

Bilanzentwicklung im Küstenvorfeld der südöstlichen Nordsee

VON ANDREAS SCHÜLLER

Zusammenfassung

In dem südlich der Elbemündung anschließenden Wattkomplex können auf der Basis von Bilanzenerhebungen (Auf-/Abtragshöhen) für 1 km² große Flächen physiognomische Einheiten ausgewiesen werden (vgl. Tab. 1). Die Gesamtbilanz für den Neuwerk/Scharhörner-Wattkomplex (286 km²) zeigt für den Zeitraum von 1965 bis 1979 einen Volumenverlust von 45,5 Mio m³. Die deutlichsten Verluste verzeichneten die strömungsgeprägten Wateile Till, Barren- und Platenzone im Bereich der Höhenhornsände und Robbenplatten, und auch im küstennahen, von Prielen stark gegliederten Neuwerker Watt sind signifikante Materialverluste eingetreten. In den reliefreicheren Abschnitten des Küstenvorfeldes bewirken die Materialverluste in den tieferen Bereichen (in der Till ab SKN - 6 m [SCHÜLLER, 1989]) eine Vergrößerung der Tiderinnen. Halten diese Entwicklungen weiter an, besteht die Gefahr, daß Seegang und Tideströmung in einem immer stärker werdenden Ausmaß die Festlandsküste erreichen und die Küstensicherungseinrichtungen beanspruchen.

Für das mit geringeren Höhenunterschieden ausgestattete Scharhörnriff sind dagegen keine signifikanten Bilanzen errechnet worden.

Auf dem hohen Watt zwischen Neuwerk und Scharhörner liegen kleine Einheiten mit positiven und negativen Bilanzen eng beieinander, für die sich insgesamt eine statistische Aufhöhung dieses Areals um rd. 6 cm errechnet. Der Materialzuwachs, der durch den Sedimenttransport mit der Tideströmung verursacht wird, übertrifft hier den säkularen Anstieg des MThw.

Die auffälligste Veränderung der hydrographischen Verhältnisse (Pegel Cuxhaven) bis etwa zur Mitte der 80er Jahre ist weniger der Anstieg des MThw als vielmehr die markante Tidehuberhöhung (vgl. Abb. 1b), die vornehmlich auf der Absinkentendenz des MTnw beruht. Die negativen Bilanzen in großen Teilen des Watts müssen in Zusammenhang mit dem Wandel im hydrographischen Regime (absinkendes Erosionsniveau; die Vergrößerung der Tidewassermenge mit dem Tidehubanstieg fordert eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten) gesehen werden.

Summary

An analysis of the balance heights (net sedimentation and erosion amounts) within a 1 km² grid for a 286 km² tidal flat region south of the entrance to the Elbe Estuary, allows a classification of different areas within the Neuwerk/Scharhörner tidal flats (Tab. 1).

A comparison between the topographical situations between 1965 and 1979 shows an overall sediment loss of 45.5 mio m³.

Significant erosion was determined in the areas where current conditions are dominant. These areas are the Till tidal inlet below -6 m MSpLW (SCHÜLLER, 1989); the intertidal channel zone of the Höhenhornsände and Robbenplatten; and the tidal flats between Neuwerk and the mainland. If this development continues, the erosion in these shallow water areas will be a serious threat for the coastline.

A statistical analysis of the elevated tidal flats (Scharhörner Watt), which contain fewer intertidal channels, shows an increase in height of 6 cm. This exceeds the amount of secular sealevel rise.

Until the beginning of the 80s, the most striking change in the hydrographic conditions (as noted at the tide gauge at Cuxhaven), was not the increase in MThw, but rather the increase of tidal range, primarily associated with the decrease in MLW (see Fig. 1b). The negative trend in the balance heights seems to be correlated with the higher flow velocities induced by these changes.

Inhalt

| | |
|--|-----|
| 1. Einführung | 214 |
| 2. Untersuchungsgebiet und -zeitraum. | 216 |
| 2.1 Zur Genauigkeit der Vermessung | 217 |
| 3. Methodik der Kartenauswertung | 217 |
| 4. Ergebnisse | 220 |
| 4.1 Gliederung des Untersuchungsraumes nach der Bilanzentwicklung. | 220 |
| 4.1.1 Wattkerngebiet | 220 |
| 4.1.2 Wattstromgebiet der Till | 221 |
| 4.1.3 Außenwattsaum | 222 |
| 4.1.4 Weitere kleinere Gebiete mit auffälligen Bilanzentwicklungen | 224 |
| 4.2 Ergebnis der Bilanzierung | 226 |
| 5. Schriftenverzeichnis | 229 |

1. Einführung

In dem vorliegenden Bericht wird der Themenbereich *Bilanzen* aus dem laufenden MORAN-Projekt erörtert. Das MORAN (*Morphologische Analysen Nordseeküste*)-Projekt wird vom Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) getragen und durch Mittel des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) und Eigenleistungen der beteiligten Dienststellen finanziert. Der KFKI-Projektgruppe MORAN, Herrn Prof. Dr. F. Voss und im besonderen Herrn Prof. Dr. W. Siefert und seinen Mitarbeitern in Cuxhaven gilt ein Dank für die weitreichende Unterstützung bei der Fortführung der MORAN-Arbeiten.

Die Küsten und Flußmündungen am Rand flacher Schelfmeere mit Gezeitenwirkung gehören zu denjenigen Formengemeinschaften, deren Gestaltung sich in fortwährender Umwandlung befindet. Das Vorfeld vor der Deichlinie ist ein Puffer- und Umwandlungsraum für die aus Seegang und Strömung freigesetzten und auf die Sedimentoberfläche einwirkenden Energien. Im Wechsel der Gezeiten werden die Oberflächensedimente stetig mobilisiert, aufgearbeitet und bei ausreichender Sohlschubspannung transportiert.

Die amphibischen Wattflächen und die zugehörigen Be- bzw. Entwässerungsbahnen (Priele, Wattströme) zeichnet eine hohe morphologische Aktivität aus. Hierbei haben die von der Hydrosphäre ausgehenden Agenzien Tideströmung und Seegang den stärksten Einfluß auf die Formenvergemeinschaftung und den Formenwandel im Watt. Die gestaltende Kraft des Windes ist im allgemeinen von untergeordneter Bedeutung, kann aber im Einzelfall bei günstigen Witterungsbedingungen zur Formengebung im Watt beitragen.

In den vergangenen knapp drei Jahrzehnten registrierte man an der südlichen Nordseeküste eine beachtenswerte Entwicklung der Tidewasserstände (FÜHRBÖTER u. JENSEN, 1985; ROHDE, 1977; SIEFERT, 1982; NIEMEYER, 1986). Mit dem sich abzeichnenden beschleunigten Ansteigen des MThw hielt das MTnw nicht Schritt und zeigte an einigen Pegeln eine fallende Tendenz. Die Erhöhung des Tidehubes (am Pegel Cuxhaven/Steubenhöft um rd. 6 %) war die zwangsläufige Folge dieser Wasserstandsentwicklungen (vgl. Abb. 1 a-b). Weiterhin wurden bis in die 80er Jahre eine wachsende Sturmfluthäufigkeit und eine Zunahme der Sturmflut-Scheitelhöhen beobachtet.

