Die Küste, 47 (1988), 3-30

Morphologische Veränderungen auf der Wattseite der Barriere-Inseln des Wattenmeeres

Von Jürgen Ehlers

Zusammenfassung

Die Inselgroden des Wattenmeeres liegen heute überwiegend im Abbruch. Luftbildauswertungen haben gezeigt, daß der Uferrückgang in der Regel etwa 0,5 m/Jahr beträgt. Verlandung ist auf die Gebiete beschränkt, in denen sich neue Dünenzüge gebildet haben oder wo durch menschliche Eingriffe, z. B. Dammbauten, der Schutz gegen die Abtragung verbessert wurde. Der verstärkte Uferabbruch hat Mitte des 19. Jahrhunderts eingesetzt; er wird als Ergebnis des seit Ende der „Little Ice Age" wieder deutlich steigenden Meeresspiegels gesehen.

Summary

At present the marsh areas on the back-barrier sides of the Wadden Sea Islands are experiencing severe erosion. Aerial photograph evaluation has shown that the coastal retreat is occurring at an average rate of 0.5 m/year. Accretion dominates only in areas sheltered by recently formed dune ridges or protected by construction measures, e.g. causeways. The increased erosion, which started about 1850, is attributed to the sea level rise following the end of the „Little Ice Age".

Inhalt

1. Einleitung . . . 4
2. Beschreibung der Veränderungen . . . 4
2.1 Westfriesische Inseln . . . 4
2.1.1 Texel . . . 4
2.1.2 Vlieland . . . 5
2.1.3 Griend . . . 6
2.1.4 Terschelling . . . 6
2.1.5 Ameland . . . 7
2.1.6 Schiermonnikoog . . . 7
2.1.7 Rottumerplaat . . . 8
2.1.8 Rottumeroog . . . 8
2.2 Ostfriesische Inseln . . . 9
2.2.1 Borkum . . . 9
2.2.2 Juist . . . 10
2.2.3 Norderney . . . 12
2.2.4 Baltrum . . . 13
2.2.5 Langeoog . . . 13
2.2.6 Spiekeroog . . . 14
2.2.7 Wangerooge . . . 14
2.3 Die offenen Watten zwischen Jade und Eider . . . 15
2.4 Nordfriesische Inseln . . . 15
2.4.1 Pellworm . . . 15
2.4.2 Nordstrand . . . 16
2.4.3 Halligen . . . 16
2.4.4 Amrum . . . 18
2.4.5 Föhr . . . 18

Die Küste, 47 (1988), 3-30

2.4.6 Sylt 20
2.4.7 Römö 23
2.4.8 Mandö 24
2.4.9 Fanö 24
3. Schlußfolgerungen 25
4. Dank 28
5. Schriftenverzeichnis 28

1. Einleitung

Die zum Teil mehrere Kilometer breiten Grodenflächen der Friesischen Inseln legen Zeugnis davon ab, daß im Lee der Dünenbarriere des Wattenmeeres zumindest periodisch erhebliche Verlandung stattgefunden haben muß. Geländeuntersuchungen haben gezeigt, daß heute an den wattseitigen Rändern der Inselgroden die Abtragung dominiert (EHLERS u. MENSCHING, 1982). Eine Quantifizierung dieser Aussage erwies sich als schwierig, da die vorliegenden topographischen Karten die Kante des Außengrodens nur ungenau abbilden; häufig wird der Küstenverlauf aus älteren Auflagen unkorrigiert übernommen.

Die Ermittlung morphologischer Veränderungen mit Hilfe der Luftbildauswertung wurde im Küstenbereich zuerst durch GIERLOFF-EMDEN (1961) und KÖNIG (1972) in größerem Umfang erprobt. Für die vorliegenden Untersuchungen standen aus dem niederländischen Bereich Aufnahmen der Fototheek Topografische Dienst (Emmen) zur Verfügung (ab 1939), für den dänischen Bereich (ab 1945) Aufnahmen des Geodaetisk Institut (Kopenhagen). Aus dem Archiv der „Air Photo Library, Keele University" (England) konnten Aufklärerauf-nahmen der deutschen Nordseeküste aus den Jahren 1944/45 beschafft werden. Diese wurden mit aktuellen Aufnahmen verglichen. Der hierdurch abgedeckte Zeitraum von im Schnitt etwa 40 Jahren reicht aus, um hinreichend exakte Aussagen über die aktuellen Küstenveränderungen zu gewinnen. Im folgenden soll die Situation auf den einzelnen Inseln kurz charakterisiert werden.

2. Beschreibung der Veränderungen

2.1 Westfriesische Inseln

2.1.1 Texel

Die Insel Texel besitzt einen Geestkern, dessen seewärtiger Rand durch junge Dünen verdeckt ist (Lage s. Abb. 1). Nördlich und südlich des Geestkerns schließen sich Marschgebiete an. Bis auf die kleine Salzmarsch „de Schorren" an der Nordostecke der Insel wird die Grenze gegen das Watt heute von der Deichlinie gebildet. De Schorren unterliegt der Abtragung. Ein Vergleich von Luftbildern der Fototheek Topografische Dienst (Emmen) aus den Jahren 1939 und 1983 belegt einen Uferrückgang um 50 m, d. h. Schnitt etwa 1,1 m pro Jahr (EHLERS, 1988).

Das Überwiegen der Abtragung ist eine junge Erscheinung. Die vorhandenen Quellen belegen für Texel bis vor etwa 100 Jahren eine überwiegend positive Küstenentwicklung auf der See- und Wattseite (vgl. Karten bei VAN LARE, 1980; ROEPER, 1980). Noch im 19. Jahrhundert konnten die Polder Eijerland (1835), de Eendracht, de Volharding und Prins Hendrik Polder (beide 1846) sowie Het Noorden (1876) eingedeicht werden (KLEINKEMM, 1910; ROEPER, 1980). Danach kam die Verlandung zum Stillstand.

Die Küste, 47 (1988), 3-30

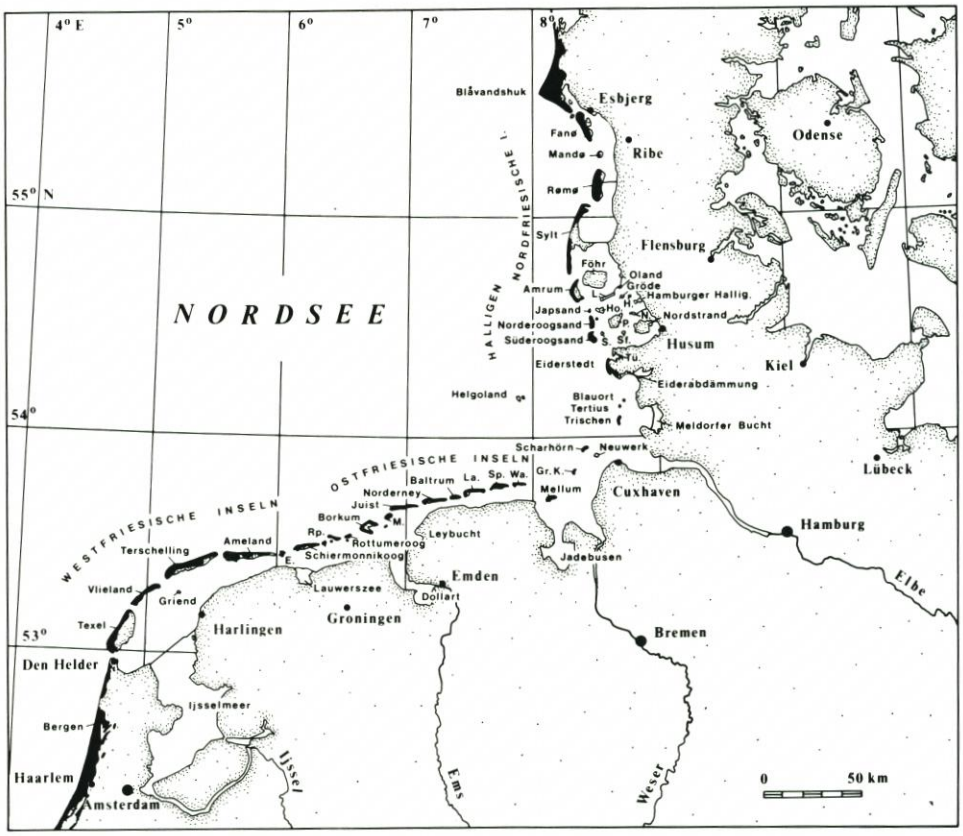

Abb. 1: Übersichtskarte

Die negative Küstenentwicklung auf Texel ist durch die Abdämmung der Zuider Zee (1932) verstärkt worden. Der Tidehub auf der Wattseite Texels erhöhte sich um 20 cm (im Süden) bis 50 cm (im Norden). Der verstärkte Tidehub macht sich auch auf den östlichen Nachbarinseln bis nach Ameland hin bemerkbar (KLOK u. SCHALKERS, 1978).

2.1.2 Vlieland

Vlieland ist unter den Westfriesischen Inseln diejenige mit den stärksten seeseitigen Landverlusten. Seit 1688 gingen im Schnitt über 1000 m verloren (KLIJN, 1981). Auf Vlieland gibt es mit Ausnahme des kleinen Westervelds unmittelbar westlich des Ortes Oost-Vlieland keine Marschgebiete. Die Insel ist gegen den wattseitigen Uferabbruch durch eine Uferbefestigung gesichert. Im Schutz der mit Hilfe von Sandfangzäunen erzeugten Kroon's Polders (1905–1922; vgl. VISSER, 1947) am Ostende der westlichen Sandplate Vliehors gibt es im Posthuiswad leichte Verlandungstendenzen.

Die Küste, 47 (1988), 3-30

2.1.3 Griend

Am stärksten betroffen von der Abdämmung der Zuider Zee war die kleine Marschinsel Griend, die im Watt auf halbem Wege zwischen Terschelling und Harlingen liegt. Während in früheren Jahrhunderten die Uferabbrüche im Westen zumindest zum Teil durch Verlandung im Osten gemildert wurden, hat die Verlandung in den letzten 10–15 Jahren völlig aufgehört. Seit 1979 ist die Insel fast völlig von einem sandigen Uferwall umschlossen, der ursprünglich nur den Westteil hufeisenförmig umgab. Die am stärksten exponierte Westseite wurde 1973 durch einen (1981 verstärkten) Sanddeich gesichert (ABRAHAMSE u. LUITWIELER, 1982).

2.1.4 Terschelling

Im zentralen Teil der Insel Terschelling bildet – wie auf Texel – der Deich die Grenze gegen das Wattenmeer. Der große Polder auf Terschelling ist älter als 1506 (VAN DER MOLEN, 1978). Lediglich Het Nieuwland konnte später (1858) dazugewonnen werden. Die verbleibenden kleinen Außengroden de Ans, de Oel, de Keach und de Grieen (östlich Oosterend) liegen im Abbruch. Abb. 2 zeigt den Rückgang der Marschflächen etwa 1 km östlich des Terschel-

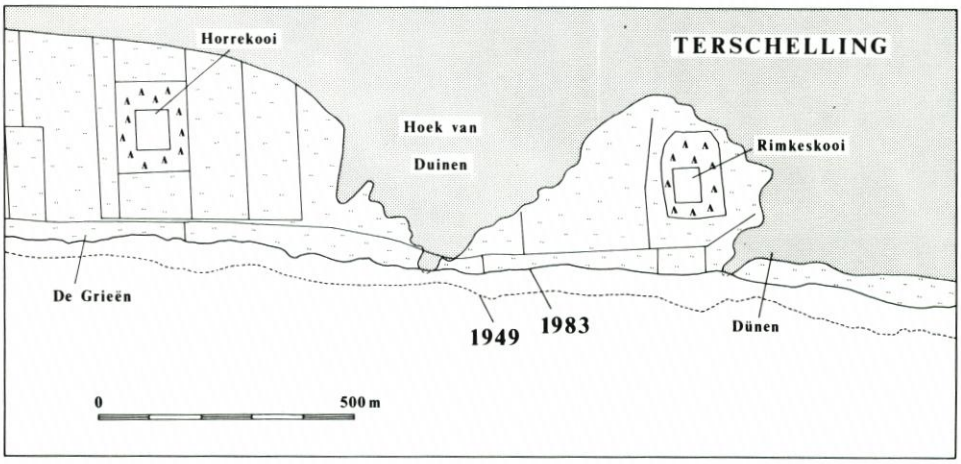

Abb. 2: Uferabbruch auf Terschelling; Entwicklung im Ostteil der Insel, 1 km östlich des Inselgrodens

linger Polders. Im Hoek van Duinen und östlich der Vogelkoje Rimkeskooi liegen heute bereits Dünengebiete im Abbruch. Der Uferrückgang betrug von 1949 bis 1983 im Schnitt etwa 80 m, d. h. ca. 2,5 m/Jahr.

