

## Morphologische Untersuchungen über den Einfluß des Kugelbake-Leitdammes und seiner geplanten Verlängerung auf die Watt- und Strandgebiete vor Cuxhaven

Von HEINZ KLUG, Regensburg

### 1. Einleitung und Problemstellung

Im Zusammenhang mit der geplanten Vertiefung des Fahrwassers der Unter- und Außenelbe ist die Verlängerung des von der Kugelbake über den Mittelgrund in Richtung auf die Sandinsel Scharhörn gebauten Leitdammes vorgesehen (Abb. 1). Für die Stadt Cuxhaven stellt sich damit die Frage, welche Auswirkungen diese Maßnahmen auf die dem Nordseeheilbad vorgelagerten Watten und Strände sowie deren Funktion als Erholungsgebiete haben werden. Um dieses herauszufinden, müssen die heute schon feststellbaren und potentiellen geomorphologischen Veränderungen in diesem Raum ermittelt werden, die an den Bau bzw. Ausbau des Leitdammes gebunden sind.

Zu diesem Zweck ausgeführte und hier in ihren Ergebnissen vorgelegte Untersuchungen zielten darauf ab, — gestützt auf das regionale wissenschaftliche Material sowie allgemein gültige Gesetze und Erfahrungen über die Morphodynamik in adäquaten, raumspezifischen Küstenbereichen —, die durch den Leitdamm-bau verursachten bzw. beeinflussten morphologischen Prozesse über die Analyse ihrer räumlichen Folgewirkungen aus dem komplizierten Wirkungsgeflecht der rezenten Veränderungen eliminiert zu erfassen, um daraus Tendenzen abzuleiten, die Prognosen für die zukünftige Entwicklung ermöglichen.

### 2. Geographische Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) liegt zwischen dem von der Kugelbake in Richtung Scharhörn gebauten Leitdamm, der Küstenlinie bis zum Sahlenburger Strand und der Watthöhenscheide zwischen Elbe und Till.

Es umfaßt somit den Hauptflächenanteil des sich südlich des Elbefahrwassers in westnordwestlicher Richtung erstreckenden Neuwerker Wattkomplexes östlich der Wattwasserscheide.

Die Prielsysteme von Buchtloch und Bakenloch geben ihm die morphologische Großgliederung, indem sie das Küstenwatt (Duhner Watt) von dem westlich gelegenen zentralen Wattrücken trennen. Die mittlere Watthöhe fällt im Küstenwattstreifen zu dem genannten Prielsystem ab und steigt von dort in westlicher Richtung stetig an (GÖHREN 1970, S. 27).

Während der zentrale Wattkomplex überwiegend aus geschichteten Fein- und Mittelsanden aufgebaut ist, nur geringe Anteile von Schluff und Ton sowie nur vereinzelt Kleilagen (und mit geringer Mächtigkeit) enthält, stehen im küstennahen Watt Torf- und Kleischichten in größeren Mächtigkeiten an (LAUCHT 1970, S. 37).

Der engere Küstenraum zeigt eine Dreigliederung: Zwischen der Kugelbake und Duhnen liegt vor einem breiten Sandstreifen ein Mischwatt. Westlich von Duhnen grenzt ein langgestrecktes Dünenfeld an einen schmalen Sandstreifen, vor dem sich ein Schlickwatt (Lahnungen) ausbreitet. Nach Südwesten folgt der Sandstreifen des Sahlenburger Strandes.

### 3. Materialgrundlagen der Untersuchung

Die Erarbeitung der geomorphologischen Ergebnisse, die der Beurteilung der zukünftigen Entwicklung zugrundeliegen, erfolgte in erster Linie auf geographisch-kartographischer Basis. Darüber hinaus wurden die relevanten wissenschaftlichen Veröffentlichungen unter Einschluß eines in sechs Teilberichte gegliederten Gutachtens des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Technischen Universität Hannover über Modellversuche für das Neuwerker Watt (in Zusammenhang mit dem geplanten Hamburger Vorhafen) gesichtet und ausgewertet.

