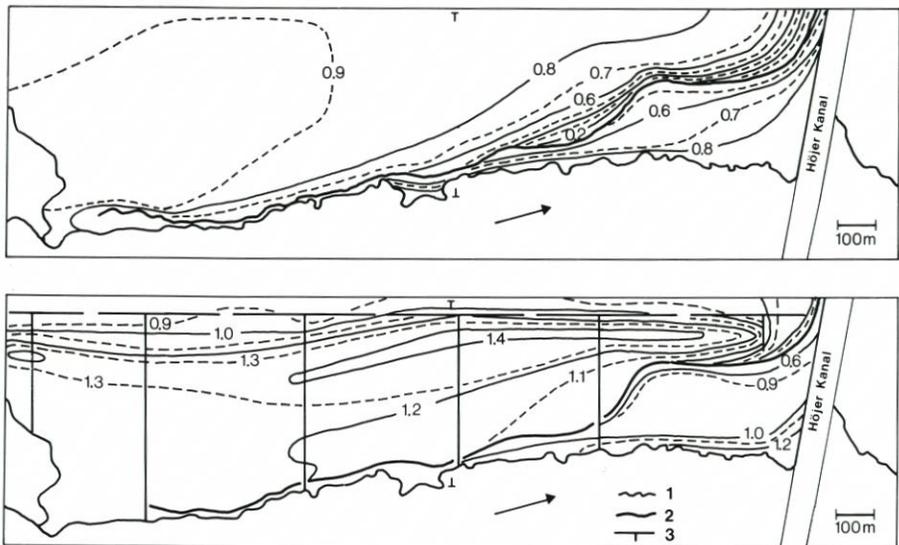


Abb. 15: Das Landgewinnungsfeld 1958 unmittelbar südlich vom Höjer Kanal in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet e, Abb. 10). 1: Erosionskante des Vorlandes. 2: Priel. 3: Lahnungen

im nördlichen Teil am besten. Die gute Dränierung bewirkte, daß 1954 Andelgras in erheblichem Ausmaß im Gebiet um den Landpriel gedieh. Aus einer Spezialvermessung 1955 (Abb. 16) ergibt sich in Einzelheiten die Abhängigkeit des Andelgrases vom Dränierungsmuster, da sich die dichteste Vegetation von Andelgras den eigentlichen Landpriel entlang und den größten Seitenprieln entlang findet, die die Hochwattbank entwässern. Der Priel war noch 1958 ziemlich niedrig, und er diente deshalb als der wirksamste Abfluß des Gebietes innerhalb der Lahnung.

1958 wurde ein Sammelgraben 200 m östlich der Lahnung mit Mündung in den nördlichen Teil des Landpriels angelegt. Der Sammelgraben nahm das Wasser der westlich davon liegenden Gruppen auf. Dadurch vermied man zu lange Gruppen, die eine Versumpfung im Gebiet um den oberen Teil der Gruppen veranlassen würden. Der Sammelgraben wurde wegen des guten Abflusses in den Landpriel schnell zu einem bedeutenden Kanal, der eine ebenso wirksame Entwässerung in sein umliegendes Land wie der Landpriel in das seine bewirkte. Das Ergebnis der vorzüglichen Entwässerung war ein sehr schneller Anwachs, der allmählich von Süden nach Norden das Gelände über das Mittelhochwasser brachte, was die Bildung einer Marschwiese zur Folge hatte. Als die Marschwiese eine solche Höhe erreichte, daß ein natürlicher Abfluß in das umliegende Watt hinab vorhanden war, war die Abströmung nicht länger von der niedrigsten Abflußrichtung abhängig, weshalb der Landpriel sich

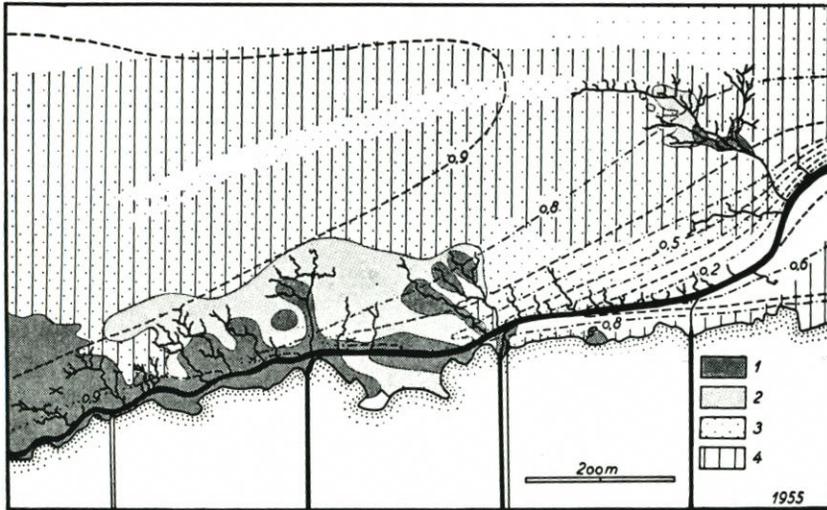


Abb. 16: Vegetationskarte vom Prielbereich südlich vom Höjer Kanal 1955.

1: Dichte Andelgrasvegetation. 2: Zerstreute Andelgrasvegetation. 3: Spartina. 4: Queller (B. JAKOBSEN)

eliminieren und die Entwässerung nach Westen führen ließ. Im Zuge der verbesserten Dränierung und des sich daraus ergebenden schnellen Anwachs erfolgte in den folgenden Jahren ein Kupieren des Landpriels an drei Stellen im Abstand von je 400 m. Das Profil des Landpriels hatte sich schon vor den Kupierungen etwas verkleinert, einerseits aufgrund des Vordringens der Vegetation entlang der Seiten, andererseits wegen der Sedimentation, die im Priel in Verbindung mit dem Anwachs des umliegenden Landes und der damit kleineren Wasserumsetzung entstand. Nach Durchführung der Kupierungen entwässerten die abgeschnittenen Teile des Landpriels direkt in das Watt durch drei neu angelegte ostwestlich verlaufende Abflußgräben. Durch diese flossen ein kurzer, aber kräftiger Flutstrom und ein relativ schwacher Ebbestrom. Der Flutstrom führte bedeutende Mengen von Material mit sich in den Landpriel hinein, das der Ebbestrom nicht wieder zu entfernen vermochte. Dies bewirkte ein schnelles Auffüllen der kupierten Landprielabschnitte.

Das Ergebnis der bei den Landgewinnungsarbeiten verbesserten Dränierung war, daß 1965 das Andelgras sich bis auf 81 % des nördlichen Feldes verbreitet hatte und 1972 das gesamte Gebiet deckte. Im ganzen nördlichen Feld erfolgte eine bedeutende Sedimentation, im Durchschnitt etwa 37 cm. Ein Beispiel der großen Sedimentation ergibt sich aus Abb. 17, die ein Querprofil des Landgewinnungsfeldes ca. 1 km südlich vom Höjer Kanal darstellt. Aus dem Profil ergibt sich, daß sich im Landgewinnungsfeld auf dem Hochwatt außerhalb des Landprieles eine neue Marschklint gebildet hat. Entsprechend dem typischen Marschklintprofil ist das Niveau im westlichen Teil am höchsten, 1,4 m DNN, in dem die Sedimentation ca. 50 cm betrug. Von hier fällt das Niveau ca. 25 cm gegen Osten ab, und im östlichen Teil der Marschklint betrug die Sedimentation nur ca. 30 cm. Die Auffüllung der Landprielniederung hinter der Marschklint ergibt sich auch deutlich aus dem Profil. Hier entspricht die Sedimentation ca. 60 cm. Die durchschnittliche Sedimentation entlang dieser Profillinie beträgt ca. 2 cm/Jahr für die gesamte Periode. Das ist für die Marschklintbildung im dänischen Wattenmeer normal. Die Sedimentation war aber die ganze Periode hindurch nicht gleichmäßig verteilt. Eine Vermessung 1966 enthüllt, daß in den letzten sechs Jahren der Periode die

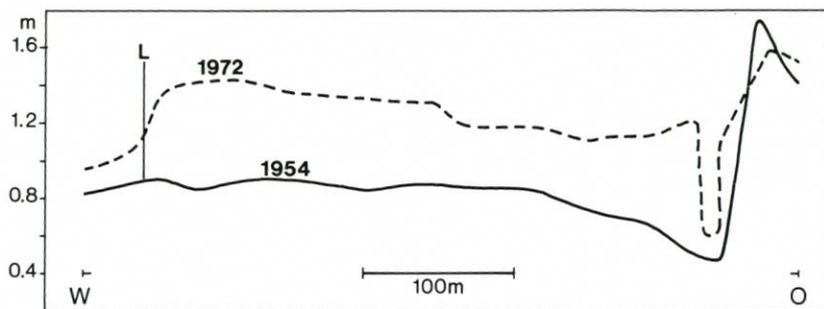


Abb. 17: Querprofil des Landgewinnungsfeldes 1 km südlich vom Höjer Kanal in den Jahren 1954 und 1972. L: Lahnung

Sedimentation ca. 4 cm/Jahr betrug. Von dieser relativ großen Sedimentation weiß man mit Sicherheit, daß sie in einer dichten Andelvegetation stattgefunden hat.

Der mittlere Abschnitt des Landgewinnungsfeldes von 1958 (Abb. 18) am nördlichen Teil des jüngeren Vorlandes bestand 1954 lediglich aus Hochwatt, von dem 88 % über 0,8 m DNN lagen. Trotz des hohen Niveaus fand sich keine Andelvegetation. Dagegen gedieh Queller im größten Teil des Gebietes. Es handelte sich somit um ein anscheinend geringes Anwachsgbiet, weshalb man die Landgewinnungsanlagen aus einer einzelnen Reihe kleiner

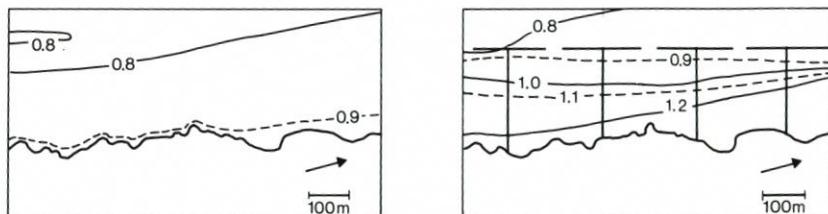


Abb. 18: Der mittlere Teil des Landgewinnungsfeldes 1958 südlich vom Höjer Kanal in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet f, Abb. 10)

Schlickfelder mit einer ostwestlichen Ausdehnung von nur 200 m und mit Entwässerung nach Westen von einer sehr schwach entwickelten Landprielniederung hinweg bestehen ließ. 1972 hatte sich das Niveau überall angehoben. Der größte Teil des Gebietes liegt jetzt zwischen 0,9 und 1,3 m DNN, und das Andelgras deckt ca.  $\frac{3}{4}$  des gesamten Feldes. Diese Entwicklung vollzog sich in erster Linie während der Periode 1966–1972, da 1966 sich das Watt weder in bezug auf das Andelgras noch auf das Niveau im Verhältnis zur Situation 1954 verändert hatte. Das Sedimentationsmaximum entspricht in diesem Gebiet ca. 35 cm, was einer jährlichen Auflagerung von 5–6 cm entspricht. Die kleinen Schlickfelder haben sich somit bewährt.

Der südliche Teil des Landgewinnungsfeldes von 1958 (Abb. 19) umfaßte 1954 99 % Hochwatt. Der größte Teil des Gebietes, etwa 84 %, lagen über 0,8 m DNN, und nur in der südwestlichsten Ecke fand sich ein Areal unter Hochwattniveau. Die Niveauperhältnisse genügten somit einer Zuwanderung von Andelgras. Dennoch ist das Andelgras nur durch verstreut liegende Grasbüschel entlang der alten Vorlandkante vertreten, während Queller in 68 % des Feldes (Abb. 20) vorkommt. Das geringe Andelvorkommen selbst auf dem höchstliegenden Watt deutet darauf hin, daß das Gebiet eine geringe natürliche Dränierung hatte. Dies ergibt sich auch aus den völlig vegetationslosen Gebieten im südwestlichen Teil des Watts und in einer ca. 100 m breiten Zone auf dem höchstliegenden Watt vor dem alten Vorland.

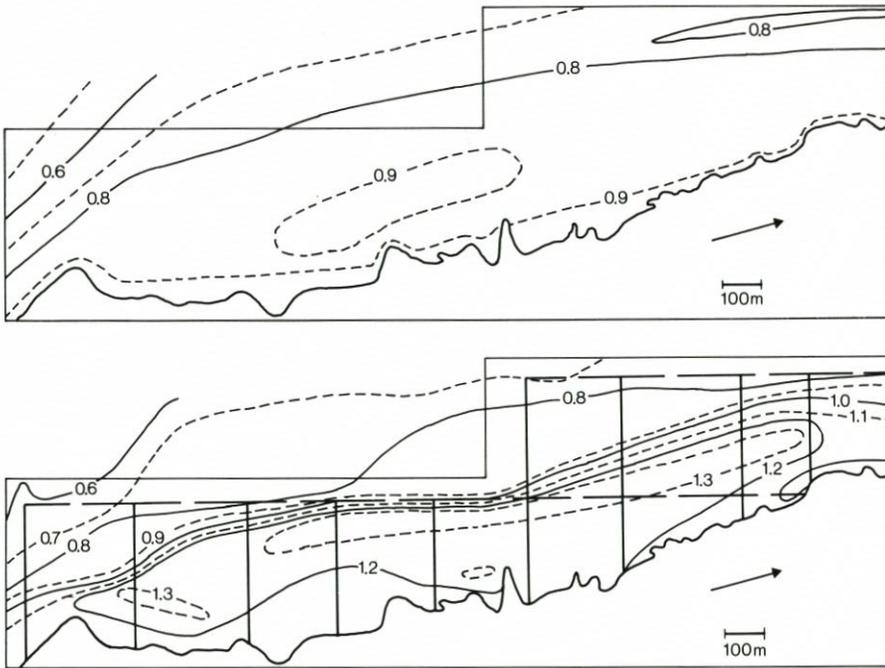


Abb. 19: Der südlichste Teil des Landgewinnungsfeldes 1958 in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet g, Abb. 10)

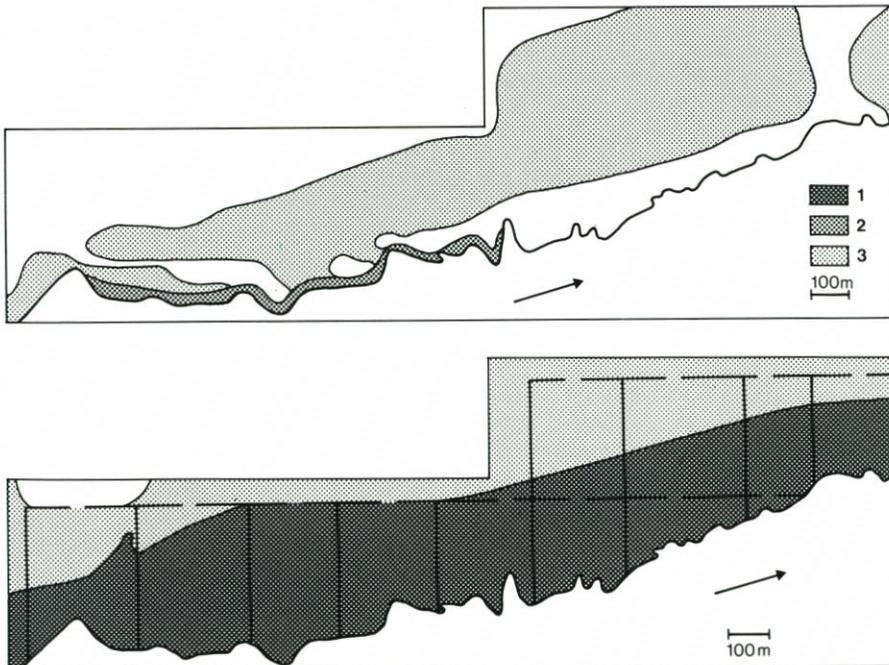


Abb. 20: Vegetationskarte des südlichsten Teils des Landgewinnungsfeldes 1958 in den Jahren 1954 und 1972

1: Dichte Andelgrasvegetation. 2: Zerstreute Andelgrasvegetation. 3: Queller

Hier handelt es sich um eine ganz schwach entwickelte Landprielniederung ohne natürlichen Abfluß. Das Gebiet wurde nur dann trocken, wenn im Sommer das Wasser verdunstete. Hierdurch erhöhte sich der Salzgehalt des Watts in einem solchen Grade, daß die Vegetation nicht gedeihen konnte. In diesem vegetationslosen Gebiet wurde gleichzeitig mit dem Anlegen von Schlickfeldern ein Sammelgraben zwecks Fortleitung des Wassers gegraben. Die verbesserte Dränierung ist aus den Kartierungen 1965–66 ersichtlich. Das dichte Andelgras hatte schon zu diesem Zeitpunkt 54 % des Gebietes erobert. Gleichzeitig damit hat sich das Niveau angehoben. Die Sedimentation setzte sich in der Periode 1966–1972 fort. Gleichzeitig verbreitete sich das Andelgras weiter und machte 1972 78 % des Feldes aus. Die große Sedimentation ist mit der Andelvegetation eng verknüpft. Die größten Werte finden sich im westlichen Teil des Gebietes, das das Andelgras erobert hat. In der Periode 1958–1972 sind hier 40–50 cm abgelagert, während die Sedimentation weiter östlich zur alten Vorlandkante hin bis auf 20–30 cm fällt. Das Gebiet hat sich somit in der Landgewinnungsperiode 1958–1972 zu einem neuen Marschklintvorland entwickelt.

1954 bestand nördlich vom Höjer Kanal ein großer Unterschied zwischen dem nördlichen und südlichen Teil des Gebietes vor dem alten Vorland. Dies bezog sich sowohl auf Oberflächenform, Dränierung, als auch auf Vegetation. Das Gebiet unmittelbar nördlich vom Kanal (Abb. 21) wurde von einem gut entwickelten Priel dominiert, der mit zwei Seitenprielen sowohl das Watt als auch einen Teil des alten Vorlandes in den Höjer Kanal entwässerte. Zwischen dem Priel, der Vorlandkante und dem Kanal gab es ein relativ niedrig liegendes Gebiet mit Koten, die von 0,3 m bis 0,8 m DNN variierten. Dieses Gebiet war ausgesprochen durch Brackwasser gekennzeichnet, was darauf zurückzuführen war, daß die Vidau bei

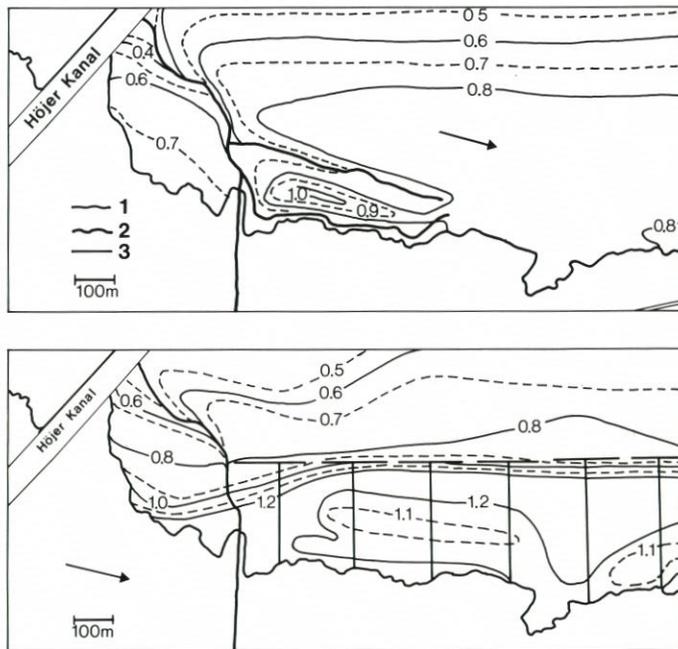


Abb. 21: Das Landgewinnungsfeld 1958 unmittelbar nördlich vom Höjer Kanal in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet h, Abb. 10).

1: Erosionskante des Vorlandes. 2: Priel. 3: Lahnung

steigendem Wasser vom vordringenden Flutwasser zurückgedrängt wurde. Da das Vermischen von Süß- und Salzwasser langsam erfolgt, schob das steigende Wasser vor sich ein Kissen aus Süßwasser, das sich über das ungeschützte Watt nördlich vom Höjer Kanal verbreitete. Das Gebiet südlich des Kanals war von der Lahnung der südlichen Seite des Kanals entlang vor Eindringen von Süßwasser geschützt. Das Brackwassergepräge kam durch einen hohen Bestand von Meerbinsen zum Ausdruck. Da eine solche Vegetation keine Sedimente sammelt und die Pflanzen den eigentlichen Marschpflanzen das Licht nehmen, wurde die Landgewinnung in diesem Gebiet mit Abhauen der Meerbinsen eingeleitet. Das wurde jährlich wiederholt, bevor die Samen reif waren, aber erst im Laufe von zehn Jahren ist der Bestand so viel dünner und niedriger geworden, daß das Anedelgras hat zuwandern können. Im ersten Jahrzehnt fand im Gebiet praktisch kein Anwachs statt, 1972 sind die Koten aber um 10–15 cm im Verhältnis zu 1954 angehoben, was darauf zurückzuführen ist, daß das Anedelgras jetzt dominierend ist.

