

KURATORIUM FÜR FORSCHUNG
IM KÜSTENINGENIEURWESEN
POSTFACH 44 67 - TEL. (04 31) 33 94 -
2300 KIEL 1

E 14. Okt. 1992

17. Okt. 1992

5/5
3/3.1

KFKI - Projekt MORAN

"Morphologische Analysen Nordseeküste"

Teil II

ABSCHLUSSBERICHT

von

Jacobus Hofstede

029852 *Li 1. -1*

1. EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG

1978 wurde im KFKI eine Projektgruppe: "MORAN, Morphologische Analysen Nordseeküste" gebildet. Das Projekt wurde von 1980 bis 1985 und von 1988 bis Mitte 1990 vom BMFT finanziell und durch die beteiligten Dienststellen des Bundes und der Küstenländer mit Eigenleistungen gefördert. Übertreffendes Ziel war die Herausarbeitung der morphologischen Veränderungen im Wattengebiet der Deutschen Nordseeküste und darüberhinaus die Verknüpfung der Morphologie mit der Hydrologie, etwa im Hinblick auf die praktische Arbeit an der Küste.

1983 wurde ein erster Zwischenbericht des MORAN-Projektes - "Pilotstudie Knechtsand" (SIEFERT, 1983) - publiziert. In dieser Studie wurde für das Testgebiet Knechtsandwatt versucht, die Verknüpfung von morphologischen und hydrologischen Prozessen zu demonstrieren. Dazu wurde u.a. eine Hypothese zur Berechnung von Höhenänderungen im Küstenvorfeld entwickelt sowie der Versuch gemacht, korrelierbare morphologische und hydrologische Parameter herauszuarbeiten.

1987 wurde in einem ersten Abschlußbericht des MORAN-Projektes (Teil I) die Morphodynamik im Neuwerk/Scharhörner Wattkomplex schwerpunktmäßig dargestellt (SIEFERT, 1987). Es wurden in Anlehnung an die 1983 entwickelten Ansätze theoretische Überlegungen zur quantitativen Erfassung von Materialumlagerungen im Wattenmeer angestellt. Als Resultat wurde ein Auswertungsverfahren entwickelt, durch das anhand von Kartenvergleichen verschiedene morphologische Parameter erfaßt werden können, welche die Morphodynamik eines Wattgebietes charakterisieren. Diese Parameter werden aus einer Sättigungsfunktion

$$h_u = \bar{h}_u (1 - e^{-a/a_0})$$

für die Umsatzhöhe h_u (cm) eines Gebietes, die über den Vergleichszeitraum a (J) bestimmt wird, ermittelt.

Es wurde aber als notwendig empfunden, die gewonnenen Erkenntnisse durch weiterführende Arbeiten zu ergänzen bzw. zu erweitern. Dazu wurden für das MORAN-Projekt, Teil II (Laufzeit 01-01-1988 bis 30-06-1990) folgende Aufgaben formuliert (HOFSTEDÉ & SCHÜLLER, 1988):

- Ermittlung der hydrologischen und morphologischen Entwicklung in der Deutschen Bucht während des letzten Jahrtausends;
- Ermittlung der Bilanzganglinien (1965 bis 1979) für morphodynamisch unterschiedliche Teilbereiche des Neuwerk/Scharhörner Wattkomplexes;

- Verknüpfung dieser Ganglinien mit den seit 1965 auftretenden Änderungen der hydrologischen Rahmenbedingungen;
- genauere Untersuchung der morphologischen Zusammenhänge in den von SIEFERT (1987) definierten Teilbereichen des Neuwerk/Scharhörner Wattkomplexes;
- Untersuchungen darüber anstellen, welche hydrologischen Parameter für die morphodynamische Analyse am besten geeignet sind bzw. gegebenenfalls die Entwicklung von neuen hydrologischen Parametern;
- Verknüpfung der entwickelten morpho- und hydrologischen Parameter zu einer morphodynamischen Unterteilung bzw. Charakterisierung des Neuwerk/Scharhörner Wattkomplexes;
- Testen des MORAN-Auswertungsverfahrens in anderen Wattgebieten;
- Entwicklung einer standardisierten Methode, die geeignet ist, durch die Erfassung weniger wichtiger Parameter säkulare morphologische Änderungen abzuschätzen.