Folgende Kartengrundlagen wurden benutzt:

- Peilungen der Vermessungsgebiete des Deutschen Hydrographischen Instituts, die den linkselbischen Watten- und Rinnenkomplex darstellen (1950 bis 1972). Diese Pläne haben den überwiegenden Maßstab 1 : 25000 und sind auf den Pegel Cuxhaven beschriftet, so daß eine hinreichende Genauigkeit für den in Frage stehenden küstennahen Bereich gewährleistet ist.
- Vom Wasser- und Schiffsamt Cuxhaven aufgenommene Karten des Neuwerker Watts aus den Jahren 1948 und 1960/61, die allerdings die Priele nicht erfassen.
- Spezielle morphologische Änderungspläne der Forschungsstelle Neuwerk (publiziert in GÖHREN 1970). Diese Tiefenänderungspläne basieren nicht nur auf dem Echolotverfahren, sondern auf nivellitischen Wattaufnahmen und erreichen ein Optimum an Genauigkeit.

Als weiteres Arbeitsmaterial wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- Luftbildaufnahmen des Neuwerker Watts aus den Jahren 1962, 1965 und 1968
- Statistischer Nachweis des Wasser- und Schiffsamtes Cuxhaven der Baggermengen (m<sup>3</sup>) auf den einzelnen Verklappstellen von 1950 bis 1972 der Elbe zwischen Feuerschiff Elbe I und Osterriff.

### 4. Die angewandten Arbeitsmethoden und deren Bewertung

Die Ermittlung und Deutung der morphologischen Entwicklungstendenz basiert auf der anschaulichen Herausarbeitung der Veränderungen. Methodisch wurde dazu der Weg der vergleichenden Kartenanalyse beschritten. Im Bestreben, die geomorphologischen Veränderungen sowohl qualitativ als auch quantitativ zu erfassen, wurden im wesentlichen folgende Verfahren angewandt:

### I. Qualitative Erfassung der Veränderungen:

Zur Ermittlung der morphologischen Veränderungen hinsichtlich ihres qualitativen räumlichen Ausmaßes diente eine gebräuchliche, auch in anderen Untersuchungen als erfolgreich erwiesene Arbeitstechnik: Durch Übereinanderlegen gleicher Kartenausschnitte der verschiedenen Kartenausgaben und Hochzeichnen der Tiefenlinien jeweils eines Niveaus wurden die Veränderungen herausgefunden.

Dieses Verfahren erforderte jedoch besondere Vorarbeiten, da das Deutsche Hydrographische Institut in dem zwischen den zeitlichen Eckpunkten liegenden Zeitabschnitt einen neuen Bezugsbreitengrad gewählt und als Projektion das ED-Netz („European Data“) eingeführt hat. Zur Durchführung der erforderlichen Arbeitsgänge wurde deshalb das Untersuchungsgebiet in quadratische Felder von 3 km Seitenlänge aufgeteilt und innerhalb jedes dieser Felder sorgfältig vermittelt. Potentielle Fehlerquellen, die aus der Verschiedenartigkeit der Projektionsnetze der zum Vergleich heranzuziehenden Karten hätten erwachsen müssen, konnten damit ausgeschaltet werden.

### II. Quantitative Erfassung der Veränderungen:

Um morphologische Veränderungen quantitativ zu erfassen, bedarf es zahlenmäßiger Unterlagen, die verglichen werden können. Sie wurden aus den von GÖHREN (1970/1) publizierten Tiefenänderungsplänen, jedoch unter Zugrundelegung einer regionalen Differenzierung zwischen Wattfläche und Rinnenbereich gewonnen.

