Die Küste, 56 (1994), 79-91

Koresand – Die Entwicklung eines Außensandes vor dem dänischen Wattenmeer

Von Margot Jespersen und Erik Rasmussen

Zusammenfassung

Der Koresand, ein Außensand südwestlich von Mandø, ist ein Teil des Sandbarriere-Systems vor dem dänischen Wattenmeer. Anhand von Karten, Luftbildern und Nivellements wird zum erstenmal ein Gesamtbild seiner Entwicklung seit Beginn des 19. Jahrhunderts gezeichnet.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat sich die Größe des Koresands fast verdoppelt. Im Gegensatz zu der Entwicklung bei den südlicher gelegenen deutschen Außensänden erfolgte der Zuwachs auch in seewärtiger Richtung. Darüber hinaus ist für den Zeitraum der letzten 25 Jahre eine Höhenzunahme besonders im westlichen Teil zu beobachten; eine ständige Dünenbildung hat bis heute jedoch noch nicht stattgefunden.

Summary

Koresand, an outer sand bank southwest of the Isle of Mandø, is part of the natural barrier to the Danish Wadden Sea. Based on maps, aerial photographs and surveys a first account is given of the evolution of Koresand since the beginning of the 19th century.

In the first half of the 20th century the area of Koresand practically doubled. Contrary to the development of the more southerly German outer banks a seaward increase has also taken place. Furthermore, within the last 25 years, an elevation increase has been registered, especially in the western part of Koresand. To date, however, permanent dunes have not developed.

Inhalt

1. Einführung 79
2. Die Entwicklung des Koresands 81
   2.1 Die ältesten Kartierungen 81
   2.2 Die Entwicklung nach der „Kleinen Eiszeit" 83
   2.3 Die Entwicklung nach der Vernichtung des Seegrases 84
   2.4 Die jüngste Entwicklung 86
3. Schlußfolgerungen 89
4. Dank 90
5. Schriftenverzeichnis 90

1. Einführung

Das dänische Wattenmeer ist von der Nordsee durch eine holozäne Barriere getrennt. Die Barriere verläuft vom Geestkern auf Sylt bis Horns Rev westlich von Blåvands Huk (Abb. 1). Sowohl die Geest auf Sylt als auch Horns Rev gehören zur Saaleeiszeit. Horns Rev ist eine vom Meer bedeckte Randmoräne (Jessen, 1925), und die Geest auf Sylt ist ein vorspringender Teil einer Randmoräne, die ähnliche Formationen auf Föhr und Amrum umfaßt (Gripp, 1958; Köster, 1979).

Die Hauptteile der Barriere sind die Halbinsel Skallingen, die Inseln Fanø und Rømø

Die Küste, 56 (1994), 79-91

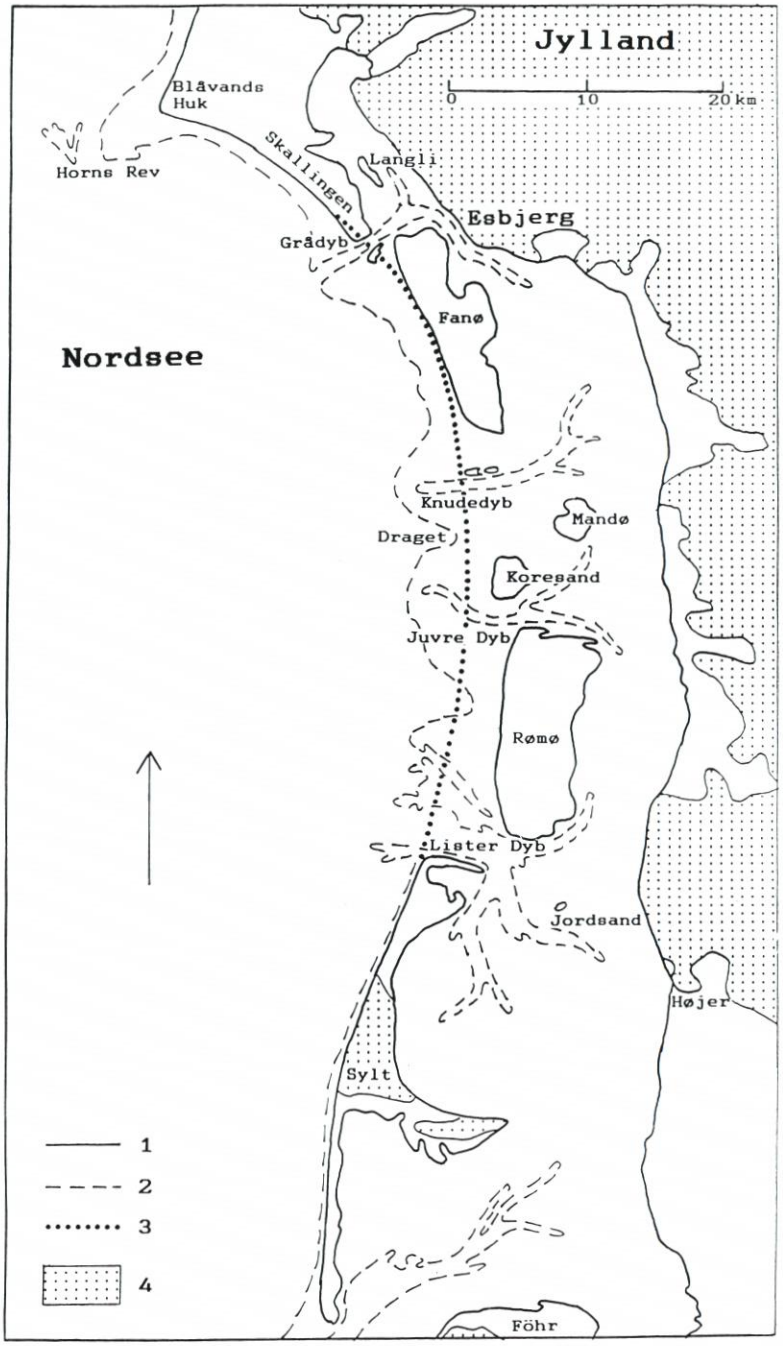

Abb. 1: Die Barriere vor dem dänischen Wattenmeer am Anfang dieses Jahrhunderts. 1: Küstenlinie (MThw). 2: 4 Meter unter Spring-MTnw. 3: Idealküstenlinie (nach B. Jakobsen, 1964). 4: Geest

Die Küste, 56 (1994), 79-91

sowie auch der Außensand Koresand südwestlich von Mandø. Es wird angenommen, daß die Inseln Mandø und Langli und der östliche Teil von Fanø zu einer älteren Barriere gehören (JAKOBSEN, 1969).