In starkem Gegensatz hierzu steht die Entwicklung der jungen Salzmarsch am östlichen Inselende. Auf der bis dahin kahlen Sandplate Boschplaat begannen sich Ende des 19. Jahrhunderts Dünen zu bilden, in deren Schutz es zu verstärkter Verlandung kam. Die natürliche Entwicklung wurde durch den Bau eines künstlichen Dünenzuges (Stuifdijk) in den Jahren 1931–1938 unterbrochen (VISSER, 1947); die Verlandung auf der Wattseite dauert jedoch bis heute an.

Die Küste, 47 (1988), 3-30

2.1.5 Ameland

Auch auf Ameland grenzen die großen Polder unmittelbar ans Wattenmeer. Die Deiche sind erst ab 1916 errichtet worden (BAKKER, 1973), als der Uferabbruch der Salzmarsch bereits eingesetzt hatte. Ähnlich wie auf Terschelling hat sich der Ostteil der Insel in diesem Jahrhundert stark ausgedehnt. Von 1910–1950 verlängerte sich die Insel um 4,5 km. Seither sind jedoch über 2 km der jungen Sandplate wieder verlorengegangen.

Während im Schutz junger Dünen im Ostteil der Insel auf der Wattseite Verlandungstendenzen überwiegen, liegen die kleinen Salzmarschflächen südlich von Hollum im Abbruch (Abb. 3). Dies mag zum Teil auf die starke Annäherung des Seegats Borndiep an den Westkopf der Insel bedingt sein, die nur durch massive Küstenschutzmaßnahmen gebremst werden konnte (KOOIKER, 1981).

Abb. 3: Uferabbruch auf Ameland, südöstlich von Hollum (Aufnahme: 1981)

2.1.6 Schiermonnikoog

Der Bancks Polder auf Schiermonnikoog wurde 1860 als Schutz gegen den seit dem frühen 19. Jahrhundert wirksamen wattseitigen Uferabbruch eingedeicht. Seewärts des Deiches hat sich kein Neuland bilden können. Restliche Außengrodenflächen östlich des Polders liegen im Abbruch (Abb. 4). Von 1952 bis 1983 gingen im Schnitt etwa 25 m verloren, d. h. ca. 0,8 m/Jahr. Dagegen sind sowohl am Westende als auch am Ostende der Insel deutlich positive Entwicklungen zu verzeichnen. Durch die Abdämmung der Lauwerszee (1969) wurde das Tidevolumen des Friesche Zeegat westlich Schiermonnikoog um gut 40 % verringert (ABRAHAMSE u. KONING, 1983), was zu einer westlichen Ausdehnung der Insel führte.

Die Küste, 47 (1988), 3-30

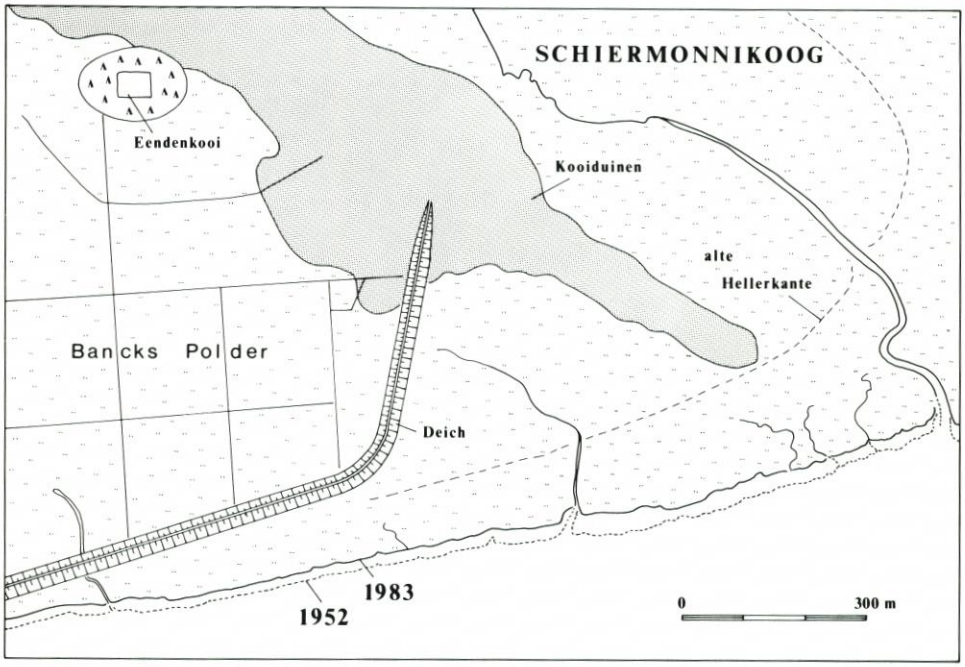

Abb. 4: Uferabbruch auf Schiermonnikoog; Entwicklung des Außengrodens am Ostende des Bancks Polders

Auf der Sandplate Het Rif im Westen bilden sich neue Dünen. Auch auf der über 7 km langen, bis dahin kahlen Ostplate hat etwa ab 1950 Dünenbildung eingesetzt. Im Schutz dieser Dünen setzte Verlandung ein.

2.1.7 Rottumerplaat

Das Wattenmeer zwischen Schiermonnikoog und Borkum ist ein Bereich starker morphologischer Veränderungen. Rottumerplaat ist eine junge Sandinsel, auf der erstmalig 1872 Dünenbildung festgestellt wurde. Ab 1951 wurde auf der Insel ein „Stuifdijk" angelegt. Dieser ist heute 3 km lang und erreicht im Schnitt eine Höhe von 6–7 m über NAP. Im Schutz dieser künstlichen Düne hat sich etwa eine 70 ha große Salzmarschfläche gebildet, die jedoch wegen der Annäherung des Seegats Lauwers seitlich stark erodiert wird (frdl. Mitteilung Reenders).

2.1.8 Rottumeroog

Rottumerplaat verdankt seine Entstehung in starkem Maße der wachsenden Zerstörung der östlichen Nachbarinsel Rottumeroog. Der Uferabbruch im Westen lag von 1770–1865 bei 25 m/Jahr und stieg danach auf 30 m/Jahr an. Gleichzeitig begann seeseitiger Abbruch von etwa 1 m/Jahr. Die Verlandung im Lee des Dünenkerns kam völlig zum Stillstand (Isbary, 1936; Toxopeus, 1981). Da die Größe des Seegats Schild zwischen Rottumerplaat und

Die Küste, 47 (1988), 3-30

Rottumeroog in den letzten Jahren deutlich abgenommen hat, besteht die Aussicht, daß sich beide Inseln möglicherweise zu einer größeren Insel vereinigen werden (frdl. Mitteilung REENDERS).

2.2 Ostfriesische Inseln

2.2.1 Borkum

Die westlichste der Ostfriesischen Inseln, Borkum, scheint auf Grund ihrer hufeisenförmigen Gestalt hervorragende Voraussetzungen für Sedimentablagerungen auf der geschützten Ostseite zu bieten. Durch die Anlage des heute sturmflutfrei ausgebauten Reededammes ist der Schutz dieses Teils der Insel noch verstärkt worden. Landgewinnungsmaßnahmen, die vor dem Zweiten Weltkrieg eingeleitet wurden, haben zur Ausbildung eines mehrere hundert Meter breiten Vorlandes geführt.

Ein Vergleich der Luftaufnahmen von 1944 mit Bildern von 1983 zeigt, daß die Grodenflächen auf der Ostseite des Reededammes sich in den letzten vierzig Jahren nicht wesentlich ausgedehnt haben (Abb. 5). Während die Verlandung in Richtung Anleger fortgeschritten ist, hat gleichzeitig auf der Außenseite Erosion eingesetzt. Der Uferrückgang betrug hier etwa 30 m, d. h. rund 75 cm/Jahr.

Im inneren Teil des Hufeisens überwiegt die Verlandung. Der nach der Abdämmung des Tüskendörs um 1860 zunächst sehr starke Landgewinn hat sich jedoch seither erheblich abgeschwächt. Am Ostende des Polders überwiegt im Außengrodenbereich die Abtragung

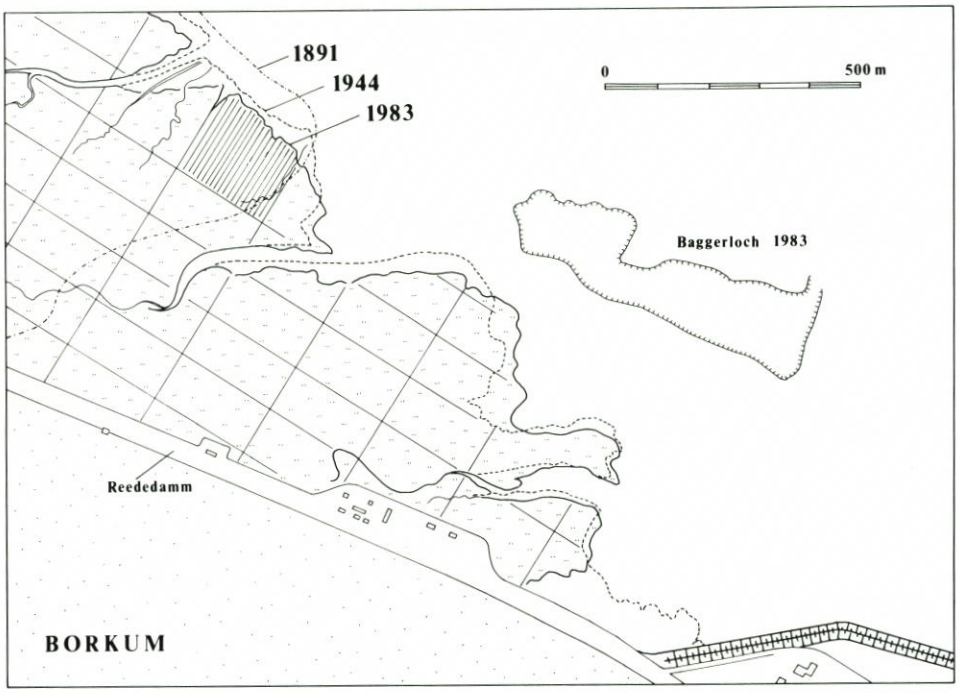

Abb. 5: Uferabbruch und Verlandung auf Borkum, Entwicklung im Westteil der Insel, nördlich des Reededamms

Die Küste, 47 (1988), 3-30

(Abb. 6). Hier zeigt der Luftbildvergleich einen Uferrückgang um 15 m (rund 40 cm/Jahr). Diese Entwicklung ist erst relativ jung: Von der Erstaufnahme des Meßtischblatts „Insel Borkum" (1891) bis zur Befliegung 1944 hatte hier noch Verlandung vorgeherrscht.

Lediglich im äußersten Osten, im Bereich der jüngsten Dünen, die sich zum Teil erst nach 1944 gebildet haben, ist eine Ausweitung der Grodenflächen zu erkennen.