Neben diesen regional beobachteten Entwicklungen wurden mit variierten Szenarienvorgaben (Stichwort: Treibhauseffekt) Prognosen für einen globalen Meeresspiegelanstieg erstellt, die von wenigen dm bis über 3 m bis zum Jahre 2100 reichen (vgl. dazu z.B.: HOFFMAN et al., 1983; FLOHN, 1985). Auch wenn der Meeresspiegelanstieg weit unter dem Pessimum bleiben wird, ist es im Hinblick auf den vorsorgenden Küstenschutz von hochran-

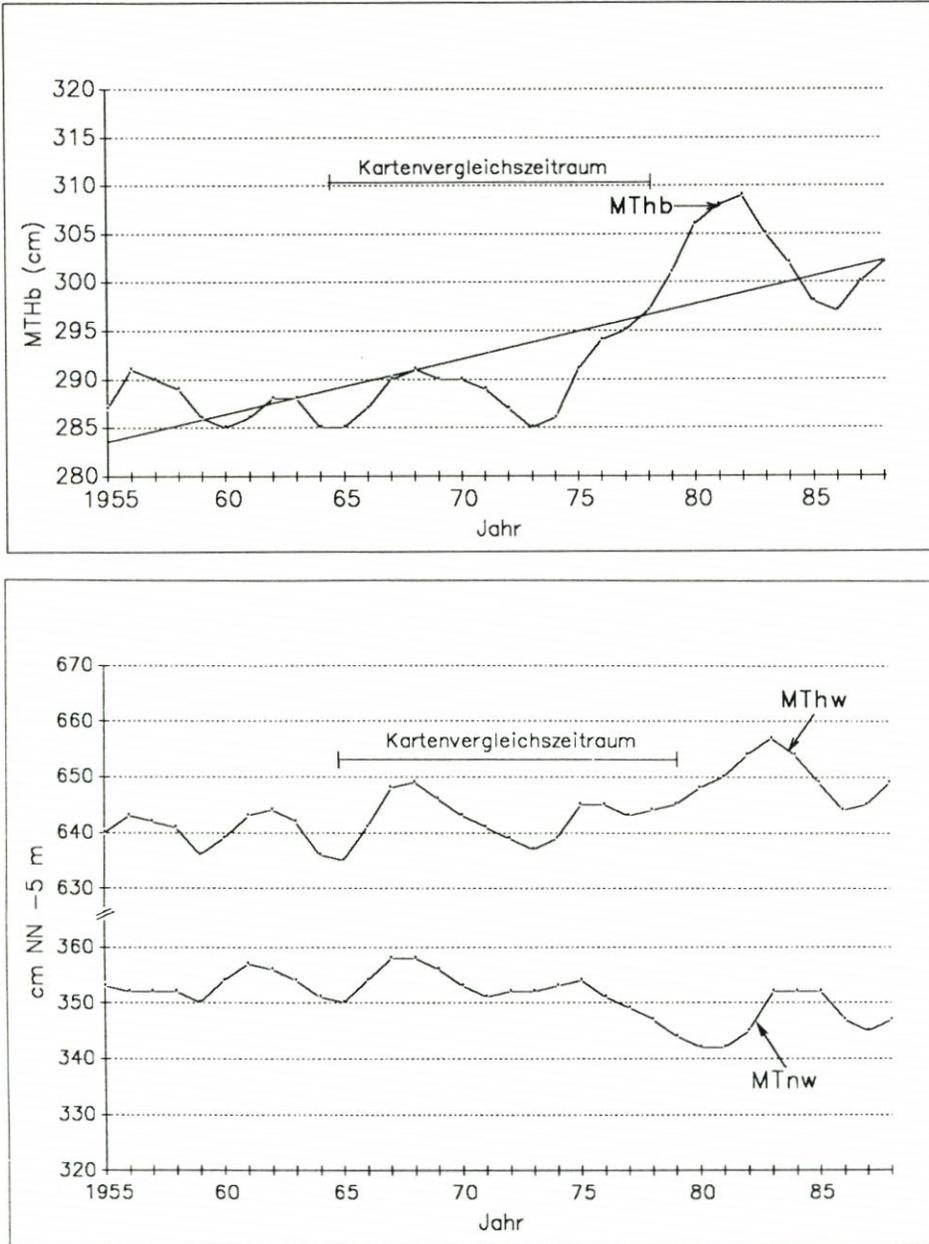


Abb. 1: Entwicklung der Wasserstandshöhen von MThw und MTnw (a) sowie MThb (b) am Pegel Cuxhaven/Steubenhöft (3jährige übergreifende Mittel, Ausschnitt aus der bis 1855 zurückreichenden Pegelaufzeichnung)

giger Bedeutung, die sich mit dem Wandel der hydrographischen Regimebedingungen einstellenden morphologischen Veränderungen im Küstenvorfeld im säkularen, wie auch im kürzeren, dezentialen Zeitmaßstab zunächst zu erfassen und dann auch abschätzen zu können.

2. Untersuchungsgebiet und -zeitraum

Die Watten im inneren Teil der Deutschen Bucht zwischen den Ästuaren von Weser und Elbe sind im Unterschied zu den Watten West-, Ost- und Nordfrieslands nicht durch vorgelagerte Inselbarrieren vor der offenen Nordsee geschützt (vgl. Abb. 2). Dies bringt eine stärkere Exponiertheit gegen die von der offenen See ausgehenden morphologisch wirksamen Kräfte mit sich.

Im Zuge der Planungsarbeiten für den Bau eines Tiefwasservorhafens in der Elbemündung wurde das in Abbildung 2 markierte Wattgebiet vor der Küste Cuxhavens in den 60er und 70er Jahren in einem meist zweijährigen Abstand topographisch aufgenommen. Dabei sind die zwischen Thw und Tnw liegenden Flächen durch terrestrische Nivellements, die ständig überflutenden Gebiete durch Peilungen höhenmäßig erfaßt worden. Weitere Aufnahmen des Küstenvorfeldes wurden vom KFKI im Rahmen der überregionalen Küstenforschung in den Jahren 1974/75 und 1979/1981 erstellt.

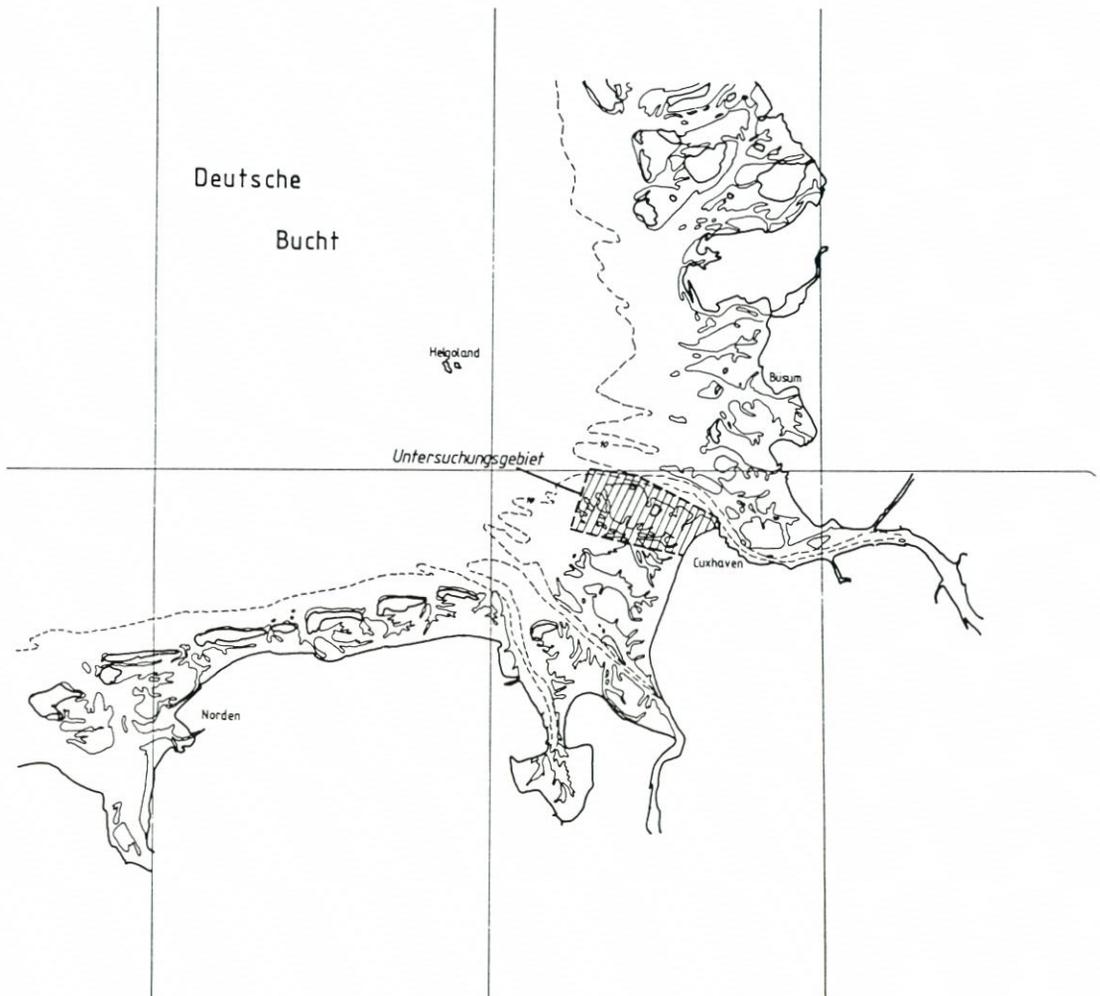


Abb. 2: Übersichtsplan Deutsche Bucht mit dem Untersuchungsgebiet

Für den Neuwerk/Scharhörner Wattkomplex liegen damit für den Zeitraum zwischen 1965 bis 1979 acht topographische Geländeaufnahmen vor. (Einzelne Teilflächen wurden bis zu 15mal vermessen.)