Die heutige Barriere, die hauptsächlich aus großen Barriereinseln besteht, ist kennzeichnend für eine Küste mit einem Tideunterschied von weniger als 2 Metern (DAVIES, 1964; HAYES, 1979; DIJKEMA, 1980). Im dänischen Wattenmeer beträgt der Tideunterschied etwa 1,5 Meter bei Esbjerg und fast 2 Meter bei Højer.

Die Entwicklung einer Barriereinsel umfaßt drei Stufen. In der ersten Stufe hat eine gegen die Küste gerichtete Sandbewegung zur Entstehung von Sandbänken geführt. Die Küste ist durch eine schwache Neigung und eine geringe Wassertiefe gekennzeichnet. In der zweiten Stufe haben sich die Sandbänke über das Hochwasserniveau erhöht. Ein Außensand ist damit entstanden. Erst in der dritten Stufe stabilisiert sich die Barriereinsel durch Dünenbildung.

Es wird angenommen, daß die größeren Barriereinseln wie z. B. Fanø und Rømø in spät vorgeschichtlicher Zeit entstanden sind (EHLERS, 1988). Die Halbinsel Skallingen dagegen ist in historischer Zeit entstanden. Auf einer Karte 1648 von JOHANNES MEJER ist eine Barriereinsel „Stormholm" somit ein Außensand in der dritten Stufe der Barriereinselentwicklung eingezeichnet; auf einer Karte von 1805 (Videnskabernes Selskab) ist dort eine erhöhte Dünenbildung zu erkennen. Die Insel ist mit dem Festland zusammengewachsen und bildet jetzt die Halbinsel Skallingen. Der Außensand Koresand ist als der jüngste Teil der Barriere noch ohne dauerhafte Dünenbildung.

Die dänische Barriereküste hat zwischen Blåvands Huk und Sylt als Ausgleichsküste einen leicht bogenförmigen Verlauf (JAKOBSEN, 1964). Abb. 1 zeigt die Barriere am Anfang dieses Jahrhunderts nach einer Seekarte von 1911. Die größten Abweichungen von der bogenförmigen Idealküstenlinie bilden Rømø und Koresand, die beide östlich der Linie liegen. Die Insel Rømø ist seit langem in westlicher Richtung gewachsen (MORITZ, 1903; MEESENBURG, 1978; JESPERSEN u. RASMUSSEN, 1989). Aus dem folgenden geht hervor, daß auch der Außensand Koresand in den letzten Jahren in westlicher Richtung gewachsen ist. Der größte Teil Fanøs liegt dicht an der Idealküstenlinie und hat eine verhältnismäßig stabile Westküste. Ein Außensand „Søren Jessens Sand" nordwestlich von Fanø hat sich dort nach Osten verlagert und ist seit 1980 mit Fanø zusammengewachsen (MEESENBURG et al., 1977; EHLERS, 1988). Abschließend soll erwähnt werden, daß der westlichste Teil der Barriere, d. h. die Halbinsel Skallingen und der nördlichste Teil von Sylt, abgetragen werden (GRIPP, 1966, EHLERS, 1988).

Als Folge der beschleunigten Erhöhung des Hochwasserniveaus in den letzten Jahren wird möglicherweise in Zukunft die Ausgleichküstenlinie nach Osten verlagert (JENSEN, 1984). Der Verlauf der Idealküstenlinie wird jedoch zu jeder Zeit vom Gleichgewicht zwischen dem Meeresspiegelanstieg und der Menge der Sedimente, die der Küste zugeführt werden, abhängig sein.

2. Die Entwicklung des Koresands

2.1 Die ältesten Kartierungen

Die erste Karte des Koresands stammt von JOHANNES MEJER 1649. Westlich von der Insel Mandø befanden sich zwei Sandplaten „Uthkaarsandt" und „Indkaarsandt", die durch einen Priel getrennt waren. JOHANNES MEJER unterscheidet nicht zwischen Wattflächen und Flächen über Mittelhochwasser. Es ist deshalb nicht möglich, die Ausdehnung des eigentlichen

Die Küste, 56 (1994), 79-91

Außensandes zu diesem Zeitpunkt zu beurteilen. Wegen der unzulänglichen Genauigkeit der Karte ist es auch nicht möglich, die Größe von „Uthkaarsandt" und „Indkaarsandt" korrekt anzugeben.

Eine zuverlässige und viel detailliertere Kartierung wurde 1807 von HOLST und TUXEN ausgeführt. Die Karte zeigt deutlich sowohl die Wattflächen als den Außensand Koresand, letzteren durch die Hochwasserlinie abgegrenzt. Koresand hatte damals ein Areal von etwa 8 km^2 und eine größte Ausdehnung von 3,7 km in Richtung NO-SW. Zwischen Koresand und Mandø ist ein Priel „Gyden" (Mandø Gyde) eingetragen. Der Priel hatte bei Niedrigwasser eine größte Tiefe von 3,5 dänischen Faden (etwa 6,5 m) und eine kleinste Tiefe von 2 dänischen Fuß (etwa 0,6 m). Im 19. Jahrhundert wurde Mandø Gyde öfters von flachen Schiffen als kürzerer Weg von der Ostküste Rømøs bis Knudetief und weiter ins nördliche Wattenmeer benutzt (JACOBSEN, 1937).

Die morphologische Entwicklung des Koresands und der umgebenden Wattflächen und Priele im Laufe des 19. Jahrhunderts geht aus einem Vergleich zwischen der Karte von 1807 und einer Karte um 1870 hervor (Abb. 2). Die letztere basiert sowohl auf einer dänischen topographischen Karte von 1870 als auf einer deutschen topographischen Karte von 1878. Die Erklärung dafür hängt damit zusammen, daß der Koresand in dieser Periode ganz nahe an der deutsch-dänischen Grenze, die über eine Strecke dem Juvre Tief folgte, lag.