2. ERGEBNISSE

Nach kritischer Bewertung aller vorhandenen Meeresspiegel- und klimatologischen Daten könnte sich die MThw-Entwicklung in der inneren Deutschen Bucht seit etwa 600 A.D. folgenderweise zugetragen haben (HOFSTEDÉ, in Vorb.). Ein Anstieg von durchschnittlich 23 ± 9 cm/Jh zwischen 600/700 und 1100/1200 kulminierte in einem dem heutigen entsprechenden MThw-Niveau zwischen etwa 1200 und spätestens 1400. Dieser Höchststand wurde von einer Absenkung abgelöst, die bis etwa 1520 andauerte und in etwa 15 bis 20 cm betragen haben dürfte. Zwischen 1520 und 1590 stabilisierte sich das MThw kurzfristig oder stieg um einige cm an. Anschließend fiel es wieder und erreichte um 1650 den kleineiszeitlichen Tiefststand. Während dieser Periode dürfte der MThw-Stand etwa 25 bis 30 cm unter dem heutigen gelegen haben. Zwischen 1700 und 1890 stieg das MThw um etwa 5 cm an, und seit 1890 schließlich steigt es in Cuxhaven um etwa 22 cm/Jh. an.

Die Entwicklung der Außensände zwischen Jade und Eider steht eindeutig in Zusammenhang mit den oben beschriebenen Meeresspiegelschwankungen. Inselformung, Sandverwehungen, Grünflächen und wirtschaftliche Nutzung sowie Besiedlung treten konzentriert während regressiver Phasen (1400 bis 1550 und 1650 bis etwa 1850) auf. Die transgressive Perioden dagegen (Mitte des 16. Jh. und seit etwa 1850) werden von Inselaufgaben, Überflutungen und seit Mitte des letzten Jahrhunderts von Schutzmaßnahmen gekennzeichnet.

Die Gesamtbilanz für den Neuwerk/Scharhörner Wattkomplex (286 km²) zeigt für den Zeitraum 1965 bis 1979 einen Volumenverlust von 45,5 Mio m³ (SCHÜLLER, 1989b). Bei Betrachtung der Bilanzganglinien über die sukzessiven Kartenvergleiche zeigt sich eine deutliche Untergliederung in Gebiete mit vorherrschendem Abtrag bzw. Anwachs (SCHÜLLER, in Vorb.).

Die trockenfallenden Wattflächen zeichnen sich, durch den geringen Energieeintrag bedingt, durch allgemein niedrige Höhenänderungen aus. Die geringe energetische Belastung ermöglicht die Ausbildung von Algenmatten, die ihrerseits die Sedimentoberfläche verfestigen und den Erosionsbeginn heraufsetzen.

Materialabträge dominieren in dem von Prielen zerschnittenen Watt zwischen Neuwerk und der Festlandküste sowie verstärkt im Flut-Delta der Till. Im Ebb-Delta der Till erreichen die Höhenänderungen dm-Beträge und kleine Einheiten mit positiven und negativen Bilanzen wechseln entsprechend der starken Reliefierung. Insgesamt bleibt aber festzuhalten, daß in allen Bereichen des untersuchten Küstenvorfeldes, in denen Strömungsrinnen ein dominierendes Element darstellen, für den Zeitraum von 1965 bis 1979 negative Bilanzen, d.h. Materialausträge, kennzeichnend sind (SCHÜLLER, in Vorb.).

In dem Jahrzehnt von etwa 1970 bis 1980 bricht der Gang des MTnw aus der bis dahin zu verfolgenden Synchronität mit der MThw-Entwicklung aus und sinkt deutlich ab. Folglich nahm der MThb in diesem Jahrzehnt in der Inneren Deutschen Bucht um etwa 7% zu. Die Ursachen dieses Verhaltens lassen sich nicht mit den planetarischen Einflüssen (Nodaltide usw.) auf die Tidewasserstände klären und sind im einzelnen (noch) nicht bekannt.