Zwischen den beiden Seitenprielen, die sich gegen Norden erstrecken, fand sich schon 1954 ein hochliegendes Anwachsgebiet mit Maximumkote über 1,0 m DNN. Die Vegetation bestand aus größeren und kleineren Anedelgrasbüscheln in einem kräftigen Bestand aus *Spartina*. Das Gebiet war aufgrund zugewanderter Sandriffe und einer großen Anzahl nicht dräniertes Löcher sehr ungleichmäßig, weshalb die Landgewinnung hier mit Grüppeln von Hand eingeleitet werden mußte. In den Prielniederungen waren die dominierenden Pflanzen Meerbinsen in der inneren Niederung und Queller und *Spartina* in der äußeren. Die beiden Priele standen mit einer knapp 100 m breiten, vom Wasser permanent gedeckten Niederung in Verbindung, die sich bis an eine markierte Bucht in der alten Vorlandkante erstreckte. Unmittelbar nördlich davon fand sich ein Wasserscheidegebiet, in dem während einer Periode vor 1954 eine Marschbildung erfolgt war, die aber eine Erosion wieder in eine große Anzahl hoher Anedelgrasbüschel aufgebrochen hatte. In diesem Gebiet war das Grüppeln von Hand auch notwendig, aber außerdem mußte man die Anedelgrasbüschel weggraben, um eine gleichmäßige Oberfläche zu bekommen, die für den Wellenschlag keine Angriffspunkte bildete.

In der ersten Stufe der Landgewinnung wurde das Gebiet durch das vorhandene Prielsystem dräniert, das bis an die Wasserscheide durch einen Sammelgraben ausgedehnt wurde. Schon 1960 wollte man aber mit Rücksicht auf die Gefahr einer Versandung im Höjer Kanal an der Mündung des Priels, die direkte Abströmung in den Höjer Kanal verringern. Um dies zu erreichen, erfolgte ein Kupieren der Priele an vier Stellen, und das Wasser wurde gegen Westen durch Abflußgräben geführt (Abb. 3). Die einzelnen Teile der Priele dienten danach nur als Sammelgräben, und die minimale Wasserführung bewirkte, daß sich die Rinnen schnell mit Sediment auffüllten, wonach sie durch einen neuangelegten Sammelgraben ersetzt wurden.

1972 war der größte Teil des Gebietes von Anedelgras dominiert und eine Sedimentation war überall erfolgt. In den Niederungen um die Priele und im dazwischenliegenden Anwachsgebiet betrug die Sedimentation 25–30 cm, aber auf dem Hochwatt außerhalb des Prielsystems war eine Sedimentation bis auf 45 cm erfolgt, wodurch sich hier eine neue Marschklint mit Maximumkote 1,3 m DNN bildete.

Im nördlichsten Feld vor dem schmalen Vorland am Emmerlev Deich (Abb. 22) fand sich 1954 ein sich schwach neigendes Watt, das trotz seines Niveaus entweder vegetationslos oder mit einem dünnen Bestand von Queller versehen war. Das Gebiet war gegen Norden durch einen nur wenig markierten Landpriel unzureichend dräniert. Die Landprielniederung war vegetationslos, abgesehen von Meerbinsen entlang der Vorlandkante, was auf durchsickerndes Grundwasser aus der naheliegenden Geest zurückzuführen war. 1958 wurde ein küstenparal-

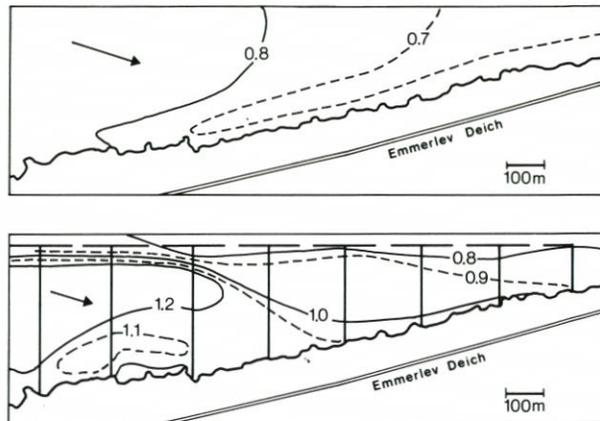


Abb. 22: Der nördlichste Teil des Landgewinnungsfeldes 1958 in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet i, Abb. 10)

lerer Faschinezzaun gebaut und ein Sammelgraben in der Landprielniederung gegraben. Der Sammelgraben hatte aber kein ausreichendes Gefälle zwecks wirksamer Fortleitung des Wassers. Darum wurde das Gebiet 1960 in sieben Schlickfelder mit je einem Abflußgraben in das Watt gegen Westen aufgeteilt. Dies bewirkte eine stark verbesserte Dränierung, so daß sich schnell eine dichte Quellervegetation mit rasch zuwanderndem Andelgras einstellte. 1972 hat das Andelgras das Gebiet größtenteils erobert, und die Landprielniederung ist durch eine Sedimentation von 30–40 cm eliminiert worden. Gleichzeitig hat sich im Süden das Niveau auf dem Hochwatt um bis auf 50 cm angehoben, auf dem ein Vorland mit Marschklintprofil geschaffen wurde, während die Sedimentation am weitesten gegen Norden, wo sich das neue Vorland schwach gegen Westen neigt, 20 cm nicht übersteigt.

### 3.2.3 Das Landgewinnungsfeld von 1960

Da die Landgewinnungsarbeiten u. a. durchgeführt wurden, um den vorhandenen Deichen durch Bildung eines breiten, regelmäßigen Vorlandes verbesserten Schutz zu gewähren, mußten niedriger liegende Watten so schnell wie möglich bearbeitet werden, um mit dem Marschanwachs auf den hohen Watten Schritt halten zu können. Deshalb wurde schon 1960 die Landgewinnung erweitert, so daß sie einige der niedrigen Watten nördlich der deutschen Grenze und nördlich vom Højer Kanal umfaßte. Im südlichen Feld (Abb. 23) bestehen die Landgewinnungsanlagen einerseits aus einer Reihe von Schlickfeldern in Verlängerung des Systems von 1958, andererseits aus einem einzelnen Vorschlickfeld gegen Südwesten, das den Vorläufer der Landgewinnung im eigentlichen Grenzgebiet bilden sollte. Die Schlickfelder umfaßten Watten, die 1954 zwischen 0,2 und 0,9 m DNN lagen. Die Hochwatten über 0,6 m DNN betrug 62 %, aber nur 17 % lagen über 0,8 m DNN. Der größte Teil des Gebietes lag somit sehr niedrig. Daher konnte das Andelgras nicht gedeihen, aber auch keine Queller fanden sich 1954 im Gebiet. Die folgenden Kartierungen deuten darauf hin, daß die Eroberung des Gebietes der Vegetation schwer fällt. 1965 ist das Feld noch völlig vegetationslos. Erst aus den Kartierungen 1972 ergibt sich, daß Queller und Spartina in den größten Teil des Gebietes eingedrungen waren. Dagegen wurde kein Andelgras registriert. Dies kann die Erklärung dafür sein, daß die Sedimentation während der ganzen Periode

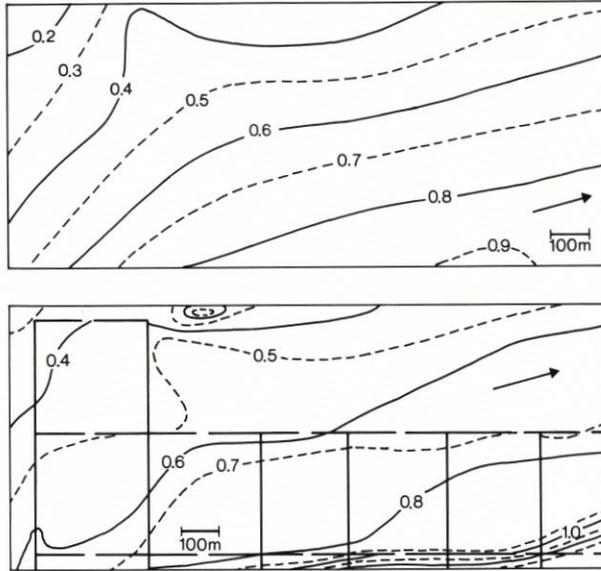


Abb. 23: Das südliche Landgewinnungsfeld 1960 in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet j, Abb. 10)

1954–1972 minimal war; die Niveauevariationen liegen innerhalb von  $\pm 10$  cm. Bezeichnend für das gesamte Gebiet, sowohl für hohe als auch für niedrige Watten, ist, daß die positiven Niveaueveränderungen im Faschinschutz in der westlichen Hälfte der Schlickfelder vorkommen, während sich die negativen Niveaueveränderungen in der östlichen Hälfte gegen den wellenexponierten Faschinsenzaun von 1958 finden. Die Niveaueveränderungen des Vorschlickfeldes bilden jedoch eine Ausnahme, indem es sich hierbei hauptsächlich um eine positive Niveaueveränderung handelt. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß in der Periode 1954–1972 eine allgemeine Änderung der Neigung des Wats von einem steileren in Richtung eines flacheren Gradienten erfolgt ist. Die Sedimentation hat bewirkt, daß 1972 64 % des Gebietes ein zwischen 0,6 und 0,9 m DNN gelegenes Hochwatt sind. Davon lagen 19 % über 0,8 m DNN. Der restliche Teil liegt im Niveau 0,3–0,6 m DNN.

Das Landgewinnungsfeld nördlich vom Höjer Kanal (Abb. 24) umfaßt Watten, die 1954 im Niveauintervall 0,0–0,9 m DNN gelegen waren. Davon lagen 26 % unter 0,6 m DNN, und nur 21 % über 0,8 m DNN. Nur der Teil des Wats über 0,8 m DNN war 1954 von Vegetation bedeckt. Die Vegetation bestand ausschließlich aus vereinzelt wachsenden Quellern. 1972 war ein kleines Gebiet im südöstlichsten Schlickfeld vom Andelgras erobert. Das Watt der östlichen Schlickfeldreihe war von Spartina und Queller invadiert, während die restlichen Schlickfelder so gut wie vegetationslos waren. Die fehlende oder schwach entwickelte Vegetationsdecke und besonders das Nichtvorhandensein von Andelgras kommen deutlich durch eine geringe Sedimentation von 5–10 cm für die Periode 1954–1972 zum Ausdruck. Nur ganz örtlich findet sich eine größere Sedimentation, z. B. entlang einer 4 m breiten wasserdichten Lahnung, die in Verbindung mit der Landgewinnungsanlage auf der nördlichen Seite vom Höjer Kanal zu dem Zweck errichtet wurde, einen quergehenden Strom daran zu hindern, Material in den Kanal hinabzuführen.

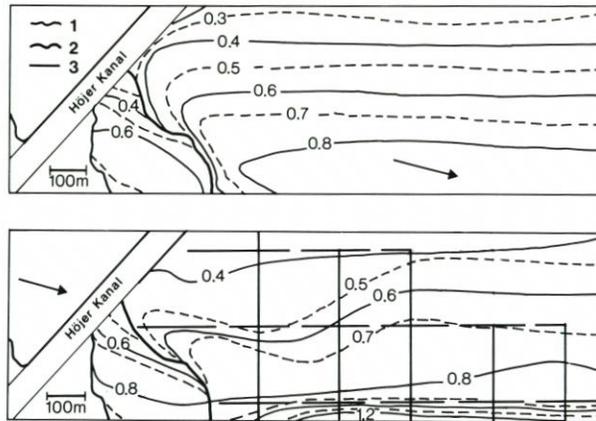


Abb. 24: Das nördliche Landgewinnungsfeld 1960 in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet k, Abb. 10).  
1: Erosionskante des Vorlandes. 2: Priel. 3: Lahnung

### 3.2.4 Das Landgewinnungsfeld von 1963/64

Wie früher erwähnt, sollte die Höjer-Landgewinnung Bestandteil eines neuen Kooges westlich von Neu-Friedrichskoog sein. Ein neuer Seedeich sollte mit einem entsprechenden auf deutscher Seite verbunden werden, und die Landgewinnungsarbeiten im Grenzgebiet sollten unter dänisch-deutscher Regie durchgeführt werden. Dies bedeutete, daß man so schnell wie möglich auf den niedrigen Watten unmittelbar nördlich der Grenze Landgewinnungseingriffe vornehmen mußte. Diese Arbeiten wurden jedoch erst 1963–64 ausgeführt, da vorher Vereinbarungen über die Gestaltung der Arbeit an der Grenzlinie zu treffen waren. Aus der Vereinbarung ergab sich die Errichtung eines 8 m breiten, als dänisch-deutsche Gesamtleistung erbrachten Lahnungsweges.

Auf dem Watt gleich nördlich der Grenze (Abb. 25) drängt sich von Westen eine Flutscharte (Flutstromrinne) hinein. Die Niederung der Flutscharte verlief ursprünglich über die Landesgrenze bis zu einem Anwachsgebiet auf deutscher Seite (Abb. 9). Vor dem Bau des Grenzlahnungsweges erfolgte eine bedeutende Wasserbewegung hin und zurück durch die Niederung, was einen Anwachs verhinderte. Der Lahnungsweg hielt die Durchströmung an und beschaffte die erforderliche Ruhe zur Sedimentation des Materials, das durch die Flutscharte hineingeführt wird, das aber früher in den deutschen Raum weitergeführt wurde. Der aus drei Schlickfeldern bestehende Landgewinnungsabschnitt überspannt ein großes Wattniveauintervall. 1954 lag das Watt zwischen 0,2 und 0,9 m DNN, und nur 20 % waren Hochwatt. Die Kote in der Grenzniederung lag unter 0,3 m DNN, und der innere Teil der Niederung lag nur ca. 300 m westlich der Vorlandkante. Das niedrige Niveau sowie die besonderen hydrographischen Verhältnisse in der Niederung der Flutscharte haben die Vegetationsentwicklung des Gebietes gehemmt. 1954 war somit nur der östlichste Teil des Watts über Kote 0,8 m DNN mit Queller bestanden, und es gab kein Andelgras. Dies änderte sich schon 1965. Zu diesem Zeitpunkt erstreckt sich das Andelvorland ca. 200 m westlich des 1954-Vorlandes. Diese Entwicklung ist jedoch im Verhältnis zur Niveauveränderung des Feldes bescheiden, eine Veränderung, die in diesem Landgewinnungsabschnitt deshalb nicht in erster Linie von der Verbreitung der Vegetation abhängig sein kann. Der vegetationslose Teil des Watts hat schon 1966 eine positive Niveauveränderung mit einer Sedimentation, die

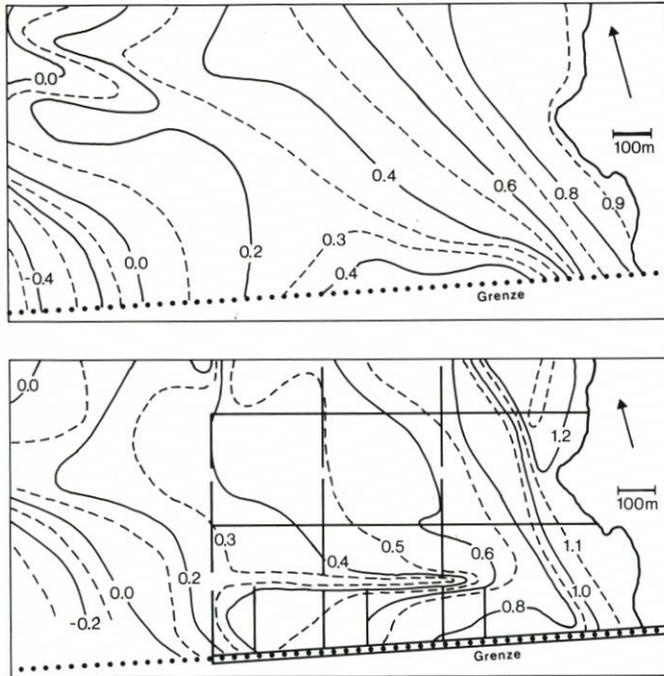


Abb. 25: Das Landgewinnungsfeld 1963/64 in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet I, Abb. 10)

von 10–15 cm im westlichsten Schlickfeld bis zu 30–40 cm in der Grenzniederung, die fast aufgefüllt ist, überspannt. Dieses Höhenwachstum ist in erster Linie auf den Kupierungseffekt des Grenzlahnungsweges sowie auf den Buchtauffüllungseffekt zwischen der Lahnung und dem alten Vorland zurückzuführen.

Die Wirkung des Grenzlahnungsweges hat sich bis 1972 fortgesetzt. Zu diesem Zeitpunkt liegt das Niveau zwischen 0,3 und 1,2 m DNN und 50 % sind Hochwatt. Die ursprüngliche Grenzniederung ist im Niveau 0,8 m DNN nur schwach gestaltet, und die Fortsetzung der Niederung entspricht einer schmalen ostwestlich gehenden Rinne mit Bodenkote zwischen 0,2 und 0,3 m DNN, in der ein von kurzen Faschinezäunen rechtwinklig zum Grenzlahnungsweg unterstützter Sammelgraben angelegt ist. Die Vegetationsverbreitung 1972 in bezug auf das Andelgras unterscheidet sich nicht besonders von 1965. Dagegen hat sich Queller verbreitet und ist in allen drei Schlickfeldern vertreten. Im westlichen dominiert jedoch Spartina. Die gesamte Sedimentation in der Periode 1954–1972 beträgt 15–40 cm in den beiden Außenanlagen und 30–60 cm um die Grenzniederung im Innenschlickfeld. Somit ist trotz fehlendem Andelvorkommen eine beträchtliche Sedimentation erfolgt. Die Sedimentation im östlichen Teil des Innenschlickfeldes, in dem sich 1965 das Andelgras verbreitet hat, beträgt zwischen 10 und 35 cm für die Periode 1954–1972. Obwohl die höchsten Teile dieses Feldes zwischen Kote 1,0 und 1,2 m DNN liegen, ist von einer Marschklinnbildung nicht die Rede, da die höchsten Teile der Marschwieße gegen Osten an der alten Vorlandkante liegen und über 200 m ein Gefälle in westlicher Richtung von 40 cm haben.

## 3.2.5 Das Landgewinnungsfeld von 1965

Die letzte Landgewinnungsstufe 1965 war von der Führung des geplanten Vordeiches abhängig, indem überall Schlickfelder bis an die geplante Deichlinie hinaus angelegt wurden. Nördlich vom Höjer Kanal wurden acht kleine Schlickfelder auf dem Hochwatt vor dem nördlichen Teil des Emmerlev Deiches (Abb. 26) sowie zwei Schlickfelder auf dem Niedrigwatt nahe dem Kanal angelegt. Das Hochwatt war 1954 nur mit vereinzelt wachsendem

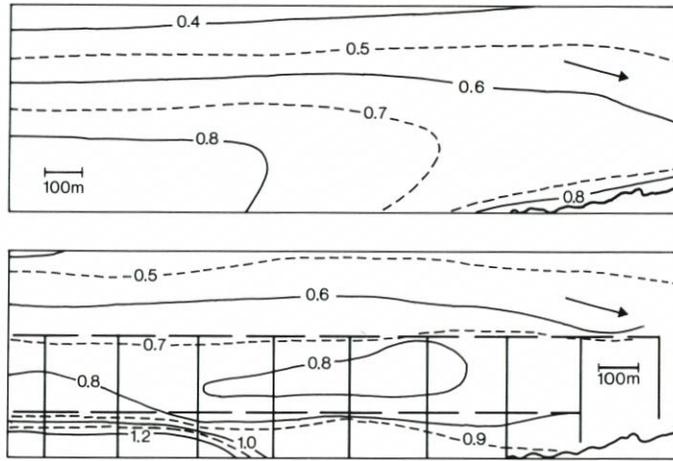


Abb. 26: Der nördlichste Teil des Landgewinnungsfeldes 1965 in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet m, Abb. 10)

Queller bestanden, während sich 1972 sowohl Queller als auch Spartina, aber kein Andelgras fanden. Somit ist keine Marschbildung erfolgt. Das Niveau hat sich jedoch in der Periode 1954–1972 um 10–15 cm angehoben, was auf Zuwanderung von Sandriffen zurückzuführen ist. Dies läßt sich dadurch bekräftigen, daß in derselben Periode auf dem nicht behandelten Watt westlich der Schlickfelder bis zu 10 cm sedimentiert haben, was einer Flächenzuwanderung an Sand gegen die Küste entspricht. Dasselbe Höhenwachstum findet sich auch in den Niedrigwatt-Schlickfeldern am Kanal.