Der Außensand Koresand zeigt einige kleinere Änderungen. Die nördliche Ecke ist ungefähr 500 m zurückgegangen. Außerdem ist die südwestliche Ecke abgetragen, während

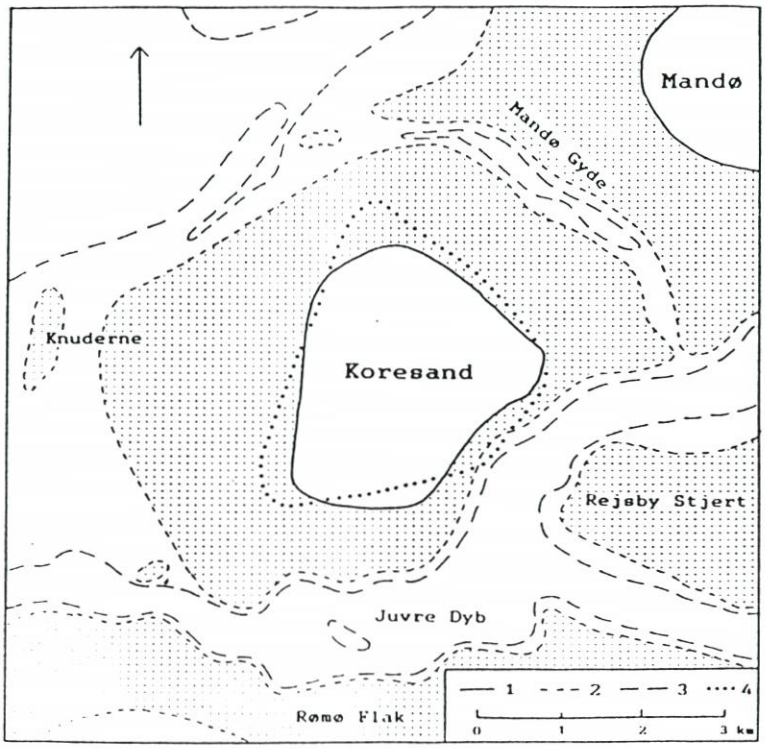

Abb. 2: Koresand 1870/80. 1: MThw. 2: MTnw. 3: 2 Meter unter MTnw. 4: Koresand 1807. Punktraster: Wattgebiet

Die Küste, 56 (1994), 79-91

ein fast ebenso großer Anwachs an der Südseite zu erkennen ist. Eine Abtragung an der südöstlichen Seite steht wahrscheinlich mit der Mäandrierung des Juvre Tiefs in Verbindung.

Die Gezeitenrinne Mandø Gyde hat sich etwa 200 m nach Nordosten verlagert. Bei Niedrigwasser beträgt die maximale Wassertiefe nur 5 m, der südliche Teil des Priels fällt fast trocken. Die größten Änderungen haben jedoch südwestlich vom Koresand stattgefunden. Hier ist die Niedrigwasserlinie 1200 m in westliche Richtung vorgerückt. Die Entstehung dieser neuen großen Wattfläche hängt mit einer südlichen Verschiebung des äußeren Teils des Juvre Tiefs zusammen. Aus der Karte von 1807 geht hervor, daß der westliche Teil des Tiefs sich zwischen Koresand und einer kleinen Wattfläche, „Knuderne" genannt, befindet. Bei Niedrigwasser beträgt die größte Wassertiefe 5 m, und das mit Wasser bedeckte Areal ist ca. 1 km breit in Richtung Ost-West- Um 1870 hatte das Juvre Tief einen südlicheren Verlauf an der nördlichen Seite von Rømø Flak entlang (Abb. 2). Die in nördlicher Richtung verlaufende Rinne ist zugesandet. Östlich von Knuderne ist bei Niedrigwasser nur ein 500 m breites, seichtes Gebiet als ein Rest des früheren Tiefs zu erkennen.

Die umfassenden Änderungen des westlichen Teils des Juvre Tiefs haben während der Sturmflut 1825 stattgefunden (Baggesen, 1862). Die alte in nördlicher Richtung verlaufende Rinne mündete in „Draget" (Abb. 1). Draget ist eine breite Niederung, die hauptsächlich vom Flutstrom geformt ist (Jakobsen, 1964). Während der Sturmflut wurden erhebliche Sandmengen durch Draget ins Juvre Tief transportiert. Ein Teil vom Sand wurde in einer Rinne, die zum südlichen Fanø führte, verfrachtet. Beide Rinnen wurden dadurch unbefahrbar. Die neue südliche Rinne des Juvre Tiefs entstand durch einen Durchbruch des östlichen Teils des Wattgebiets, genannt „Bollerderne".

2.2 Die Entwicklung nach der „Kleinen Eiszeit"

Ende des 19. Jahrhunderts endete die sogenannte „Kleine Eiszeit". Seitdem ist der Anstieg des Mittelhochwassers schneller verlaufen, und gleichzeitig hat sich der Tidehub vergrößert (Jensen, 1984). Die Vergrößerung des Tidehubs hat zu höheren Stromgeschwindigkeiten in den Gezeitenrinnen und somit auch zu verstärkter Erosion (Führböter u. Jensen, 1985; Ehlers, 1988) geführt.

Die Entwicklung der Gezeitenrinnen und des Watts um den Koresand Ende des 19. Jahrhunderts und Anfang dieses Jahrhunderts geht aus den Karten Abb. 2 und 3 hervor. Die letztgenannte Karte basiert auf einer Seekarte von 1911 und auf topographischen Karten von 1901 (nördlicher Teil) und 1923 (südlicher Teil).

Sowohl das Haupttief als auch die beiden östlichen Verzweigungen des Juvre Tiefs zeigen einen ziemlich geraden Verlauf. Das hat zur Erosion des Watts südwestlich des Koresands und zur Akkumulation in einem Gebiet südöstlich vom Außensand geführt. Außerdem hat eine südliche Verlagerung der östlichen Verzweigungen des Juvre Tiefs sowie auch der Wasserscheide „Rejsby Stjert" stattgefunden.

Mandø Gyde und das umgebende Watt haben große Veränderungen erfahren. Der südliche Teil der Rinne ist versandet und zeigt sich jetzt als Wattfläche. Gleichzeitig ist das Watt um den nordwestlichen Teil von Mandø Gyde abgetragen worden. Dagegen hat Mandø Gyde eine unveränderte Lage und Maximaltiefe. Das Endergebnis der Erosion ist die Bildung einer breiten, zungenförmigen, gegen Nordwesten offenen Niederung. Wegen der Lage unmittelbar östlich von Draget (Abb. 1) wird angenommen, daß die Niederung vom Flutstrom geformt ist und daß die Versandung des südlichen Teils von Mandø Gyde der Entstehung einer Flutbank am obersten Teil der Flutscharte zuzuschreiben ist.