Die Synchronität der negativen Bilanzierungsergebnisse der MORAN-Auswertungen mit der Tidehuberhöhung lassen den Schluß zu, daß der ebbestromorientierte Sedimenttransport in den Rinne an Bedeutung gewonnen hat und Material aus dem Gebiet exportierte. Dies verursachte vor allem in den tieferen Bereichen (in der Till etwa ab SKN -6 m) eine Ausräumung der Tiderinnen (SCHÜLLER, 1989a).

Es wurde weiterhin eine Gegenüberstellung der Sturmfluten während eines Kartenvergleichszeitraumes und die aus dem entsprechenden Kartenvergleich ermittelten Höhenänderungen durchgeführt. Nur auf den Wattflächen ist die Tendenz zu Abträgen bei stärkerer Sturmflutaktivität feststellbar, was darauf hindeutet, daß die Morphodynamik nur auf dem hohen Watt maßgeblich von den Triftströmungen gesteuert wird.

Wegen der Einschränkung der MORAN-Auswertungen auf einen Zeitraum von 14 Jahren, ist es kaum gerechtfertigt aus den Ergeb-

nissen der einzelnen Untersuchungen eine säkulare Entwicklungstendenz anzugeben. Ein Überwachungszeitraum von mehr als 20 Jahren wäre wünschenswert, damit die periodischen Tideeffekte (Nodaltide $\approx 18,6$ J) erkannt werden können und eine bessere Abschätzung der säkularen Trends möglich wird. Da eine jährliche Vermessung des gesamten Küstenvorfeldes nicht realistisch ist, wird von SCHÜLLER (in Vorb.) folgender Überwachungsrythmus vorgeschlagen:

Hohe Watten	10 Jahre
Priele	1 Jahr
Äußeres Küstenvorfeld, Wattströme	3 bis 5 Jahre

Aus der in MORAN I entwickelten Sättigungsfunktion lassen sich drei Parameter, die die Morphodynamik eines Wattengebietes charakterisieren, ermitteln (HOFSTEDÉ, 1989):

- die asymptotische Umsatzhöhe \bar{h}_u erlaubt eine Aussage über die maximalen mittleren Höhenänderungen, die auftreten können;
- die morphologische Varianz β als reziproker Wert von a_0 erlaubt eine Aussage über die Dauer der gleichbleibenden Tendenzen, Sedimentation oder Erosion;
- Die Umsatzrate \bar{h}_u/a_0 schließlich erlaubt eine allgemeine Aussage über die Intensität der Umlagerungen bzw. der Morphodynamik und läßt sich somit direkt mit der Hydrodynamik des Gebietes vergleichen.

Die höchsten Umsatzraten wurden im Ebb-Delta des Seegats Till, sowie an der Luvseite der äußeren Brandungsbank westlich von Scharhörn gefunden. Auch relativ nah an der Küste, im Flut-Delta der Till, wurden sehr hohe Umsatzraten angetroffen. Die geringsten Umsatzraten wurden erwartungsgemäß auf dem hohen Watt ermittelt.

Die sehr geringen β -Werte im Bereich der Till, südöstlich von Scharhörn, im Scharhörnloch und im Neuwerker Fahrwasser sind alle auf langfristig gleichbleibende Tendenzen zurückzuführen: die säkulare nordostwärts gerichtete Verlagerung der Wattströme, die säkulare ostwärts gerichtete Verlagerung Scharhörns, die Zuschüttung des Scharhörner Loches und die Verklappungen im Neuwerker Fahrwasser.

Im Brandungsbereich westlich von Scharhörn wurden \bar{h}_u -Werte von etwa 80 cm gemessen, was der Höhe der durchziehenden Brandungsbänke entspricht. Die \bar{h}_u -Werte von etwa 20 cm auf dem hohen Watt entsprechen den maximalen Höhenänderungen, die hier während Sturmfluten auftreten können.