Südlich vom Höjer Kanal wurden 18 Schlickfelder verschiedener Größe in einem Gebiet angelegt, das 1954 in der Höhe von 0,9 m DNN im nördlichsten Teil (Abb. 27) bis 0,2 m DNN am weitesten gegen Süden variierte. Das gesamte Gebiet war 1954 vegetationslos, während sich 1972 überall Queller und Spartina fanden. Darüber hinaus hatte das Andelgras seit 1965 eine 50–75 m breite Zone am östlichen Faschinentzaun in den vier nördlichsten Schlickfeldern erobert. Hier ist das Niveau gleichzeitig um bis auf 20 cm angehoben. Unmittelbar außerhalb der Andelzone sind die Schlickfelder dafür durch Erosion gekennzeichnet, was als der Beginn einer neuen Landprielniederung angesehen werden kann. Am westlichen Faschinentzaun findet sich wieder Akkumulation. Auf dem Watt außerhalb des Schlickfeldes läßt sich, wie auch nördlich des Kanals, eine Sandzuwanderung beobachten. Die Niveauveränderungen sind überall klein, da weder Erosion noch Akkumulation 10 cm übersteigen.

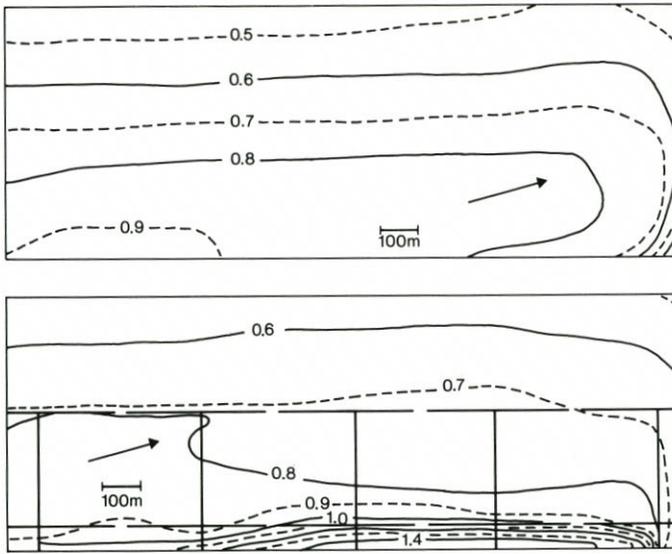


Abb. 27: Das Landgewinnungsfeld 1965 unmittelbar südlich vom Höjer Kanal in den Jahren 1954 und 1972 (Gebiet n, Abb. 10)

### 3.2.6 Die Hauptstrukturen des Gebietes

Das wesentlichste strukturelle Element im Gebiet vor dem Höjer Deich stellt die Marschklint dar, die, wie im Abschnitt 2.2 erwähnt, die Grundlage eines großen Teils der Landgewinnung im dänischen Wattenmeer bildet. Die Vermessung 1972 zeigt mehrere Systeme von Marschklinten unterschiedlicher Orientierung nördlich und südlich vom Höjer Kanal (Abb. 28).

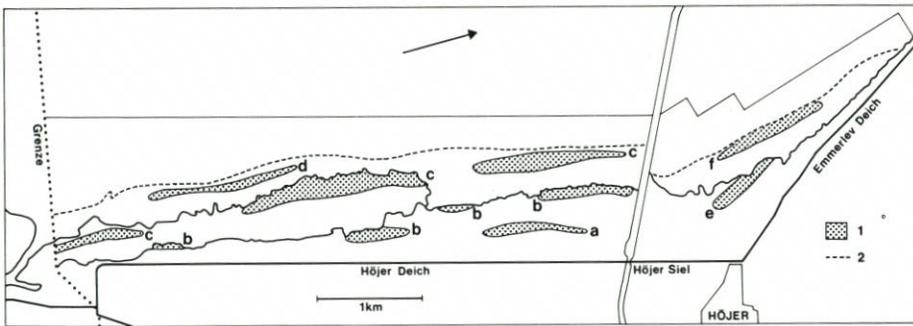


Abb. 28: Die Hauptstrukturen des Landgewinnungsgebietes bei Höjer 1972.  
1 (a-f): Der hohe westliche Teil der Marschklinten. 2: Westgrenze des Andelvorlandes 1972

Im Gebiet südlich vom Höjer Kanal entspricht die Orientierung der Marschklinten etwa N/S. Hier finden sich vier Reihen von Landprielniederungen getrennte Klinten. Die östlichste Marschklint (a) aus der letzten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist bis Kote 1,7 m DNN aufgebaut. Danach folgt eine Reihe von Marschklinten, die der Küstenlinie 1935 (b) entspre-

chen. Diese Marschklinten sind 10–20 cm höher als die alte Klint. Die nächste Reihe besteht aus drei Marschklinten (c), von denen zwei einen Teil der 1954-Küstenlinie bilden. Die dritte Klint liegt weiter nördlich im Landgewinnungsfeld von 1958. Die mittlere Marschklint hat die Maximumkote 1,8 m entsprechend der östlich davon liegenden älteren Klint, wogegen die nördliche und südliche Klint beide die Maximumkote 1,4 m haben trotz des Altersunterschiedes. Außerhalb dieser Reihe findet sich schließlich eine Marschklint (d) mit der Maximumkote 1,3 m, die im südlichen Teil des Landgewinnungsfeldes von 1958 gelegen ist.

Nördlich vom Höjer Kanal sind die Marschklinten weniger gut entwickelt. Es gibt nur zwei Klinten, deren Orientierung für beide etwa NNW/SSO entspricht. Die ältere (e) mit der Maximumkote 1,7 m ist Bestandteil der 1954-Küstenlinie, während die jüngere (f), die einen halben Meter niedriger ist, im Landgewinnungsfeld von 1958 liegt.

In der Landgewinnungsperiode 1958–1972 wurden insgesamt 240 ha Andelvorland geschaffen, die Bildung von Klintmarsch ist aber 1972 nicht abgeschlossen. Weder die jungen noch die älteren Marschklinten haben ihre Maximumhöhe von ca. 2 m DNN, entsprechend ca. 1 m über Mitteldeichhochwasser, erreicht (Abb. 29). Außerdem werden sich die Hochwatten außerhalb der neuen Küstenlinie allmählich bis auf ein Niveau aufbauen lassen, bei dem sie sich von Andelgras werden kolonisieren lassen.

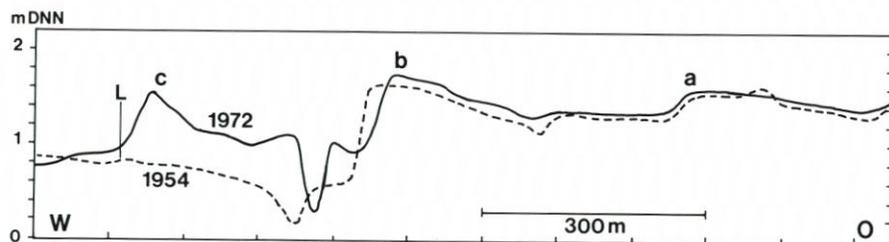


Abb. 29: Querprofil des Vorlandes ca. ½ km südlich vom Höjer Kanal 1954 und 1972. a, b, c: Marschklinten, vgl. Abb. 28. L: Lahnung

### 3.3 Landgewinnung und Deichbau in der Periode 1972–1982

#### 3.3.1 Sturmfluten und Küstensicherung

1976 traten im dänischen Wattenmeer zwei ernste Sturmfluten ein. Die erste und größere trat am 3. Januar ein mit einem maximalen Wasserstand von 4,92 m DNN, gemessen beim Höjer Siel. Bei einem Wellenauflauf von 1–2 m wird ein Deich mit einer Kronenkote wie der des Höjer Deiches von 6,4 m den dahinter liegenden Marschgebieten keinen ausreichenden Schutz bieten können. Nach der Sturmflut am 3. Januar war die Krone des Höjer Deiches mit Meerestreibsel bedeckt, und eine Überflutung konnte nur mit Mühe und Not vermieden werden. Seit der Sturmflut 1962, bei der der Wasserstand beim Höjer Siel 4,36 m betrug, erkannte man, daß die Deichsicherung nicht mehr ausreichte. 1964 setzte das Verkehrsministerium einen Sturmflutausschuß ein, der die Aufgabe erhielt, einerseits das erwünschte Sicherheitsniveau festzulegen, andererseits Weisungen darüber zu erteilen, wie sich dieses Sicherheitsniveau erreichen läßt. In einem Gutachten des Sturmflutausschusses von 1975 wurde ein Sicherheitsniveau entsprechend einem durchschnittlichen Zeitabstand von 200 Jahren empfohlen, d. h., daß statistisch nur einmal alle 200 Jahre ein so hoher Wasserstand eintritt, daß dringende Gefahr eines Deichbruchs besteht.

Das gewünschte Sicherheitsniveau ließ sich entweder durch Erhöhung und Verstärkung des vorhandenen Seedeiches oder durch den Bau eines neuen Vordeiches erreichen. Im Ausschuß war man sich nicht darüber einig, welche Lösung vorzuziehen sei. Die örtlichen Vertreter im Ausschuß setzten sich für die letztere Lösung ein. Zugunsten dieser wurden die auf beiden Seiten der Grenze ausgeführten Landgewinnungsarbeiten vorgebracht, deren Endziel ein Vordeich war. Außerdem wies man darauf hin, daß ein Vordeich zusammen mit dem alten Seedeich optimale Sicherheit leisten werde, da sich hierdurch eine zweifache Deichsicherung der Vidau-Marsch erzielen lasse. Schließlich wurde angeführt, daß es möglich wäre, zwischen den beiden Deichen ein Speicherbecken für die Vidau herzustellen.

Die Sturmflut am 3. Januar 1976 erforderte eine schnelle Beschlußfassung über die künftige Deichsicherung. Am 5. Januar besichtigte der dänische Ministerpräsident die von der Sturmflut betroffenen Deiche entlang der nordschleswigschen Küste. Nach einleitenden Besprechungen mit der Bundesrepublik wurde eine Gesetzesvorlage über den Bau eines Vordeiches eingebracht, und im Sommer 1977 wurde das Gesetz vom dänischen Parlament verabschiedet. Der Deichbau sollte im Frühjahr 1979 auf dänischer Seite und im Frühjahr 1981 auf deutscher Seite in Angriff genommen werden. Das gesamte Projekt sollte gemäß dem Plan im Herbst 1981 abgeschlossen sein.

Eine natürliche Folge der Verabschiedung des Gesetzes über den Deich war die Unterbrechung der Landgewinnungsarbeiten. Diese hatten in den letzten Jahren nur in Instandhaltung von Faschinen und Grüppeln der vorhandenen Schlickfelder bestanden. Aufgrund der plötzlichen Einstellung der Landgewinnungsarbeit wurde keine abschließende Vermessung des gesamten Gebietes entsprechend den Vermessungen 1954 und 1972 vorgenommen. Eine 1978 ausgeführte Vegetationskartierung liegt jedoch vor, aus der sich u. a. die Ausdehnung des Andelgrasvorlandes ergibt. Das Areal des Andelgrasvorlandes betrug 1978 750 ha, von denen 460 ha vor 1954 (Abb. 30) gebildet waren. Das gesamte Ergebnis der Landgewinnung

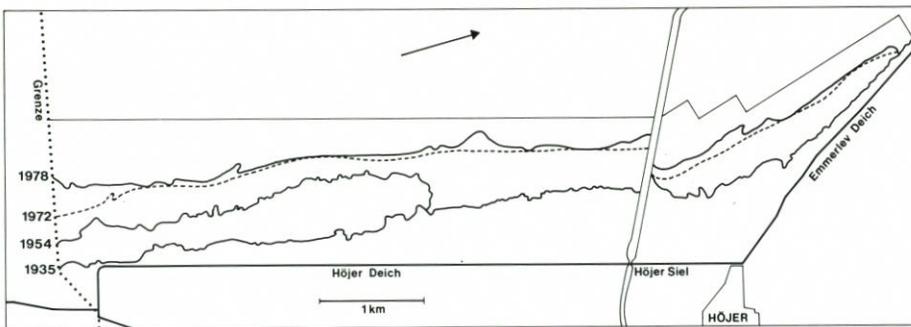


Abb. 30: Das Andelvorland bei Höjer in den Jahren 1935, 1954, 1972 und 1978

während einer 20jährigen Periode war somit die Bildung von 290 ha Vorland. Es ist aber bemerkenswert, daß innerhalb der letzten sechs Jahre von 1972 bis 1978 von den 290 ha nicht weniger als 50 ha vom Andelgras kolonisiert wurden, was bedeutet, daß 1972 erhebliche Wattflächen ein Stadium erreicht hatten, wo sie anwachs-fähig waren. 1978 fanden sich innerhalb des Landgewinnungsfeldes noch 300 ha Watt, die teilweise mit Queller und Spartina bestanden waren.

Außer der gesamten Vegetationskartierung liegen von 1979 Profilvermessungen der Landgewinnungsfelder entlang einzelner 1954 und 1972 verwendeter Nivellementlinien vor. U. a. wurde vor dem breitesten Teil des 1954-Vorlandes ein Profil vermessen (Abb. 31).

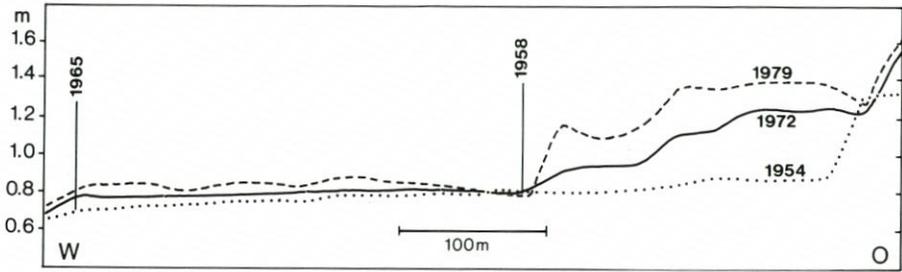


Abb. 31: Die Sedimentation im Landgewinnungsgebiet ca. 2,5 km südlich vom Höjer Kanal

Dieses Profil zeigt, daß im inneren Schlickfeld von 1958 eine wesentliche Auflagerung erfolgt ist. Die durchschnittliche Sedimentation während der Periode 1972–1979 beträgt hier 16 cm entsprechend 2 cm/Jahr. Im äußeren Schlickfeld von 1965 beträgt die durchschnittliche Sedimentation dagegen nur 5 cm während derselben Periode. Der große Unterschied der Sedimentation in den beiden Schlickfeldern ist, wie früher angeführt, auf den Unterschied der Vegetation zurückzuführen. Das ältere Schlickfeld enthält ein neugebildetes Andelgrasvorland, während sich noch 1972 im jüngeren Schlickfeld nur ein unter dem Zuwanderungsniveau für Andelgras gelegenes Watt findet. 1979 ist das Andelgrasvorland bis auf eine Höhe von 1,4 m DNN angewachsen, während das Watt im äußeren Schlickfeld jetzt gerade das Niveau erreicht hat, das Zuwanderung von Andelgras erlaubt. Wäre die Landbildung durch den Bau des Vordeiches nicht unterbrochen, hätte man hier eine weitere Sedimentation bis auf ca. 2 m DNN auf dem Andelgrasvorland und eine Zuwanderung von Andelgras auf dem Watt mit danach folgender stark erhöhter Sedimentation erwarten können.

### 3.3.2 Der Vordeich

Nach der Genehmigung der Errichtung des Vordeiches durch das dänische Parlament wurde 1978 mit der Bundesrepublik eine Vereinbarung über die praktische Durchführung des Projektes getroffen, das 1979 angefangen wurde. Der Vordeich hat eine Länge von knapp 13 km, von denen der dänische Teil 8,6 km ausmacht. Der Deich verläuft vom Emmerlev Klev nördlich von Höjer zum Hindenburgdamm, wo er mit einem 1953/54 bei der Herstellung vom Lübke-Koog (Abb. 32) gebauten Vordeich verbunden wird. In dem dänischen Raum hat der Deich eine Linienführung entlang der westlichen Abgrenzung des Landgewinnungsfeldes. Damit entspricht sie im wesentlichen dem ursprünglichen Landgewinnungsplan.

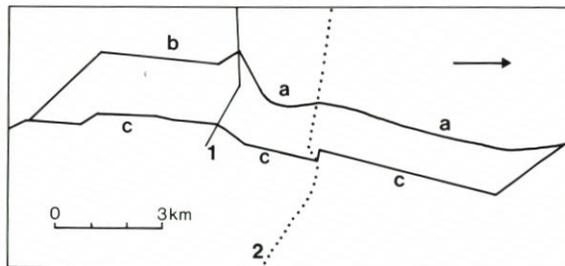


Abb. 32: Vordeiche auf beiden Seiten der deutsch-dänischen Grenze. a: Vordeich 1979/81. b: Vordeich 1953/54. c: Der alte Seedeich. 1: Hindenburgdamm. 2: Grenze

Der neue Deich hat eine Höhe von 7,45 m über dänischem Normalnull, was ca. 6,5 m über dem üblichen Hochwasserstand und 0,5–1 m über dem Niveau entspricht, das die Wellen bei den jüngsten Sturmfluten erreichten. Die Breite des Deiches beträgt ca. 85 m, und die Vorder- und Hinterböschung des Deiches sind mit einer relativ kleinen Neigung, 1:10 bzw. 1:3, ausgeführt. Die breite, schwach neigende Vorderböschung drosselt den Wellenauflauf, während die Neigung der Hinterböschung für ausreichend klein gehalten wird, um im Falle einer Überflutung des Deiches ein Erdrutschen zu vermeiden. Ein Vergleich mit dem Höjer Deich (Abb. 33) zeigt, daß dieser ca. 1 m niedriger und ca. 30 m schmaler als der neue Deich ist und eine größere Neigung der Vorder- und Hinterböschung hat.

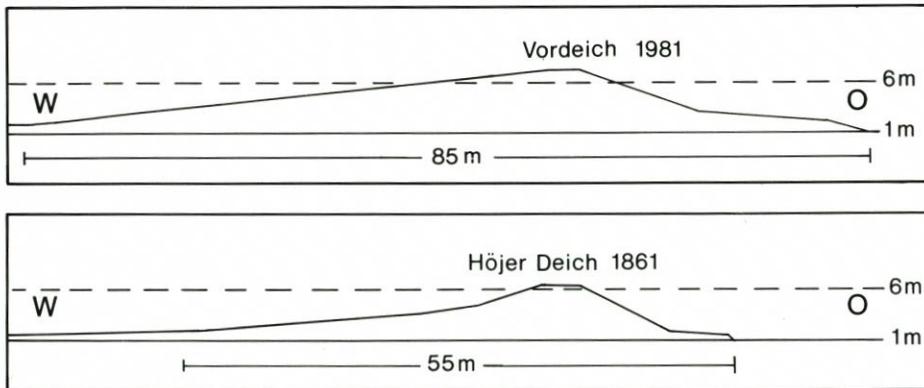


Abb. 33: Querschnitt des neuen und des alten Deiches

Der Vordeich ist im Gegensatz zu den älteren Deichen, die ganz überwiegend auf vorhandenen Vorländern errichtet sind, direkt auf dem Watt angelegt. Der größte Teil des Materials für den neuen Deich wurde vom Watt geholt, wo ein Saugbagger Füllsand aus einem großen Wattgraben einspülte, der parallel zum Deich ca. 800 m westlich von diesem verläuft. Der eingespülte Sand wurde der Kern des Deiches, während die Oberfläche von einer Kleischicht, die eine Stärke von 1 m auf der Vorderböschung und 0,5 m auf der Hinterböschung besitzt, geschützt wird. Der größte Teil des Kleis wurde in einem 35 ha großen Gebiet im neuen Koog unmittelbar südlich vom Höjer Kanal ausgegraben; das Gebiet bildet heute einen See. Der Arbeitsvorgang der Errichtung des Deiches ergibt sich aus Abb. 34.

Ein neues Vidausiel ist dort angelegt, wo der Höjer Kanal den Vordeich schneidet (Abb. 35). Das neue Siel hat eine Breite von 20 m und eine Länge von 60 m. Das Siel ist in drei Kammern mit selbsttätigen Sieltoren aufgeteilt, die während der Hochwasserperioden das Siel schließen. Außerdem gibt es drei Sturmschotten, die bei Sturmflut verwendet werden. Das Siel ist für eine maximale Ausströmung von  $250 \text{ m}^3/\text{Sekunde}$  vorgesehen. Das Siel wurde 1980 in Betrieb genommen, und die Errichtung des Deiches wurde wie geplant 1981 abgeschlossen.