Die Küste, 56 (1994), 79-91

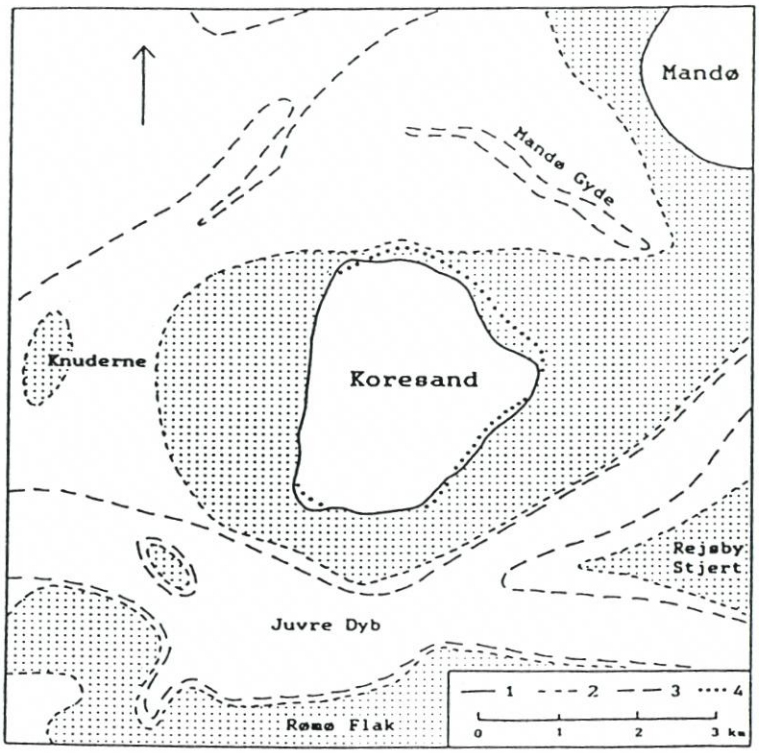

Abb. 3: Koresand am Anfang dieses Jahrhunderts. 1: MThw. 2: MTnw. 3: 2 Meter unter MTnw. 4: Koresand 1870/80 (vgl. Abb. 2). Punktraster: Wattgebiet

Westlich des Koresands ist das Watt erodiert. Die Niedrigwasserlinie ist in diesem Gebiet 400–600 m zurückgewichen.

Auf dem Koresand selbst sind nur wenige kleinere Änderungen zu erkennen, z. B. eine beschränkte Erosion an der nordöstlichen Seite. Man darf aber nicht zuviel Gewicht auf diese kleinen Änderungen legen, denn es ist sehr schwierig, die genaue Hochwasserlinie auf der Landseite des Außensandes anzugeben, da dort die Neigung sehr gering ist.

2.3 Die Entwicklung nach der Vernichtung des Seegrases

In den 1930'ern Jahren wurde das Seegras, Zostera marina, weltweit wegen einer epidemischen Krankheit fast ausgerottet. 1931 wurde der Seegrasbestand entlang der nordamerikanischen Atlantikküste und in den folgenden Jahren auch entlang den nordeuropäischen Küsten stark reduziert (Blegvad, 1934; Rasmussen, 1973).

Zu dieser Zeit waren viele tausend Hektar Wattboden mit Seegras bedeckt. Wir wissen aus der Geschichte Mandøs, daß das Seegras auch im Mandø-Koresand Gebiet verbreitet war. Es kam in so großen Mengen vor, daß es für niedrige Felddeiche verwendet wurde (Zenius, 1983). 1932/33 bekam das Seegras schwarze Streifen und Flecke und in kurzer Zeit verwelkten sowohl Wurzeln als auch Blätter.

Das Verschwinden des Seegrases hatte zur Folge, daß der Meeresboden dem Wellenan-

Die Küste, 56 (1994), 79-91

griff viel stärker ausgesetzt wurde. Eine Reihe morphologischer Änderungen nach 1933 an den ostdänischen Küsten werden so dem Verschwinden des Seegrases zugeschrieben. Als Beispiele können Entstehung von off-shore Barren (SCHOU, 1945; RASMUSSEN, 1973), Buchtverlandungen (CHRISTIANSEN et al., 1980) und Beschleunigung der Strandwallentwicklung (RASMUSSEN, 1968) erwähnt werden.

Bemerkenswert ist die beachtlich positive Entwicklung des Koresands im zweiten Viertel des 20. Jahrhunderts. Im ersten Viertel des Jahrhunderts betrug die Größe des Koresands nach dänischen topographischen Vermessungen ungefähr 6,5 km^2, 1954 dagegen nach Luftbildern schätzungsweise 12 km^2 (OLSEN, 1968). 1970 betrug die Größe des Außensandes – über Mittelhochwasserlinie 0,9 m DNN – insgesamt 12,5 km^2 und wich also sehr wenig vom Areal 1954 ab.

Die Entwicklung des Koresands und die des umliegenden Watts mit Rinnen seit Anfang dieses Jahrhunderts geht aus den Abbildungen 3 und 4 hervor. Letztere basiert auf Peilungen vom Wasserbauwesen aus den Jahren 1968–71, auf Luftfotos von 1968 und 1969 und auf einem Nivellementsquerschnitt von 1971.

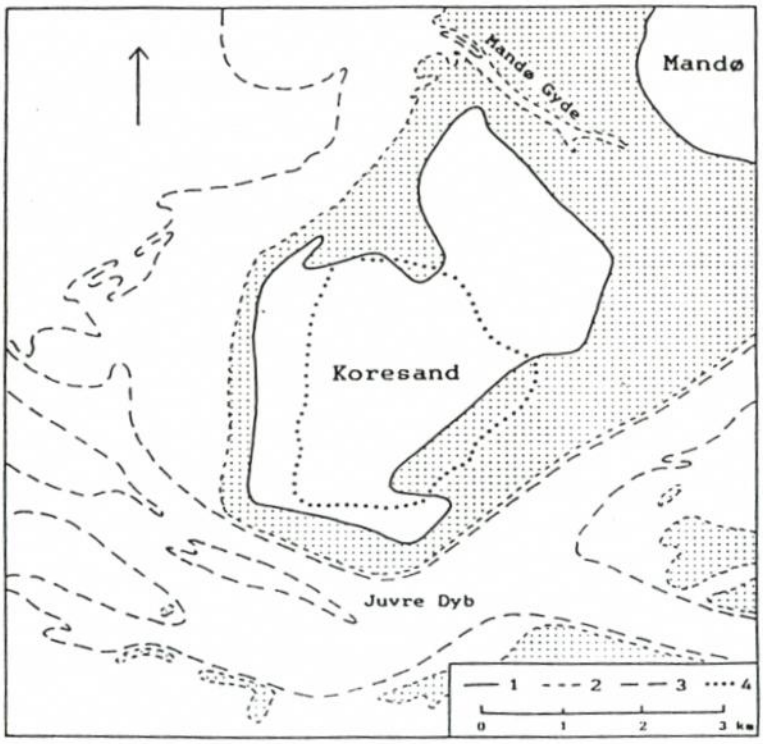

Abb. 4: Koresand 1970. 1: MThw. 2: MTnw. 3: 2 Meter unter MTnw. 4: Koresand am Anfang dieses Jahrhunderts (vgl. Abb. 3). Punktraster: Wattgebiet