Die Hydrodynamik des Wattkomplexes wird von den einwirkenden Energien aus Seegang und Tideströmung geprägt. Während Sturm-

fluten werden diese Prozesse in Teilbereichen des Wattes von den Triftströmungen überlagert.

Westlich der Außensände wird die Morphodynamik maßgebend von den einwirkenden Energien aus Seegang gesteuert. Die Seegangsumwandlung (W/ha) konnte anhand der linearen Wellentheorie von AIRY-LAPLACE flächenhaft für das Scharhörnriff ermittelt werden. Es zeigte sich, daß unter ruhigen Wetterbedingungen 80% der Seegangsenergie an der Luvseite der äußeren Brandungsbank - wo auch die höchsten Umsatzraten ermittelt wurden - und nur 20% auf dem Strand direkt westlich von Scharhörnriff umgewandelt wird. Während Sturmfluten (Windstau 2 m) gerät dagegen 80% der Seegangsenergie in den unmittelbaren Strandbereich bei Scharhörnriff, was hier zu erheblichen Erosionen führen kann.

Die einwirkenden Energien aus (Trift- und) Tideströmung wurden für den Neuwerk/Scharhörner Wattkomplex anhand des Parameters potentieller Transportkapazität T_{pot} (m) ermittelt (HOFSTEDÉ, in Druck). Es zeigte sich, daß während Sturmfluten auf dem hohen Watt ähnlich hohe T_{pot} -Werte gemessen wurden, wie unter ruhigen Bedingungen in den tieferen Bereichen der Wattströme. Mit Hilfe dieser beiden hydrologischen Kennwerte war es möglich, den Wattkomplex in Teilbereiche unterschiedlicher Hydrodynamik zu untergliedern und anschließend mit den morphodynamischen Teilgebieten zu verknüpfen.

Das MORAN-Auswertungsverfahren wurde zusätzlich im Elb-Randbereich Brammerbank/Krautsander Watt und in der Außeneider erprobt (HOFSTEDÉ, in Druck). Hier zeigte sich die Flexibilität des MORAN-Auswertungsverfahrens (s.u.).

2.1 ALLGEMEINE HINWEISE ZUR ANWENDUNG DES MORAN-AUSWERTUNGS- VERFAHRENS

Eine morphologische Analyse mit Hilfe des MORAN-Verfahrens enthält folgende Schritte:

- manuelle Bestimmung der topographischen Höhe der einzelnen Teilflächen aus topographischen Grundkarten;
- Eingabe der ermittelten Höhenwerte im Computerprogramm MORAN;
- EDV-gestützte Berechnung der mittleren Bilanz- und Umsatzhöhen pro Kleine Einheit (1 km^2);
- EDV-gestützte Berechnung der Sättigungsfunktionen pro Kleine Einheit.

Die Wahl der 1 km² großen Kleinen Einheit als Grundform zur Berechnung der mittleren Bilanz- und Umsatzwerte hat folgende Vorteile:

- eine Kleine Einheit besteht aus 100 Teilflächen, was nach SIEFERT (1987) für die Ermittlung einer charakteristischen Funktion $h_u = f(a)$ ausreicht;
- da auch das Gauß-Krüger-Netz auf einem flächentreuen Raster basiert, lassen sich die Kleinen Einheiten leicht lokalisieren und kodieren;
- das Computerprogramm MORAN konnte durch Verwendung der quadratischen Grundform benutzerfreundlich gestaltet werden.