Der neue Deich bewährte sich schon am 24. November 1981 das erstmalig, wo eine Sturmflut mit einem Höchstwasserstand beim Vidausiel von 4,98 m DNN eintrat, also 6 cm höher als bei der Sturmflut am 3. Januar 1976 (Abb. 36). Obwohl der Grasbestand des Deiches noch nicht die optimale Dichte besaß, hatten die Beschädigungen des Deiches keinen ernstesten Charakter.

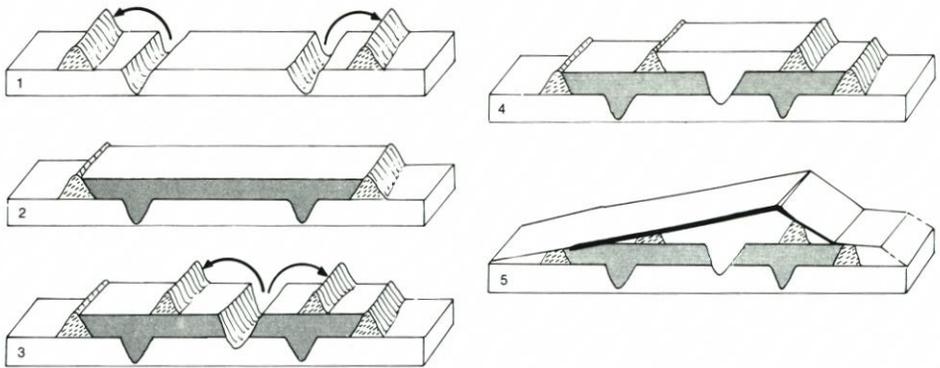


Abb. 34: Arbeitsvorgang der Errichtung des Vordeiches.

1: Auf dem Watt werden zwei Sandwälle aufgebaut. 2: Zwischen den Wällen wird Sand eingepumpt. 3: Zwei neue Wälle werden vom eingepumpten Sand aufgebaut. 4: Sand wird zwischen den beiden neuen Wällen eingepumpt. 5: Der Sand wird profiliert und mit einer Kleischicht gedeckt

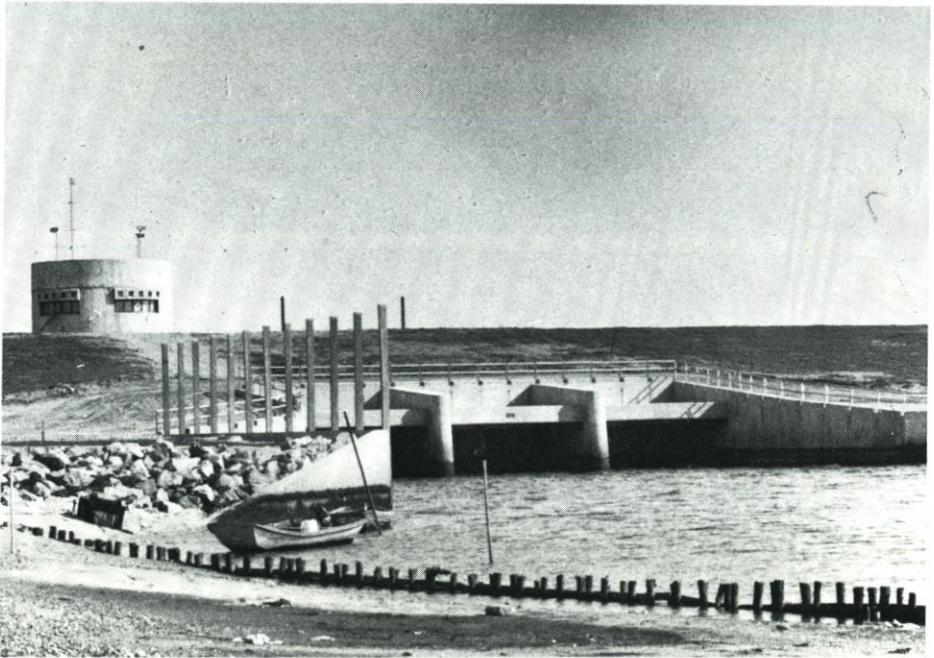


Abb. 35: Die Außenseite des neuen Vidausiels

#### 4. Margrethe-Koog

Im Mai 1982 erfolgte die offizielle Einweihung des Vordeiches und des neuen dänischen Kooges: des Margrethe-Koogs (Abb. 37). Der Margrethe-Koog hat ein Areal von 1000 ha und unterscheidet sich sehr von den älteren Kögen in bezug auf die Nutzung. Der größte Unterschied besteht darin, daß ca. 350 ha im westlichen Teil des Kooges südlich vom Höjer Kanal als Speicherbecken der Vidau angelegt wurden. Das Speicherbecken wird vom übrigen

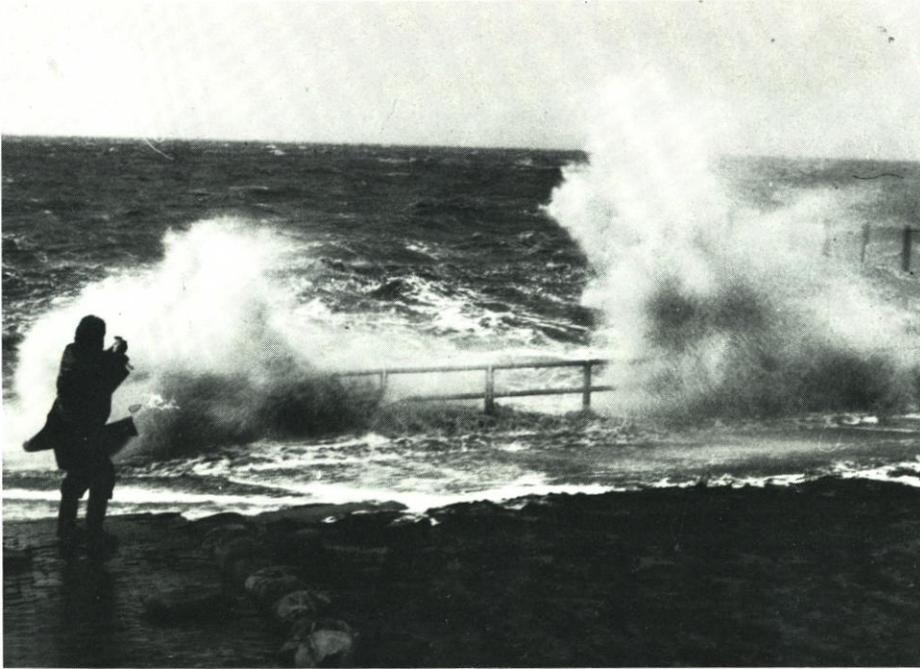


Abb. 36: Sturmflut am Vidausiel 24. November 1981

Teil des Kooges durch zwei Straßendämme in einer Höhe von 3 m über DNN und durch einen niedrigen Speicherbeckendeich in einer Höhe von 2,15 m über DNN abgegrenzt. Die beiden Straßendämme wurden zur Sicherung des Zugangs zum neuen Deich angelegt. Der nördliche Damm, der Kanaldamm, dient als öffentliche Straße zum neuen Siel, während der südliche Damm, der Grenzdamm, den Margrethe-Koog von dem entsprechenden deutschen Koog, Rickelsbüller Koog, abtrennt. Das Speicherbecken soll das Wasser der Vidau in Sturmsituationen aufnehmen können. Wenn das Siel längere Zeit hindurch geschlossen ist, erfolgt ein Aufstauen von Wasser in der Au. Da die Vidau eine sehr wasserreiche Au ist, die ein Landgebiet von 1400 km<sup>2</sup> entwässert, von denen ca. 300 km<sup>2</sup> in Deutschland liegen, war das Aufstauen früher ein ernstes Problem, das mehrmals einen Bruch der Audeiche und damit eine Überflutung von Flächen in den älteren Kögen verursachte.

1947 wurden somit ca. 100 ha der Stadt Tondern und Umgebung unter 3 m DNN überflutet, und 1963 bewirkte ein Audeichbruch die Überflutung des südlichen Teils vom Rudböl-Koog (Abb. 38). 1968 wurde ein Ausschuß eingesetzt, der die Aufgabe erhielt, dieses Binnenwasserproblem zu lösen. 1972 legte der Ausschuß ein Gutachten vor, in dem man als eine mögliche Lösung gerade auf die Anlage eines Speicherbeckens innerhalb eines neuen Seedeiches hinwies.

1983 beschloß das dänische Parlament die Herstellung eines Salzwassersees im südlichen Teil des Speicherbeckens. Zweck der Anlage war die Sicherung der Lebensbedingungen mehrerer Vogelgattungen, die bei der Bedeichung den durch Salzwasser gekennzeichneten Biotop verloren hatten, den das Vorland und das Landgewinnungsfeld ausmachten. Der Salzwassersee hat eine Länge von ca. 4 km und eine Breite von 300–800 m. Das Gebiet umfaßt ein Areal von ca. 260 ha, von denen der See den größten Teil ausmacht, während der Rest feuchte Strandwiesen sind. Der Salzwassersee ist ganz seicht mit einer Wassertiefe von

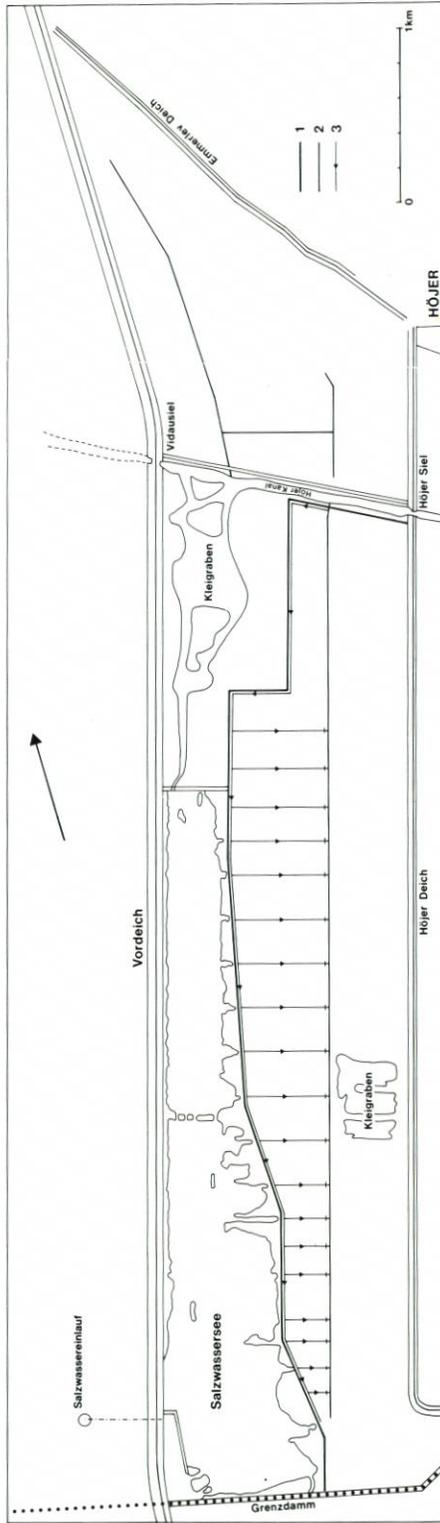


Abb. 37: Margrethe-Koog mit Speicherbecken und Salzwassersee. 1: Speicherbeckendeich. 2: Entwässerungskanal. 3: Bewässerungskanal



Abb. 38: Überflutung wegen Audeichbruchs 1963 im südlichen Teil von Rudbölkoog (Foto: B. VALEUR)

10–25 cm an den meisten Stellen, d. h. Wassertiefen, die von den meisten Watvögeln vorgezogen werden. Im See sind außerdem niedrige Inseln hergestellt worden, die den Vögeln als Brut- und Rastplätze dienen. Das Salzwasser für den See wird von einem Einlaufbauwerk eingepumpt, das ca. 350 m westlich des Vordeiches auf dem Watt errichtet ist. Das Salzwasser fließt durch eine Rohrleitung unter dem Deich in ein Sedimentationsbecken, in dem sich aufgeschlämmte Partikel niederschlagen, bevor das Wasser in den Salzwassersee hinausströmt. Die Wasseroberfläche im See variiert in der Höhe zwischen 0,8 und 0,9 m DNN, was besagt, daß das von Wasser bedeckte Areal zwischen 150 ha und 220 ha variiert. Änderung des Wasserstandes erfolgt mittels Staubalken in einem Auslaufbauwerk, das im mittleren Teil einer armierten Schwelle untergebracht ist, die den Salzwassersee vom restlichen Teil des Speicherbeckens abgrenzt. Vom Auslaufbauwerk wird das Wasser an das Vidausiel durch die Kleigräben auf der Ostseite des Vordeiches weitergeleitet. Die Höhe der armierten Schwelle beträgt 1,0 m DNN; die Schwelle kann somit von Süßwasser von der Vidau überschwemmt werden, wenn dies in Sturmsituationen erforderlich ist. Der Salzwassersee ist in dieser Weise stets ein Teil des Speicherbeckens der Vidau.

Der Teil vom Margrethe-Koog, der nicht Bestandteil des Speicherbeckens ist, wird landwirtschaftlich genutzt. Ein 245 ha großes Areal am alten Höjer Deich ist Privateigentum, während das Gebiet zwischen diesem Areal und dem Speicherbecken sowie das gesamte Feld nördlich des Kanaldammes, insgesamt 410 ha, dem Staat gehören. Das gesamte Gebiet wird durch im Jahre 1982 angelegte Pumpenkanäle in den Höjer Kanal entwässert. In dem staatlichen Areal südlich des Kanals findet sich außer dem Entwässerungssystem auch ein Bewässerungssystem, indem Wasser vom Höjer Kanal in den Speicherbecken-Deichgraben gepumpt wird. Von dort wird das Wasser durch westöstlich verlaufende Gräben, die bei der

Mündung in den Entwässerungskanal mit Stauvorrichtungen versehen sind, in das Gebiet hineingeleitet.

Eine 1985 erlassene Naturschutzanordnung differenziert die landwirtschaftliche Nutzung. Die Areale nördlich vom Höjer Kanal dürfen für gewöhnliche Landwirtschaft, darunter Anbau von Getreide, benutzt werden, während die Areale südlich des Kanals als feuchtes Weideland aufrechtzuerhalten sind und nur für Weiden und Heumahd verwendet werden dürfen. An keiner Stelle im Margrethe-Koog dürfen Büsche oder Bäume angepflanzt werden, und Bebauung ist nicht zugelassen.

## 5. Vorland und Watt vor dem dänischen Teil des Vordeiches

### 5.1 Vermessungen

In den Jahren 1981–1984 wurde mit Unterstützung vom naturwissenschaftlichen Forschungsbeirat des dänischen Staates eine Vermessung des Höjer Watts durchgeführt. Diese Vermessung stellt einen Teil einer langfristigen Untersuchung der morphologischen und sedimentologischen Entwicklung des Höjer Watts nach dem Bau des Vordeiches dar.

Die Untersuchung wurde in den folgenden Jahren durch Detailvermessungen und erneute Vermessungen von Teilen des Gebietes fortgeführt. Alle Vermessungen basieren auf dem

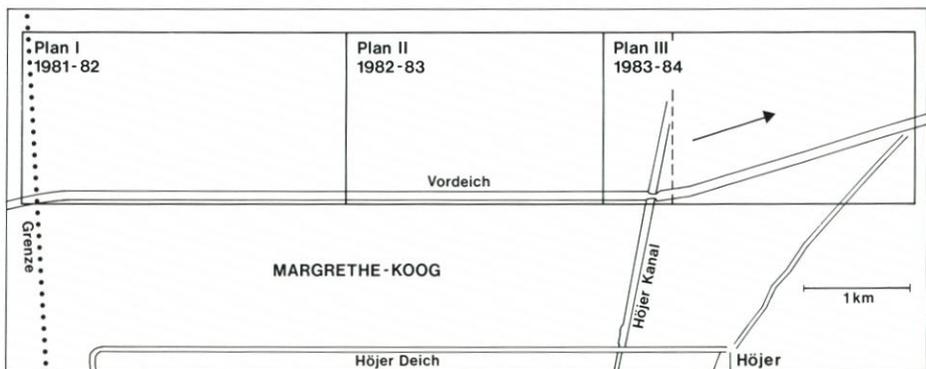


Abb. 39: Übersicht über die Vermessungspläne Abb. 40–42

1953/54 hergestellten Vermessungsnetz des Höjer Watts, das später als Grundlage der Vermessungen 1966, 1972 und 1979 verwendet wurde. Gebiete über der Niedrigwasserlinie sind durch Nivellement vermessen, während in dem durch den Deichbau entstandenen Spülgraben gepült wurde, jedoch nur entlang den neun Linien des Vermessungsnetzes. Die Vermessungsergebnisse 1981–1984 liegen in Form von drei Plänen (Abb. 39) vor. Sie geben gemeinsam einen 1500 m breiten Gürtel außerhalb des Vordeiches von der dänisch-deutschen Grenze bis zum Emmerlev Klev nördlich von Höjer wieder (Abb. 40–42). Der Höhenunterschied zwischen den Kurven beträgt im allgemeinen 10 cm; im Gebiet am Deich und am Rande des Spülgrabens und des Höjer Kanals sind jedoch mehrere Kurven weggelassen. Zur Erleichterung des Überblicks sind alle volle und halbe Meter vertretene Höhenkurven mit einer größeren Strichdicke wiedergegeben.

Die drei Vermessungspläne über das Höjer Watt geben eine variierte Landschaft mit mehreren charakteristischen Landschaftsformen wieder. Über der Mittelhochwasserlinie fin-