Die aufgenommenen Höhenwerte sind in Wattkarten 1:10 000 dargestellt. Diese Karten sind alle nach einem einheitlichen Verfahrenshergang entstanden und eignen sich somit für die Durchführung von Kartenvergleichen¹⁾ mit dem Ziel der Erfassung topographischer Veränderungen im Erscheinungsbild des Wattes und deren Quantifizierung. Für topographische Vergleiche im Tillgebiet stand zusätzlich noch eine Aufnahme (1:20 000) des WSA Cuxhaven aus dem Jahre 1986 zur Verfügung.

2.1 Zur Genauigkeit der Vermessung

Von der KFKI-Projektgruppe MORAN wurden Angaben zur Genauigkeit der Höhenbestimmungen erarbeitet, die wie folgt lauten (SIEFERT, 1983 und 1987):

Nivellements: 0,2 bis 4 cm

- Peilungen:
- a) nahe bei Hilfspegeln: durch Beschickungsfehler bis 1 dm; Lotungsfehler wegen geringer Wassertiefen deutlich unter 1 dm
 - b) im äußeren Küstenvorfeld: durch Lotungsfehler 1 bis 2% der Tiefe, bis 4 dm bei 20 m Tiefe; durch Beschickungsfehler, bei Distanzen von 10 bis 30 km, 3 bis 5 dm
 - c) gerätetechnische Unsicherheit: 0,25% vom Endwert oder 5 cm (SCHLEIDER, 1981)

3. Methodik der Kartenauswertung

Das Verfahren²⁾ basiert auf dem Kartenvergleich von zwei aufeinanderfolgenden Geländeaufnahmen. Es werden also zwei zeitlich getrennte topographische Geländezustände miteinander verglichen. Dazu wird über das Untersuchungsgebiet ein an Gauss-Krüger-Koordinaten orientiertes Raster mit Quadraten (kleine Einheiten) von 1 km Seitenlänge gelegt. Jedes dieser Quadrate ist wiederum in Teilflächen von 100×100 m unterteilt, für die aus den Wattgrundkarten ein gemittelter Tiefenwert entnommen wird. Die auf diesem Wege für ein Quadrat von 1 km² ermittelten 100 Tiefenwerte werden mit den entsprechenden Tiefenwerten der nächst folgenden Geländeaufnahme verglichen. Für die Teilflächen (n) einer Kleinen Einheit erhält man so die Bilanzhöhen (h_b') als Auf- (h_s') oder Abtragshöhen (h_e'), deren Summe nach Mittelung die mittlere Bilanzhöhe (h_b) für eine Kleine Einheit ergibt.

Danach sind

$$\Sigma h_b' = \Sigma (h_s' + h_e')$$

und damit die mittlere Bilanzhöhe

$$h_b = 1/n \cdot \Sigma h_b'$$

¹⁾ Die Erfahrung zeigt, daß der quantitative Kartenvergleich auf den Zeitraum 1965–79, der durch die genannten, einheitlichen Kartenunterlagen abgedeckt ist, beschränkt bleiben mußte, um größere Ungenauigkeiten zu vermeiden.

²⁾ Ausführlicher ist das MORAN-Auswertungsverfahren bei SIEFERT (1983, 1987) beschrieben.

Für das Untersuchungsgebiet sind für jede „Kleine Einheit“ die Bilanzen der jeweils kürzest möglichen Vergleichszeiträume aus dem vorliegenden Datenpool für die weiteren Auswertungen herangezogen worden. Die Bilanzwerte für die Vergleichszeiträume 1965–66, 66–68, 68–70, 70–72, 72–74, 74–76 und 76–79 wurden kumulativ aufsummiert und zu Bilanzganglinien zusammengestellt. Für jede Ganglinie wurde dann die Ausgleichsgerade berechnet. Aus deren Steigung (E) ist die Höhenänderung pro Vergleichszeitraum³⁾ (V_z) (cm/V_z) oder pro Jahr (cm/J) ableitbar, und es kann damit die weitere Entwicklung abgeschätzt werden. In Abbildung 3 ist das Auswerteschema beispielhaft für eine Kleine Einheit aus dem Wattstromgebiet der Till dargestellt.

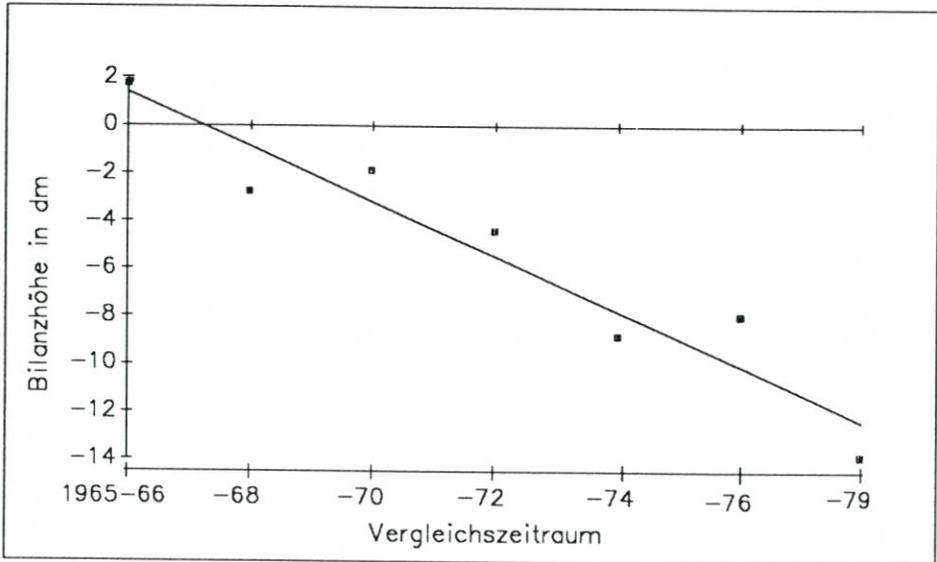


Abb. 3: Beispiel für die Auswertung der Bilanzentwicklung Kleiner Einheiten: Bilanzhöhen (kumulativ) und Ausgleichsgerade

Die z. T. sehr starken Schwankungen einzelner Bilanzwerte um die Ausgleichsgerade verdeutlichen, daß bei den komplexen Prozeßgefügen in einem Wattgebiet Formänderungen meist nicht geradlinig ablaufen. Im Hinblick auf eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung ist es notwendig, die Variation der Bilanzen miteinzubeziehen, d. h., der Korrelationskoeffizient als Maß für die Signifikanz, mit der die Ausgleichsgerade die Bilanzpunkte repräsentiert, sollte beachtet werden.

Stellt man E für jede Kleine Einheit auf einer Karte (Abb. 4) zusammen, so zeigt sich eine deutliche Gliederung des gesamten Wattkomplexes (Abschnitt 4.1) in Areale mit bevorzugtem Abtrag bzw. Anwachs. Für die so ausgewiesenen physiographischen Teileinheiten wurde eine Bilanzierung der Auf- und Abtragshöhen für den Vergleichszeitraum 1965–79 (Vergleich der topographischen Zustände 1965 und 1979) erstellt.