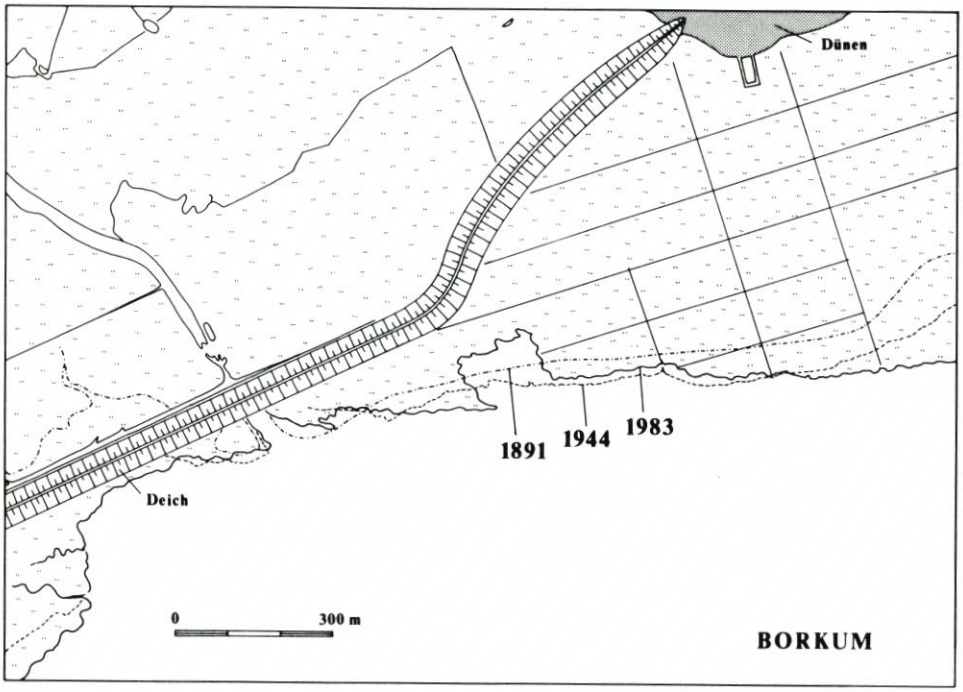

Abb. 6: Uferabbruch und Verlandung auf Borkum, Entwicklung im Ostteil der Insel, am Ostende des Inselgrodens

2.2.2 Juist

Die Insel Juist war während dieses Jahrhunderts auf der Seeseite überwiegend durch eine positive Strandentwicklung charakterisiert. Buhnen und eine Ufermauer, die 1913 vor dem Kurhaus gebaut wurden, sind innerhalb kürzester Frist unter frisch aufgewehten Dünen verschwunden (Backhaus, 1943). Lediglich innerhalb der letzten 20 Jahre hat sich die Situation verschlechtert (Luck u. Stephan, 1983).

Auf der Wattseite war die Bilanz dagegen schon seit längerem negativ. Im Westteil der Insel, im Übergangsbereich des alten Dünenkerns der Bill zum erst 1866–1877 abgedämmten „Washover"-Gebiet des Hammers, ist die allmähliche Entwicklung der Salzmarsch im Schutz der jungen Dünenwälle im Luftbild noch gut auszumachen. Die Verlandung der ersten Jahrzehnte nach der Abdämmung hat jedoch längst der Abtragung weichen müssen (Abb. 7). Im Schnitt betrug der Uferrückgang von 1944 bis 1977 etwa 0,5 m/Jahr. Ein Vergleich mit Luftbildern von 1983 zeigt, daß sich die Abtragung bis heute fortsetzt. Sie scheint sich jedoch nicht verstärkt zu haben.

Im Ostteil der Insel bietet sich dasselbe Bild (Abb. 8). Während hier auf der Seeseite neue

Die Küste, 47 (1988), 3-30

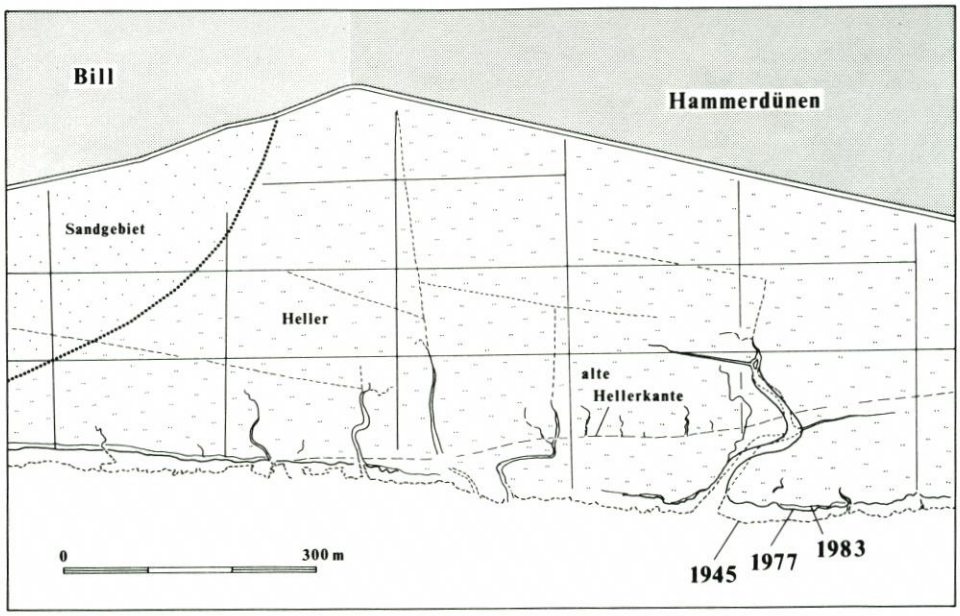

Abb. 7: Uferabbruch auf Juist, Entwicklung im Westteil der Insel im Bereich zwischen Bill und Hammer See

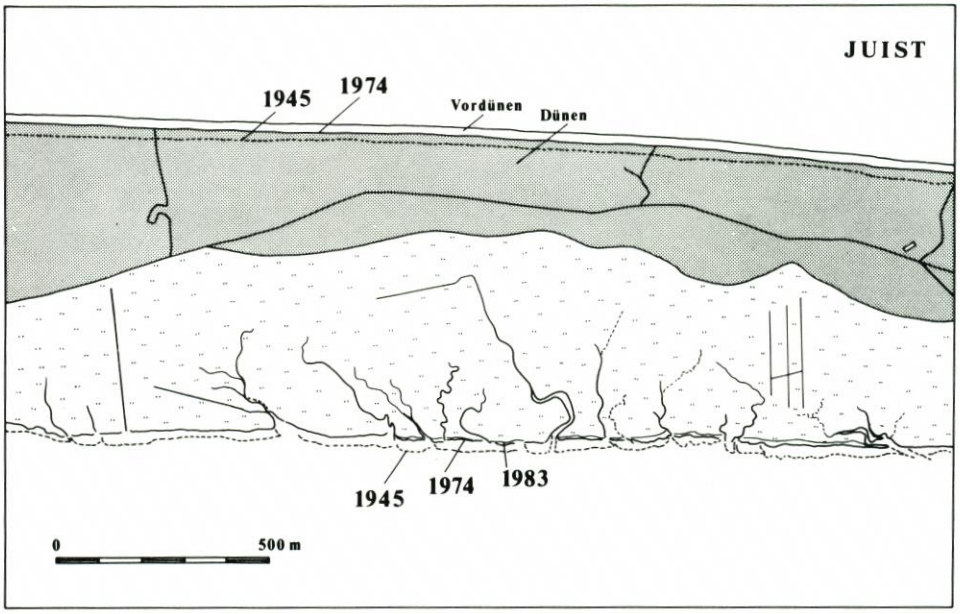

Abb. 8: Uferabbruch auf Juist, Entwicklung im Ostteil der Insel zwischen dem Ort Juist und dem Flugplatz

Die Küste, 47 (1988), 3-30

Dünenzüge gebildet wurden, gingen auf der Wattseite von 1944 bis 1974 im Schnitt etwa 20 m verloren (0,5 m pro Jahr). Auch hier hat sich die Abtragung in annähernd gleicher Größenordnung bis heute fortgesetzt.

Abweichungen von dieser Tendenz finden sich lediglich dort, wo durch künstliche Eingriffe geschützte Buchten entstanden sind. So konnte sich zum Beispiel im Lee des alten Eisenbahndammes ein mehrere hundert Meter breiter Anwachsstreifen bilden, während westlich des Dammes die Abtragung überwog.

2.2.3 Norderney

Die Wattseite der Insel Norderney ist zum Teil durch menschliche Eingriffe stark verändert worden. Der Südstrandpolder unmittelbar östlich des Ortes wurde während des Krieges aufgespült, mit dem Ziel, hier einen Flugplatz einzurichten. Dieses Vorhaben wurde jedoch aufgegeben. Der Polder wurde schließlich 1962 zum Naturschutzgebiet erklärt.

Der Grohde-Polder in der Mitte der Insel wurde 1922–1926 eingedeicht. Auf der Wattseite wurde versucht, durch Lahnungsbau und Begrüppen weitere Verlandung zu fördern. Die Ergebnisse waren relativ gering. Die Landgewinnungsmaßnahmen wurden inzwischen eingestellt. Gegenwärtig sind weder eindeutige Anzeichen für Erosion noch für weitere Verlandung festzustellen.

Die Ostplate von Norderney war bis etwa Mitte des 19. Jahrhunderts noch eine kahle Sandplate. Die seither eingesetzte Dünenbildung hat zur Entstehung ausgedehnter Salzmarsch auf der Wattseite geführt. Da in die Dünenbildung nicht künstlich eingegriffen wurde, existiert bis heute eine Reihe von Durchlässen („Washover Channels"), durch die bei Sturmfluten Sand ins Inselinnere transportiert werden kann (Abb. 9). Derartige Durchlässe spielen eine wichtige Rolle für den wattwärts gerichteten Sandtransport (LEATHERMAN, 1982).

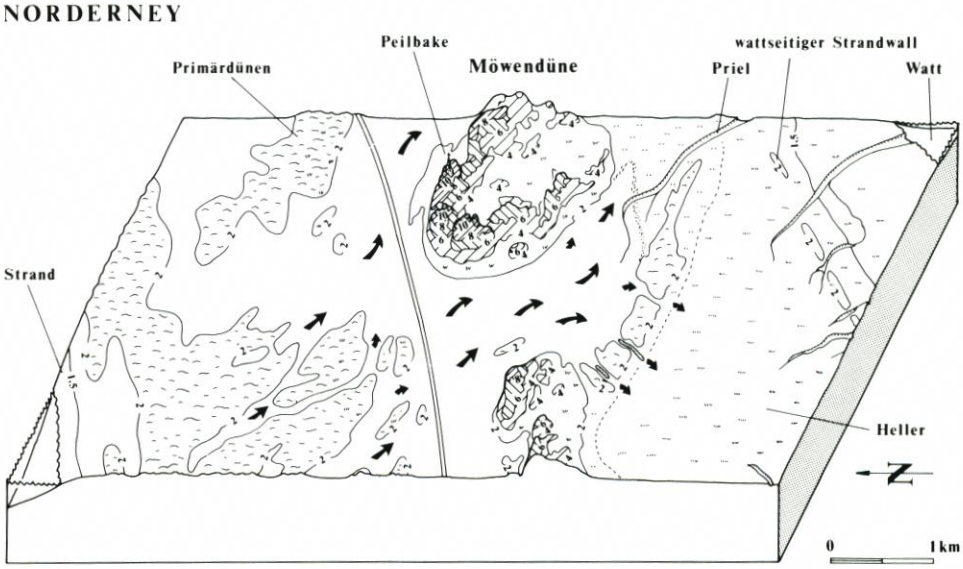

Abb. 9: Washover area auf Norderney (aus EHLERS, 1988)

Die Küste, 47 (1988), 3-30

2.2.4 Baltrum

Baltrum ist die einzige Barriere-Insel des Wattenmeeres, auf der die Verlandung eindeutig überwiegt. Im Westteil der Insel hat sich vor dem wattseitigen Strandwall von 1944 ein etwa 170 Meter breiter Vorlandstreifen gebildet, und die seinerzeit zur Förderung der Verlandung angelegten Buschlahnungen sind längst vom Wachstum des Grodens überholt worden (Abb. 10).