Die Anwendung einer künstlichen quadratischen Grundform in einem Naturraum birgt aber auch einen schwerwiegenden Nachteil in sich. Die Grenze einer morphodynamischen Einheit (Rinne, Plate, usw.) wird nur äußerst selten entlang einer der Gauß-Krüger Koordinaten verlaufen. Somit ist es möglich, daß eine kleine Einheit zur Hälfte in einer Rinne und zur Hälfte auf einer Plate liegt. Die für diese Kleine Einheit erzielten mittleren Bilanz- und Umsatzwerte haben demnach nur eine geringere morphologische Aussagekraft. Es leuchtet somit ein, daß eine morphodynamische Analyse anhand der Kleinen Einheiten nur ein generalisiertes Bild der Morphodynamik des Gebietes vermitteln kann. Je nach Größe des Untersuchungsgebietes und nach Zielsetzung kann dies aber durchaus gerechtfertigt sein. Für eine Detailuntersuchung reicht es allerdings nicht.

Dies zeigt sich im Elb-Randbereich Brammerbank/Krautsander Watt, wo eine Einteilung in Kleine Einheiten die natürlichen Gegebenheiten zu grob wiedergibt. Die Einteilung in "morphologische" Einheiten erfolgte hier in Abstimmung mit der Topographie und allgemeinen Vorkenntnissen bezüglich der Morphodynamik eines Wattengebietes (die Morphodynamik einer Plate unterscheidet sich grundlegend von der einer Rinne). Die Resultate aus dem Elb-Randbereich Brammerbank/Krautsander Watt belegen eindeutig, daß eine derartige Anwendung des MORAN-Verfahrens angebracht sein kann.

In der Außeneider gab es bei den MORAN-Auswertungen folgendes Problem. Obwohl für jede einzelne Kartenaufnahme eine Einteilung in "morphologische" Einheiten möglich war, war dies über den gesamten Betrachtungszeitraum wegen der großen Verlagerungsgeschwindigkeit der Einheiten unmöglich. Somit konnte hier nur ein Mittelwert für das Gesamtgebiet ermittelt werden. Es wäre denkbar hier mit sog. zeitflexiblen Grenzen zu arbeiten, d.h. nachdem die "morphologische" Einheit klar definiert ist, könnte man sie im Raum verfolgen. Leider konnte dieses Verfahren aus zeitlichen Gründen nicht erprobt werden.

Die Berechnung der Sättigungsfunktionen erfolgt jeweils über den gesamten Betrachtungszeitraum, d.h. die mittlere Morphodynamik über den Gesamtzeitraum wird erfaßt. In mehr oder weniger stabilen Gebieten ist dies angebracht, nicht aber in Gebieten, wo (anthropogene) Störungen zeitlich zu erheblichen Änderungen der Morphodynamik führen können. Als Beispiel kann wiederum die Außeneider genannt werden, wo menschliche Eingriffe zu erheblichen Änderungen des natürlichen Prozeßgefüges führten. Hier erwies sich die temporär differenzierte Ermittlung der Umsatzwerte als hilfreich für die zeitliche Begrenzung der Störungen (HOFSTEDÉ, in Druck). Wenn diese zeitliche Eingrenzung erfolgt ist, können, unter der Voraussetzung, daß genügend Kartenaufnahmen vorliegen, für die einzelnen Perioden mit unterschiedlicher Morphodynamik Sättigungsfunktionen ermittelt werden.

Insgesamt zeigt sich, daß sich das EDV-gestützte MORAN-Verfahren sehr flexibel einsetzen läßt. Es eignet sich sowohl für eine morphodynamische Charakterisierung ganzer Wattenzugsgebiete, wie auch für Detailuntersuchungen in Teilbereichen eines Wattes. Schließlich kann noch erwähnt werden, daß theoretisch eine beliebige flächenmäßige und zeitliche Auflösung der Teilflächen bzw. des Mindestvergleichszeitraumes möglich ist. Diese Auflösung wird nur von der Genauigkeit der geodätischen Vermessungen begrenzt.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Zur Erfassung der Wechselbeziehungen zwischen den einwirkenden Energien aus Strömung und Seegang und den daraus resultierenden Materialumlagerungen können folgende Überlegungen angestellt werden.