³⁾ Der Vergleichszeitraum beträgt im Mittel zwei Jahre. Danach ergibt $E/2$ angenähert die Höhenänderung pro Jahr.

4. Ergebnisse

4.1 Gliederung des Untersuchungsraumes nach der Bilanzentwicklung

4.1.1 Wattkerngebiet

Für die Wattflächen vor der Sahlenburg-Duhner Küste bis zur Scharhörnplatte, mit Neuwerk im Zentrum, sind die Werte für E klein. Sie zeigen damit nur geringe Änderungen für den Zeitraum 1965–79 an. Diese Wattflächen stellen in gewisser Weise den zentralen Wattkern mit einem nur schwach ausgeprägten morphologischen Formenwandel dar.

Bei Beachtung des Vorzeichens von E (Steigung der Ausgleichsgeraden) wird eine Zweigliederung des Wattkerngebietes offensichtlich:

- a) Das küstennahe Watt, zwischen Neuwerk und der Festlandsküste, (Neuwerker Watt) mit überwiegend negativer Bilanzentwicklung und
- b) das Scharhörner Watt, zwischen Neuwerk und Scharhörn, mit Kleinen Einheiten mit negativen bzw. positiven Bilanzentwicklungen.

a) Neuwerker Watt

Die höchstgelegenen Wattflächen erreichen auf der Wattwasserscheide Höhen um SKN + 1,70 m, die größten Tiefen reichen im Bakenloch und Buchtloch bis an SKN - 8 m heran. Die Zerschneidung der Wattflächen durch die verzweigten Prielausläufer ist ausgeprägt. (Hier sei an die Arbeit von RENGER [1976] erinnert, der für die morphometrische Beschreibung von Wattflächen ein dimensionsloses Zergliederungsmaß einführte.)

Aus den Auswertungen von Nivellements über das Watt von Cuxhaven nach Neuwerk folgerten SIEFERT u. LASSEN (1987), daß sich zumindest im Bereich der Wattwasserscheide die mittlere Watthöhe in den letzten 120 Jahren nicht geändert hat. Um den Bilanzentwicklungen (negative E) gerecht zu werden, die in Abbildung 4 für das küstennahe Watt (Neuwerker Watt) dargestellt sind, kann damit gefolgert werden, daß vor allem in den von Prielen zerschnittenen Wattflächen Material abgetragen wurde. Für den Untersuchungszeitraum läßt sich feststellen, daß sich die Prielendungen im Neuwerker Watt fast ausnahmslos weiter zur Wattwasserscheide hin eingeschnitten haben (Abb. 5).

Die Entwicklung im Neuwerker Watt reiht sich in die von STEPHAN (1985) beschriebenen Vorlandabbrüche an der Wurster Küste ein, von denen in stärkerem Maße der Küstenabschnitt im Bereich der Robinsbalje betroffen ist.

b) Scharhörner Watt

Große Teile der Wattflächen liegen höher als SKN + 2 m, und die Zerschneidung durch Priele (Wittsandloch, Neuwerker Loch, Hundebalje, Scharhörnbalje) ist nicht weit fortgeschritten. Die strömungsbedingte Umformung des Wattkörpers ist daher weniger wirksam. Bei mittleren Tideverhältnissen mit einem Wasserüberstau von weitläufig weniger als 15 dm gehen von Tideströmung und Seegang nur eine geringe morphologische Wirkung auf die Wattsohle aus.

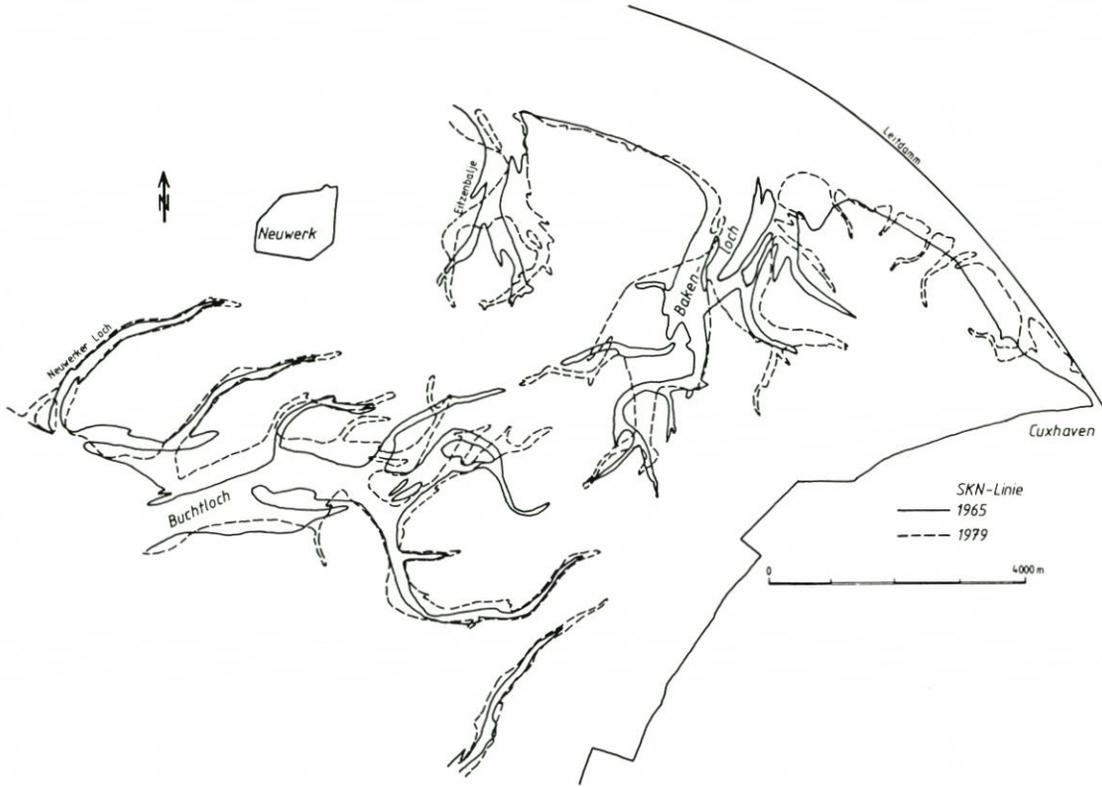


Abb. 5: Morphologische Veränderungen der Priele zwischen Neuwerk und der Küste

Kleine Einheiten mit positiver wie auch negativer Bilanzentwicklung wechseln einander ab, wobei in einer nordöstlichen Zone zwischen Neuwerk und Scharhorn positive Entwicklungen häufiger sind (vgl. GÖHREN, 1971).

4.1.2 Wattstromgebiet der Till

Die Till hat die Funktion der Hauptbe- bzw. -entwässerungsrinne für das südliche Wattkerngebiet. Sie mißt rd. 12 km Länge und hat dabei einen gestreckten Verlauf, was auf hohe Strömungsgeschwindigkeiten hindeutet. Die Auswertung von Strömungsmessungen durch GÖHREN (1969) zeigte, daß bei Flut- und Ebbeströmung Strömungsgeschwindigkeiten von über 120 cm/s auftraten. Die vertikale Tiefenverteilung reicht von 0 m (SKN) bis unter SKN - 16 m.

Die Bilanzentwicklung der Till ist deutlich negativ ausgerichtet. Die Analyse von Niveaufächengrößen-Änderungen (SCHÜLLER, 1989) verdeutlichte, daß die Erosion vornehmlich den Tiefenbereich ab etwa SKN - 6 m (vgl. Abb. 6) erfaßt und in den Niveaus von SKN - 10 bis - 14 m eine signifikante Korrelation ($r = 0,90$) zwischen Tidehubentwicklung und Wasserflächenvergrößerung besteht. In den Abbildungen 7 und 8 sind in einem Profil durch die Wattstrommitte und an zwei Querprofilen die topographischen Veränderungen in der Till zu erkennen.