Der Koresand ist sowohl in westlicher als auch in nordöstlicher Richtung bedeutend größer geworden. Die Westküste ist 600 m gerückt, und es haben sich Sandzungen in Richtung Nord und Südost gebildet. Der Größenzuwachs dieses Teils des Außensandes beträgt ungefähr 2,6 km^2. Der nordöstliche Teil Koresands ist 1500 m gegen Mandø vorge-

Die Küste, 56 (1994), 79-91

rückt, gleichzeitig wurde Mandø Gyde in dieselbe Richtung 700 m verlagert. Dieser Größenzuwachs des Außensandes beträgt 4,3 km^2. Der gegen Nordosten neugebildete Koresand ist teilweise vom älteren Koresand getrennt durch eine 600 m breite Niederung um einen kleinen Priel herum, der einen Teil vom Außensand in nordwestlicher Richtung entwässert.

Die frühere Niederung um Mandø Gyde herum ist aufgeschlickt, wahrscheinlich größtenteils durch den Flutstrom. Es ist nachgewiesen, daß ein sedimentreicher Flutstrom versucht, die Flutscharte auszufüllen, die früher von diesem Flutstrom erodiert wurde (Jakobsen, 1964).

Westlich vom Koresand hat Abtragung sowohl auf dem Watt als auf den niedriger liegenden Gebieten stattgefunden. Gegenüber der Mitte der Westküste des Koresands ist die Niedrigwasserlinie 900 m zurückgegangen, und weiter gegen Westen ist die Wattstrecke Knuderne ganz abgetragen worden. Bei dieser Erosion, die wahrscheinlich mit dem Rückgang des Seegrases zusammenhängt, wurde Material freigegeben, das für den Zuwachs des Außensandes verwendet werden konnte.

Unmittelbar südlich des Juvre Tiefs ist das Wattgebiet Rømø Flak stark erodiert worden. 1970 lagen hier nur wenige verstreute Gebiete bei Niedrigwasser trocken. Bekannterweise sind auch in anderen Teilen des dänischen Wattenmeeres exponierte Wattflächen in derselben Periode erodiert worden. Das gilt z. B. für die nordwestliche Seite der zentralen Wasserscheide im Gezeitengebiet des Lister Tiefs, Jordsands Flak genannt (Jespersen u. Rasmussen, 1976).

Das Gezeitentief Juvrede Tief hat sich in dieser Periode stark verändert, besonders westlich vom Koresand, wo sich eine neue Rinne gegen Nordwesten entwickelt hat. Diese Rinne, die eine Maximaltiefe von 10 m bei Niedrigwasser hat, nähert sich dem Verlauf der alten gegen Norden verlaufenden Rinne von 1807. Nach einer Periode mit südlicher Verlagerung verschiebt sich das Tief also jetzt in die entgegengesetzte Richtung. Wahrscheinlich hängt das mit einer Änderung der verschiedenen Flutströme in Richtung Juvre Tief zusammen. Es handelt sich hier um den Flutstrom von Nordwest durch Draget (Abb. 1) und den Flutstrom von Südwest durch die Niederung gegenüber dem zentralen Teil von Rømø (Jakobsen, 1964).

2.4 Die jüngste Entwicklung

Im Laufe der letzten 25 Jahre ist ein Querprofil von Koresand mehrmals vermessen worden. Die erste Vermessung fand 1966 statt und wurde nach 5 Jahren 1971 und nach 25 Jahren 1991 wiederholt.

Die Profillinie geht von einem Punkt auf dem Watt ca. 1 km westlich von der Südküste Mandøs aus und erstreckt sich 6400 m in westlicher Richtung (Abb. 5). An der Westküste des Koresands erfaßt die Vermessung außerdem eine kurze Linie 1200 m südlich der Hauptlinie. Alle Höhenzahlen sind in Dänisch Normal Null (DNN) angegeben. Die Vermessungen von 1966 und 1991 sind vollständig; leider aber erfaßt die Vermessung von 1971 nicht die Westküste des Koresands. In diesem Jahr wurde nur bis zu einem Punkt 200–300 m östlich der Hochwasserlinie vermessen.

Abb. 6 zeigt die Entwicklung eines Querprofils durch den Koresand. Wegen der unvollständigen Vermessung von 1971 können Änderungen der westlichen Küstenlinie in der Periode 1966–71 nicht beurteilt werden. Sedimentation ist jedoch sowohl im westlichen als im östlichen Teil des Koresands deutlich erkennbar. Die größte Akkumulation gibt es in einer 1 km breiten Zone in der Nähe der Westküste des Außensandes. Hier wurden 1971 sogar kleine Barkhandünen beobachtet. In dem östlichen Teil des Koresands hat eine geringe

Die Küste, 56 (1994), 79-91

Sedimentation eine Verschiebung der Mittelhochwasserlinie gegen Osten verursacht. Die breite Niederung, die teilweise eine Grenze zwischen dem westlichen und östlichen Koresand bildet, ist zum großen Teil versandet, und der kleine Priel in der Niederung ist sowohl verlegt als in der Tiefe vermindert worden. 1971 lag der tiefste Teil der Rinne fast 100 m weiter östlich als 1966. Das Luftbild von 1954 zeigt die Position des Priels 600 m westlicher als 1966. Die Rinne hat sich also während weniger Jahre deutlich nach Osten verlagert.