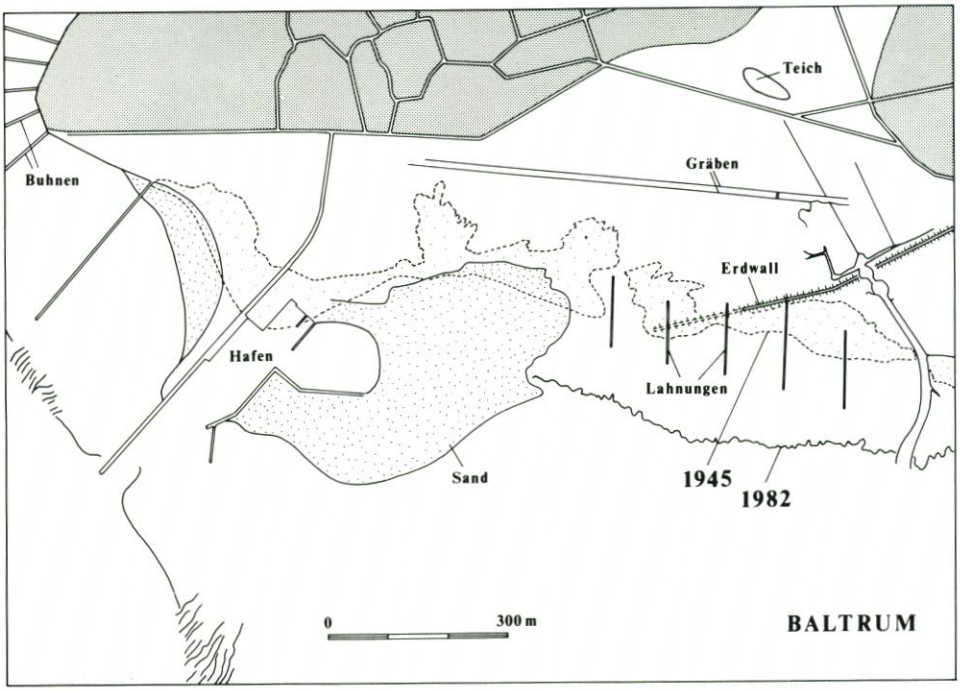

Abb. 10: Verlandung auf Baltrum; Entwicklung im Westteil der Insel

Auch im Ostteil der Insel, wo sich die Dünen weiter ausgedehnt haben, hat sich der Außengroden um 50 m verbreitert (Abb. 11). Die Salzmarsch reicht dort heute über 200 m weiter nach Osten als im Jahre 1945.

Die Ursache für die positive Entwicklung auf Baltrum liegt zum einen darin, daß durch die Anlage eines neuen Hafens der Schutz auf der Westseite verstärkt wurde, zum anderen aber auch darin, daß das Einzugsgebiet der Wichter Ee im Laufe der letzten zweihundert Jahre erheblich kleiner geworden ist (Luck, 1975), wodurch auch Ausdehnung und Einfluß der zugehörigen Prielsysteme zurückgegangen sind.

2.2.5 Langeoog

Auf Langeoog ist die Sedimentbilanz auf der Wattseite annähernd ausgeglichen. Dazu mag beigetragen haben, daß sich im Laufe der letzten hundert Jahre auf der Flinthörn-Halbinsel Dünen gebildet haben und sich die Halbinsel weiter nach Süden verlängert hat,

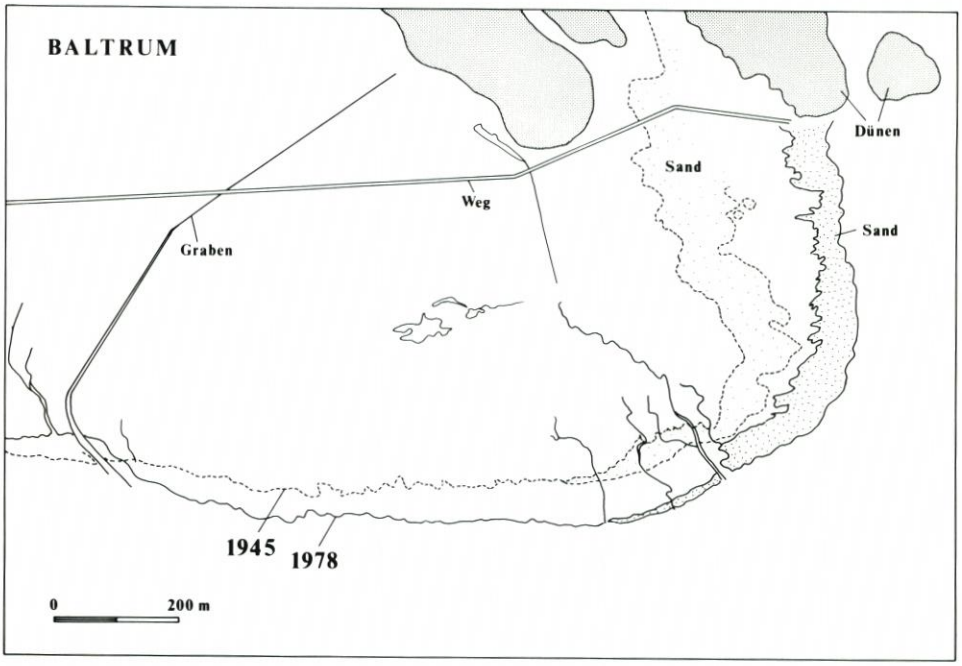

Abb. 11: Verlandung auf Baltrum; Entwicklung im Ostteil der Insel

wodurch sich der Schutz für das Inselwatt verstärkte. Die ursprünglichen Lücken im Dünengürtel der Insel sind heute geschlossen (Kleine Schlopp: 1890 durch natürliche Dünenbildung; Große Schlopp: 1906 durch Sanddeich; BACKHAUS, 1943).

2.2.6 Spiekeroog

Auf Spiekeroog hat vor allem die um 1950 einsetzende Dünenbildung auf der Ostplate zu starker Verlandung auf der Wattseite geführt. Im westlichen Teil des Außengrodens zwischen dem Alten Anleger und dem neuen Inselhafen gibt es leichte Abtragung der Grodenkante. Weiter östlich überwiegt zwar auf weiten Strecken der Anwachs, in Teilgebieten der neuen Außengroden östlich der Hermann-Lietz-Schule hat jedoch bereits wieder der Uferabbruch eingesetzt (frdl. Mitteilung HOLZFÖRSTER).

2.2.7 Wangerooge

Bereits bei der geomorphologischen Kartierung Wangerooges war aufgefallen, daß auf der Wattseite der Insel in weiten Bereichen die Abtragung überwiegt. Dementsprechend war der Rand des Außengrodens in der Karte überwiegend als Kliffkante dargestellt worden (EHLERS u. MENSCHING, 1982). HUCKEMANN (1985) weist darauf hin, daß auch der Südrand der Ostplate ein Abtragungsgebiet darstellt. Entlang der Trasse der ehemaligen Inselbahn zum Ostanleger sind zwischen dem Ostaußengroden und der Ostbake überall kleine Erosionskanten sichtbar, wie sie für die Abtragung von Grodenschichten typisch sind.

Die Küste, 47 (1988), 3-30

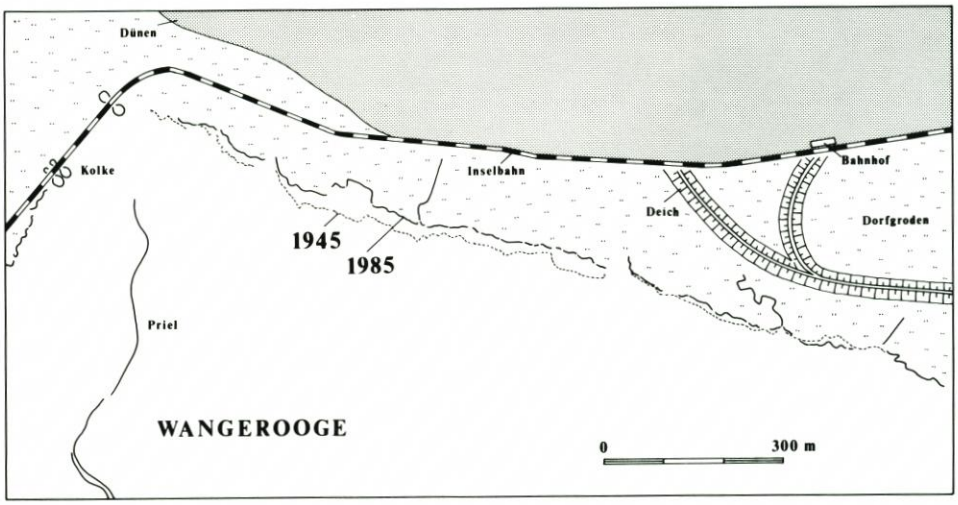

Abb. 12: Uferabbruch auf Wangerooge; Entwicklung im Westaußengroden zwischen dem Harlehörn und dem Dorfgroden (aus EHLERS u. MENSCHING, im Druck)

Der Vergleich von Luftbildern der Air Photo Library (Aufnahmedatum: 16. 4. 1945) mit der heutigen Situation zeigt, daß der Bereich des Westaußengrodens auf ganzer Länge der Abtragung unterlegen hat. Im Schnitt ist die Grodenkante um etwa 20 cm pro Jahr zurückverlegt worden; maximale Werte liegen bei etwa 50 cm/Jahr (Abb. 12).

Auch im Ostaußengroden ist die Bilanz überwiegend negativ. Der Luftbildvergleich zeigt, daß der rezente Verlandungsbereich im Winkel zwischen dem Dünengürtel des Ostsporns und dem Deich des Ostinnengrodens auf einen Bereich von etwa 500 m Breite beschränkt ist (Abb. 13).

2.3 Die offenen Watten zwischen Jade und Eider

Zwischen Wangerooge und der Halbinsel Eiderstedt gibt es keine größeren Inseln, an denen sich die Veränderungen wattseitiger Ufer sinnvoll untersuchen ließen. Die in hohem Maß mobilen Sandinseln Mellum, Scharhörn und Trischen sowie die Sandbänke Großer Knechtsand und Blauort kommen für derartige Untersuchungen nicht in Frage, da sie als ganze Inseln umgelagert werden. Dem starken Uferabbruch auf der Seeseite steht jeweils die Aufhöhung auf der Landseite gegenüber, teils in Form direkter Überspülung, teils durch Verlandung.

2.4 Nordfriesische Inseln

2.4.1 Pellworm

Im Gegensatz zu den Barriere-Inseln sind die Marschinseln und Halligen des Nordfriesischen Wattenmeeres aus der Zerstörung ehemals großer, zum Teil zusammenhängender Marschgebiete hervorgegangen (BANTELMANN, 1966). Auf der Marschinsel Pellworm bildet der Seedeich überall die Grenze gegen das Wattenmeer. Der letzte Außengroden (Buphever-

Die Küste, 47 (1988), 3-30

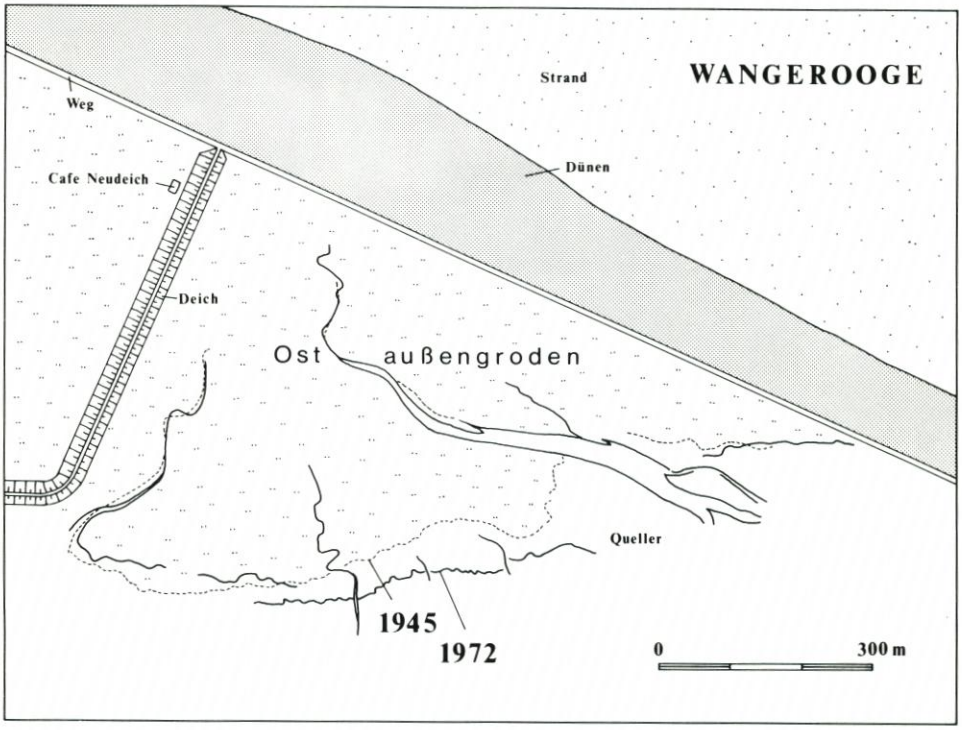

Abb. 13: Verlandung und Uferabbruch auf Wangerooge; Entwicklung im Ostaußengroden (aus EHLERS u. MENSCHING, im Druck)

Koog) ist 1938 eingedeicht worden. Verlandung ist nirgendwo zu beobachten. Hinweise auf fortschreitende Erosion ergeben sich nur aus dem Tieferlegen der Wattflächen und aus der Vertiefung der großen Prielsysteme.