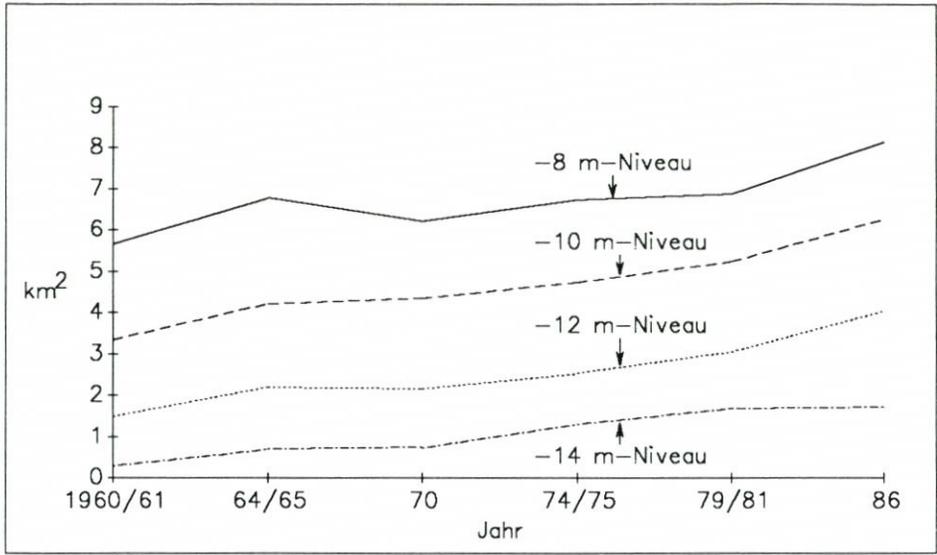


Abb. 6: Flächen-Zeit-Diagramm für Wasserflächen in der Till

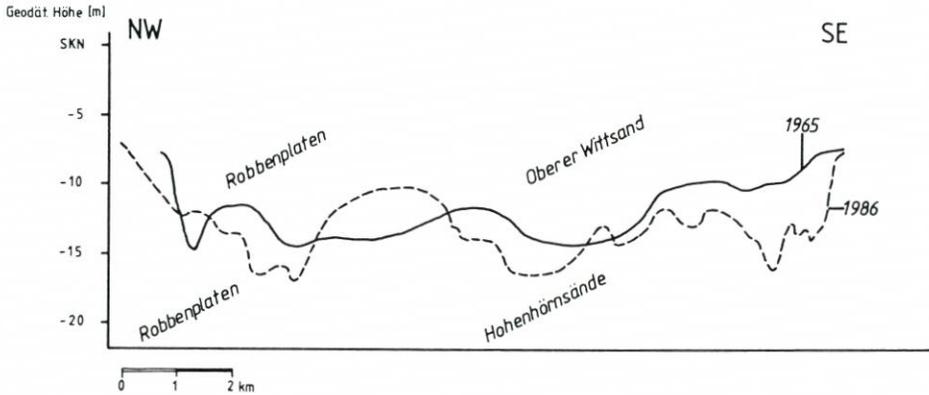


Abb. 7: Sohlenhöhenänderung in der Strommitte der Till von 1965 bis 1986

Einige in die Till hineinreichende Kleine Einheiten an den Barrenfronten der Hohenhörnsände und Robbenplatten weisen aufgrund deren ostwärtsgerichteter Verlagerung (vgl. GÖHREN, 1971) eine starke Tendenz mit Anwachs auf.

4.1.3 Außenwattsaum

Der Außenwattsaum umfaßt die westlich des Tillmittellaufs und der Tillmündung vorgelagerte Barren- und Platenzone der Hohenhörnsände und Robbenplatten und das westlich der Scharhörnplate zur Nordsee hin abtauchende Scharhörnriff.

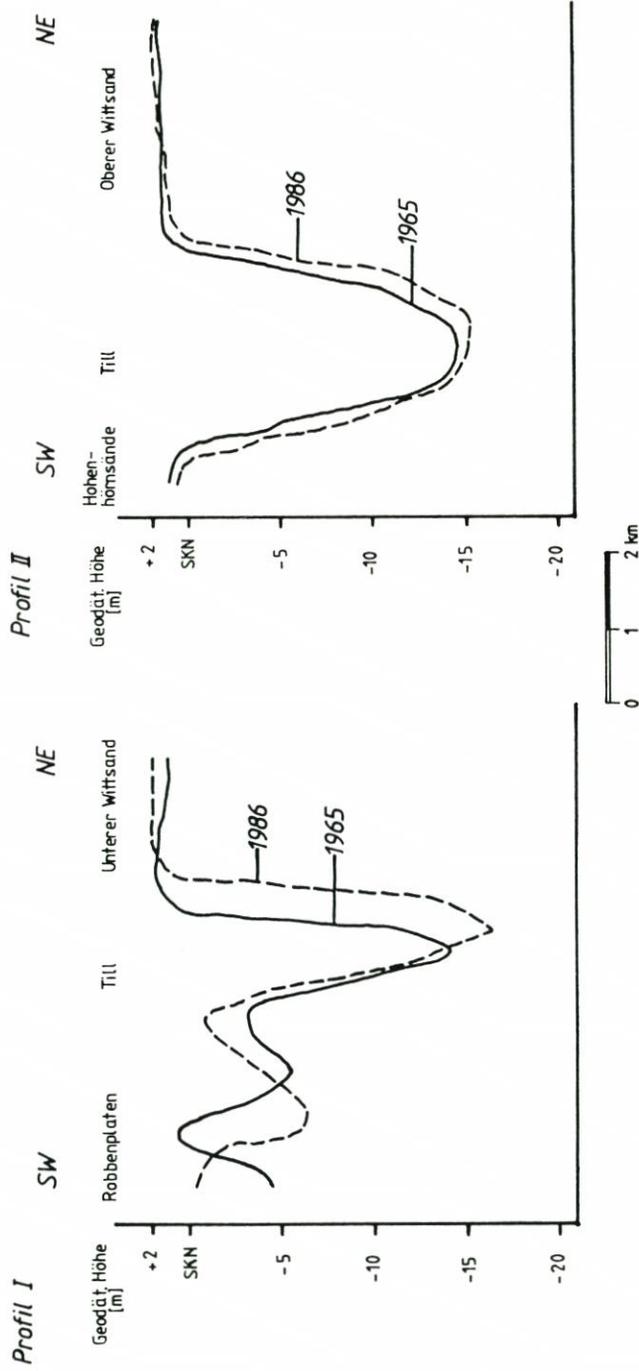
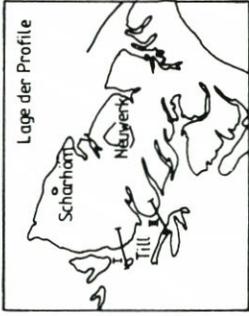


Abb. 8: Veränderung des Tillquerschnittes zwischen 1965 und 1986 in zwei Profilen

Barren- und Platenzone

Mehrere Flut- und Ebberinnen (GÖHREN, 1971) gliedern dieses reliefreiche Gebiet mit Geländehöhen zwischen $> \text{SKN} + 1 \text{ m}$ bis $< \text{SKN} - 10 \text{ m}$. In Abbildung 4 fällt das Nebeneinander von ausgeprägten Abtrags- und Anwachsflächen auf. Daran erkennt man die hohe Morphodynamik in diesem von der Tideströmung gestalteten Gebiet. Insgesamt ist aber die negative Entwicklung dominant.

Scharhörnriff

Vom hohen Watt vor Scharhörn taucht nach Westen der reliefarme Meeresboden zur Nordsee hin ab. Im Norden wird dieses Gebiet scharf von der steil bis $< \text{SKN} - 20 \text{ m}$ zur Elbe abfallenden Wattkante begrenzt, im Süden schließt sich die Barren- und Platenzone an. An der Westgrenze, die durch die kartenmäßige Erfassung gegeben ist, wird $\text{SKN} - 10 \text{ m}$ erreicht.