Die Vermessung von 1991 zeigt einen weiteren Höhenzuwachs besonders am westlichen Teil des Koresands. In einer 1900 m breiten Zone (Sektion b, Abb. 5 und 6) sind in der Periode 1966–91 durchschnittlich 20 cm sedimentiert. Bei der Vermessung 1991 wurde notiert, daß dieser Teil des Koresands von einer 5–10 cm tiefen Schicht von lockerem Sand bedeckt war. Diese Ablagerung umfaßte auch den sogenannten Schaumsand (englisch: foam sand), eine durch viele Luftblasen charakterisierte Sandablagerung, die durch Überflutung des

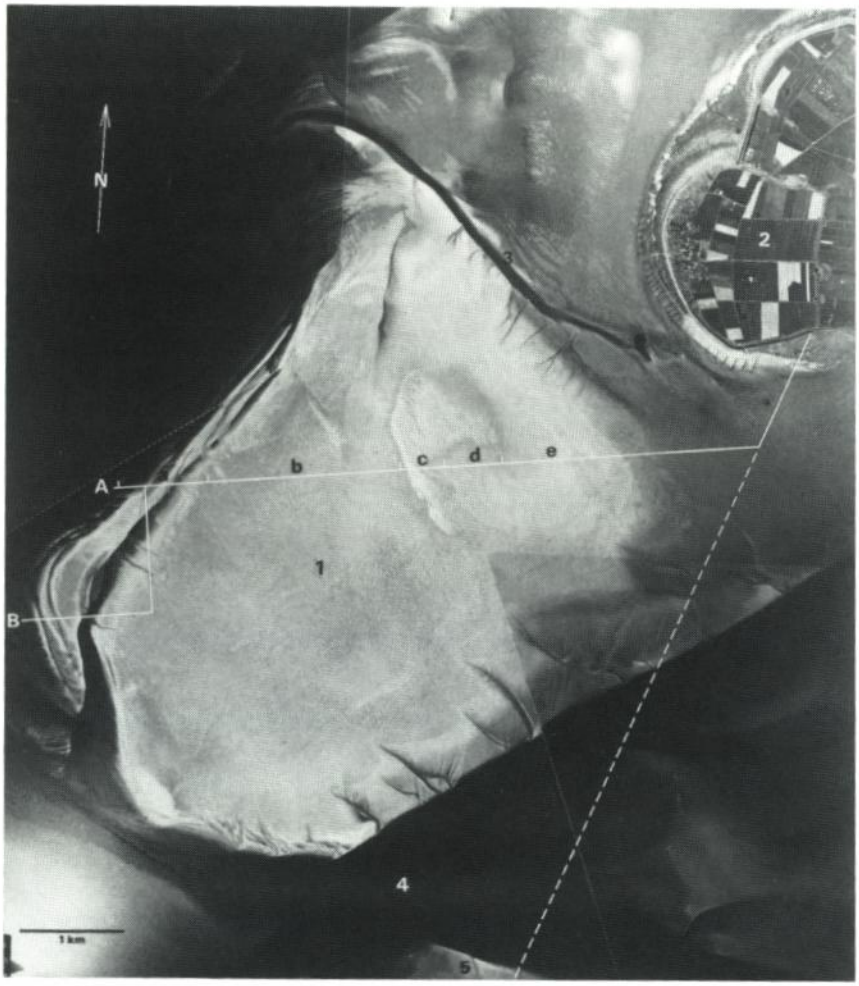

Abb. 5: Koresand 1990. Luftbildmosaik mit den Vermessungslinien eingezeichnet (A und B). 1: Koresand. 2: Mandø. 3: Mandø Gyde. 4: Juvre Tief. 5: Rømø Flak. Sektion a-b-c-d-e vgl. Abb. 6 und Text

Die Küste, 56 (1994), 79-91

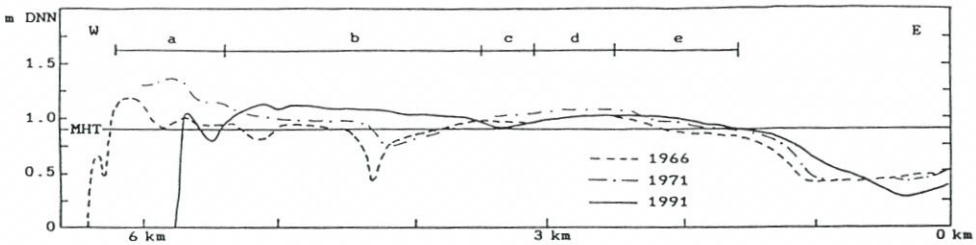

Abb. 6: Querprofile von Koresand. Sektion a-b-c-d-e vgl. Abb. 5 und Text

ganzen Außensandes während eines Sommersturmes gebildet wurde. Der zentrale Priel existiert nicht mehr, und die frühere breite Niederung um die Rinne ist fast ganz versandet. Der Rest der Niederung ist schwach erkennbar ca. 1 km östlich der Lage der Rinne 1966 (Sektion c).

In einer 600 m breiten Zone am östlichen Teil des Koresands (Sektion d) zeigen sich genau dieselben Höhen im Jahr 1966 wie im Jahr 1991. Dagegen liegt die Oberfläche 1971 5–10 cm höher. Im östlichen Teil des Koresands (Sektion e) hat die Sedimentation eine Verschiebung der Hochwasserlinie um 600 m in östlicher Richtung verursacht.

Aus der Profillinie geht hervor, daß die Westküste des Koresands 500 m zurückgegangen ist (Sektion a). In derselben Periode hat jedoch eine bedeutende Sedimentation entlang der Vermessungslinie 1200 m südlicher stattgefunden.

Sowohl Erosion als Akkumulation stehen in Verbindung mit der Ausgleichung der Nordwestküste Koresands (Abb. 5). Die ausgeglichene Küstenlinie liegt fast rechtwinklig zu der NW-SO Hauptrichtung des örtlichen Flutstroms.

Bei dem Küstenausgleich hat sich eine 4,5 km lange Barriere vor einer schmalen Lagune mit Hauptauslauf in Richtung Südwest gebildet. Am südlichen Teil der Barriere befindet sich ein System von Strandwällen mit mindestens drei Rücken. Aus Luftbildern geht hervor, daß die Entstehung der Barriere im Laufe der letzten zwanzig Jahre stattgefunden hat.