2.4.2 Nordstrand

Die Insel Nordstrand ist seit 1935 durch einen Straßendamm mit dem Festland verbunden. Seit jener Zeit hat auf beiden Seiten des Dammes starke Verlandung eingesetzt. Der Nordteil des Neulands wird gegenwärtig im Zuge der Vordeichung Nordstrander Bucht an das Festland angegliedert.

2.4.3 Halligen

Die Oberfläche der Halligen wirkt auf den Betrachter zunächst wie eine völlig ebene Fläche, die lediglich durch einzelne Priele und die Wohnhügel der Warften unterbrochen wird. Dieser Eindruck trügt. Präzisionsvermessungen im Rahmen der Aufnahme der Deutschen Grundkarte 1:5000, bei denen auf einigen Halligen (Langeneß, Oland, Gröde, Nordstrandischmoor, Süderoog und Südfall) Höhenlinien im Dezimeterabstand konstruiert worden sind, zeigen ein ausgeprägtes Mikrorelief.

Die Küste, 47 (1988), 3-30

Am Beispiel Südfalls soll das Grundprinzip der Halligmorphodynamik erläutert werden (Abb. 14). Die Marschfläche der Hallig wird auf der Seeseite durch einen über 2 m hohen Strandwall begrenzt. Dieser verlagert sich in gleicher Geschwindigkeit ostwärts, wie das westliche Ufer der Hallig abgetragen wird. Der Strandwall setzt sich am nördlichen und südlichen Ufer der Hallig in zwei langgestreckten niedrigeren Armen fort.

Wie bereits ORDEMANN (1912) feststellte, sind die heutigen Halligen keine Reste der mittelalterlichen Marschoberfläche, sondern liegen auf Grund nachträglicher Akkumulation wesentlich höher. Die Aufschlickung der Halligmarsch erfolgt jeweils während der Überflutung. Die Sedimentation ist naturgemäß am stärksten in der Nähe der Priele, entlang deren Verlauf sich wenige Dezimeter hohe Uferwälle (Levées) ausbilden. Die zwischen diesen Uferwällen liegenden Salzwiesen bilden somit flache Senken (Abb. 14).

Das Gebiet der Halligen ist ein Bereich stark überwiegender Abtragung. Abb. 15 zeigt die starken Landverluste auf Südfall seit der Erstaufnahme des Meßtischblattes 1878. Der nach 1925 verringerte Abtrag auf der Westseite ist eine Folge der Ufersicherung. Auf der relativ ungeschützten Südostseite (Wattseite) betrug der Rückgang etwa 1,5 m/Jahr.

Während noch zu Beginn dieses Jahrhunderts auf der landwärtigen Seite der meisten Halligen Anwachs zu verzeichnen war, ist dies heute nur noch dort der Fall, wo Halligen durch Dämme mit dem Festland verbunden worden sind (Langeneß, Oland, Nordstrandischmoor). Norderoog, Süderoog, Hooge, Südfall, Gröde und Habel werden wie Jordsand (zwischen Sylt und dem dänischen Festland) von allen Seiten vom Meer angegriffen. Fast alle Uferlinien sind heute künstlich befestigt und werden daher nicht mehr sichtbar zurückverlegt; die Erosion hat sich in den Bereich der vorgelagerten Wattflächen verlagert.

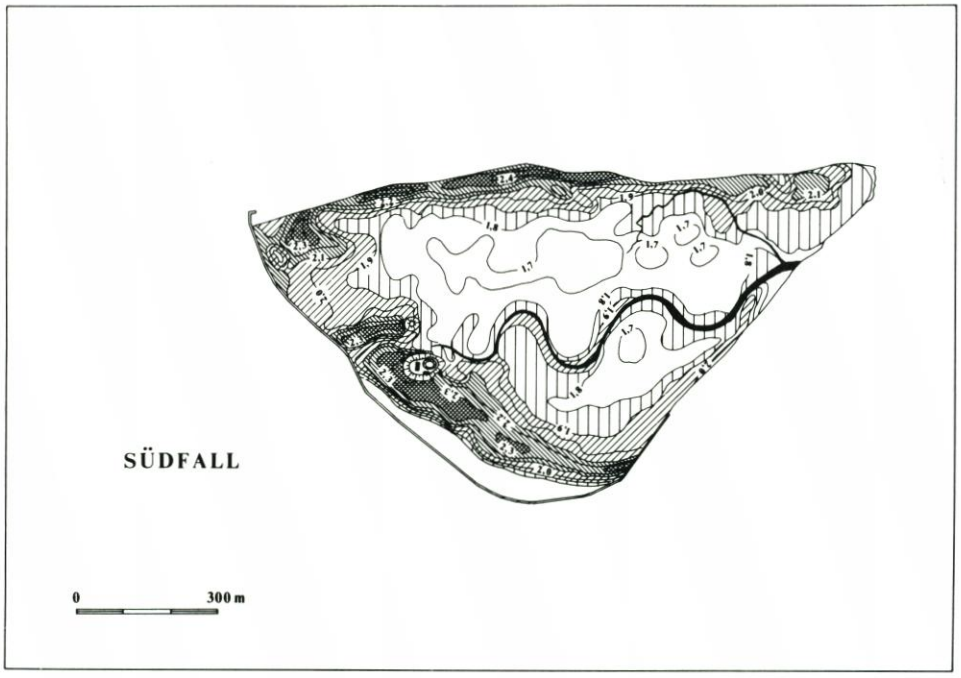

Abb. 14: Oberflächenformen einer Hallig (Südfall); Quelle: Deutsche Grundkarte 1:5000; Ausgabe 1950; Zustand: etwa 1927

Die Küste, 47 (1988), 3-30

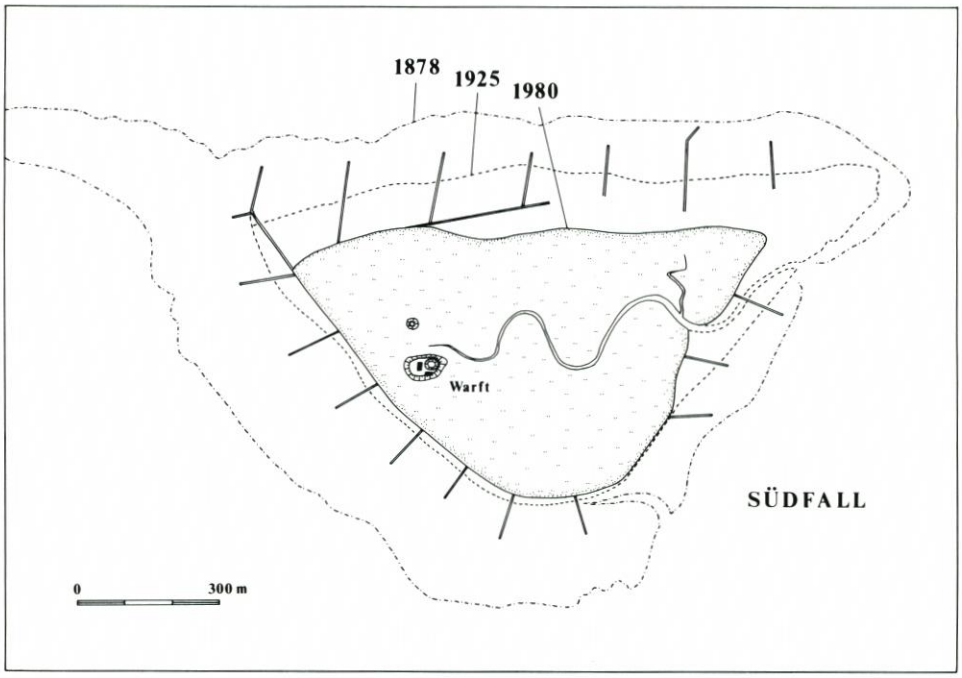

Abb. 15: Landverluste auf Südfall im Laufe der letzten 100 Jahre

2.4.4 Amrum

Mit seinem breiten Strand des Kniepsandes erweckt Amrum beim Betrachter den Eindruck einer Insel mit positiver Sedimentbilanz. Die Wattseite der Insel liegt jedoch auf ganzer Länge, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, im Abbruch. Zwischen Steenodde und Nebel liegt das Kliff Ual anj, in dem der pleistozäne Geestkern der Insel angegriffen wird. Nördlich schließt sich die Marschküste an. Der seeseitige Rand des Außengrodens besteht aus einem fast 1 m hohen Kliff. Im Zuge der Rückverlegung der Uferlinie wird auf der Marsch ein niedriger Strandwall aufgeschüttet, der mit Rückweichen der Uferlinie landeinwärts wandert. Die Marsch nördlich von Norddorf ist an der Wattkante durch einen Deich gesichert, und die Dünenhalbinsel Amrum-Odde liegt auf der Seeseite wie auf der Wattseite im Abbruch.

Ein Vergleich von Luftbildern aus dem Jahre 1944 mit Aufnahmen von 1979 macht deutlich, daß der Uferabbruch in dem Gebiet südlich des Borragh (zwischen Norddorf und Nebel) maximal bei 60 cm/Jahr gelegen hat, im Schnitt etwa bei 30 cm/Jahr (Abb. 16).

2.4.5 Föhr

Im Gegensatz zu Amrum liegt Föhr in geschützter Position hinter der seewärtigen Barriere. Dennoch unterliegen die ungeschützten Teile der Südküste starkem Abbruch. Durch den breiten Gezeitenstrom der Norderaue können bei südwestlichen Winden hohe Wellen bis an die Küste heranreichen. Während das Kliff bei Utersum zum Schutz des Nordsee-Kurheims 1937 mit einem Deckwerk versehen wurde (Müller u. Fischer, 1937) und sich die

Die Küste, 47 (1988), 3-30

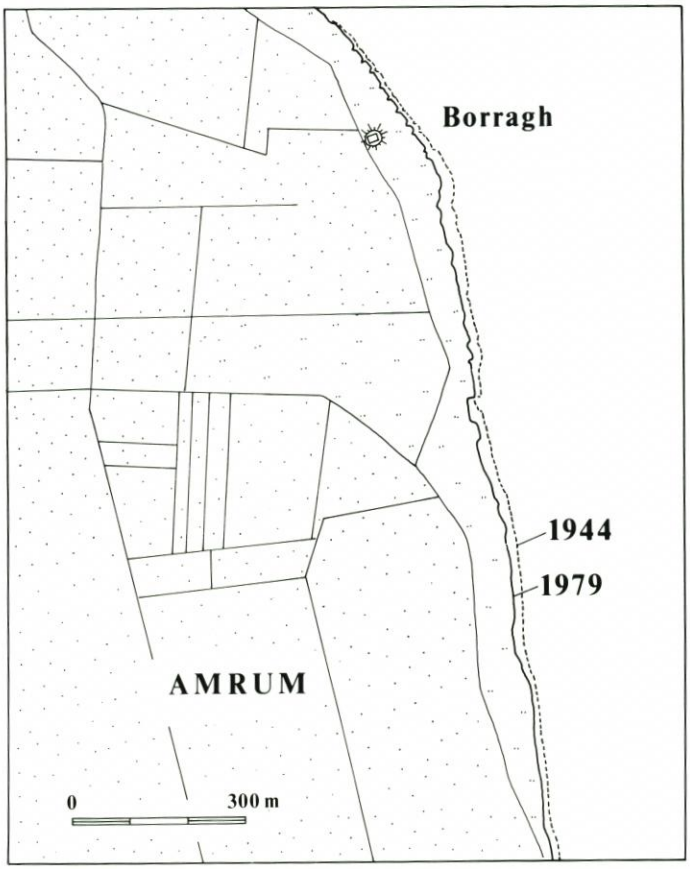

Abb. 16: Uferabbruch auf Amrum; Entwicklung im Nordteil der Insel, südöstlich von Norddorf

Deckwerke von Wyk aus immer weiter nach Westen ausdehnten, setzte sich die Abtragung des Goting-Kliffs weiter fort. Der Kartenvergleich zeigt, daß innerhalb der letzten 100 Jahre im Schnitt etwa 1 m pro Jahr verlorenging (Abb. 17).