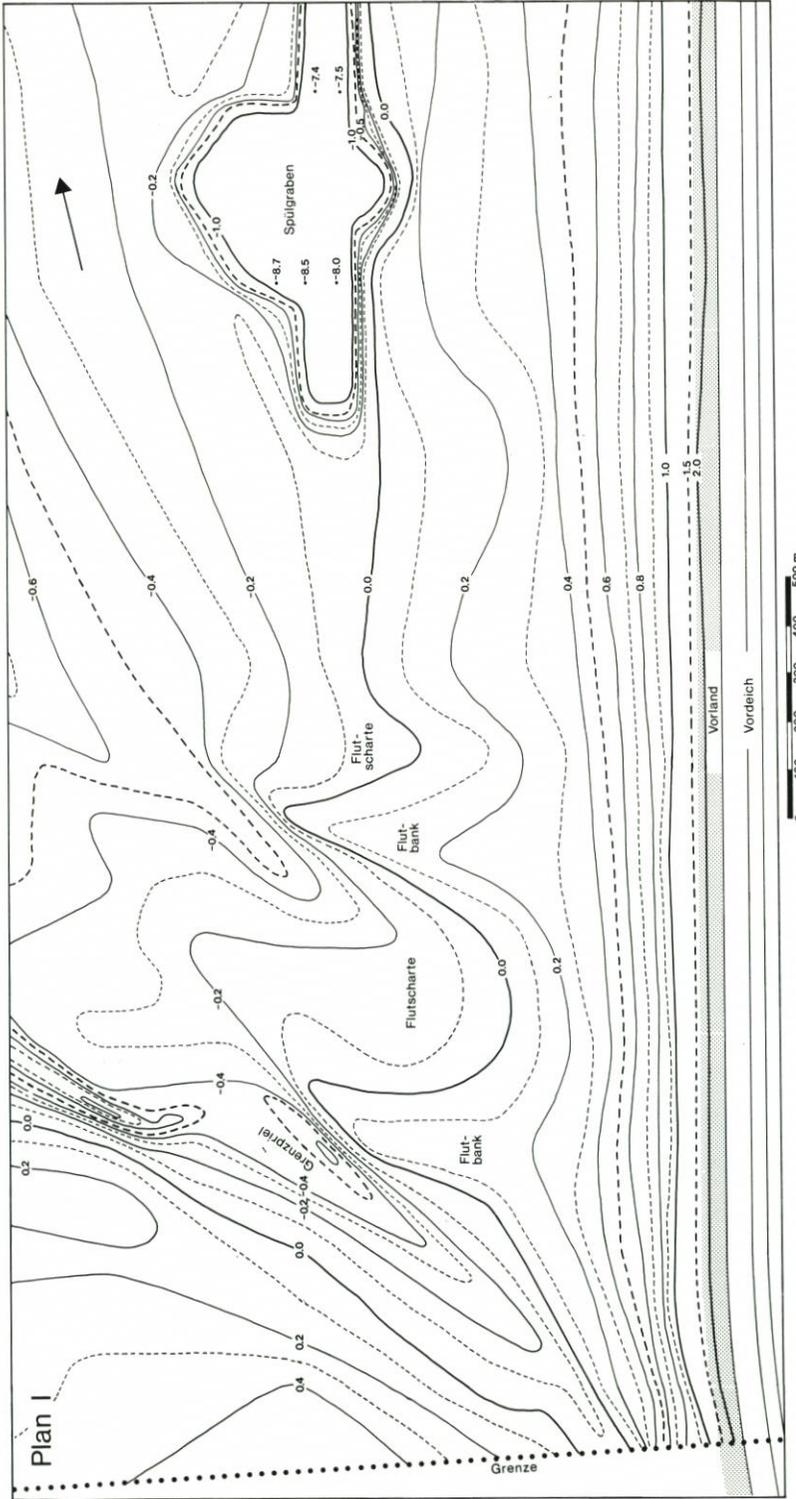


Abb. 40: Wathöhenkarte 1981/82 nördlich der deutsch-dänischen Grenze

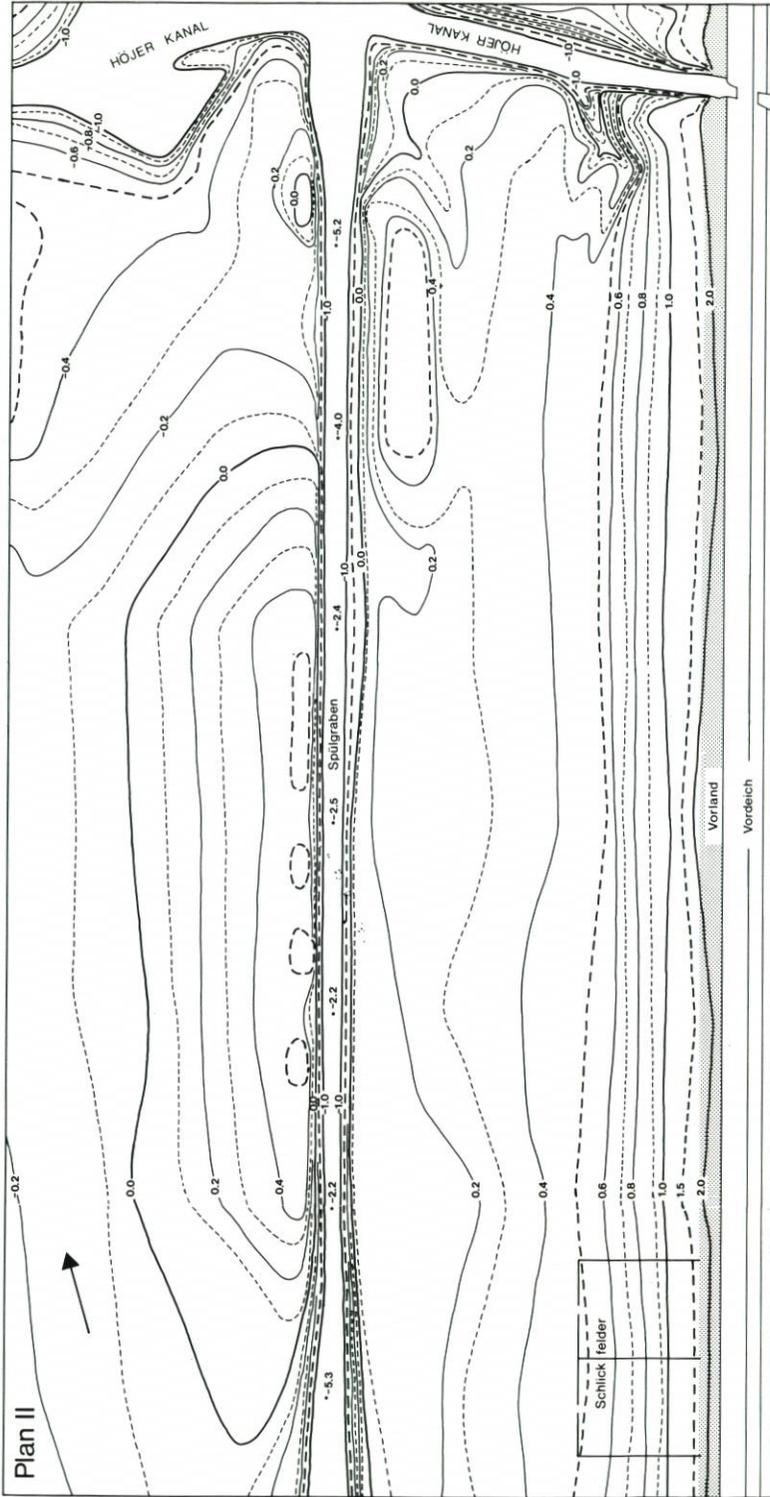


Abb. 41: Wathöhenkarte 1982/83 südlich vom Höjer Kanal

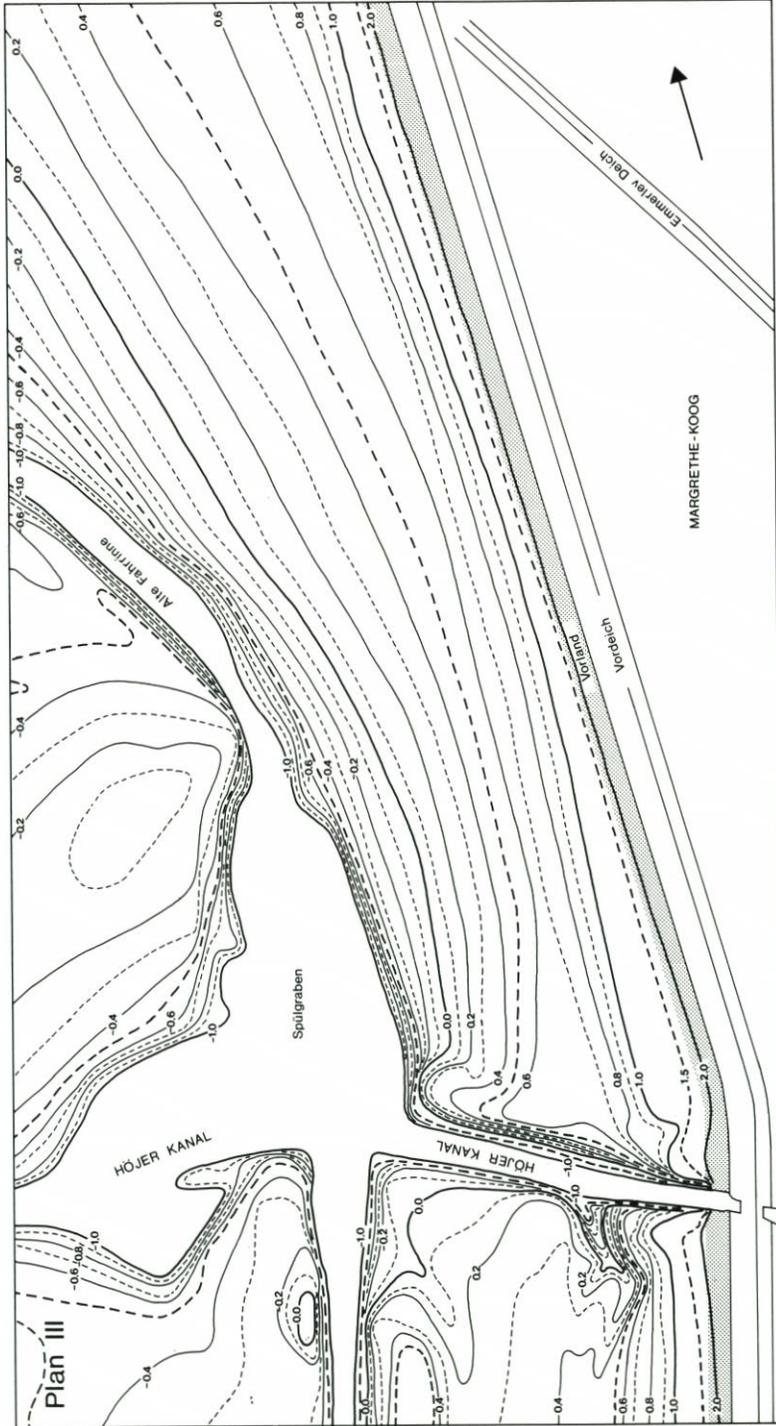


Abb. 42: Wathöhencarte 1983/84 nördlich vom Højer Kanal

det sich ein eingespültes Vorland. Unter der Mittelhochwasserlinie ist das Watt in Hochwatt und Niedrigwatt aufgeteilt, die über bzw. unter 0,6 m DNN liegen. Innerhalb des Niedrigwattgebietes finden sich Wattpriele sowie Flutscharten und Flutbänke. Unter der Mittelniedrigwasserlinie finden sich außer dem Höjer Kanal eine alte Fahrrinne und ein 4,5 km langer Spülgraben.

## 5.2 Landschaftsformen

### 5.2.1 Das eingespülte Vorland

In einem im Mai 1980 durch u. a. die technische Verwaltung des Kreistags von Nord-schleswig und durch die Küsteninspektion erstatteten Bericht wird folgendes mitgeteilt: „Zum Schutz des Deiches hat man die Herstellung eines 150 m breiten Vorlandes, das aus eingespültem Sand besteht, gewählt. Die über Kote + 0,80 m DNN gelegenen Areale von Vorland und Deich sind mit Gras zu besäen.“

Das Einspülen von Sand zur Herstellung des neuen Vorlandes erfolgte 1980 gleichzeitig mit dem Sandeinspülen für den eigentlichen Deich, während das Besäen mit Gras im Sommer 1981 durchgeführt wurde. Das Ergebnis des Sandeinspülens und Besäens entsprach nicht dem Plan. Statt eines 150 m breiten grasbestandenen Vorlands war ein 100–150 m breites Gebiet über MThw geschaffen, und nur die inneren 50 m davon waren mit Gras besät. Dieses sogenannte Vorland wurde durch die Sturmflut im November 1981 teilweise zerstört, wonach 1982 eine Wiederherstellung und erneutes Besäen erfolgten. Die Breite des grasbestandenen Gebiets betrug immer noch nur 50 m, entsprechend einem Vorlandareal von 42 ha.

Im Sommer 1982 wurden im Gebiet zwischen dem Höjer Kanal und der deutsch-dänischen Grenze 15 Profile rechtwinklig zum Deich vermessen. Die Profillinien durchschneiden das eingespülte Gebiet und den höchsten Teil des Watts. Aus den Messungen ergab sich, daß die Höhe des grasbestandenen Areals von knapp 2,5 m DNN am Fuß des Deiches bis zu durchschnittlich 1,7 m DNN variierte und daß der durchschnittliche Abstand vom Fuß des Deiches bis zur Mittelhochwasserlinie 125 m betrug. Im folgenden Winter erfolgte an vielen Stellen ein Abbau des besäeten Areals. Dieser wurde durch erneute Vermessung der 15 Profile im Frühjahr 1983 registriert. Abb. 43 zeigt eines dieser Profile, wo die Vorlandbreite um 16 m reduziert ist.

Aufgrund sämtlicher 15 Profile ist eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Niveau 1982 und Erosion/Akkumulation 1982/83 (Abb. 44) vorgenommen. Die größte durchschnittliche Erosion (15 cm) findet sich im Niveau 1,6 m DNN. Bei fallendem Niveau

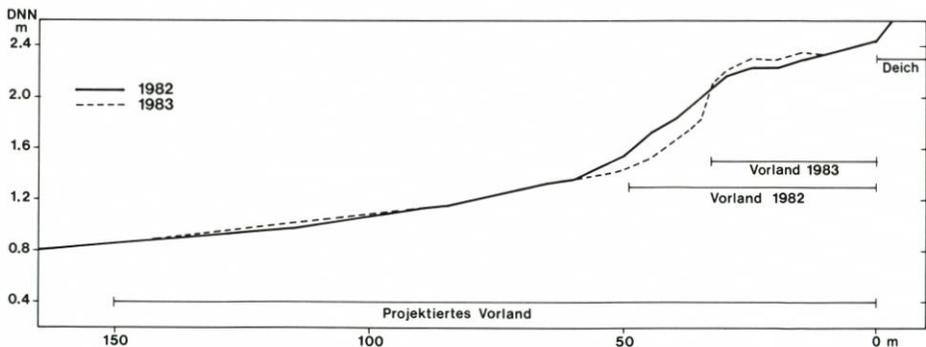


Abb. 43: Beispiel der Vorlandabtragung 1982/83

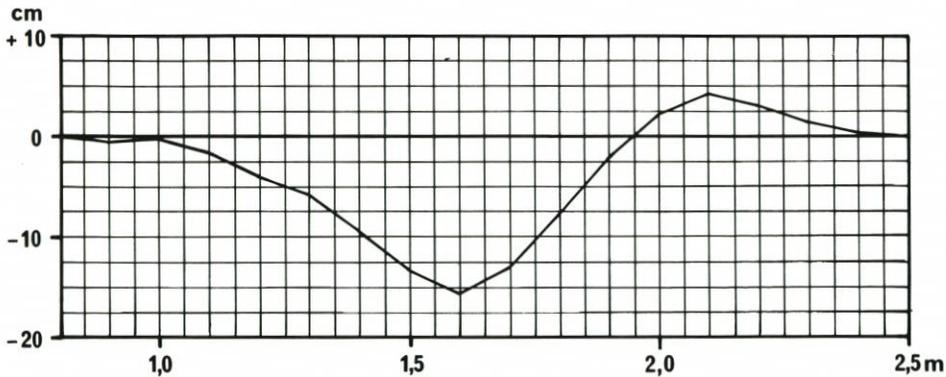


Abb. 44: Der Zusammenhang zwischen Vorlandniveau 1982 und Erosion-Akkumulation 1982/83

nimmt die Erosion auf einen unbedeutenden Wert von 1,0 m DNN ab. Bei steigendem Niveau nimmt die Erosion ebenfalls ab und wird durch Akkumulation um 2 m DNN ersetzt. Die größte durchschnittliche Akkumulation (4 cm) findet sich in 2,1 m DNN. Bei weiterhin steigendem Niveau fällt die Akkumulation auf Null. Die Kurve zeigt, daß die Erosion viel größer als die Akkumulation ist und ein zweifach so großes Höhenintervall kennzeichnet. Ferner ist ersichtlich, daß die maximale durchschnittliche Erosion in einem Gürtel gerade um die Grenze des Besäens von 1982 vorkommt.

Im Laufe des Herbstes und Winters 1983/84 setzte sich der Abbau des Vorlandes fort. Im Januar 1984 wurde eine Kartierung der vorläufigen Schäden vorgenommen, wobei die Breite des noch intakten Teils des eingespülten Vorlandes alle 15 Profillinien entlang gemessen wurde. Die Meßergebnisse vom Januar 1984 sind mit den entsprechenden Messungen vom April 1983 verglichen. Daraus ergibt sich, daß sich die Reduktion des besäten Areals fortsetzt, so daß die maximale und minimale Vorlandbreite im Januar 1984 den Meßlinien entlang 35 m bzw. 5 m gegen 48 m und 19 m im April 1983 betragen.

Nach dem jüngsten Abbau wurde das Vorland in einer Breite von nur 20 m wiederhergestellt. Das besäte Areal war dadurch auf 17 ha reduziert worden. Dieser schmale Vorlandsaum war ganz klar unzulänglich, und in den folgenden Jahren wurde tatkräftig eingegriffen zwecks langfristiger Herstellung eines Vorlandes, das mindestens dem im Deichprojekt vorgesehenen entsprach. Diese Maßnahmen sind in Kapitel 5.4. „Küstenschutzanlagen vor dem Vordeich“ näher beschrieben.

### 5.2.2 Hochwatten

Die Vermessung 1981–1984 zeigt Vorkommen eines Hochwattareals von 93 ha außerhalb des Vordeiches. Das Hochwatt hat eine Breite von etwa 100 m im größten Teil des Gebietes südlich vom Höjer Kanal; an der dänisch-deutschen Grenze und unmittelbar südlich des Kanals beträgt die Breite jedoch nur ca. 50 m. Im Gebiet nördlich vom Höjer Kanal besitzt das Hochwatt eine wesentlich größere Ausdehnung. Die schmalste Stelle hat hier eine Breite von mehr als 100 m. Von hier erhöht sich die Breite gegen Norden bis auf ca. 200 m und gegen Süden bis fast 300 m.

Das Hochwatt außerhalb des Vordeiches hat sich seit der Errichtung des Deiches gebildet. 1979 hatte das jetzige Hochwatt-Areal somit den Charakter eines Niedrigwatts, abgesehen von einem kleinen Gebiet am weitesten gegen Norden. Dort wurde der Deich über

ein älteres Hochwatt hineingeführt, um mit der alten Küstenlinie verbunden zu werden. Ein Beispiel für die Hochwattbildung ergibt sich aus Abb. 45, woraus ein Wattaufwuchs von 15–40 cm während der Periode 1979–1981 ersichtlich ist.

Der schnelle Aufwuchs des Hochwatts steht in Zusammenhang mit dem großen Sedimentgehalt des Wassers während des Sandeinspülens für den Deich. Nach Abschluß des

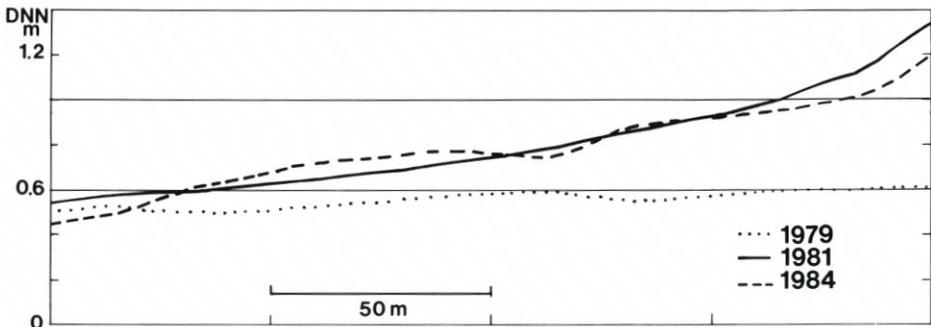


Abb. 45: Beispiel der Hochwatt-Entwicklung vor dem Vordeich

Sandeinspülens sind in den folgenden Jahren in der Ausdehnung des Hochwatts keine Änderungen erfolgt. Die Form hat sich aber von einer 1981 gleichmäßig neigenden Fläche in ein im Jahre 1984 durch Sandriffe gekennzeichnetes Watt geändert.

### 5.2.3 Wattpriele

Auf den Niedrigwatten außerhalb des Vordeiches findet sich eine große Anzahl von Wattpriele. Der größte von diesen ist der sogenannte Grenzpriell. Der Grenzpriell hat eine Länge von ca. 3 km, und die Hauptorientierung des Laufes entspricht SO/NW. Der obere Teil des Priells liegt südlich der Grenze, wo die Abströmung von Süßwasser aus dem Rickelsbüller Koog durch eine Pumpenanlage im deutschen Teil des Vordeiches in den Priell hingeführt wird. Ca. 400 m davon kreuzt der Priell die dänisch-deutsche Grenze in einer Entfernung von ca. 200 m zur Küste. Der Priell ist hier sehr seicht mit einer Bodenkote nahe des dänischen Normalnull. Über den folgenden Kilometer hinweg hat der Priell den Charakter einer breiten Niederung mit einer bescheidenen Tiefe, die langsam bis rund  $-0,5$  m DNN zunimmt. In seinem weiteren Verlauf ist der Priell weit markanter. Der Priell beginnt jetzt zu mäandrieren, und der Lauf verengt und vertieft sich. Im kartierten Gebiet beträgt die maximale Tiefe  $-0,9$  m DNN. Weiter gegen Nordwesten ist der Priell ca. einen halben Meter niedriger. Der Grenzpriell mündet in einen südlichen Zweig des Höjer Tiefs.