Im einzelnen wurde folgender Weg beschritten:

Die von den Differenzschichtlinien umgrenzten Anwachs- oder Abtragsflächen wurden in jedem von uns zugrunde gelegten Untersuchungsfeld planimetrisch ermittelt. Dies geschah unter der Berücksichtigung sowohl ihrer Mächtigkeit als auch ihrer Lage entweder oberhalb der Wattkante, also auf dem Watt selbst, oder aber unterhalb dieser Grenze, d.h. im Rinnenbereich. Die Resultate wurden mit einem aus dem Kartenmaßstab und der Projektion ermittelten Umrechnungsfaktor in ihre ursprüngliche Größe in der Natur zurückgerechnet und ergaben durch Multiplikation mit dem jeweils die dritte Dimension angegebenden Schichtmächtigkeitswert die Volumina des Anwachs oder Abtrages pro Untersuchungsfläche.

### 5. Die morphologische Analyse

Die Aussagen über die morphologischen Veränderungen des Untersuchungsgebietes basieren, wie oben dargelegt, auf vergleichender Kartenanalyse. Die Beurteilung der zukünftig zu erwartenden Entwicklung gründet sich auf die aus der morphologischen Analyse zu treffende Abschätzung desjenigen Anteils der Veränderungen, die auf den Bau des Kugelbake-Leitdammes zurückzuführen sind. Bei jedem dieser Arbeitsgänge tauchte eine Reihe von Problemen auf, die hier zwar nur kurz, aber doch grundsätzlich erörtert werden müssen, um den Aussagewert der darauf aufbauenden wissenschaftlichen Ergebnisse zu kennzeichnen.

Zweifellos ist die Auswertung und Analyse topographischer Aufnahmen sowie die Erarbeitung spezieller Darstellungsformen der Veränderungen ein zuver-



Der Beginn des Leitdammbaus liegt vor dem zweiten Weltkrieg. Die wesentliche Bauphase fällt jedoch in die Zeit zwischen 1955 und 1968 (GÖHREN 1970, Abb. 20). Die Schließung einer Öffnung vor der Kugelbake und die Erhöhung der Dammkrone erfolgte 1968 und 1969.

Aus diesen Daten über die Baugeschichte des Leitdammes ergibt sich, daß weiterreichende Auswirkungen auf die Entwicklung des Wattes vor der Küste Cuxhavens erst seit wenigen Jahren zu erwarten, festzustellen und folglich auch erst in den jüngsten Kartenunterlagen erkennbar sind.

#### 6. Qualitative Analyse: Akkumulation

In qualitativer Hinsicht lassen die Untersuchungen für den Zeitraum von 1964 bis 1973 als Folgen des Leitdammbaus, räumlich differenziert, sowohl Akkumulations- als auch Erosionswirkungen erkennen. Sedimentation ist vor allem im Bereich des Mittelgrundes, in der Rinne des Neuwerker Fahrwassers und im Winkel zwischen dem Steilsand und dem Leitdamm festzustellen.

Im gesamten Bereich des jetzt vom Leitdamm abgetrennten Neuwerker Fahrwassers ist eine erhebliche Verringerung der Wassertiefen und insgesamt eine beträchtliche Sedimentation nachzuweisen. Durch eine verstärkte Sandakkumulation erfolgte gleichzeitig eine bedeutende Vergrößerung des Mittelgrundes (s. hierzu Abb. 2 und 3).

Aus einer vergleichenden Analyse der morphologischen Entwicklung des Neuwerker Fahrwassers in der Zeit vor und nach dem Leitdammbau ist eindeutig zu belegen, daß die starke Akkumulation als Folge des durch den Leitdammbau bewirkten Abschlusses der Rinne einsetzte.

Für die letzten 4 bis 5 Jahre ist bei zunehmend rascher fortschreitender Sedimentation eine verstärkte Auffüllung festzustellen. Diese Entwicklung ist zweifellos auf die Schließung der Öffnung im Leitdamm vor der Kugelbake und die Erhöhung der Dammkrone 1968 und 1969 zurückzuführen.