Im Jahre 1975 wurde zum Schutz der vom Uferabbruch bedrohten Ferienhäuser in Goting auf dem sandigen Watt vor dem Kliff ein Sanddamm bis zu einer Höhe von NN +2,5 m aufgespült. Trotz dieses Schutzes wich die Kliffkante während der Sturmfluten vom 3./4. und 20./21. 1. 1976 im Schnitt um etwa 4 m zurück (Zitscher, Scherenberg u. Carow, 1979). Die Abtragung hat sich weiter fortgesetzt (Abb. 18). Die Aufnahmen von 1981 und 1987 zeigen, daß der Abbruch in dieser Zeit etwa 8 m betrug (ca. 1,3 m/Jahr). Von dem Sandwall vor dem Goting-Kliff sind heute keine Spuren mehr zu entdecken; er ist völlig aufgearbeitet worden.

Die unbedeichten Vorländer im Norden der Insel Föhr vermitteln den Eindruck eines Verlandungsgebietes (vgl. Jessen, 1914). Der Kartenvergleich zeigt jedoch, daß die Sedimentbilanz allenfalls ausgeglichen ist.

Die heutigen Salzwiesen werden auf der Nordwestseite durch sichelförmige Sand- und Kieshaken begrenzt (Abb. 19). Diese werden auf der Westseite abgetragen und wandern über das langsam nach Osten zurückweichende Marschland hinweg. Im Schutz der Haken bilden

Die Küste, 47 (1988), 3-30

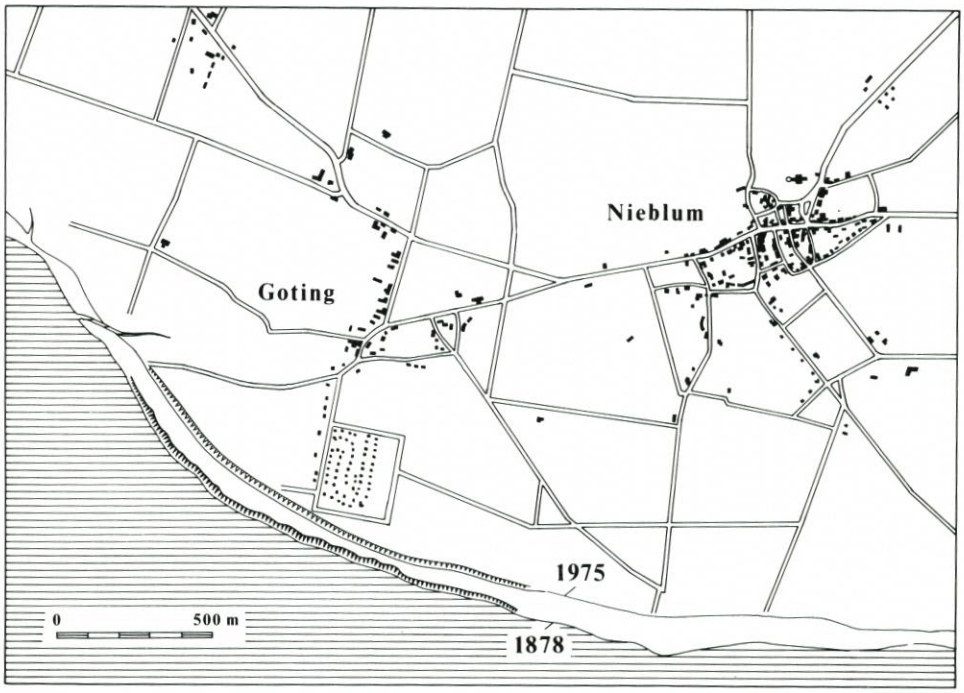

Abb. 17: Uferabbruch am Goting-Kliff, Föhr (aus EHLERS, 1988)

sich gleichzeitig am Ostende der Salzmarsch Verlandungszonen aus. Die Verlagerung der Haken und der zugehörigen Salzmarschgebiete ist nicht nur als Reaktion auf den steigenden Meeresspiegel zu sehen, sondern auch eine Folge des im Wattenmeer überwiegenden landwärts gerichteten Sandtransportes. Ähnliche Erscheinungen finden sich an der Nordküste von Texel sowie an der Südküste der Nösse-Halbinsel auf Sylt (Morsum-Odde). Die beiden Haken nördlich von Oldsum sind in der Zeit von 1878 bis 1963 um etwa 200–250 m ostwärts gewandert, d. h. um etwa 2,5 m/Jahr.

2.4.6 Sylt

Die Insel Sylt liegt auf der Wattseite fast durchgehend im Abbruch. Am deutlichsten sichtbar ist dies im Bereich des Morsum-Kliffs; gravierender ist der Landverlust jedoch entlang der Marschküsten zwischen Morsum und List.

So liegen die Marschflächen am Fuß des fossilen Kliffs zwischen Braderup und Kampen im Abbruch (Abb. 20); auch die übrigen Marschgebiete mit Ausnahme der durch Deiche oder Deckwerke geschützten Flächen zeigen Abbruchserscheinungen, und selbst in der geschützten Bucht des Königshafens überwiegt die Abtragung. Vergleich von Luftbildern sowie Messungen im Gelände (Abb. 21) haben gezeigt, daß die Grodenkante hier im Schnitt um etwa 10 cm/Jahr zurückweicht.

Die Abtragung der Marschgebiete auf Sylt ist – wie auf den anderen Inseln – eine junge Entwicklung. Während der Uferabbruch im Bereich zwischen der Nösse-Halbinsel und Hörnum schon in Quellen aus dem 18. Jahrhundert genannt wird, berichten MÜLLER u.

Die Küste, 47 (1988), 3-30

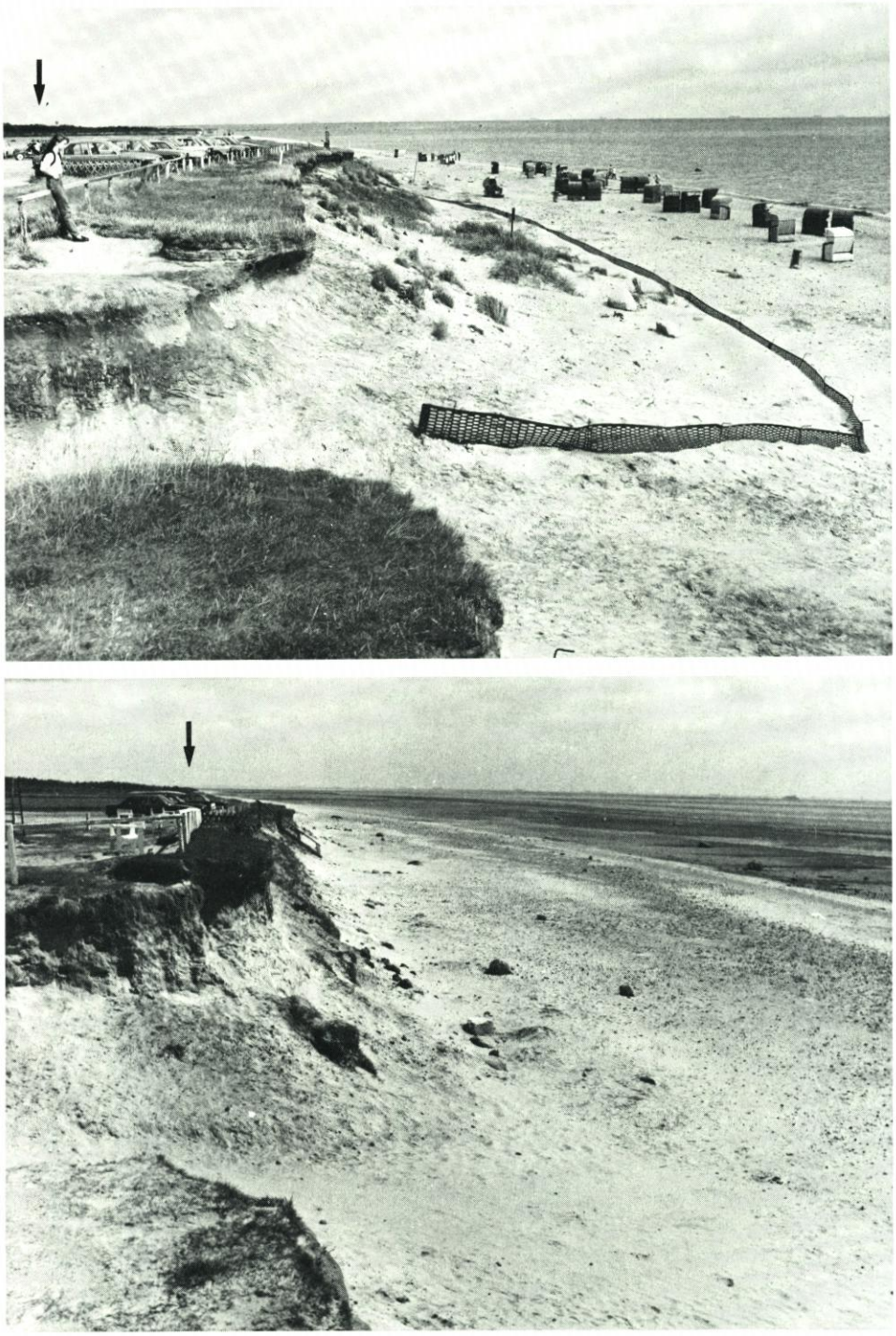

Abb. 18: Uferabbruch am Goting-Kliff, Föhr. Oben: 1982; unten: 1987. Der Zaun des Parkplatzes (Pfeil) zeigt das Ausmaß der Abtragung

Die Küste, 47 (1988), 3-30

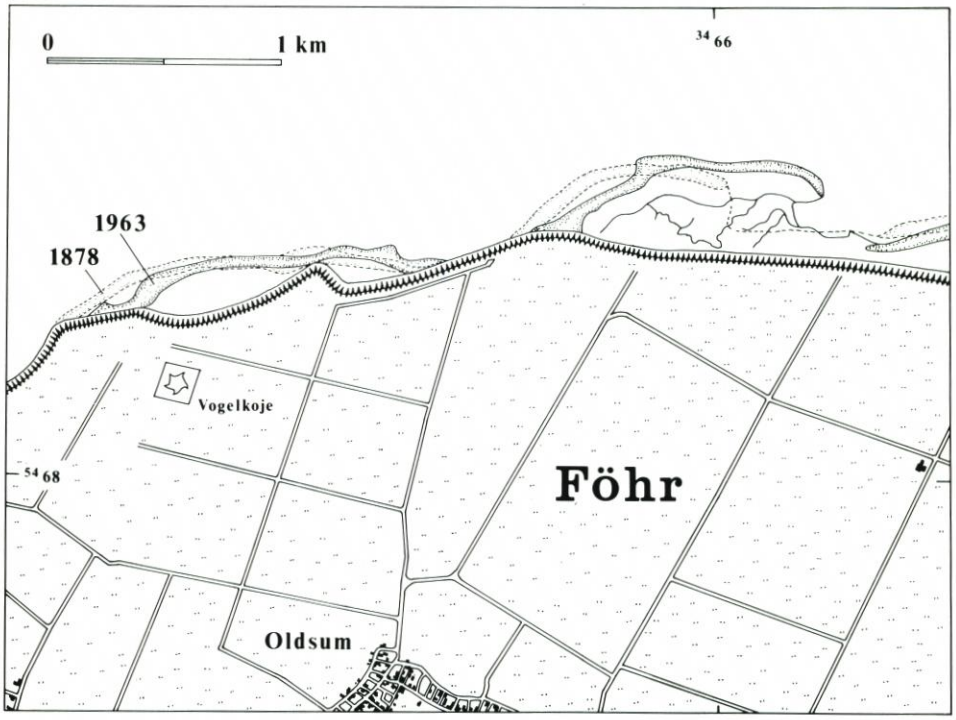

Abb. 19: Küstenentwicklung in Föhr-Nord, nördlich von Oldsum (aus EHLERS, 1988)

Abb. 20: Uferabbruch bei Kampen (Sylt); im Hintergrund das „fossile" Kliff der Sylter Geest (Aufnahme: 1984)

Die Küste, 47 (1988), 3-30

Abb. 21: Uferabbruch am südlichen Ufer des Königshafens (Sylt); links: 1982; rechts: 1987

FISCHER (1938: 266 f.) von bedeutendem Anwachs im Bereich des Vorlandes zwischen Morsum und Keitum im 18. Jahrhundert. Ja, der gesamte wattseitige Uferbereich nördlich der Nösse-Halbinsel zeigte im 19. Jahrhundert noch günstige Vorlandsverhältnisse, und der Deichinspektor Krebs schrieb 1821: „Die kleinen Marschstrecken in der östlichen Bucht zwischen List und Morsum sind mehrenteils alle im Anwachs . . ."