Nach dem Bau des Vordeiches hat der Grenzpriell wesentliche Veränderungen erfahren. Diese sind in einem 900 m breiten Gürtel westlich des Deiches registriert worden, da dieses Gebiet sowohl 1979 (Abb. 46) als auch 1981 (Abb. 40) vermessen wurde. Die Karte Abb. 46 umfaßt den Grenzpriell sowie eine nördlich davon liegende Flutscharte, die in Abschnitt 5.2.4 erwähnt wird. Auf der Karte ist entlang vier Linien parallel zum Deich Akkumulation bzw. Erosion größer als 5 cm während der Periode 1979–1981 angeführt. Daraus ergibt sich, daß im Laufe dieser beiden Jahre eine erhebliche Aufschlickung dieses Teils des Priells erfolgt ist. An den vier Linien variiert somit die Sedimentation im niedrigsten Teil des Priells von 22 cm am weitesten gegen Westen (Linie d) bis 36 cm zunächst der Küste (Linie a). Eine der Linien

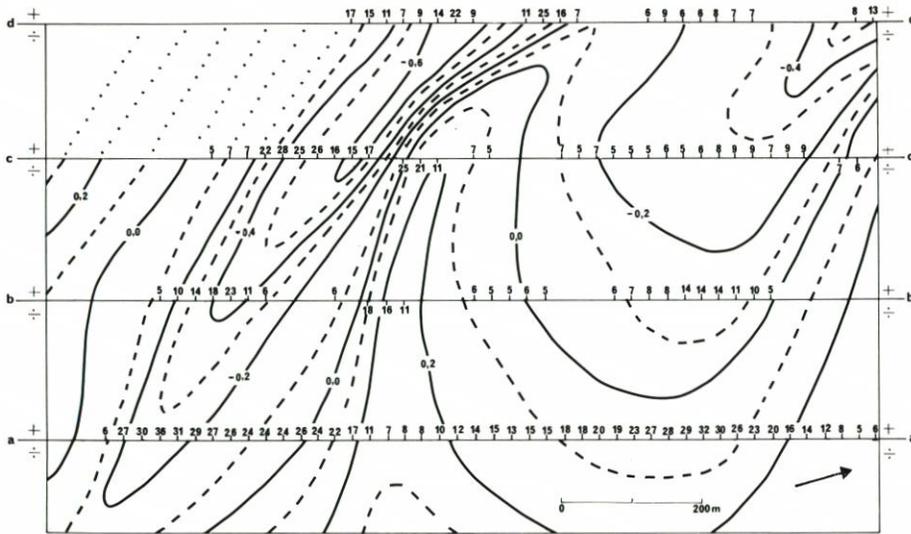


Abb. 46: Erosion und Akkumulation 1979–1981 im Grenzpriël-Flutschartenbereich

(Linie b) wurde außerdem 1972 vermessen. Deshalb ist es hier möglich, einen Vergleich mit den Sedimentationsverhältnissen während der Periode vor 1979 anzustellen. Die Bodenkote ist während einer siebenjährigen Periode 1972–1979 um 17 cm von  $-60$  cm DNN bis auf  $-43$  cm DNN angehoben und in den folgenden zwei Jahren um weitere 17 cm bis auf  $-26$  cm DNN. Aus einer Untersuchung ergibt sich außerdem, daß die durchschnittliche jährliche Sedimentation im Querschnitt des Priels von 1972 bis 1979 nur die Hälfte von der der Jahre 1979 bis 1981 beträgt. Da die übrigen Linien (a, c und d) nicht vermessen wurden, ist ungewiß, ob in den Jahren 1972–1979 in diesen Teilen des Priels auch eine Sedimentation erfolgt ist. Eine allgemeine Sedimentation im gesamten Gebiet wird jedoch durch den Umstand glaubhaft gemacht, daß das Entwässerungsgebiet des Priels nach und nach aufgrund eines Anwachsens im Landgewinnungsfeld südlich der dänisch-deutschen Grenze reduziert worden ist. Die schnelle Aufschlickung nach 1979 ist größtenteils auf das Kupieren des Grenzpriels beim Bau des deutschen Teils des Vordeiches im Jahre 1981 zurückzuführen. Vor der Errichtung des Deiches erstreckte sich der Grenzpriël ca. 1 km in ein Wattgebiet hinein, das jetzt Bestandteil eines Süßwassersees im westlichen Teil des Rickelsbüller Kooges ist. Das in den Grenzpriël entwässerte Wattareal wurde beim Deichbau auf einmal um mehr als  $1 \text{ km}^2$  reduziert, was eine Ermäßigung der Stromgeschwindigkeit im oberen Teil des Priels und damit eine erhöhte Sedimentation bewirkte.

Der Grenzpriël ist ein alter Lauf, der durch die Landgewinnung und den Deichbau sowohl in bezug auf Länge als auch auf Tiefe reduziert worden ist. Im Gegensatz dazu sind die übrigen Wattpriële des Gebietes junge Bildungen, die eine direkte Folge der Errichtung des Vordeiches sind. Der größte dieser Priële liegt auf der südlichen Seite vom Höjer Kanal ca. 300 m westlich des Vidausiels (Abb. 41). Der Priël hat eine Länge von ca. 400 m und eine maximale Tiefe von  $-0,5$  m DNN. Der untere Teil des Wattpriëls, der in Richtung SSO/NNW orientiert ist, verläuft in einer Niederung, die einen Rest einer gegrabenen Rinne darstellt, die 1979/80 während der Errichtung des Vidausiels den Höjer Kanal südlich am Baugraben vorbeiführte. Der obere Teil des Wattpriëls besteht aus zwei Zweigen, die SW/NO verlaufen und die durch zurückgehende Erosion im Watt gebildet wurden. Hierdurch ist ein

Teil eines Mäanderbogens gebildet worden, der sich 1982 ca. 50 m von der Hochwasserlinie befand.

Die kleinsten Wattpriele finden sich am Rande der Spülgräben, in die die nächstliegenden Watten entwässern. Die Priele haben einen stark mäandrierten Verlauf; die Länge beträgt typisch 100–200 m, die Breite 1–2 m und die Tiefe ca. ½ m. Diese kleinen Wattpriele ergeben sich nicht aus den Vermessungsplänen, Beispiele ergeben sich aber aus dem Luftbild Abb. 51.

#### 5.2.4 Flutscharten und Flutbänke

Auf dem Niedrigwatt unmittelbar nördlich des Grenzpriels findet sich ein aus zwei Flutscharten (Abb. 40) bestehender Flutstromkomplex. Die südliche Flutscharte ist die größere mit einer Länge von ca. 1 km und einer Breite von 300–500 m. Die nördliche Flutscharte ist wesentlich kleiner. Sie hat eine Länge von ca. 500 m und eine Breite von ca. 300 m. Um die südliche Flutscharte herum erscheint die Flutbank deutlich im Gelände, da die Bank in einer Höhe von 30–50 cm über dem Boden der Flutscharte aufgebaut ist. Aus einer Untersuchung der Sedimentzusammensetzung im Gebiet ergibt sich ebenfalls, daß sich die Flutbank deutlich von der Flutscharte und vom Grenzpriel unterscheidet (Abb. 47).

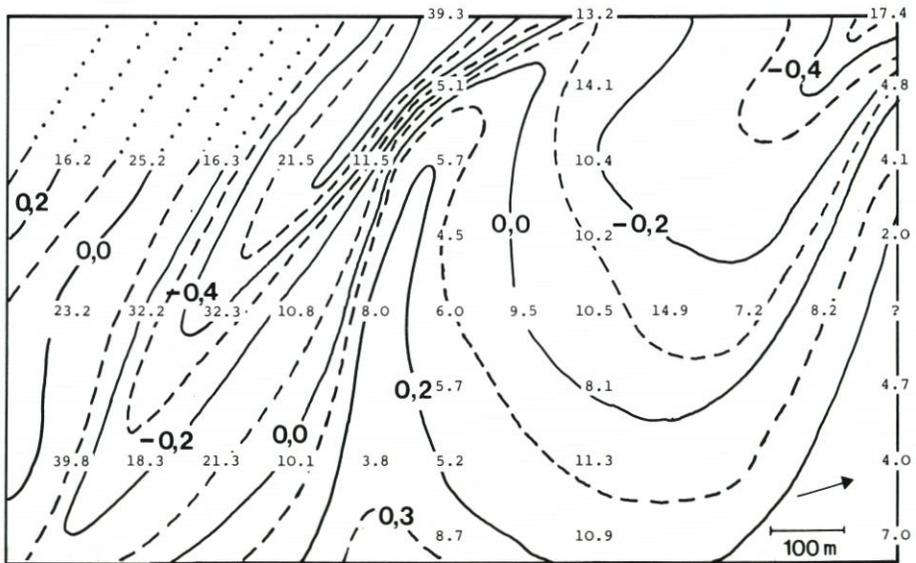


Abb. 47: Sedimentzusammensetzung im Grenzpriel-Flutschartenbereich 1979. Korngröße feiner als 0.063 mm in Prozent

In einer Flutscharte ist der Flutstrom stärker als der Ebbestrom, und es gehen größere Wasser- und Sedimentmengen hinein als hinaus. Eine Flutscharte wird deshalb zum Auffüllen neigen. Eine solche Entwicklung läßt sich deutlich in beiden Flutscharten am Grenzpriel beobachten. Über die nördliche Flutscharte liegen nur sichere Registrierungen von 1972 und 1981 vor, während sich über die südliche Scharte Registrierungen von 1954, 1972, 1979 und 1981 (Abb. 48) finden. Aus der ältesten Registrierung ergibt sich, daß 1954 die südliche Flutscharte in zwei kleinere, von einer Bank getrennte Scharten geteilt war. Während der

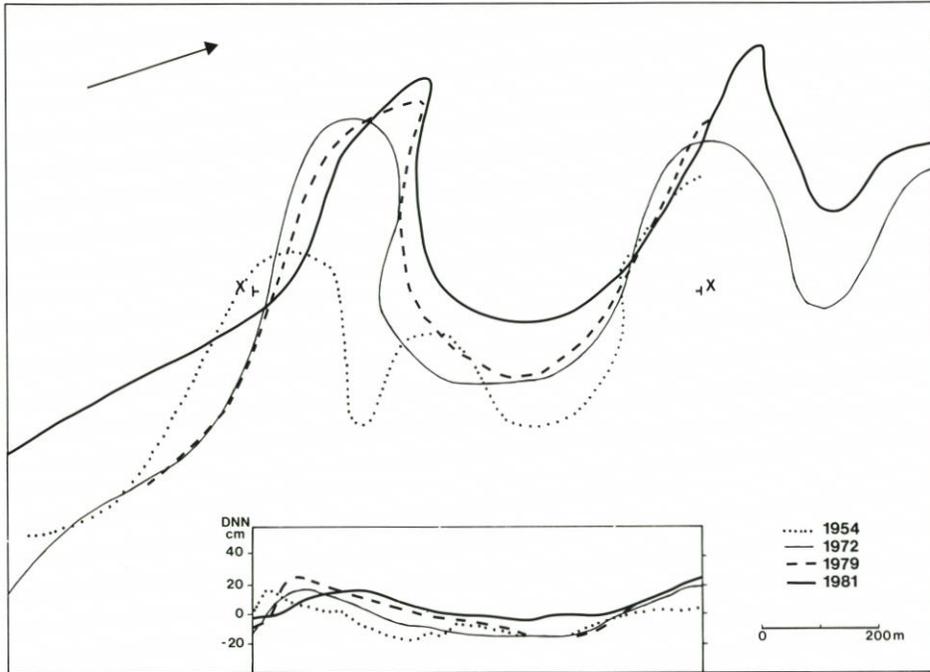


Abb. 48: Entwicklung des Flutschartenkomplex. Die Formänderung ist durch die 0-m-Höhenlinie gezeigt. Eingesetzt die Entwicklung der Flutbank und -scharte entlang der Linie x-x

Periode bis zu 1972 erfolgten tiefgreifende Änderungen der südlichen Flutscharte. Die oberen Teile der Flutscharte sind im Auffüllen begriffen. Gleichzeitig damit erfolgt eine Vereinfachung der Form; die Aufteilung in kleinere Scharten entfällt. Der südliche Zweig der Flutbank, der die Flutscharte vom Grenzriehl abtrennt, ist gegen Westen mehr als 200 m gewachsen und gleichzeitig ca. 50 m gegen Norden gewandert. Während der Periode 1954–1972 wurden im Gebiet südöstlich der Flutscharte mehrere Eingriffe vorgenommen. Der größte Eingriff war der Bau des 8 m breiten und mehr als 1 km langen Grenzahnungswegs in den Jahren 1963/64. Vor dem Bau des Grenzahnungswegs erfolgte ein bedeutender Wasser- und Sedimenttransport über die Grenze hinweg. Der Grenzahnungsweg hielt diesen an, wodurch sich die Sedimentation im Flutschartenkomplex erhöhte. In den Jahren 1972–1979 erfolgten keine künstlichen Eingriffe im Gebiet, das Auffüllen der Flutscharte setzte sich aber fort; die Form änderte sich jedoch nicht wesentlich. Der südliche Zweig der Flutbank wuchs weiter gegen Westen, womit ein Höhenwachstum von ca. 10 cm erfolgte. Während der folgenden Periode 1979–81 erfolgte die Errichtung des Vordeiches. Dieser große Eingriff ist für das Flutschartenauffüllen, das sich mit erhöhter Geschwindigkeit vollzogen hat, von wesentlicher Bedeutung gewesen; so ist die Null-Meter-Kurve der Flutscharte in diesen zwei Jahren weiter gegen Westen verschoben als während der vorhergehenden siebenjährigen Periode.

Aus der Karte Abb. 46 ergibt sich ein detailliertes Bild der Entwicklung der Flutscharte von 1979 bis 1981. Daraus ist ersichtlich, daß im gesamten untersuchten Teil der Flutscharte eine Sedimentation erfolgt ist. Auf der Linie d, c und b, die 900 bzw. 700 und 500 m westlich des Deiches liegen, erfolgte einerseits die Sedimentation am Boden der Flutscharte und andererseits auf der Innenseite der südlichen Flutbank. Der Abstand zwischen den beiden

Sedimentationsgebieten beträgt ca. 100 m. In beiden Gebieten hat sich in den zwei Jahren eine bemerkenswert große Sedimentation vollzogen. Im niedrigeren Teil der Flutscharte haben sich so zwischen 8 und 14 cm und auf der Innenseite der Bank bis zu 9 cm abgelagert. Auf der Außenseite der Flutbank gegen den Grenzprael ist dagegen eine kräftige Erosion von 10 bis 25 cm erfolgt. Die Erosion und die Sedimentation entlang den Seiten der Flutbank haben gemeinsam eine nördliche Verschiebung der Flutbank von 50–100 m gebracht und gleichzeitig ist sie 5–10 cm niedriger geworden.

Die Entwicklung im östlichsten Teil der Flutscharte ergibt sich aus der Linie a, die 300 m vom Deich liegt, was ca. 150 m von dem Gebiet entspricht, in das Sand eingespült wurde. Hier findet sich eine erhebliche Sedimentation im gesamten Flutschartenquerschnitt mit einem Durchschnitt von 20 cm und einem Höchstwert von 32 cm.

Die Sedimentation der Flutscharte von 1979 bis 1981 ist nur in einem gewissen Ausmaß dem natürlichen Auffüllen der Form zuzuschreiben, sie ist größtenteils auf drei Faktoren in Zusammenhang mit dem Bau des neuen Deiches zurückzuführen. Erstens veranlaßte der Deich die Bildung eines neuen Küstenprofils, was besonders die große Sedimentation im östlichsten Teil der Flutscharte erklären kann. Zweitens erfolgte eine Kupierung der Flutscharte, wodurch das einströmende Wasser vor dem Deich aufgestaut wird, statt über das Landgewinnungsfeld hinein weiterzuströmen; dies kann die Sedimentation der gesamten Flutscharte erhöht haben. Drittens bedeutete das Sandeinspülen für den Deich einen außerordentlich großen Sedimentgehalt im Wasser während der Periode 1979–1981.

### 5.2.5 Der Spülgraben

Das Sandeinspülen für den Vordeich hat dem Höjer Watt ein neues Landschaftselement zugeführt, und zwar den Spülgraben. Es gibt zwei große Spülgräben im Gebiet. Der eine liegt ca. 800 m westlich des Deiches parallel zu diesem. Er hat eine Länge von 3,9 km südlich vom Höjer Kanal und 0,6 km nördlich des Kanals. Der andere Spülgraben verläuft ungefähr rechtwinklig zum Deich in Verlängerung des Höjer Kanals. Er hat eine Länge von 2,5 km und liegt westlich des Gebiets, das in den Vermessungsplänen Abb. 40–42 abgebildet ist. Dieser Spülgraben hat die Form einer 80–100 m breiten Rinne, die Bestandteil einer neuen Fahrrinne zwischen dem Vidausiel und dem Höjer Tief ist, die eine alte Rinne gegen Nordwesten ersetzt.

Der nordsüdlich verlaufende Spülgraben hat ein Areal von 66 ha und besteht aus zwei mit einem 3,3 km langen Kanal verbundenen Becken. Das nördliche Becken ist bei weitem das größte mit einem Areal von 35 ha. Gemäß den von der Küsteninspektion vorgenommenen Peilungen betrug 1981 die maximale Tiefe des Beckens 10,9 m. Diese Tiefe fand sich ganz nahe dem Übergang zur alten Fahrrinne, wo die Bodenkote  $-1,5$  m DNN betrug.

Das südliche Becken hat ein Areal von 13 ha, und die Höchsttiefe betrug 1981 11,3 m. 1982 führten die Verfasser Peilungen im Becken durch und fanden eine Höchsttiefe von 9 m. Gleichzeitig wurde ein Querschnitt des südlichen Teils des Beckens gemessen. Der Querschnitt zeigt einen fast ebenen Beckenboden und sehr steile Seiten. Die Bodenkoten variieren von  $-8,0$  bis  $-8,7$  m DNN. Ein Vergleich mit der durch die Küsteninspektion vorgenommenen Vermessung von 1981 zeigt, daß die Bodenkoten damals im gesamten Querschnitt niedriger waren. Der Unterschied ist im westlichen Teil am größten, in dem er 2 m übersteigt.

Der die beiden Becken verbindende Kanal ist eine schmale Rinne, von der der größte Teil eine Breite von 40–50 m hat. 1982 nahmen die Verfasser Peilungen einer Anzahl von Querschnitten des Kanals mit einem gegenseitigen Abstand von 400 m vor. Diese Peilungen wurden 1987 wiederholt (Abb. 49). 1982 kamen die größten Tiefen im nördlichen und

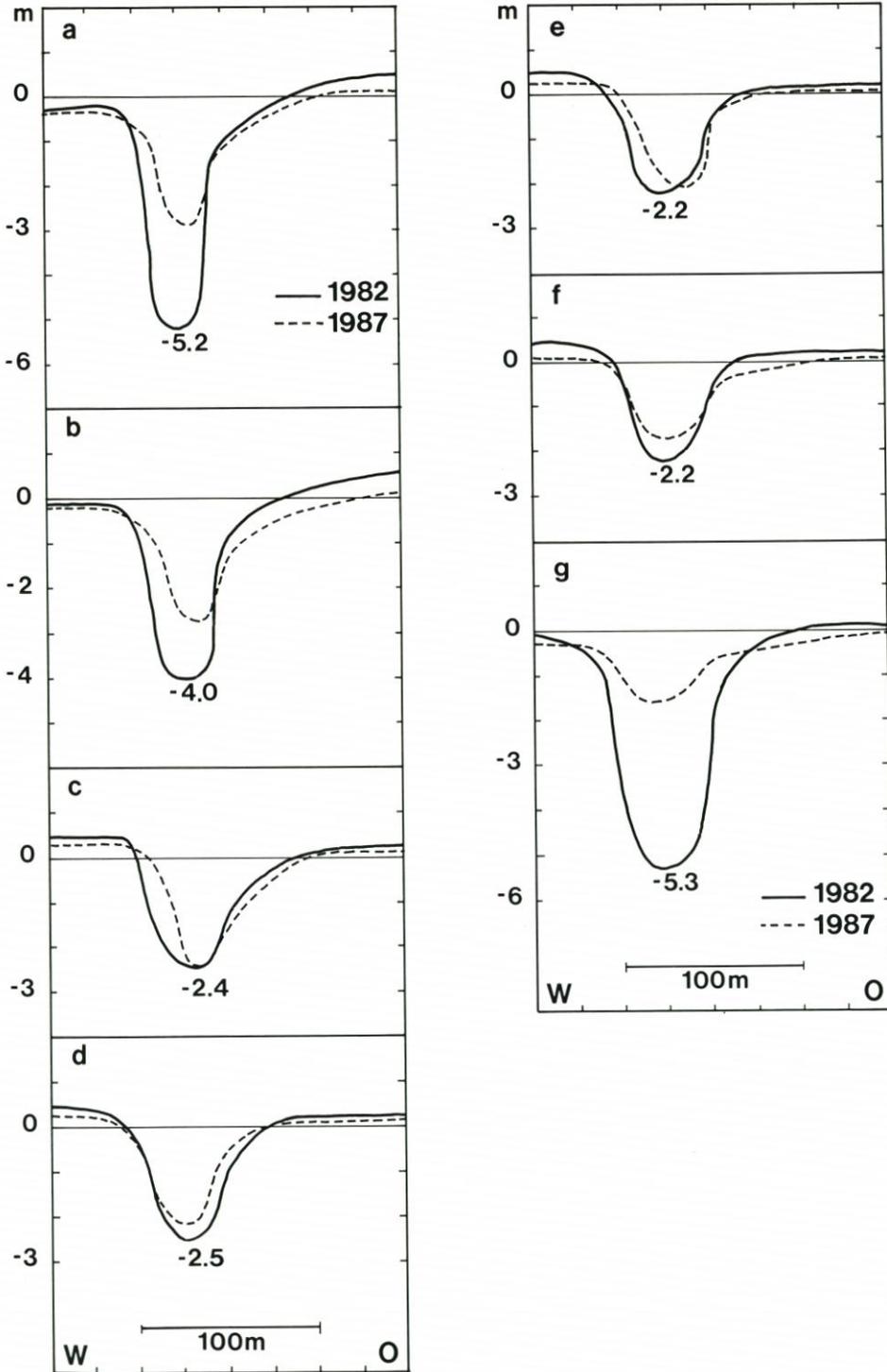


Abb. 49: Querprofile des Spülgrabens südlich vom Höjer Kanal 1982 und 1987. Die Lage der Linien ist durch die Bodenkoten Abb. 41 zu finden

südlichen Ende des Kanals vor. Auf den beiden nördlichen Peillinien betragen die Bodenkoten  $-5,2$  und  $-4,0$  m DNN und auf der südlichsten  $-5,3$  m DNN. Die Tiefen entlang den dazwischen liegenden Peillinien, die eine Strecke von  $1,5$  km darstellen, sind wesentlich kleiner mit einer Variation von  $-2,2$  bis  $-2,5$  m DNN. Die Vermessung der Küsteninspektion von 1981 zeigt Bodenkoten, die ca.  $\frac{1}{2}$  m niedriger sind. Aus den Peilungen von 1987 ergibt sich, daß der Spülgraben im Auffüllen begriffen ist; die Sedimentation variiert aber sehr in den verschiedenen Teilen des Grabens. Auf den beiden nördlichen Linien ist die Bodenkote um  $2,3$  bzw.  $1,3$  m angehoben. Auf der südlich davon liegenden Linie ist die Bodenkote dagegen unverändert. Auf den folgenden Linien wurde eine bescheidene Erhöhung der Bodenkote um weniger als  $0,5$  m festgestellt. Die südlichste Linie unterscheidet sich klar davon, indem die Bodenkote hier um nicht weniger als  $3,8$  m von  $-5,3$  m DNN im Jahre 1982 bis  $-1,5$  m DNN im Jahre 1987 angehoben ist. Eine noch größere Sedimentation ist weiter gegen Süden am Übergang zwischen Kanal und Becken erfolgt. Hier ist die Bodenkote um mehr als  $6$  m von  $-7,5$  m DNN im Jahre 1982 bis  $-1,3$  m DNN im Jahre 1987 angehoben. Im eigentlichen Becken ist die Bodenkote um eine entsprechende Größe angehoben.