Ein Querschnitt der Barriere und der Lagune entlang der beiden Vermessungslinien geht aus Abb. 7 hervor. An der nördlichen Linie (A) hat der Ausgleichungsprozeß zu einer starken Erosion geführt. Die neugebildete Ecke an der nordwestlichen Seite des Koresands ist stark abgetragen worden. Die Barriere und die Lagune liegen weit hinter der früheren Küstenlinie. An der südlichen Linie (B) ist eine deutliche Akkumulation erkennbar. Die Barriere und die Lagune liegen beide westlich der Küstenlinie von 1966. An der Ostseite der Lagune befindet sich eine Fläche mit gleichmäßiger Neigung. Diese Fläche hat sich bei erhöhtem Wasserstand in Sturmsituationen gebildet. Die für die Erosion verantwortlichen großen Wassermengen rühren von der Drainierung des Koresands bei extremen Wetterlagen her. Hiermit übereinstimmend befindet sich eine markante Ebbescharte in der Lagune dicht an der Barriere. Entlang der Vermessungslinie hat die Barriere eine Breite von 300 m, und der westlichste Punkt des Koresands ist im Vergleich zu 1966 500 m gegen Westen verschoben.

Ein Vergleich zwischen Luftbildern von 1968/69 und 1990 zeigt, daß sich die Gesamtgröße des Koresands in den letzten zwanzig Jahren nicht erheblich geändert hat. Die Küstenzone des Außensandes hat sich aber an manchen Stellen geändert. Außer der erwähnten Entstehung der Barriere an der Nordwestküste hat eine Akkumulation an der nordöstlichen Ecke des Koresands stattgefunden. Diese Akkumulation bildet ein Ebbdelta am Ende des Priels Mandø Gyde. Der Sand, der in diesem Gebiet sedimentiert ist, stammt teils vom Sandtransport über den Koresand hinweg bis Mandø Gyde, teils vom Transport direkt zum

Die Küste, 56 (1994), 79-91

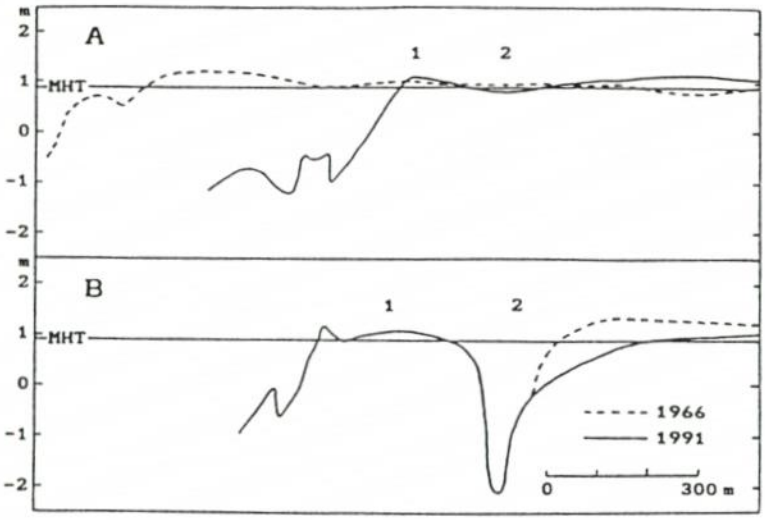

Abb. 7: Querprofile von der offshore Barriere an der Westküste Koresands (vgl. Abb. 5). 1: Offshore Barriere. 2: Lagune

Gebiet via Flutstrom von Nordwest. Das Material wird vom Ebbstrom weitergeführt und zuletzt als Ebbdelta sedimentiert. In der betreffenden Periode stand außerdem ein Überschuß von Sand zur Verfügung. Dieser Überschuß stammt in erster Linie von Baggerarbeiten, die über eine ca. 3 km lange Strecke in Mandø Gyde im Jahre 1982 ausgeführt wurden. Diese Baggerarbeiten standen in Verbindung mit dem Bau eines neuen Seedeiches nach der schweren Sturmflut 1981. Von einem ca. 2 ha großen Wattgebiet am oberen Teil von Mandø Gyde ca. 500 m vor der Küste Mandøs wurde Sand für den neuen Deich eingespült. Die Sandeinspülung vom Watt kann auch zu einer vorübergehenden Erhöhung der Sedimentmengen im Wasser und damit zu erhöhten Sedimentationsmöglichkeiten geführt haben (Jespersen u. Rasmussen, 1989).

An der südwestlichen Ecke des Koresands ist die Küstenzone von Erosion gekennzeichnet. Gleich südlich der Strandwälle ist die Mittelhochwasserlinie zurückgegangen. Das hängt mit der Entstehung des Lagunenauslaufes hinter der Barriere zusammen. Weiter südlich hat sich die Niedrigwasserlinie näher an den Koresand verlagert. Diese Verlagerung der Niedrigwasserlinie steht in Verbindung mit der Entstehung des neuen Zweigs des Juvre Tiefs gegen Nordwest.

Entlang der Südostküste des Koresands hat sich die Niedrigwasserlinie nicht geändert. Zwischen Koresand und Juvre Tief befindet sich ein Watt mit geringer Neigung und mit mehreren kleineren Prielen. Dieses Wattgebiet muß als ziemlich stabil beurteilt werden. Das Gebiet ist somit schon auf Luftbildern von 1945 deutlich zu erkennen.

3. Schlußfolgerungen

Außensände verschieben sich normalerweise landwärts. Das ist auf die Erosion an der Seeseite, den Sandtransport über den Außensand und die Sedimentation an der Leeseite zurückzuführen.

Man weiß z. B., daß die Westküste der nordfriesischen Außensände, Japsand, Norderoogsand und Süderoogsand, in der Periode 1947–80 pro Jahr durchschnittlich 27 m, 15 m und 20 m ostwärts gewandert sind (TAUBERT, 1982). Eine noch größere Verlagerung der Küstenlinie zeigt der Außensand Blauort in der Deutschen Bucht. Die Westküste Blauorts ist ca. 37 m pro Jahr in der Periode 1938–69 in östlicher Richtung verschoben worden (WIELAND, 1972).

Die Entwicklung des Koresands in diesem Jahrhundert zeigt sowohl Sandbewegung über den Außensand als auch Sedimentation an der Leeseite. Dieser Vorgang bedeutet sowohl größeren Höhenzuwachs, eine östliche Verschiebung und Versandung des zentralen Priels, als auch eine sehr große Wanderung der Nordostküste in Richtung Mandø. An der Westküste des Außensandes ist aber bemerkenswert, daß die Erosion nicht wie erwartet der dominierende Vorgang ist. Im Gegenteil zeigt sich hier ein Nettoüberschuß von Sand, der zu einer westlichen Verlagerung der Küstenlinie geführt hat. Koresand weicht also von den Außensänden im deutschen Wattenmeer ab. Die westliche Verlagerung Koresands stimmt aber gut mit der Theorie der bogenförmigen Idealküstenlinie (JAKOBSEN, 1964) überein.