Heute wird versucht, der negativen Entwicklung durch ausgedehnten Lahnungsbau entgegenzuwirken. Es bleibt abzuwarten, ob eine derartige Maßnahme in einem Bereich mit deutlich negativer Sedimentbilanz Erfolg haben wird. Im Augenblick liegt das Ufer noch weiter im Abbruch, und die Lahnungen sind zum Teil deutlich entwurzelt.

Ähnlich wie auf der Seeseite ist auch auf der Wattseite bis heute immer wieder zu dicht an die Uferlinie herangebaut worden (Abb. 22). Um dem fortschreitenden allmählichen Uferabbruch zu begegnen, mußte von List aus ein Deckwerk in südliche Richtung gebaut werden. Das Ufer vor Keitum wurde 1969 befestigt, und später wurde vor den nach dem Zweiten Weltkrieg gebauten Häusern in Blidsel ein Deckwerk gebaut. Die inzwischen eingesetzte Leeseiten-Erosion wird vermutlich die Errichtung weiterer Folgebauwerke erzwingen.

2.4.7 Römö

Auf Römö überwiegt auf der Wattseite eindeutig der Uferabbruch. Auch der Bau des Römö-Dammes (1939–48) brachte keine Wende – im Gegenteil: Durch den Bau des Dammes wurde des Einzugsgebiet des Juvre-Priels im Norden so stark vergrößert, daß sich der Priel stärker eintiefte und den 1928 eingedeichten Juvre-Koog bedrohte. Eine Reihe von Abwehrmaßnahmen blieb ohne Erfolg, so daß im Jahre 1965 eine zweite Deichlinie gebaut werden mußte, etwa 200 m weiter inseleinwärts. Am 24. 11. 1981 brach schließlich der alte Deich, und

Die Küste, 47 (1988), 3-30

Abb. 22: Uferabbruch auf Sylt (Rantum); im Vordergrund Erosionskanten (Aufnahme: 1984)

das ausgedeichte Stück des Juvre-Koogs wurde wieder zur Salzmarsch (JESPERSEN u. RASMUSSEN, 1984).

Auch südlich des Römö-Dammes sind an der Grodenkante deutliche Spuren des Uferabbruchs erkennbar (Abb. 23). Der Vergleich von Luftbildern hat gezeigt, daß die Küstenlinie hier um etwa 0,5 m pro Jahr zurückverlegt wird.

2.4.8 Mandö

Obwohl die kleine Marschinsel Mandö nicht Teil der Inselbarriere ist, sondern relativ geschützt auf dem hohen Watt auf halbem Wege zwischen dem Koresand und dem Festland liegt, hat sich auf der Seeseite der Doppelinsel ein niedriger Dünenwall ausgebildet. Seit 1938 hat auf der Wattseite deutliche Verlandung eingesetzt – möglicherweise eine Folge der Verringerung der Einzugsgebiete von Juvredyb und Knudedyb durch die Eindeichung der festländischen Marschen bei Ribe (1914). Die Vorgänge sind durch umstrittene Landgewinnungsmaßnahmen (seit 1962) und den Bau eines 70 cm hohen Verbindungsdammes zum Festland verstärkt worden (ZENIUS, 1983; JACOBSEN, 1978).

2.4.9 Fanö

Auf Fanö sind keine deutlichen Verlandungserscheinungen festzustellen. An der Nordspitze weist Abbruch an der Kante der im Schutz sandiger Fluthaken gebildeten Salzmarsch

Die Küste, 47 (1988), 3-30

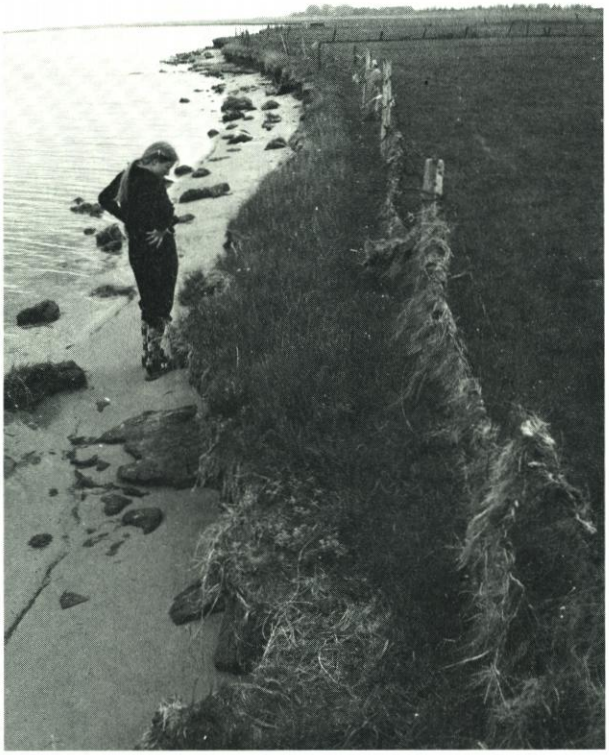

Abb. 23: Uferabbruch auf Römö, nordöstlich von Österby (Aufnahme: 1982)

auf die Abtragung hin. Das Ausmaß dieser Vorgänge kann zur Zeit auf Grund mangelnder Unterlagen nicht genauer bestimmt werden, da die entsprechenden Luftbilder vom dänischen Verteidigungsministerium nicht freigegeben worden sind.

3. Schlußfolgerungen

Die zum Teil ausgedehnten Marschflächen auf den Inseln des Wattenmeeres sind das Ergebnis ehemals umfangreicher Verlandung. Ein Vergleich von Karten und Luftbildern aus den letzten Jahrzehnten sowie Geländeuntersuchungen haben gezeigt, daß heute auf den meisten Inseln des Wattenmeeres auf der Wattseite deutliche Erosionserscheinungen festzustellen sind. Die wenigen verfügbaren Daten lassen darauf schließen, daß die verstärkte Abtragung spätestens gegen Mitte des 19. Jahrhunderts einsetzte. Ein derartiger Wechsel zwischen Verlandung und Abtragung kann verschiedene Ursachen haben. LINKE (1981, 1982) und PRANGE (1986) haben auf die große Bedeutung von Perioden größerer Sturmfluthäufigkeit sowie auf den Einfluß lokaler Besonderheiten hingewiesen. Die vorliegenden Daten scheinen jedoch auf eine längerfristige und überregionale Entwicklung hinzuweisen.

Eine mögliche Interpretation ist, daß die Verlandungsphase mit einer Unterbrechung des

Die Küste, 47 (1988), 3-30

Meeresspiegelanstiegs während der „Little Ice Age" (etwa 1350–1850; vgl. LAMB, 1982) zusammenhängt. Für diesen Zeitraum nehmen MENKE (1976) und ROHDE (1977) eine leichte Regression an. Diese Auffassung wird gestützt durch neue Untersuchungen von HANISCH (1980), PRANGE (1986) und STREIF (1987), die darauf hindeuten, daß der Meeresspiegel spätestens um 1300 etwa das heutige Niveau erreicht hatte. In der Mitte des 19. Jahrhunderts setzte offenbar erneuter Meeresspiegelanstieg ein; er dauert bis heute an (JENSEN, 1984; FÜHRBÖTER u. JENSEN, 1985).

Vom rezenten Uferabbruch sind in erster Linie die mittleren Teile der Inseln betroffen, während an den Inselenden jeweils Sand von See her um die Insel herumwandert (Abb. 24). Die Ausbildung der deutlichen Fluthaken auf Texel, Terschelling, Schiermonnikoog, Borkum, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog, Wangerooge, Römö und Fanö ist eine junge Erscheinung. Sie setzte Mitte des 19. Jahrhunderts ein und ist damit genau wie der wattseitige Grodenabbruch als eine Folge des rezenten Meeresspiegelanstiegs zu werten.

Während bei einem sinkenden Meeresspiegel im Schutz der Dünenzüge neue Salzmarsch gebildet wird, paßt sich die Insel-Barriere einem steigenden Meeresspiegel durch landwärtige Verlagerung an. Dies ist besonders deutlich im Fall der frei beweglichen Außensände, bei denen „Washover"-Prozesse ungehindert wirksam werden können. Nach Untersuchungen von TAUBERT (1982) und eigenen Kartenauswertungen liegt der seeseitige Abbruch der Außensände bei folgenden Werten:

Koresand (seewärts von Mandö):	20 m/Jahr
Japsand:	44 m/Jahr
Norderoogsand:	20 m/Jahr
Süderoogsand:	36 m/Jahr

Ähnlich rasch verlagern sich die Inseln und Sandbänke im Bereich der offenen Watten zwischen Jade und Eider sowie die Engelsmanplaat zwischen Schiermonnikoog und Ameland, doch wandern diese Gebilde auf das Watt hinauf (vgl. EHLERS, 1988):

Blauort:	35 m/Jahr
Trischen:	30 m/Jahr
Scharhörn:	33 m/Jahr
Knechtsand:	30 m/Jahr
Mellum:	16 m/Jahr
Engelsmanplaat:	27 m/Jahr

Die großen Inseln sind dagegen vergleichsweise lagestabil. Unter natürlichen Bedingungen würde bei Sturmfluten der Dünengürtel durchbrochen, und das aufgearbeitete Sediment in Sturmdeltas („Washover") in Richtung Watt transportiert. Diese Vorgänge haben sich zwischen 900 und 1300 n. Chr. z. B. an der Küste Nordhollands abgespielt (WESTERHOFF u. BEETS, 1987). Sie werden heute im Wattenmeer durch Maßnahmen des Küstenschutzes unterbunden. Auf einer Reihe von Inseln (Texel, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog, Rottumerplaat, Borkum, Juist, Baltrum, Langeoog, Wangerooge und Mandö; vgl. EHLERS, 1988) sind erst durch menschliches Eingreifen künstlich durchgehende Dünenzüge geschaffen worden, deren Erhaltung einen Sedimenttransport quer über die Insel bei Sturmfluten verhindert.