Das Ergebnis der Sedimentation besteht darin, daß das ursprüngliche, unregelmäßige Längenprofil des Spülgrabenkanals in ein regelmäßigeres Längenprofil mit einer Neigung vom Süden gegen Norden von  $0,05\%$  verändert worden ist (Abb. 50). Das unregelmäßige Profil

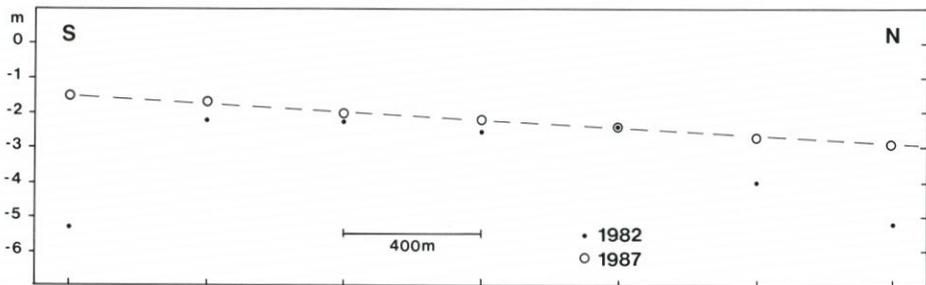


Abb. 50: Änderung der Bodenkoten im Spülgrabenkanal

von 1982 ist auf stark variierendes Sandeinspülen aus den verschiedenen Teilen des Kanals zurückzuführen, während das regelmäßigeres Profil von 1987 entstand, weil der Kanal als eine Gezeitenrinne dient, wobei sich die Form den vorhandenen Gezeitenströmen anpaßt. Die Morphologie des Kanals ist hauptsächlich durch den Ebbestrom gekennzeichnet, da dieser sowohl in bezug auf Geschwindigkeit als auch Dauer den Flutstrom bei weitem übertrifft. Der allgemeine Stromverlauf im Spülgrabenkanal läßt sich wie folgt beschreiben: Am Beginn der Flutperiode dringt der Flutstrom in den Spülgraben vom Höjer Kanal. Der Flutstrom ist zu diesem Zeitpunkt noch schwach, und er stößt bei dem letzten abfließenden Ebbwasser auf Widerstand. Die erste Periode der Flut wird deshalb meist als ein Aufstauen des Wassers in Erscheinung treten. Danach erhöht sich allmählich die Geschwindigkeit des Flutstromes, aber schon bei einem Wasserstand von  $-0,25$  m nimmt die Geschwindigkeit wieder ab. Dies ist darauf zurückzuführen, daß zu diesem Zeitpunkt die Wattschwelle westlich des südlichen Beckens überflutet wird, wonach die Flut auf breiter Front in den Spülgraben hineinströmt. Dies bewirkt einen verringerten Wasserspiegelgradienten im Kanal. Nach dem Hochwasser sinkt der Wasserstand schneller im Höjer Kanal als über den Watten, da der Höjer Kanal mit dem Höjer Tief in direkter Verbindung steht. Aufgrund des sinkenden Wasserstands im Höjer Kanal erfolgt ein Zuströmen von Wasser aus dem Spülgraben und von den Watten.

Der Zustrom durch den Spülgraben ist am größten, da der Reibungswiderstand hier kleiner ist als über den Watten. Der Spülgraben dient daher den umliegenden Watten als Abflußzone.

Nach Trockenlegen der Schwelle westlich des südlichen Beckens wird der Spülgrabenkanal noch durch einen starken Ebbestrom gekennzeichnet. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Kanal zu diesem Zeitpunkt der einzige mögliche Abflußweg ist für das Wasser aus dem 13 ha großen südlichen Becken sowie für das durch die vielen kleinen Wattpriele den Kanal entlang zugeleitete Wasser. Eine Folge des dominierenden Ebbestroms ist eine beginnende Mäandrierung des unteren Teils des Spülgrabenkanals. Das Luftbild von 1984 (Abb. 51) zeigt eine schwache Mäandertendenz auf einer Strecke von  $\frac{1}{2}$  bis 2 km südlich vom

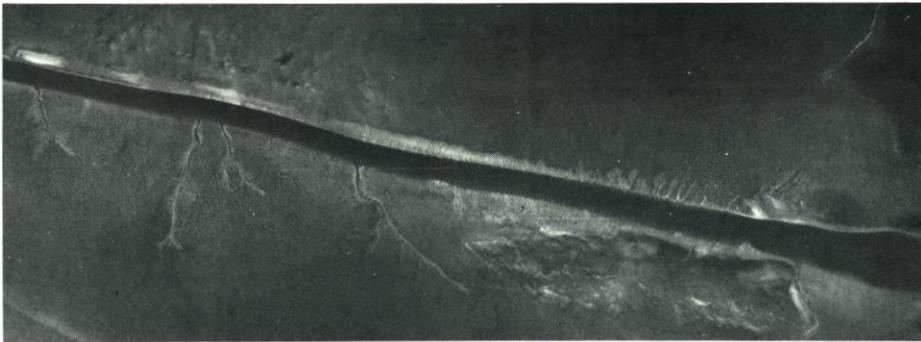


Abb. 51: Luftbild vom mäandrierenden Teil des Spülgrabens südlich vom Höjer Kanal 1984. Maßstab ca. 1 : 15 000 (Aerokort)

Höjer Kanal. Die beginnende Mäandrierung ergibt sich außerdem aus den Querprofilen des Spülgrabens (Abb. 49), wobei an den Profilen a-e deutliche Verschiebungen der Rinne festgestellt werden können.

### 5.2.6 Die Niedrigwatten um den Spülgraben

Der Spülgraben ist überall von Niedrigwatten umgeben. Aus der Vermessung 1981-1984 ergeben sich Niedrigwatten sehr unterschiedlichen Charakters auf den beiden Seiten vom Höjer Kanal und auf den beiden Seiten des Spülgrabens. Dies bezieht sich sowohl auf Niveau als auch auf Neigung.

Das Niedrigwatt östlich des Spülgrabens liegt südlich vom Höjer Kanal ganz überwiegend über DNN. Der größte Teil dieses Gebiets hat eine schwache ostwestliche Neigung von ca. 0,1 %. Im Gebiet zunächst dem Höjer Kanal machen sich jedoch besondere Verhältnisse geltend. Die Morphologie wird hier einerseits durch eine Bank am Rande des Spülgrabens, andererseits durch mehrere Wattpriele gekennzeichnet. Das entsprechende Watt nördlich vom Höjer Kanal, das gegen Westen vom Spülgraben und der alten Fahrinne abgegrenzt wird, weist eine andere Niveauverteilung auf, da nur  $\frac{2}{3}$  dieses Gebiets über DNN liegen. Dieser Teil des Niedrigwatts hat eine Neigung, die doppelt so groß wie die entsprechende Wattneigung südlich des Kanals ist.

Das Niedrigwatt westlich des Spülgrabens wird südlich vom Höjer Kanal durch eine 2,5 km lange und 500 m breite Bank dominiert, von der der größte Teil über DNN liegt, mit

einer Maximumkote von ca. 0,5 m DNN. Das Gefälle der Bank gegen Westen beträgt durchschnittlich 0,13 %, während das Gefälle gegen Osten an die Niedrigwasserlinie hinab durchschnittlich 3 % beträgt. Die Niedrigwatten zwischen dieser Bank und dem Höjer Kanal liegen größtenteils zwischen  $-0,2$  und  $-0,5$  m DNN. Nahe dem Spülgraben findet sich jedoch ein höher liegendes Gebiet in Form von einer kleineren Bank mit einer Maximumkote nahe DNN. Das Watt zwischen den beiden Banken bildet eine Schwelle, die kurz vor der Überflutung der Wattschwelle westlich des südlichen Spülgrabenbeckens vom Flutstrom aus dem Nordwesten überflutet wird. Das entsprechende Watt nördlich vom Höjer Kanal ist sehr niedrig liegend. Hier findet sich kein Punkt über DNN, und der größte Teil des Gebietes liegt zwischen DNN und  $-0,4$  m DNN. Dieses Gebiet stellt den östlichsten Teil einer niedrigen Wattbank der Längsachse WSW/ONO dar, die einen Teil des Wasserscheidegebietes zwischen der neuen und der alten Fahrrinne nach Höjer ausmacht. Die neue Fahrrinne entstand, wie erwähnt, in Verbindung mit dem Sandeinspülen für den neuen Deich, aber auch die alte Fahrrinne ist ursprünglich zum Teil eine gegrabene Rinne. Entlang der alten Fahrrinne fand sich eine fast 4 km lange Lahnung, die die Linienführung der Rinne festzuhalten hatte. Die Lahnung war ursprünglich am Rande der Fahrrinne angelegt, die natürliche Mäandertendenzen der Rinne hat aber bewirkt, daß sich die Rinne auf einer Strecke von 0,8 km mehr als 200 m von der Lahnung entfernt hat (Abb. 52). Diese kräftige Mäandrierung ist mit der

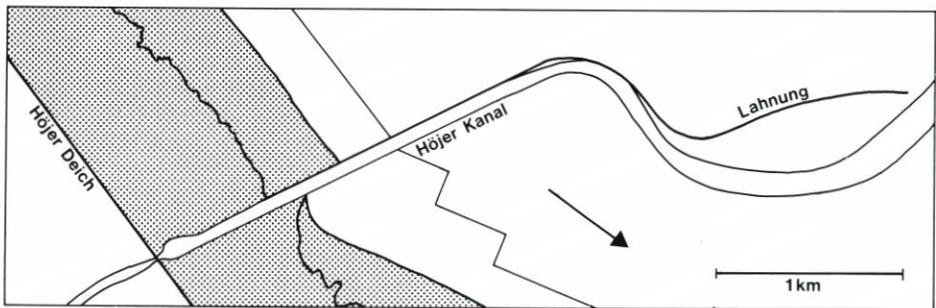


Abb. 52: Der mäandrierende Höjer Kanal und die Kanallahnung 1972

Bildung eines Flutscharten-Flutbank-Komplexes zwischen dem Mäanderbogen und der Lahnung eng verknüpft. Der obere Teil von Flutscharte und Flutbank ist aus dem Vermessungsplan Abb. 42 zwischen der Wasserscheidebank und der Rinne ersichtlich.

Die Entwicklung der Niedrigwatten um den Spülgraben seit der Vermessung 1981-1984 wurde in einem kleineren Gebiet südlich vom Höjer Kanal untersucht, und zwar in einem 1200 m breiten, rechtwinklig zum Deich gelegenen u. a. den zentralen Teil der Bank auf der westlichen Seite des Spülgrabens umfassenden Sektor. Innerhalb dieses Feldes wurde eine Untersuchung des höheren Teils des Niedrigwatts zwischen  $-0,1$  und  $0,6$  m DNN durchgeführt. Die Untersuchung basiert auf Vermessungsergebnissen von 1982/83 und 1987 sowie 1972. Aus einem Profil durch den Sektor ergeben sich die Hauptzüge der Niedrigwatt-Entwicklung in diesem Gebiet (Abb. 53). Während 1972 von einem sich gleichmäßig neigenden Watt die Rede war, hatte das Watt 1983 aufgrund des Sandeinspülers für den Deich ein ganz anderes Profil erhalten. Auf der westlichen Seite des Spülgrabens ist die Kote um ca. 40 cm gegenüber 1972 angehoben, während die Kote 300 m weiter gegen Westen um ca. 20 cm angehoben ist. 1987 findet sich das Bankprofil noch, aber eine gleichmäßige Erosion der Größenordnung 10-15 cm ist erfolgt. Aus diesem Entwicklungsverlauf ergibt sich

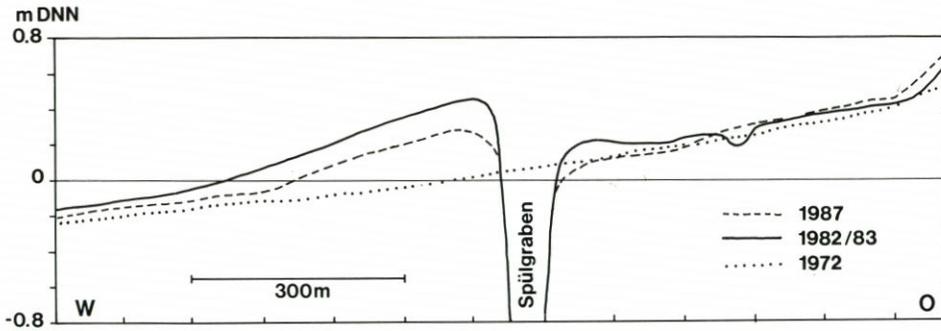


Abb. 53: Querprofil des Niedrigwatts 1,5 km südlich vom Höjer Kanal

anscheinend, daß die überwiegend künstliche Bankbildung allmählich verschwindet und das Watt damit ungefähr wie früher aussehen wird. Die westliche Begrenzung der Bank sowohl 1983 als auch 1987 liegt im Niveau rund  $-0,1$  m DNN. Diese Grenze ist im Laufe der vier Jahre ca. 100 m gegen Osten gerückt, wodurch diese Wattstrecke ihre frühere Neigung erreicht hat. Auf der östlichen Seite des Spülgrabens hat sich das Profil wesentlich weniger als auf der westlichen Seite verändert. 1982 findet sich jedoch eine niedrige Bank am Rande des Spülgrabens, und ein paar 100 m weiter nach Osten schneidet das Profil einen der in Verbindung mit dem Spülgraben gebildeten Wattenpriele. Diese beiden Formen sind 1987 wieder eliminiert. Während der Periode von 1982 bis 1987 ist außerdem auf dem oberen Teil des Niedrigwatts eine Ablagerung von knapp 10 cm erfolgt, welches doch nicht für den gesamten Sektor generell ist.

### 5.3 Vergleich zwischen Wattenprofilen vor dem Vordeich und vor dem Höjer Deich

Zur Verwendung bei dem Vergleich wurden Wattenprofile gewählt, die etwa in der Mitte zwischen dem Höjer Kanal und der dänisch-deutschen Grenze liegen. Das Profil vor dem Vordeich wurde 1982 vermessen und ist für den größten Teil der Watten östlich des Spülgrabens repräsentativ. Das Profil vor dem Höjer Deich wurde 1954 und 1979 vermessen. Diese beiden Messungen entsprechen den Watten vor dem zentralen Teil des 1943 angelegten Landgewinnungsfeldes bzw. den Watten vor dem durch Landgewinnung seit 1958 geschaffenen Vorland. Die Profile haben eine Länge von 700 m und sind in Abb. 54 so zusammengezeichnet, daß der Schnittpunkt der Profile zum MThw als gemeinsamer Nullpunkt der Längenangaben verwendet wird. Von 1954 bis 1979 ist das MThw ca. 200 m nach Westen verschoben, die Watten außerhalb der betreffenden Küstenlinien sind aber desselben Charakters, besonders sind die östlichsten 400 m in bezug auf Niveau und Neigung fast identisch. Dies entspricht der natürlichen Entwicklung in einem Landgewinnungsfeld.

Von 1979 bis 1982 ist das MThw aufgrund des Baus des Vordeiches auf dem Watt westlich des Landgewinnungsfeldes ca. 600 m nach Westen verschoben. Aus dieser plötzlichen Verschiebung der Küstenlinie hat sich ein Wattprofil ergeben, das sich in bezug auf Niveau und Neigung von den älteren Profilen sehr wesentlich unterscheidet. Während sich 1954 das Hochwatt fast über eine Strecke von 600 m westlich der Küstenlinie erstreckte und eine durchschnittliche Neigung von 0,05 % hatte, betrug die Ausdehnung des Hochwatts 1982 nur 150 m mit einer Neigung von 0,3 %. Das Profil war 1982 so ganz durch Niedrigwatt

dominiert und ähnelte dadurch eher dem Wattprofil vor der Geest nördlich von Höjer, wie auch aus Abb. 54 ersichtlich ist. Dieses Profil liegt außerhalb der Vidaubucht, die seit den letzten drei Jahrhunderten durch Landgewinnung und Deichbau im Auffüllen begriffen ist. Durch den Bau des Vordeiches wurde das Auffüllen abgeschlossen, wonach sowohl der Küstenlinienverlauf als auch das Küstenprofil eine größere Übereinstimmung mit dem nördlich davon liegenden Gebiet aufweisen. Eine Folge des neuen Küstenprofils ist, daß die

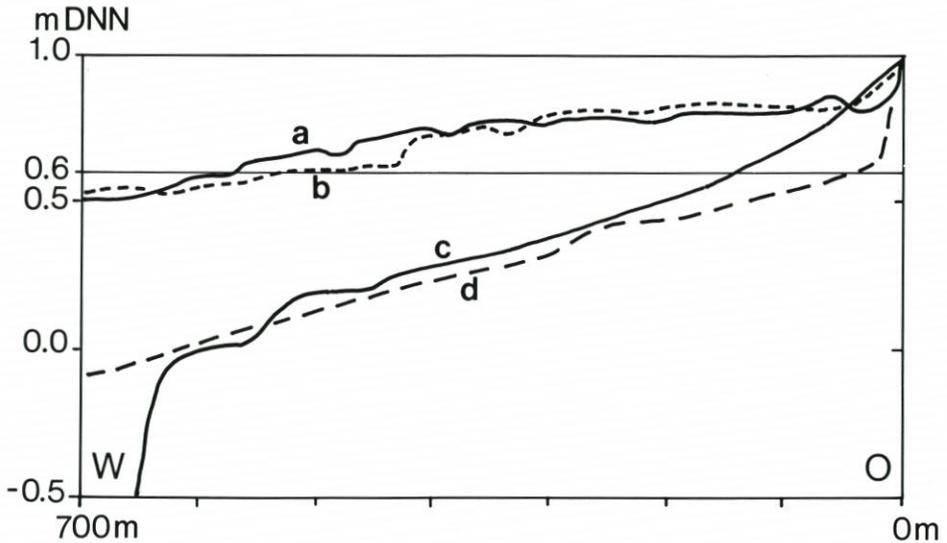


Abb. 54: Wattprofile vor dem Höjer Vorland 1954 (a) und 1979 (b), vor dem Vordeich 1982 (c) und vor dem Emmerlev Klev 1979 (d)

Bedingungen einer künftigen Landgewinnung vor dem Vordeich weit geringer sein werden, als es der Fall vor dem Höjer Deich war. So wird kaum eine Initiative zu einer neuen, groß angelegten Landgewinnung im Hinblick auf eine spätere Eindeichung ergriffen werden. Landgewinnungsarbeiten werden von beschränktem Umfang sein und nur zu Zwecken des Küstenschutzes ausgeführt werden. Der Margrethe-Koog ist deshalb als der letzte Koog der Vidau-Marsch anzusehen.