Das Neuwerker Fahrwasser hat im Verlauf der fortschreitenden Sedimentation seine Funktion als Flutrinne des Elbfahrwassers allmählich verloren. GÖHREN (1970, S. 20), der eine solche Entwicklung schon vor Jahren in ihren Konsequenzen beschrieb, vermutet wohl zurecht, daß „diese Rinne in einigen Jahrzehnten nur noch ein Großpriel des Neuwerker Watts sein wird“.

Sehr starke Veränderungen zeichnen sich im Winkel zwischen dem Steilsand und dem Leitdamm ab. Noch 1966 wurde hier ein fortschreitendes Abbrechen der Wattkante infolge Kolkbildung hinter dem Damm — bei gleichzeitigem Strandverlust vor Döse — beklagt. Seit der Schließung der Öffnung im Leitdamm erfolgt auch hier verstärkte Akkumulation.

Das im Innern des Neuwerker Fahrwassers bis in diesen Zwickel zur Ablagerung kommende Material wird im wesentlichen von Westen her mit dem Flutstrom hereingetragen (GÖHREN 1969). Einen weiteren Anteil haben besonders Frühjahrs- und Herbststurmfluten, die zugleich zu Sandverlusten an den Cuxhavener Stränden führen, indem sie Material aus Westen heranzuführen. Nach GÖHREN (1967, S. 139) scheint zudem die Sandbewegung — auch auf hochliegenden

Wattflächen — stärker zu sein, als seither gemeinhin angenommen wurde. Schließlich liefert die Verklappung von Baggergut aus dem Elbfahrwasser zusätzlich eine beträchtliche Materialmenge (s. u.).

In der natürlichen Sedimentation ist dabei eine stetige Abnahme der Korngrößen zu beobachten. Es wird zunehmend feinkörnigeres Material abgelagert.

Dies zeigt eine Zusammenstellung der mittleren Korngrößen des im Winkel zwischen Steilsand und Leitdamm von 1949 bis 1968 zur Ablagerung gekommenen Sediments:

1949 — dg	0,50 mm (SIMON 1957, Tab. 3)
1959 — dg	0,30 — 0,50 mm (SIMON 1961, Tab. 3)
1968 — $d_{50}$	0,15 mm (GÖHREN 1971, Abb. 37).

Auch weiter westlich ist das Sohlenmaterial im Vergleichszeitraum feinkörniger geworden.

Die progressive Tendenz zur Akkumulation bei gleichzeitig stetig zunehmender Feinkörnigkeit des zur Ablagerung kommenden Sediments ist eindeutig als Folge abnehmender Strömungsintensitäten und längerer Stauwasserzeiten, wodurch auch Feinbestandteile ausfallen können, zu erklären. Die Ursache dafür ist der Ausbau des Leitdammes.

Die geplante Verlängerung des Leitdammes wird den Vorgang der Sedimentation über die dargelegten Prozesse hinaus noch verstärken. Denn einmal wird das Neuwerker Fahrwasser auf eine um 3 km längere Strecke abgetrennt. Darüber hinaus aber wird — nach den Ergebnissen der im Franzius-Institut durchgeführten Modelluntersuchungen — der südlich des Verlängerungsabschnitts gelegene Teilbereich der Rinne bei Niedrigwasser teilweise vom westwärts setzenden, Material ausräumenden Elbe-Ebbstrom abgeriegelt sein.

„Die zu erwartende Fortsetzung dieser Rinnenfüllung wird mit Sicherheit in Zukunft auch weitere Ablagerungen im gesamten Randwatt zur Folge haben“ (GÖHREN 1970, S. 28). Im Verlauf dieser Entwicklung ist damit zu rechnen, daß es zumindest in dem Winkel zwischen der Küste und dem Leitdamm auch zu einer partiellen Überschlickung des Randwatts kommen wird. Im Hinblick auf den Strand vor Döse sind jedenfalls Beeinträchtigungen durch einsetzenden Schlickfall nicht auszuschließen.