Im Laufe des 20. Jahrhunderts hat sich der Koresand stabilisiert sowohl in bezug auf Höhen- als auch auf Flächenzuwachs. Permanente Dünenbildung gibt es aber nicht. Koresand befindet sich also noch in der zweiten Stufe der Barriereentwicklung.

Aufgrund des schnellen Wachstums in diesem Jahrhundert kann aber nicht ausgeschlossen werden, daß eine plötzliche Entwicklung in Richtung auf die dritte Barrierestufe stattfinden wird. Ein Beispiel einer solchen Entwicklung zeigt die Insel Trischen in der Deutschen Bucht. Trischen entstand als ein Außensand Anfang des 17. Jahrhunderts und entwickelte sich in den folgenden zwei Jahrhunderten sehr langsam. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entstand auf Trischen sowohl permanente Vegetation als auch Dünenlandschaft (WOHLENBERG, 1950).

4. Dank

Dank gebührt dem Carlsberg Fonds und dem naturwissenschaftlichen Forschungsbeirat des dänischen Staates für die Förderung der Untersuchungen.

5. Schriftenverzeichnis

AUBREY, D. G. und SPEER, P. E.: Updrift migration of tidal inlets. Journ. of Geol. 92, 1984.

BAGGESEN, A.: Den danske Stat. Kop., 1862.

BLEGVAD, A.: En epidemisk sygdom i bændeltangen. Naturens Verden. Kop., 1934.

CHRISTIANSEN, C., CHRISTOFFERSEN, H., DALSGÅRD, J. und NØRNBERG, P.: Kyholm 78. The geological investigations Nautical Archaeology 9.3, 1980.

DAVIES, J. L.: A morphogenetic approach to world shorelines. Zeitschr. für Geomorphologie, Sonderheft, 1964.

DIJKEMA, K. S.: Large-scale geomorphologic pattern of the Wadden Sea area. In: K. S. DIJKEMA, H.-E. REINECK und W. J. WOLFF: Geomorphology of the Wadden Sea area. Leiden, 1980.

EHLERS, J.: The Morphodynamics of the Wadden Sea. Rotterdam, 1988.

FÜHRBÖTER, A. und JENSEN, J.: Säkularänderungen der mittleren Tidewasserstände in der Deutschen Bucht. Die Küste, H. 42, 1985.

GRIPP, K.: Der Verlauf rißzeitlicher Endmoränen in Schleswig. Meyniana 7, 1958.

GRIPP, K.: Ursachen und Verhinderung des Abbruches der Insel Sylt. Die Küste, Jahrg. 14, H. 2, 1966.

Die Küste, 56 (1994), 79-91

HAYES, M. O.: Barrier Island Morphology as a Function of Tidal and Wave regime. In: S. P. LEATHERMAN: Barrier Islands, New York, 1979.

HOLST & TUXEN: Kort over Jyllands Vestkyst, Skallingen-List. Kop., 1807.

JACOBSEN, N. H.: Skibsfarten i det danske vadehav. Kulturgeografiske Skrifter II. Kop., 1937.

JACOBSEN, N. K.: Form elements of the Wadden Sea area. In: K. S. DIJKEMA, H.-E. REINECK und W. J. WOLFF: Geomorphology of the Wadden Sea area. Leiden, 1980.

JAKOBSEN, B.: Vadehavets morfologi. Folia Geographica Danica XI, 1. Kop., 1964.

JAKOBSEN, B.: Tidevandskysterne. Danmarks Natur Bd. 4. Kop., 1969.

JENSEN, J.: Änderungen der mittleren Tidewasserstände an der Nordseeküste. Mitt. des Leichtweiss-Instituts für Wasserbau der Technischen Univ. Braunschweig 83, 1984.

JESPERSEN, M. und RASMUSSEN, E.: Jordsand – Erosion und Akkumulation einer Hallig. Geogr. Tidsskrift 75. Kop., 1976.

JESPERSEN, M. und RASMUSSEN, E.: Margrethe-Koog. Landgewinnung und Küstenschutz im südlichen Teil des Dänischen Wattenmeeres. Die Küste, H. 50, 1989.

JESSEN, A.: Kortbladet Blaavandshuk. Danmarks geologiske Undersøgelse I, 16. Kop., 1925.

KÖSTER, R.: Dreidimensionale Kartierung des Seegrundes vor den Nordfriesischen Inseln. In DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT. Sandbewegung im Küstenraum – Rückschau, Ergebnisse und Ausblick, 1979.

MEESENBURG, H., TERMANSEN, J., TOUGAARD, S. und JEPSEN, P. U.: Fanø – Mensch und Landschaft. Esbjerg, Bygd., 1977.

MEESENBURG, H.: Rømø – Natur, Mensch und Landschaft. Esbjerg, Bygd., 1978.

MORITZ, E.: Die Nordseeinsel Röm. Mitt. der geogr. Gesellschaft in Hamburg XIX, 1903.

MØLLER, J. T.: Kort over Juvre Dybs tidevandsområde. Geogr. Tidsskrift 55. Kop., 1956.

NØRLUND, N. E.: Johannes Mejers Kort over det danske Rige II, Geodætisk Instituts Publ. Kop., 1942.

OLSEN, H. A.: Mandø og Koresand. Unveröffentlichte Karte, 1968.

RASMUSSEN, E.: Stavns Fjord – et østdansk tidevandsområde. Geogr. Tidsskrift 67. Kop., 1968.

RASMUSSEN, E.: Systematics and Ecology of the Isefjord. Marine Fauna (Denmark). Ophelia 11, 1973.

SCHOU, A.: Det marine forland. Folia Geographica Danica IV. Kop., 1945.

TAUBERT, A.: Wohin wandern die Außensände? Formänderungen der nordfriesischen Außensände und deren küstengeographische Beurteilung. Nordfriesland 16, 1982.

WIELAND, P.: Untersuchung zur geomorphologischen Entwicklungstendenz des Außensandes Blauort. Die Küste, H. 23, 1972.

WOHLENBERG, E.: Entstehung und Untergang der Insel Trischen. Mitt. der Geogr. Gesellschaft in Hamburg XLIX, 1950.

ZENIUS, M.: Mandø i hundrede år. Esbjerg, Bygd., 1983.