#### 5.4 Küstenschutzanlagen vor dem Vordeich

Beim Bau des dänischen Teils des Vordeiches wollte man nicht das traditionelle Verfahren anwenden, gemäß dem auf den Deichbau Landgewinnungsanlagen zu dem Zweck folgen, einen Marschsaum zum Schutz der Vorderböschung des Deiches zu schaffen. Das dänische Deichprojekt umfaßte nur das in Abschnitt 5.2.1 erwähnte eingespülte Vorland. Vor dem deutschen Teil des Vordeiches fand sich schon bei Abschluß des Deichbaus ein Landgewinnungsfeld von 140 ha, was darauf zurückzuführen ist, daß der Deich in einem Bogen durch vorhandene Schlickfeldanlagen geführt wurde. Eine Erweiterung dieser Schlickfeldanlagen von 370 ha ist geplant, so daß man auf die Herstellung eines Landgewinnungsfeldes von ca. 500 ha abzielt. Außer dem Sicherheitswert wird die Landgewinnung hier auch mit dem Wunsch nach einer Wiederherstellung der Naturwerte begründet, die beim Eindeichen verloren gingen.

Schon 1982 machten die Verfasser darauf aufmerksam, daß sowohl aus Umwelt- als auch aus Sicherheitsgründen die Anlage von Schlickfeldern entlang dem dänischen Teil des Vordeiches zu überlegen sei. Diese Gedanken stießen jedoch auf kräftigen Widerstand bei der dänischen staatlichen Naturschutzverwaltung des Umweltministeriums. Dieselbe Verwaltung nahm jedoch in demselben Jahr einen Vorschlag des Naturschutzrates zur Anlage von zwei Schlickfeldern ca. 2,5 km südlich des Vidausiels (Abb. 41) an, um an dieser Stelle eine Marschhalbinsel herzustellen, die den Watvögeln als Hochwasser-Rastplatz dienen könnte. Die Schlickfelder wurden im November 1982 über eine Strecke von 400 m bis zu einer Entfernung von 300 m vom Deich angelegt. Die beiden Schlickfelder umfaßten ein sehr großes Niveauintervall von 1 m, nämlich von 1,5 bis 0,5 m DNN. Der Naturschutzrat erwartete, daß im Laufe von drei Jahren ein Rastplatz hergestellt werden würde. Diese Erwartung entsprach jedoch nicht den Erfahrungen der früheren Landgewinnung im Gebiet, und sie wurde auch nicht erfüllt. 1988 findet sich kein Zeichen von der Bildung des gewünschten Hochwasser-Rastplatzes, und das Hochwatt in den Schlickfeldern unterscheidet sich noch nicht wesentlich vom Hochwatt außerhalb der Felder.

Im Frühjahr 1984 legten die Verfasser einen Plan zu Schlickfeldanlagen am gesamten Vordeich vor. Im Plan wurde vorgeschlagen, die Schlickfelder bis zum Niveau 0,7 m DNN hinaus anzulegen. Das wurde mit einer Untersuchung der Umwandlung von Hochwatt in Vorland während der 20jährigen Landgewinnungsperiode 1958–1978 begründet. Daraus ergab sich, daß von allen Hochwatt-Arealen mit dem Ausgangsniveau über 0,9 m DNN 100 % in Vorland umgewandelt sind, während sich für die übrigen Teile des Hochwatts folgende Prozente für die Umwandlung von Watt in Vorland fanden: 0,8–0,9 m DNN: 76 %; 0,7–0,8 m DNN: 34 % und 0,6–0,7 m DNN: 24 %. Die Verwendung der 0,7-m-Höhenkurve als äußere Grenze der Küstenschutzanlage bedeutet die Herstellung einer einzelnen Reihe von Schlickfeldern von der dänisch-deutschen Grenze nach dem Emmerlev Klev mit westlicher Abgrenzung 200 m vom äußeren Deichverteidigungsweg. Über die südlichsten 1200 m wird jedoch ein Abstand von nur 150 m empfohlen, während der Abstand über die ersten 800 m nördlich vom Höjer Kanal 250 m betragen sollte. Es wird vorgeschlagen, die Faschinezäune bis an das besäte Areal hineinzuführen.

In den Bemerkungen zum Plan betonen die Verfasser, daß ein Anwachs im Gebiet vor dem Vordeich von einer anderen Art sein würde als der bisherige Anwachs im Höjer Feld, da das Ausgangsniveau höher ist. Die Vorlandbildung des 1958 angelegten Landgewinnungsfeldes erfolgte insbesondere auf dem oberen Teil des Hochwatts im Niveau von ca. 0,8 m DNN bis zur Mittelhochwasserlinie. Außerhalb des Vordeiches wird der Anwachs sowohl auf dem Hochwatt als auch in Gebieten über dem Mittelhochwasser erfolgen.

Ein Beispiel des Anwachsens in einem Gebiet über dem Mittelhochwasser ist vom Strand auf der Insel Römö bekannt. Abb. 55 ist ein Querprofil des Strandes an der Westküste von

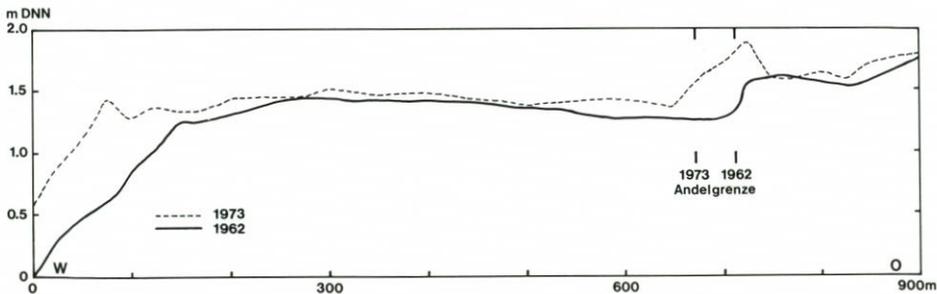


Abb. 55: Querprofil des Strandes an der Westküste von Römö

Römö. 1962 hatte dieser Strand eine Breite von ca. 600 m, wobei der größte Teil im Intervall 1,2–1,5 m DNN lag. Die östlichen 150 m lagen im Niveau 1,25–1,3 m DNN. Die östliche Begrenzung des Strands entspricht einem Marschvorland, dessen westlicher Teil bis zum Niveau 1,5–1,6 m DNN aufgebaut ist. Im Laufe der folgenden elf Jahre verbreitete sich das Andelgras über die inneren 40 m des Strands hinaus derart, daß 1973 dieser Teil als ein neues Andelanwachsgebiet erscheint. Der Strand auf Römö läßt sich jedoch nicht unmittelbar mit den über MThw gelegenen Gebieten vor dem Vordeich vergleichen, da der letztere eine wesentlich größere Neigung besitzt. Die Neigung beträgt hier ca. 1 %, während der von Andelgras eroberte Teil des Strands auf Römö fast waagrecht ist. Ferner wird angeführt, daß 1983 nur vereinzelte Andelpflanzen über dem MThw am Vordeich vorkommen, und daß diese Pflanzen schlechte Voraussetzungen dafür haben müssen, sich zu einer zusammenhängenden Andelvegetation zu entwickeln, da die große Neigung und die sich daraus ergebende größere Dränierung eine zu kräftige Austrocknung bedeuten können. Hinzu kommt, daß die 1982/83 festgestellte Erosion (Abb. 44) eben im Niveau 1–2 m DNN vorkommt. Ein beginnender Andelanwachs in diesem Niveau wird sich somit leicht erodieren lassen können.

Auf dem Hochwatt muß der Andelanwachs voraussichtlich wesentlich bessere Bedingungen haben, obwohl 1983 noch kein Andelgras in diesem Niveau festgestellt worden war. Das Hochwatt wird häufig und regelmäßig überspült, und außerdem war das Gebiet unmittelbar unterhalb der Hochwasserlinie nach den bisherigen Registrierungen keiner wesentlichen Erosion ausgesetzt. Es wird empfohlen, den Anwachs auf dem Hochwatt durch Grüppeln zu fördern, wogegen Grüppeln über dem MThw abzuraten ist, da ein Grüppeln hier die ohnehin kräftige Austrocknung erhöhen wird. Zuletzt sei bemerkt, daß die Bildung einer zusammenhängenden Andelvegetation im Schlickfeldgürtel in diesem Jahrhundert kaum abgeschlossen sein wird. Es ist zu betonen, daß erst dann, wenn ein Saum von regelmäßigem Marschvorland auf dem Hochwatt geschaffen ist, dies eine optimale Reduktion der Erosion des Gebietes über dem MThw bewirken können.

Während die vorgeschlagenen Schlickfeldanlagen die Erosionsprobleme vor dem Vordeich langfristig lösen sollten, sollte ein im Sommer 1984 von der Direktion für Landwirtschaft eingeleiteter Versuch die Erosion kurzfristig reduzieren.

In den beiden vorhandenen Schlickfeldern wurden in 5–10 m breiten Gürteln einerseits parallel zum Deich, andererseits rechtwinklig dazu (Abb. 56) Andelgrassoden ausgelegt. Der zum Deich parallele Gürtel war im Niveau 1,7–1,9 m DNN gelegen, während sich der ostwestlich orientierte Gürtel bis zu 0,85 m DNN im nördlichen und fast 0,7 m DNN im südlichen Schlickfeld erstreckte. Die Andelgrassoden wurden überall von Hand ausgelegt und danach festgewalzt. Der zum Deich parallele Gürtel wurde gleich oberhalb der Zone mit der größten Erosion ausgelegt, um zu versuchen, den Sand in diesem Gebiet zu binden und dadurch das dahinter liegende besäte Areal zu schützen. Zweck der Auslegungen rechtwinklig zum Deich war die Förderung eines Anwachs auf dem Hochwatt.

Der Versuch war nur zum Teil ein Erfolg. Aus einer Kartierung von 1986 (Abb. 56) ergibt sich, daß im nördlichen Schlickfeld in etwa der Hälfte des zum Deich parallelen Gürtels nur vereinzelt vorkommende Andelgraspflanzen erhalten sind. Dagegen finden sich im südlichen Schlickfeld einige ganz kleine Gebiete mit einer zusammenhängenden Andelvegetation, die von einem Gebiet mit vereinzelt Andelpflanzen umgeben sind, die sich in bescheidenem Ausmaß außerhalb der Auslegung verbreitet haben. Die Auslegung rechtwinklig zum Deich ist fast völlig erodiert, und auf dem Hochwatt ist überhaupt nichts erhalten geblieben. Der Grund, weshalb es dem Andelgras nicht möglich gewesen ist, sich auf dem Hochwatt zu festigen, ist darin zu suchen, daß sich das Detailrelief der Wattoberfläche aufgrund der Sandriffwanderung über das Gebiet hinweg ständig veränderte. Es stellte sich

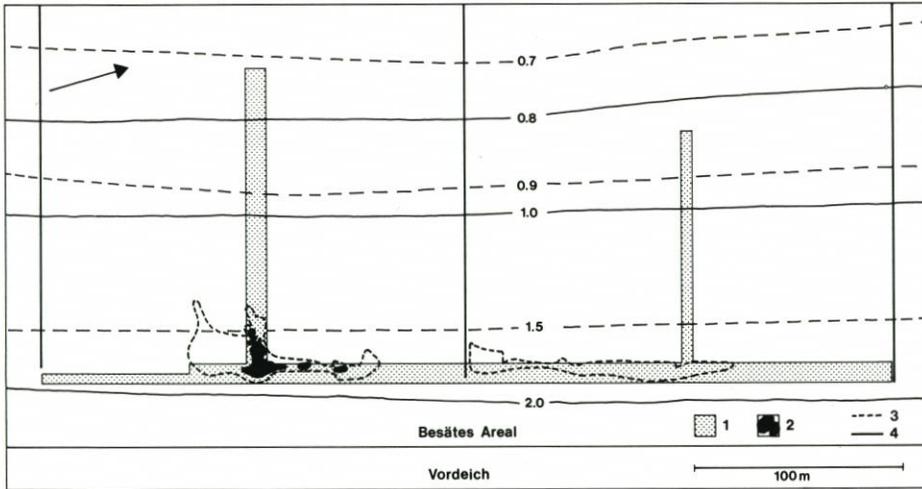


Abb. 56: Versuchsauslegung von Andelgrassoden.

1: Andelgrassoden ausgelegt 1984. 2: Zusammenhängende Andelvegetation 1986. 3: Grenze der zerstreuten Andelvegetation 1986. 4: Lahnung

heraus, daß sich in der Niederung zwischen zwei wandernden Sandriffen zahlreiche Andelgrassoden lösten und weggespült wurden. Aus diesem Grund wurde beschlossen, keine weiteren Auslegungen auf dem Hochwatt vorzunehmen.

Im hochliegenden Gebiet entlang dem besäten Areal wollte man den Versuch fortführen, da man annahm, daß der Grund, weshalb der zum Deich parallele Gürtel nur in bescheidenem Ausmaß der Wellenerosion widerstanden hatte, darin bestehen könnte, daß die Breite des Gürtels zu gering war. Deshalb wurde schon im selben Jahr beschlossen, den Versuch mit Auslegen von Andelgras in einem 25 m breiten Gürtel auf einer ca. 400 m langen Strecke nördlich der Schlickfelder fortzuführen. Im Winter 1986/87 wurde dieser Gürtel nicht im wesentlichen Ausmaß beschädigt, und das Andelgras leistete dem besäten Areal den gewünschten Schutz.

Aufgrund dieser positiven Erfahrungen wurde beschlossen, ein entsprechendes Andelgrasauslegen entlang dem gesamten Vordeich durchzuführen. Es wurde geplant, das Auslegen in drei Stufen durchzuführen, wobei die erste Stufe die Strecke weiter nach Norden bis zum Höjer Kanal umfaßte. Bei dieser 1987 durchgeführten Stufe wurde ein neues arbeitssparendes Auslegeverfahren verwendet, indem man statt des Auslegens der Andelsoden von Hand dazu überging, das Andelgras mit einem Miststreuer zu verteilen (Abb. 57 u. 58). Das neue Auslegeverfahren wurde sowohl bei der zweiten, 1988 durchgeführten Stufe, die die Strecke nach Süden bis zur dänisch-deutschen Grenze umfaßte, als auch 1989 bei der dritten Stufe nördlich vom Höjer Kanal verwendet.

Gleichzeitig mit dem Auslegen des Andelgrases, das schnell als erosionshemmende Maßnahme wirkte, wurde die Durchführung der langfristigen Lösung des Erosionsproblems auch ermöglicht, da das dänische Verkehrsministerium 1985 die Herstellung von Schlickfeldern am Vordeich genehmigte. Das genehmigte, von der Direktion für Landwirtschaft erarbeitete Projekt hat große Ähnlichkeit mit dem Vorschlag der Verfasser aus dem Jahre 1984, man hat jedoch gewählt, die Faschinezäune bis zu 0,6 m DNN statt 0,7 m DNN hinauszuführen. Das Schlickfeldsystem hat eine Länge von 8,6 km und umfaßt 41 Schlickfelder einschl. der beiden alten Schlickfelder von 1982. Mit einigen wenigen Ausnahmen haben



Abb. 57: Andelgrasauslegung mit Miststreuer Juli 1987 (Foto A. PETERSEN)



Abb. 58: Die Andelgrasauslegung September 1987 (Foto A. PETERSEN)

alle Schlickfelder eine Breite von 204 m. Dagegen variiert die Ausdehnung der Schlickfelder rechtwinklig zum Deich je nach der Ausdehnung des Hochwatts. In der ersten 1986 durchgeführten Stufe des Projekts, die zwölf Schlickfelder südlich vom Höjer Kanal umfaßt, und in der dritten 1988 durchgeführten Stufe des Projekts, die zwölf Schlickfelder nördlich des Kanals umfaßt, liegt der westliche Faschinentzaun 250 m vom Deich, abgesehen von einem kleineren Gebiet auf der südlichen Seite des Kanals, bei dem der Verlauf eines Wattprielis berücksichtigt wurde. In der zweiten 1987 durchgeführten Stufe des Projekts, die die 15 südlichen Schlickfelder umfaßt, beträgt die Entfernung vom Deich zum westlichen Faschinentzaun nur 200 m im Gebiet innerhalb der Flutscharten und höchstens 150 m nahe dem Grenzpuel. Das gesamte Areal der Schlickfelder beträgt 162 ha, von denen ca. 60 ha über dem Mittelhochwasser liegen.

Von den beiden 1987 und 1988 angelegten Stufen sind noch keine Untersuchungen vorgenommen worden, über die erste 1986 angelegte Stufe wurde aber im Sommer 1988 eine Kartierung der Verbreitung von Andelgras in zehn 40 m breiten Sektoren rechtwinklig zum Deich mit einem gegenseitigen Abstand von 160 m vorgenommen. Der 1987 angelegte Gürtel aus Andelgras war zum größten Teil noch intakt, obwohl er von Wellenerosion in größerem oder kleinerem Ausmaß beeinträchtigt worden war. Der ursprünglich 25 m breite Gürtel war in den untersuchten Sektoren um durchschnittlich 4 m reduziert mit einer Variation von 0 bis 9 m. Ein Teil des erodierten Andelgrases ist von Wellen und Strom über die innere Hälfte des Schlickfeldes zerstreut. In den Sektoren sind gut gefestigte vom Auslegen stammende Andelgraspflanzen in einem Abstand bis auf 100 m vom angelegten Gürtel und bis zum Niveau 0,83 m DNN hinab festgestellt worden.

Auf der Landseite der Andelgrasauslegung ist das besäte Areal im großen und ganzen nach dem Winter 1987/88 unbeschädigt, weshalb das Auslegen jedenfalls in diesem ersten Jahr den gewünschten erosionshemmenden Effekt gehabt hat. Langfristig wird sich die Zerstreung der Andelgraspflanzen bis zum Hochwatt hinab als mindestens ebenso bedeutungsvoll erweisen können. Jedenfalls ist zu erwarten, daß die große plötzliche Zufuhr von Andelgras zum Gebiet einen neuen Marschanwachs in den Schlickfeldern und damit einen langfristigen Schutz des Vordeiches beschleunigen wird.

## 6. Schriftenverzeichnis

- DANCKWERTH, C.: Die Landkarten von Johannes Mejer. Verl. O. Heinevetter, Hamburg, 1963.
- EHLERS, J.: Morphologische Veränderungen auf der Wattseite der Barriere-Inseln des Wattenmeeres. *Die Küste*, H. 47, 1988.
- JACOBSEN, N. KINGO: Tøndermarskens Naturgeografi. *Folia Geographica Danica*, Tom VII, No. 1. Kop., 1964.
- JACOBSEN, N. KINGO: Form Elements of the Wadden Sea Area. Rep. 1 of the Wadden Sea Working Group. Leiden, 1980.
- JAKOBSEN, B.: The Tidal Area in South-Western Jutland and the Process of the Salt Marsh Formation. *Geogr. Tidsskrift. Kop.*, 1954.
- JAKOBSEN, B. und OLSEN, H. A.: Landvindingen i det sydvestjyske vadehav. *Folia Geographica Danica*, Tom VIII No. 1. Kop., 1963.
- JAKOBSEN, B.: Vadehavets morfologi. *Folia Geographica Danica*, Tom XI No. 1. Kop., 1964.
- JAKOBSEN, B.: Tidevandskysterne. *Danmarks Natur Bd. 4*. Verlag Politiken, 1969.
- JESPERSEN, M. und RASMUSSEN, E.: Klintmarsken. Naturlig og kunstig forlandsmarsk ved den jyske vadehavskyst. *Geogr. Orientering. Kop.*, 1980.
- JESPERSEN, M. und RASMUSSEN, E.: Höjer forland og vade 1861-1981. Vadehavsrapport nr. 1. *Geogr. Inst. Kop.*, 1982.

- JESPERSEN, M. und RASMUSSEN, E.: Forlandet ved det fremskudte dige. Vadehavsrapport nr. 2. Geogr. Inst. Kop., 1984.
- JESPERSEN, M. und RASMUSSEN, E.: Højervaden. Vadehavsrapport nr. 3. Geogr. Inst. Kop., 1984.
- JESPERSEN, M. und RASMUSSEN, E.: Margrethe-kog. Schr. d. Höjer Mølle- og Marskmuseum H. 1, 1985.
- OLSEN, H. A.: Foreløbig status over landvindingen ved Höjer. Geogr. Orientering. Kop., 1972.
- REVENTLOW, A.: Om Marskdannelsen på Vestkysten af Hertugdømmet Slesvig. Kop., 1863.
- VALEUR, B.: Dige problemer i Sønderjylland. Geogr. Verlag. Brenderup, 1980.
- Wattenmeer: K. Wachholtz Verlag. Neumünster, 1977.
- VERHOEVEN, B., JESPERSEN, M., KÖNIG, D. und RASMUSSEN, E.: Human Influences on the Landscape of the Wadden Sea Area. Report 1 of the Wadden Sea Working Group. Leiden, 1980.
- WEIGAND, K.: Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog. Flensburg, 1979.
- WESTERGAARD, P.: Vegetationens udvikling på det kunstige forland ved Höjer. Ökol. Bot. Inst. Kop., 1984.