#### 7. Qualitative Analyse: Eosion

Außer den in (6) dargestellten und interpretierten Akkumulationswirkungen hat der Ausbau des Leitdammes auch eine Reihe von erosiven Veränderungen ausgelöst. Besonders auffällig sind die Umformungen im Bereich des Buchtloches (vgl. Abb. 4).

Selbstverständlich war dieses Gebiet auch in der Zeit vor dem Bau des Leitdammes durch eine lebhaft morphologische Dynamik gekennzeichnet. Aber diese entsprach — auch in ihren Auswirkungen, wie etwa Verlagerungen und Verwerfungen der Prielrinnen — vollkommen den für ein flaches, vorwiegend sandiges Tidestrommündungsgebiet typischen Erscheinungsformen.

Dagegen ist etwa seit den sechziger Jahren eine vergleichsweise sehr starke morphologische Dynamik und Aktivität in diesem größten elbseitigen Wattpriel aus den Kartenvergleichen zu erkennen. Da diese Entwicklung erheblich aus dem Rahmen der zuvor einheitlichen Formungstendenz im Neuwerker Watt herausfällt, kann sie nicht auf etwa wechselnde meteorologische Verhältnisse zurückgeführt werden, sondern muß ursächlich ebenfalls mit dem Bau des Leitdammes in Verbindung gebracht werden.

Offensichtlich führte die Auffüllung des Neuwerker Fahrwassers zu veränderten hydro- und morphodynamischen Bedingungen im Mündungsgebiet des Buchtloches. Diese lösten ihrerseits morphodynamische Prozesse aus bzw. beeinflussten die hier raumspezifisch wirksamen derart, daß eine Vertiefung und Verlängerung des Prielsystems im ganzen Einzugsgebiet des Buchtloches einsetzte. Es kam zu einer verstärkten Erosion im gesamten Bereich des Küstenwatts. Insbesondere die südlichen Prielausläufer lassen diese Entwicklung erkennen. Abb. 4 zeigt deutlich das erosive Vorgreifen der Rinnen in das küstennahe Watt vor Duhnen.

Nach den von GÖHREN (1970/71) erarbeiteten Tiefenänderungsplänen zeichnet sich denn auch eine „großräumige Erosion im gesamten erfaßten Küstenwatt bis westlich der Prielausläufer des Buchtloches und des Bakenloches hin“ ab (GÖHREN 1970, S. 28).

#### 8. Quantitative Analyse

Die Ergebnisse der quantitativen morphologischen Analyse sind in den Quadratfeldern der Abb. 5 dargestellt. Die Zahlenwerte wurden aus den Tiefenänderungsplänen GÖHRENS (1970/71) ermittelt, weil diese Karten (s. o.) auf nivellistischer Wattvermessung beruhen und deshalb eine optimale Genauigkeit besitzen.

In jedem der einzelnen Quadrate sind zwei Zahlenwerte eingetragen. Diese geben die Voluminaänderungen (in  $10^3 \text{ m}^3$ ) an, die für das jeweilige Feld ermittelt wurden, und zwar differenziert nach der Lage oberhalb und unterhalb der Wattkante. Die obere Zahl steht für die räumlichen Veränderungen auf der Wattfläche, die untere nennt die Änderung des Raumvolumens in den Rinnen. Die Art der Veränderung, ob positiv oder negativ, wird durch eine unterschiedliche Schreibweise der Zahlen ausgedrückt. Voll schwarz erscheinende Ziffern zeigen an, daß die Veränderung einen Materialgewinn bedeutet. Die Zahlen in Hohlform markieren dagegen einen Volumenverlust.

In räumlicher Differenzierung kann der Karte die Voluminaänderung hinsichtlich ihres quantitativen Ausmaßes direkt entnommen werden. Auf die detaillierte Interpretation der Karte wird verzichtet, da die Zahlenwerte selbst in ihrer Lokalisation einen hinreichend großen Aussagewert besitzen. Einige der wichtigsten Ergebnisse seien hier genannt:

Aus Abb. 5 geht hervor, daß sich im Einzugsgebiet des Buchtloches (Felder G, H, K und L) im Zeitraum von 1965 bis 1970 das Volumen der Wattregion insgesamt um 1,2 Millionen  $\text{m}^3$  verringerte. Das bedeutet einen durchschnittlichen Verlust von 200000  $\text{m}^3$  pro Jahr.