An der seeseitigen Gebietsgrenze und im Ostteil finden sich negative Bilanzentwicklungen. Der zentrale Teil des Scharhörnriffs weist positive Bilanzen auf. Insgesamt ist der Trend nur schwach ausgeprägt; die Bilanzpunkte streuen recht stark um die Ausgleichsgerade ($\bar{r} = 0,57$), und lediglich im Übergangsbereich zur Barren- und Platenzone treten deutlichere positive Entwicklungen auf.

4.1.4 Weitere kleinere Gebiete mit auffälligen Bilanzentwicklungen

In diesem Abschnitt werden solche Gebiete aufgeführt, die von den vorgenannten größeren Einheiten (vgl. Abschnitte 4.1.1–4.1.3) auffallend abweichende Bilanzhöhen aufweisen.

Wattkante nördlich Scharhörn

Dieses Gebiet fällt mit der von SIEFERT (1974) ausgewiesenen Randwattzone am nördlichen Rand der Scharhörnplate zusammen.

Für die elbseitige Wattkante der Scharhörnplate wurden deutlich negative E ermittelt. Der Abtrag bzw. das ostwärtige Rückweichen der Nordwestkante der Scharhörnplate, so wie es beispielsweise in den Isophyten-Verlagerungsplänen bei GÖHREN (1970, 1974) gezeigt wird, findet sich in der MORAN-Rasterflächenbilanzierung wieder.

Prielmündungen zum Neuwerker Fahrwasser

Die in das Neuwerker Fahrwasser mündenden Priele greifen mit ausgeprägten positiven Bilanzentwicklungen in das Wattkerngebiet ein.

Das durch Leitdamm und Mittelgrund vom tiefen Wasser der Elbe abgetrennte Neuwerker Fahrwasser stellt eine Beruhigungszone dar und wurde als Verklappungsgebiet für Baggergut genutzt. Ob der bei einigen Bilanzganglinien Kleiner Einheiten festgestellte sprunghafte Anstieg (vgl. Beispiel in Abb. 9) der positiven Bilanz unmittelbar mit den Verklappungen zusammenhängt, ist in einer anderen Untersuchung zu klären beabsichtigt.

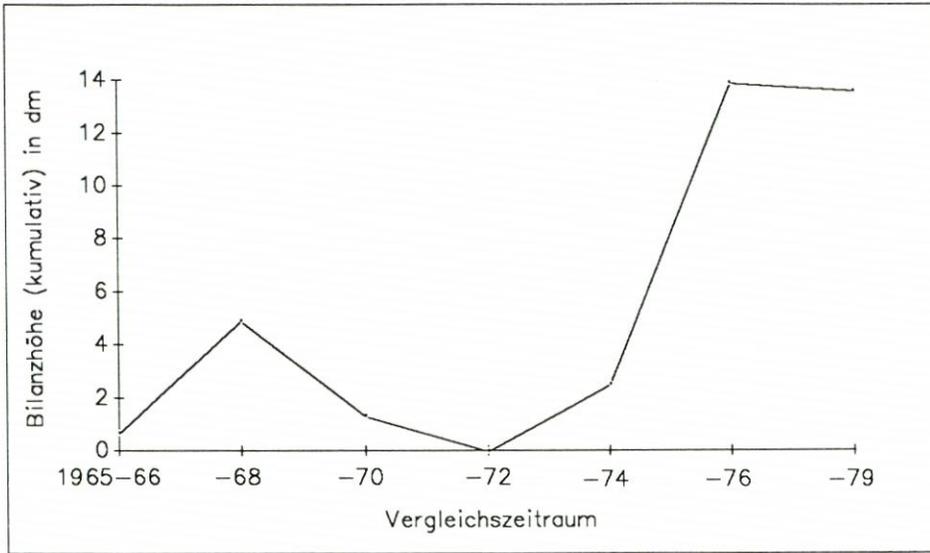


Abb. 9: Beispiel für die sprunghafte Bilanzentwicklung im Prielmündungsbereich des Buchtloches

Die Bilanzentwicklung steht in enger Bindung an die Strömungsverhältnisse. An der Elbsüdseite dominiert bei mittleren Tideverhältnissen der Flutstrom (GÖHREN, 1969), mit dem Sedimente in das Neuwerker Fahrwasser bis in die Beruhigungszone hinter dem Leitdamm verfrachtet werden. Mit dem Strömungsgeschehen wird sicherlich auch wieder verklapptes Baggergut remobilisiert und verlagert.

Scharhörnlloch

Das Scharhörnlloch zwischen Robbenplaten und Unterem Wittsand wird morphographisch der Barren- und Platenzone zugerechnet. Da es aber heute fast vollständig zusedimentiert und nicht mehr schiffbar ist und damit der Materialhaushalt des Wattes unmittelbar den menschlichen Interessensbereich berührt, wird dieses Gebiet gesondert aufgeführt. Heute muß der Weg um die Robbenplaten herum genommen werden, um in die Till zu gelangen.

Ähnlich der Scharhörnlplate zeigen auch die Robbenplaten eine ostwärtige Verlagerungstendenz. Zudem ist das Scharhörnlloch in die von GÖHREN (1971) dargestellte Materialzirkulation zwischen Till und Scharhörnlriff eingebunden. Beide Mechanismen tragen zur Auffüllung des Scharhörnllochs mit Sedimenten bei (vgl. Abb. 10).

Knechtsand-Gebiet südwestlich der Barren- und Platenzone

Im Südwesten des Untersuchungsgebietes wird ein Areal angeschnitten, das dem physiographischen Komplex des Knechtsandes zugehörig ist und vorwiegend positive E aufweist. Aus der Morphologie der westlich vorgelagerten Großformen (Rinnen und Barren) im Bereich Nordergründe-Großer Knechtsand läßt sich eine nordost gerichtete Materialbewegung ableiten, die zu den Sedimentgewinnen beiträgt.

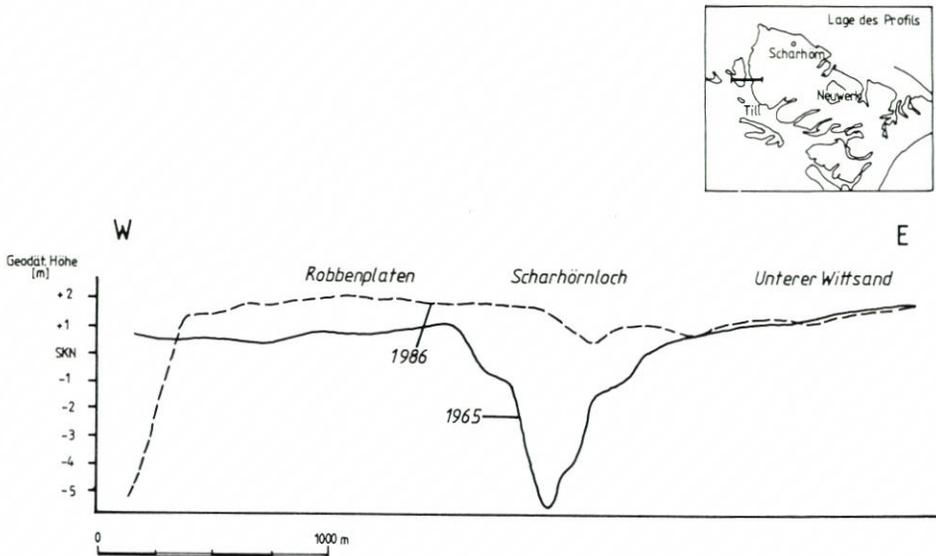


Abb. 10: Morphologische Veränderung im Scharhörnerloch zwischen 1965 und 1986

4.2 Ergebnis der Bilanzierung

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Bilanzierung für das Untersuchungsgebiet aufgelistet.

Das Wattkerngebiet zeigt für das tieferliegende, küstennahe Watt eine Volumenänderung von $-8,9 \text{ Mio. m}^3$ ($= -0,17 \text{ Mio. m}^3/\text{km}^2$); dies entspricht einer rein statistischen Tieferlegung des Areal um 17 cm in 14 Jahren. Dabei ist zu bedenken, daß nach Abschnitt 4.1.1 Material bevorzugt aus den Prielen ausgeräumt wurde.