Bei der natürlichen Verlagerung der Inseln hatte stets auch die äolische Sandumlagerung eine große Rolle gespielt. Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts stellten Flugsand und Wanderdünen ein erhebliches Problem für die menschlichen Siedlungen auf den Inseln dar. Noch 1809 mußten auf Schiermonnikoog sieben Häuser abgebrochen werden, die von einer

Die Küste, 47 (1988), 3-30

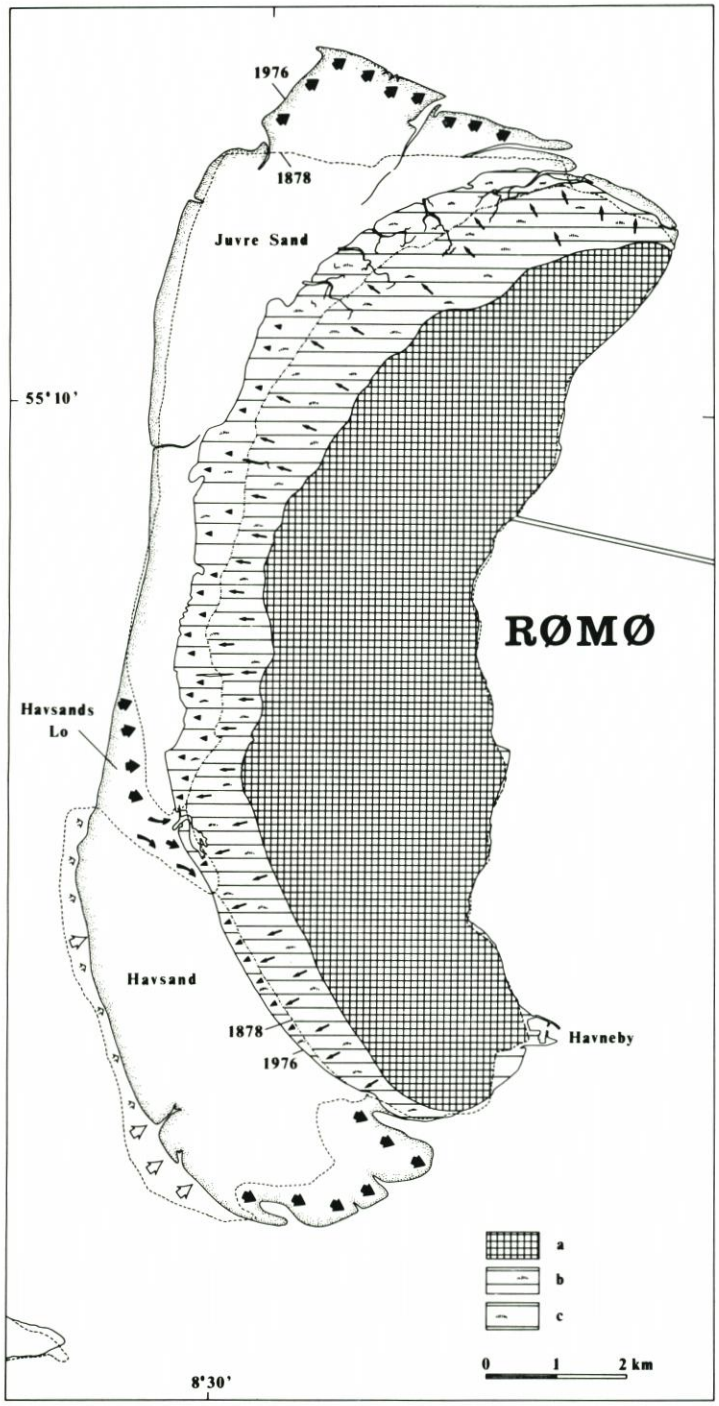

Abb. 24: Küstenveränderungen auf Römö (aus EHLERS, 1988)

Die Küste, 47 (1988), 3-30

heranwandernden Düne bedroht waren (ISBARY, 1936). Wie die Luftbilder von 1944/45 zeigen, waren noch vor vierzig Jahren die meisten hohen Dünen auf den Barriere-Inseln vegetationsfrei; heute findet Ausblasung im Dünengebiet nur noch an wenigen Punkten statt. Reste von Wanderdünen gibt es nur noch im Listland auf Sylt. Die Festlegung der Dünen durch systematische Bepflanzung gewährleistet, daß heute der äolische Sedimenttransport außer am Strand und in den Randdünen keine Rolle mehr spielt.

Durch diese menschlichen Eingriffe wird die Anpassung der Insel-Barriere an den steigenden Meeresspiegel erschwert. VAN DIEREN (1934) wies bereits auf die Bedeutung der natürlichen „Verjüngungsvorgänge" einer im Abbruch befindlichen Dünenküste hin. LEATHERMAN (1982) warnt, daß eine festgelegte Insel-Barriere, die sich nicht den natürlichen Gegebenheiten anpassen kann, bei steigendem Meeresspiegel zum Untergang verurteilt sei. Er bezieht sich dabei in erster Linie auf Untersuchungen an der amerikanischen Ostküste, wo – aufgrund tektonischer Senkung – die Rückverlegung der Insel-Barriere im Schnitt etwa 1 m/ Jahr beträgt (LEATHERMAN et al., 1982).

Ein Ertrinken der Barriere mag im Einzelfall durch menschliche Eingriffe zu verhindern sein; wo immer möglich, sollte jedoch der natürlichen Anpassung der Inseln an den sich ändernden Meeresspiegel vor einer starren Verteidigung der Vorzug gegeben werden.

4. Dank

Anregungen zu dieser Arbeit verdanke ich Diskussionen mit J. Barckhausen und H. Streif (Hannover), M. Jespersen (Kopenhagen) G. Linke (Hamburg), B. Holzförster (Berlin) und R. Reenders (Delfzijl). Dank gebührt der Fototheek Topografische Dienst Emmen (Niederlande), dem Niedersächsischen Landesverwaltungsamt, Landesvermessung (Hannover), dem Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel), dem Geodaetisk Institut (Kopenhagen) sowie der Air Photo Library, Keele University (England) für die Hilfe bei der Beschaffung von Luftbildern.

5. Schriftenverzeichnis

ABRAHAMSE, J. u. KONING, H.: Schiermonnikoog. Uitgeverij Fotoplus, Groningen, 1983.

ABRAHAMSE, J. u. LUITWIELER, F.: Griend. Waddenbulletin 17 (2), 1982.

BACKHAUS, H.: Die ostfriesischen Inseln und ihre Entwicklung. Ein Beitrag zu den Problemen der Küstenbildung im südlichen Nordseegebiet. Schriften der Wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens e. V., N. F. 12, 1943.

BAKKER, H.: Ameland – Insel der Freien. Knoop & Niemeijer, Haren, 1973.

BANTELMANN, A.: Die Landschaftsentwicklung im nordfriesischen Küstengebiet, eine Funktionschronik durch fünf Jahrtausende. Die Küste Jg. 14 (2), 1966.

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

EHLERS, J. u. MENSCHING, H.: Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1:25 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 25 Blatt 10, 2213 Wangerooge. Berlin, 1982.

EHLERS, J. u. MENSCHING, H.: Küstenversatz und Prielverlagerungen an der Nordseeküste – Beispiele aus dem Wattenmeer um Wangerooge. Berliner Geographische Abhandlungen, H. 47 (im Druck).

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

GIERLOFF-EMDEN, H. G.: Luftbild und Küstengeographie am Beispiel der deutschen Nordseeküste. Institut für Landeskunde in der Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg, 1961.

HANISCH, J.: Neue Meeresspiegeldaten aus dem Raum Wangerooge. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 30, 1980.

HUCKEMANN, B.: Die geomorphologische Struktur und Dynamik auf der Wattseite von Wangerooge-Ost unter besonderer Berücksichtigung der Vegetation. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit, Universität Münster, 1985.

ISBARY, G.: Das Inselgebiet von Ameland bis Rottumeroog. Morphologische und hydrographische Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der friesischen Inseln. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 56 (3), 1936.

JACOBSEN, N. K.: The Balance between Agriculture, Forestry, Urbanisation and Conservation. Optimal Pattern of Land Use. In M. W. HOLDGATE u. M. J. WOODMAN (Hrsg.): The Breakdown and Restoration of Ecosystems, 1978.

JENSEN, J.: Änderungen der mittleren Tidewasserstände an der Nordseeküste. Mitt. des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau der Techn. Universität Braunschweig, H. 83, 1984.

JESPERSEN, M. u. RASMUSSEN, A.: Geomorphological effects of the Römö Dam: development of a tidal channel and collapse of a dike. Geografisk Tidsskrift, Bd. 84, 1984.

JESSEN, O.: Morphologische Beobachtungen an den Dünen von Amrum, Sylt und Röm. Landeskundliche Forschungen, H. 21, 1914.

KLEINKEMM, H.: Die Insel Texel. Gießen, 1910.

KLIJN, J. A.: Nederlandse kustduinen. Geomorfologie en bodems. Pudoc, Wageningen, 1981.

KLOK, B. u. SCHALKERS, K. M.: De veranderingen in de Waddenzee ten gevolge van de afsluiting van de Zuiderzee. Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, Notitie 78. H 238, 1978.

KÖNIG, D.: Deutung von Luftbildern des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres, Beispiele und Probleme. Die Küste, H. 22, 1972.

KOOIKER, E. P.: Noordzeeweering Ameland. Rijkswaterstaat, Directie Friesland, Studiedagen Kring van de Zeeweerende Ingenieurs. 26 en 27 October 1981, Ameland, 1981.

LAMB, H. H.: Climate, history and the modern world. Methuen, London/New York, 1982.

LEATHERMAN, S. P.: Barrier Island Handbook, 2nd Edition, 1982.

LEATHERMAN, S. P., RICE, T. E. u. GOLDSMITH, V.: Virginia Barrier Island Configuration: A Reappraisal. Science, Vol. 215, 1982.

LINKE, G.: Ergebnisse und Aspekte zur Klimaentwicklung im Holozän. Geologische Rundschau, Bd. 70, 1981.

LINKE, G.: Der Ablauf der holozänen Transgression der Nordsee aufgrund von Ergebnissen aus dem Gebiet Neuwerk/Scharhörn. Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet. Bd. 14, 1982.

LUCK, G.: Der Einfluß der Schutzwerke der ostfriesischen Inseln auf die morphologischen Vorgänge im Bereich der Seegaten und ihrer Einzugsgebiete. Mitt. des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau d. Techn. Universität Braunschweig, H. 47, 1975.

LUCK, G. u. STEPHAN, H.-J.: Verlagerung morphologischer Großformen nördlich der Osterems und deren Einfluß auf das Westende von Juist. Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz, Jahresbericht 1982, XXXIV, Norderney, 1983.

MENKE, B.: Befunde und Überlegungen zum nacheiszeitlichen Meeresspiegelanstieg (Dithmarschen und Eiderstedt, Schleswig-Holstein). Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet. Bd. 11, 1976.

MÜLLER, F. u. FISCHER, O.: Föhr. Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste, Zweiter Teil: Die Inseln, 6. Berlin, Reimer, 1937.

MÜLLER, F. u. FISCHER, O.: Sylt. Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste, Zweiter Teil: Die Inseln, 7. Berlin, Reimer, 1938.

ORDEMANN, W.: Beiträge zur morphologischen Entwicklungsgeschichte der deutschen Nordseeküste mit besonderer Berücksichtigung der Dünen tragenden Inseln. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft (für Thüringen) zu Jena, 30, 1912.

PRANGE, W.: Geologie, Landschafts- und Besiedlungsgeschichte der Marschen an der Lecker Au, Nordfriesland. Offa, Bd. 43, 1986.

ROEPER, M.: Waterschappen en polders. In C. J. DUINKER (Hrsg.): Texel en de Zee. Een strijd van Eeuwen, 1980.

ROHDE, H.: Sturmfluten und säkularer Wasserstandsanstieg an der deutschen Nordseeküste. Die Küste, H. 30, 1977.

STREIF, H.: Die Entwicklung der Ostfriesischen Inseln, Watten und Marschen als Reaktion auf

den Meeresspiegelanstieg. In: 54. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen, Norderney, 9. bis 12. Juni 1987, Kurzfassung der Vorträge, 1987.

TAUBERT, A.: Wohin wandern die Außensände? Formänderungen der nordfriesischen Außensände und deren küstengeographische Beurteilung. Nordfriesland, 16 (61/62), 1982.

TOXOPEUS, W.: Ik ben van Rottum. – Erinneringen aan de strandvoogd en het eiland Rottum. Groningen, Uitgeverij Kemper, 1981.

VAN DER MOLEN, S. J.: Terschelling – van Noordsvaarder tot Bosplaat. 's Gravenhage, Boekencentrum B. V., 1978.

VAN DIEREN, J. W.: Organogene Dünenbildung. Eine geomorphologische Analyse der Dünenlandschaft der westfriesischen Insel Terschelling mit pflanzensoziologischen Methoden. Martinus Nijhoff, Den Haag, 1934.

VAN LARE, J.: Kartografie en kartografen. In C. J. DUINKER (Hrsg.): Texel en de Zee. Een strijd van Eeuwen, 1980.

VISSER, J. C.: Stuifdijken op Vlieland en Terschelling. Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, Tweede Reeks LXIV, 1947.

WESTERHOFF, W. E. u. BEETS, D. J.: Sturmdeltas und junge Dünen, zusammenhängende Bildungen der poströmischen Küstenentwicklung in Noord-Holland (Niederlande). In: 54. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen, Norderney, 9. bis 12. Juni 1987, Kurzfassung der Vorträge, 1987.

ZENIUS, M.: Mandö i hundrede aar. Esbjerg, Bygd, 1983.

ZITSCHER, FR.-F., SCHERENBERG, R. u. CAROW, U.: Die Sturmflut vom 3. und 21. Januar 1976 an den Küsten Schleswig-Holsteins. Die Küste, H. 33, 1979.