Topographische Änderungen eines Gebietes können durch Berechnung der Höhendifferenzen zwischen topographischen Aufnahmen quantifiziert werden. Die erzielten Bilanzwerte können anschließend mit Änderungen der hydrologischen Prozesse während des Vergleichszeitraumes verglichen werden. Es ist aber unmöglich, diese Massenbilanzen direkt mit dem Energiespektrum des Gebietes zu vergleichen. Ein Bilanzwert von null bedeutet beispielsweise nicht, daß während des Vergleichszeitraumes keine Strömungs- und Seegangseinwirkung auf der Sohle stattgefunden hat, sondern nur, daß die hydrologischen Prozesse im Gebiet im dynamischen Gleichgewicht mit der Morphologie standen. Anhand von Umsatzwerten ist es theoretisch möglich, die Intensität der Materialumlagerungen im absoluten Sinne zu erfassen und zu

quantifizieren. Bislang war aber eine verlässliche praxisgerechte Ermittlung dieser Umsatzwerte unmöglich, denn es konnten nur die Umsatzmengen über einen bestimmten Vergleichszeitraum ermittelt werden, nicht die zwischenzeitlich abgelaufenen Umlagerungen. Folglich nimmt der Unterschied zwischen meßbarem und tatsächlich aufgetretenem Umsatz mit zunehmendem Vergleichszeitraum zu (SIEFERT, 1987). Wegen der Komplexität des natürlichen Prozeßgefüges im Wattengebiet, sowie der großen technischen (und finanziellen) Probleme bei Wattvermessungen, wird es vorläufig unmöglich bleiben, den tatsächlich aufgetretenen Umsatz über längere Zeiträume für größere Gebiete zu ermitteln. Vielleicht wird es in der weiteren Zukunft möglich sein, mit Hilfe der Fernerkundung die Probleme der Wattvermessungen zu lösen.

Auch die mit Hilfe der Sättigungsfunktion berechnete Umsatzrate kann wegen des zu großen Mindestvergleichszeitraumes nicht die tatsächlich aufgetretenen Materialumlagerungen quantifizieren. Da die Umsatzrate aber als Mittelwert über (möglichst) viele Kartenvergleiche und über einen (möglichst) langen Zeitraum bestimmt wird, erlaubt sie trotzdem eine allgemeine indikative Aussage über die morphologische Aktivität eines Gebietes während des Betrachtungszeitraumes. Folglich lassen sich anhand der Umsatzrate Gebiete mit unterschiedlicher morphologischer Aktivität voneinander abgrenzen und definieren.

Zur Erfassung von morphologisch/topographischen (säkularen) Änderungen eines Wattengebietes zeigt sich eine flächenhafte Bilanzanalyse als erfolgreiches Instrument. Die momentane Morphodynamik eines Wattengebietes läßt sich jedoch am besten durch eine flächenhafte Umsatzanalyse charakterisieren. Eine detaillierte morphologische Untersuchung eines Gebietes sollte deswegen sowohl eine Bilanz- wie auch eine Umsatzanalyse anhand des EDV-gestützten MORAN-Verfahrens umfassen.

Während der letzten 10 Jahren sind viele Untersuchungen darüber angestellt worden, wie sich die von den Menschen induzierte Klimaänderungen auf den Meeresspiegelanstieg auswirken wird. Es wird angenommen, daß die Temperaturzunahme zu einer Beschleunigung des Meeresspiegelanstieges führen wird. Die Art dieser Beschleunigung, sowie die Größe des daraus resultierenden Anstieges sind allerdings umstritten. Die meisten Szenarien gehen jedoch von einem Mindestanstieg von etwa 60 bis 80 cm bis zum Jahre 2100 aus, d.h. eine Zunahme um 300 bis 400% gegenüber des letzten Jahrhunderts. Dies würde schwerwiegende Konsequenzen für die morphologische Entwicklung des deutschen Wattengebietes bzw. für den Küstenschutz haben.

Das MORAN-Auswertungsverfahren bzw. die in dieser Arbeit entwickelten hydrologischen und morphologischen Parameter bieten ein Instrumentarium, womit die Folgen dieser hydrologischen Änderungen auf die Morphodynamik des Wattengebietes prognostiziert werden können. Damit wird eine wesentliche Voraussetzung für die Durchführung von vorausschauenden Maßnahmen im Küstenschutz geschaffen.