Das höher aufragende Scharhörner Watt weist einen Zuwachs von $3,01 \text{ Mio. m}^3$ ($= 0,06 \text{ Mio. m}^3/\text{km}^2$) auf. Die mittlere Geländeaufhöhung von $6 \text{ cm}/\text{km}^2$ übersteigt den Säkularanstieg des MThw. Legt man den von FÜHRBÖTER u. JENSEN (1985) für den Pegel Cuxhaven berechneten säkularen MThw-Anstieg von 25 cm zugrunde, so errechnet sich für den 14 Jahre umfassenden Zeitraum von 1965 bis 1979 eine Erhöhung des MThw um 3,5 cm. In dem tatsächlich registrierten Gang des MThw in der kurzen Zeitspanne von etwa 1965 bis 1979 ist nur ein Anstieg von 1 bis 2 cm enthalten. Daraus kann zunächst gefolgert werden, daß der Säkularanstieg des MThw ein mehr als ausgleichendes Anwachsen auf dem Hohen Watt nach sich zieht. In der Literatur ist ein solcher Entwicklungsgang für anthropogen ungestörte Wattflächen bisher nicht beschrieben worden. Für das Scharhörner Watt ist dieser Materialgewinn mit den herrschenden Sedimenttransportmechanismen klärbar. GÖHREN (1971, S. 55) schreibt dazu:

„Auf dem Scharhörnerriff wird durch die Gezeitenströmungen und auch durch Triftstrom und Brandung Sand in nordöstlicher bis östlicher Richtung verfrachtet, so daß hier eine langfristig stetige Materialzufuhr in die Außenelbe und auf das Scharhörner Watt mit Sicherheit vorhanden ist.“

Weiterhin wird durch das absinkende MTnw (= seewärtige Verlagerung der MTnw-Linie) die seewärtige Ausweitung des lokalen Sedimentliefergebietes ermöglicht, aus dem

Bilanzierung für den Neuwerk/Scharhörner Wattkomplex und angrenzende Gebiete

| Gebiet | Fläche [km ²] | Bilanz: -Abtrag/+Anwachs [Mio m ³] [Mio m ³ /km ²] | | Ø Höhenänderung [cm/km ²] | Bilanz in % v. Umsatz |
|---|------------------------------|--|-------|--|--------------------------|
| <u>Wattkerngebiet</u> | | | | | |
| 1. Neuwerker Watt | 54 | - 8.90 | -0.17 | - 17 | 29 |
| 2. Scharhörner Watt | 54 | + 3.01 | +0.06 | + 6 | 11 |
| <u>Wattstrom</u> | | | | | |
| 3. Till | 25 | -12.09 | -0.48 | - 48 | 22 |
| <u>Außenwattsaum</u> | | | | | |
| 4. Barren- u. Platenzone | 78 | -29.17 | -0.37 | - 37 | 21 |
| 5. Scharhörnriff | 54 | - 4.51 | -0.08 | - 8 | 11 |
| <u>Weitere Gebiete</u> | | | | | |
| 6. Scharhörnloch | 4 | + 5.01 | +1.25 | +125 | 83 |
| 7. Wattkante Scharhörner | 10 | -11.19 | +1.12 | -112 | 84 |
| 8. Prielmündungen zum Neuwerker Fahrwasser | 7 | +12.33 | +1.76 | +176 | 69 |
| 9. Teilfläche des Gr. Knechtsandes | 22 | +17.94 | +0.82 | + 82 | 61 |
| Gesamt | 308 | -27.57 | -0.09 | - 9 | 8 |
| Neuwerk/Scharhörner Wattkomplex (ohne 9.) | 286 | -45.51 | -0.16 | - 16 | 14 |

zusätzlich Sedimente remobilisiert und in die Materialverlagerungsvorgänge miteingebracht werden können.

Im Wattstromgebiet und in der Barren- und Platenzone wurden Abträge von rd. 12 bzw. 29 Mio. m³ errechnet. Beide Bilanzwerte erreichen über 20 % des Umsatzes in den jeweiligen Gebieten (vgl. Abb. 11 a). Die Saldo-Tieferlegung der Kleinen Einheiten übersteigt mit 48 bzw. 37 cm deutlich den Ungenauigkeitsbereich der Tiefenlotungen (vgl. Abb. 11 b).

Die Bilanz für das Scharhörnriff (-4,5 Mio. m³) erreicht nur 11 % des Umsatzwertes, und die Tieferlegung der Sedimentoberfläche von im Mittel 8 cm liegt innerhalb der meßtechnischen Ungenauigkeit (vgl. Abb. 11 a, b). Die Volumenänderungen (Anwachs, Abtrag) im Zeitraum 1965-79 können damit als unsignifikant erachtet werden.

Da Anwachs- und Abtragsflächen immer eng benachbart sind, stellt sich mit zunehmender Flächengröße ein immer stärkerer statistischer Ausgleich der Bilanzhöhen ein. Kleinflächig treten daher auch größere Veränderungen auf. So wird allein in dem nur 4 km² großen Scharhörnlochgebiet mit einem Volumengewinn von rd. 5 Mio. m³ ein größerer Wert erreicht als in dem 54 km² umfassenden Scharhörner Watt (+3,01 Mio. m³). An der elbseitigen Wattkante der Scharhörnplate stehen mit -11,19 Mio. m³ 84 % des Umsatzes auf der negativen Bilanzseite. Die deutlich positiven Bilanzen in den Prielmündungen zum Neuwerker Fahrwasser sind zweifellos durch die anthropogenen Gebietsbeeinflussungen (Leitdamm, Verklappungen) verursacht.

Die herrschende Materialbewegung im Gebiet des Knechtsandes und der Norderründe führt zu Sedimentgewinnen in der Südwestecke des Untersuchungsgebietes.

Insgesamt ergibt sich für das Untersuchungsgebiet ein Verlust von 27,34 Mio. m³ in den 14 Jahren von 1965 bis 79. Dies entspricht einer mittleren Erosionshöhe von 9 cm. Bei Umsatzhöhen von ≥ 20 dm bei Kleinen Einheiten der Barren- und Platenzone und der Till (SIEFERT, 1983, 1987; HOFSTEDE, 1989) erscheint dieser Wert relativ klein. Doch die Werte in

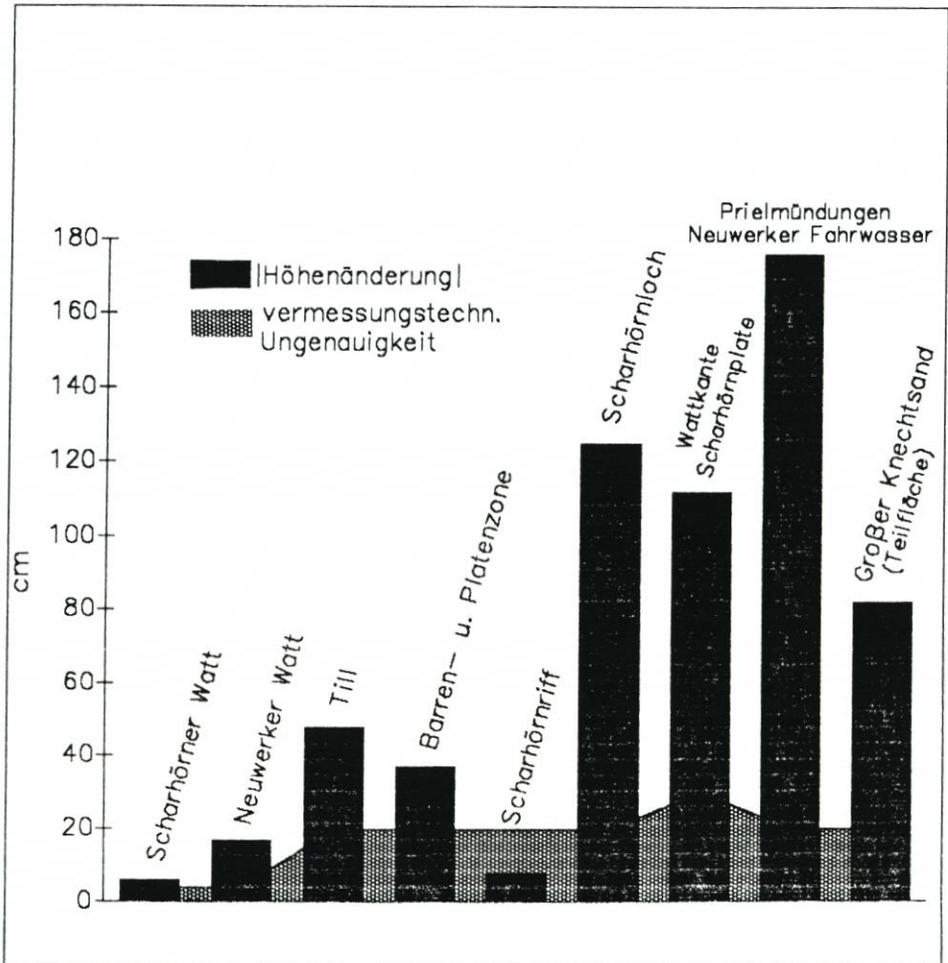
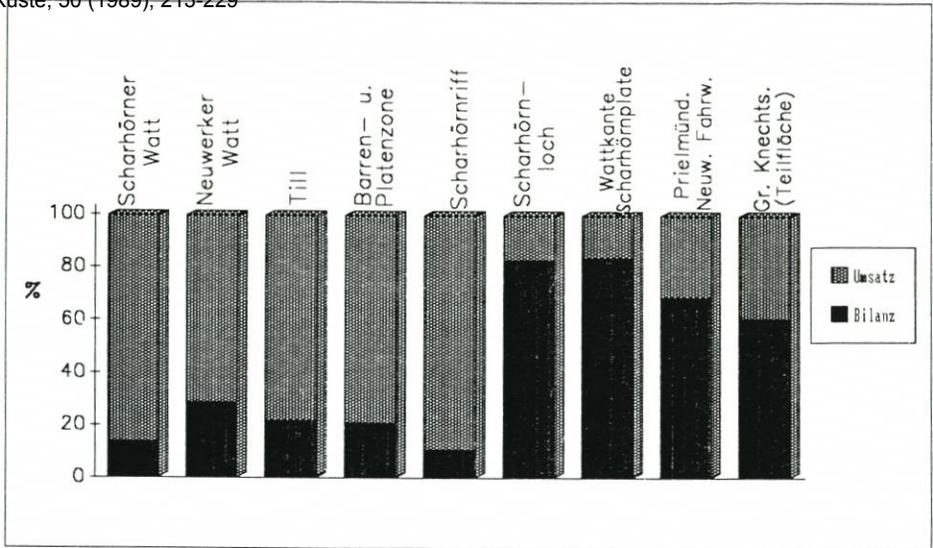


Abb. 11: Bilanzanteil in % vom Gesamtumsatz (a) und mittlere Höhenänderung und vermessungstechnische Ungenauigkeit (b) in Teilgebieten des Neuwerk/Scharhörner Wattgebietes

Tabelle 1 zeigen, daß über große Flächen gemittelt Abtragsbedingungen herrschen, die nicht von den Materialgewinnen aufgefangen werden.

Läßt man das Gebiet in der südwestlichen Ecke des Untersuchungsraumes, dessen Materialdynamik dem Komplex Knechtsand zugeordnet wird, außer Acht, dann ergibt sich für den südlich des Elbeästuars liegenden Neuwerk/Scharhörner Wattkomplex zwischen Elbkante und Knechtsand mit einer Größe von 286 km² ein Abtrag von 45,51 Mio. m³. Dies entspricht einer mittleren Höhenabnahme von 16 cm.

Mit diesem Resultat und den Ergebnissen der Bilanzanalysen für das Knechtsandgebiet (BARTHEL, 1981) und die Robinsbalje (STEPHAN, 1982) zeigt sich, daß in großen Teilen des Wattgebietes zwischen Elbe und Weser im Mittel Abtragsbedingungen überwiegen.

5. Schriftenverzeichnis

- BARTHEL, V.: Vergleich der Topographie 1974–1979 des Testfeldes „Knechtsand“ im Rahmen des MORAN-Projektes. Strom- u. Hafenbau, Referat Hydrologie Unterelbe, Studie Nr. 51, unveröff., 1981.
- EHLERS, J.: The morphodynamics of the wadden sea. Rotterdam/Brookfield, 1988.
- FLOHN, H.: Das Problem der Klimaänderungen in Vergangenheit und Zukunft. Darmstadt, 1985.
- FÜHRBÖTER, A. u. JENSEN, J.: Säkularänderungen der mittleren Tidewasserstände in der Deutschen Bucht. Die Küste, H. 42, 1985.
- GÖHREN, H.: Die Strömungsverhältnisse im Elbmündungsgebiet. Hamb. Küstenf., H. 6, 1969.
- GÖHREN, H.: Studien zur morphologischen Entwicklung des südlichen Elbmündungsgebietes. Hamb. Küstenf., H. 14, 1970.
- GÖHREN, H.: Untersuchungen über die Sandbewegung im Elbmündungsgebiet. Hamb. Küstenf., H. 19, 1971.
- HOFFMAN, K. S., KEYES, D. u. TITUS, J. G.: Projecting future sea level rise. Methodology, estimates to the year 2100 and research needs. 2nd edit., rev., Washington, 1983.
- HOFSTEDTE, J. L. A.: Parameter zur Beschreibung der Morphodynamik eines Wattgebietes. Die Küste, H. 50, 1989.
- HOFSTEDTE, J. L. A. u. SCHÜLLER, A.: Dynamisch-morphologische Untersuchungen im Wattgebiet der Deutschen Bucht. Ergebnisse des KFKI-Projektes MORAN I und Ausblick für MORAN II. Hamburger Geogr. Stud., H. 44, 1988.
- NIEMEYER, H. D.: Zur Klassifikation und Häufigkeit von Sturmzeiten. Niedersächs. LA für Wasserwirt., Forschungsst. Küste, Bd. 38, 1986.
- RENGER, E.: Quantitative Analyse der Morphologie von Wattenzugsgebieten und Tidebecken. Mitt. des Franzius-Inst. der Univ. Hannover, H. 43, 1976.
- ROHDE, H.: Sturmfluthöhen und säkularer Wasserstandsanstieg an der deutschen Nordseeküste. Die Küste, H. 30, 1977.
- SCHLEIDER, W.: Das Peilwesen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes im Küstengebiet. Der Seewart, H. 6, 1981.
- SCHÜLLER, A.: Morphologisch-topographische Untersuchungen im Küstenvorfeld südlich der Elbemündung. Essener Geogr. Arb. 17, 1989.
- SIEFERT, W.: Über den Seegang in Flachwassergebieten. Mitt. des Leichtweiss-Inst. der TU Braunschweig, H. 40, 1974.
- SIEFERT, W.: Bemerkenswerte Veränderungen der Wasserstände in den deutschen Tideflüssen. Die Küste, H. 37, 1982.
- SIEFERT, W.: Morphologische Analysen für das Knechtsand-Gebiet (Pilotstudie des KFKI-Projektes MORAN). Die Küste, H. 38, 1983.
- SIEFERT, W.: Umsatz- und Bilanz-Analysen für das Küstenvorfeld der Deutschen Bucht. Grundlagen und erste Auswertungen. Die Küste, H. 45, 1987.
- SIEFERT, W. u. LASSEN, H.: Zum säkularen Verhalten der mittleren Wathöhen an ausgewählten Beispielen. Die Küste, H. 45, 1987.
- STEPHAN, H.-J.: Morphologische Gestaltungsvorgänge in der Robinsbalje zwischen 1966 und 1979. Forsch.-Stelle f. Insel- und Küstenschutz, Bd. 33, Norderney, 1982.
- STEPHAN, H.-J.: Zur Vorlandentwicklung an der Wurster Küste. Forsch.-Stelle f. Insel- und Küstenschutz, Bd. 36, Norderney, 1985.