4. VERÖFFENTLICHUNGEN IM RAHMEN DES MORAN-PROJEKTES

- BARTHEL, V., 1981: Vergleich der Topographie 1974-79 des Testfeldes "Knechtsand" im Rahmen des MORAN-Projektes. Strom- und Hafenbau, Ref. Hydr. Unterelbe, Studie 51 (unveröff.).
- HOFSTEDDE, J.L.A., 1989: Parameter zur Beschreibung der Morphodynamik eines Wattgebietes. Die Küste, 50: 197-212.
- HOFSTEDDE, J.L.A., in Druck: Zur Hydro- und Morphodynamik im Wattenbereich der Deutschen Bucht. Berl. Geogr. Studien (Dissertation).
- HOFSTEDDE, J.L.A., in Vorb.: Sea level rise in the Inner German Bight (West Germany) since 600 AD and its implications upon tidal flats geomorphology. Steiner-Verlag.
- HOFSTEDDE, J.L.A. & A. SCHÜLLER, 1988: Dynamisch-morphologische Analysen im Wattengebiet der Deutschen Bucht. Ergebnisse des KFKI-Projektes MORAN I und Ausblicke für MORAN II. Hamb. Geogr. Studien, 44: 121-130.
- SCHÜLLER, A., 1989a: Morphologisch-topographische Untersuchungen im Küstenvorfeld südlich der Elbemündung. Essener Geogr. Arb., 17: 27-55.
- SCHÜLLER, A., 1989b: Bilanzentwicklung im Küstenvorfeld der südöstlichen Nordsee. Die Küste, 50: 213-229.
- SCHÜLLER, A., in Vorb.: Morphodynamische Kartenauswertungen im Bereich der Inneren Deutschen Bucht. Umsatz- und Bilanzanalysen. Berl. Geogr. Studien (Dissertation).
- SIEFERT, W., 1982: Morphologische Analysen für kleine Einheiten. Proc. INTERMARITEC, Hamburg.
- SIEFERT, W., 1983: Morphologische Analysen für das Knechtsandgebiet (Pilotstudie des KFKI-Projektes MORAN). Die Küste, 38: 1-57.
- SIEFERT, W., 1984: Hydrologische und morphologische Untersuchungen für das Mühlenberger Loch, die Außeneste und den Neßsand. Hamb. Küstenf., 43.
- SIEFERT, W., 1987: Umsatz- und Bilanzanalysen für das Küstenvorfeld der Deutschen Bucht. Grundlagen und erste Auswertungen (Teil 1 der Ergebnisse eines KFKI-Projektes). Die Küste, 45: 1-57.

SIEFERT, W. & V. BARTHEL, 1981: The German "Moran" project.
Proc. 17th Intern. Conf. on Coastal Engin., Sydney 1980,
ASCE, New York.

SIEFERT, W. & H. LASSEN, 1987: Zum säkularen Verhalten der
mittleren Wathöhen an ausgewählten Beispielen. Die Küste,
45: 59-70.

NACHTRAG

Von 01-01-1988 bis 30-06-1990 wurden die Arbeiten von zwei Angestellten (Herr A. Schüller und der Verfasser) beim Strom- und Hafenbau Hamburg im Rahmen einer Promotionsstudium durchgeführt. Diese Arbeiten wurden von den Herren Prof. W. Siefert (Obmann des KFKI-Projektes; Strom- und Hafenbau Hamburg) und Prof. F. Voss (TU-Berlin) betreut. Die Ergebnisse des MORAN II-Projektes sind ausführlich in zwei Dissertationen (siehe Literaturliste) dargestellt. Sie werden demnächst in der Schriftenreihe "Berliner Geographische Studien" erscheinen. Es ist vorgesehen, die wichtigsten neuen Erkenntnisse in komprimierter Form in der Schriftenreihe "Die Küste" zu veröffentlichen.