Ein Vergleich der das engere Küstenwatt erfassenden Quadrate K, L, M und N über die verschiedenen Änderungszeiträume hinweg\*) zeigt, daß hier die Sedimentation ganz zum Erliegen kam und der Abtrag beträchtliche Werte erreichte. Darin kommt das erosive Vorgehen der Prielausläufer in Richtung auf die Küste zum Ausdruck.

Die Zahlenwerte der Felder B, C, D, zum Teil auch H und I markieren die Auffüllung des Neuwerker Fahrwassers. Nach GÖHREN (1971, S. 38) wurden in dieser Rinne von 1965 bis 1970 rund 35 Millionen m<sup>3</sup> sedimentiert. Fast ein Drittel davon (10,3 Millionen m<sup>3</sup>) entfällt auf verklapptes Baggergut. Der jährliche Anwachs beläuft sich also auf etwa 4 Millionen m<sup>3</sup>.

Nach den Unterlagen des Wasser- und Schiffsamtes Cuxhaven wurden im Bereich des Neuwerker Fahrwassers von 1961 bis einschließlich 1972 insgesamt 12,7 Millionen m<sup>3</sup> auf drei Verklappstellen verbracht. Der Hauptanteil davon, nämlich 10,5 Millionen m<sup>3</sup>, wurde von 1966 bis 1972 bei Tonne NF/D/2/3 verklappt.

Aus den Zahlenangaben ist ein durchschnittlicher Ablagerungsbetrag, der aus natürlicher Sedimentation und Verklappung resultiert, von etwa 0,4 m/Jahr für das Neuwerker Fahrwasser zu errechnen (vgl. GÖHREN 1971, S. 44).

### 9. Beurteilung der zukünftigen Entwicklung auf der Grundlage der Arbeitsergebnisse im Hinblick auf die Erholungsfunktion des Untersuchungsgebietes

Die Ergebnisse der morphologischen Analyse der durch den Ausbau des Kugelbake-Leitdammes verursachten Veränderungen im untersuchten Neuwerker Wattgebiet bilden die Grundlage für die Beurteilung der zukünftigen Entwicklung des Watt- und Strandgebietes vor Cuxhaven. Im Hinblick auf ihre Bedeutung für eine prognostische Aussage werden sie nachfolgend kurz zusammengefaßt. Als unmittelbare Folgen des Dammbaus ergaben sich:

- eine verstärkte Auffüllung des Neuwerker Fahrwassers bei gleichzeitiger Vergrößerung des Mittelgrundes durch Sandakkumulation,
- eine fortschreitende Akkumulation im Winkel zwischen dem Leitdamm und dem Steilsand bei zunehmender Feinkörnigkeit des feinsandigen bis schluffhaltigen Sediments als Folge abnehmender Strömungsintensitäten und längerer Stauwasserzeiten,
- damit veränderte hydro- und morphodynamische Bedingungen im Mündungsbereich des Buchtloches (Störung des natürlichen Gleichgewichts im Materialhaushalt), die zu
- verstärkter morphologischer Aktivität in Richtung auf eine ziemlich großräumige und stetige Ausräumung des Küstenwatts führten.

Die geplante Verlängerung des Leitdammes dürfte die aufgezeigten Veränderungen in ihrer Tendenz prinzipiell weitertreiben oder sogar verstärken. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß der Leitdamm in seiner bisherigen Gestalt

\*) Dazu wurden Karten der Voluminerveränderungen 1965—66 und 1965—68 erarbeitet, die dieser Untersuchung nicht beigegeben sind.

Abb. 2

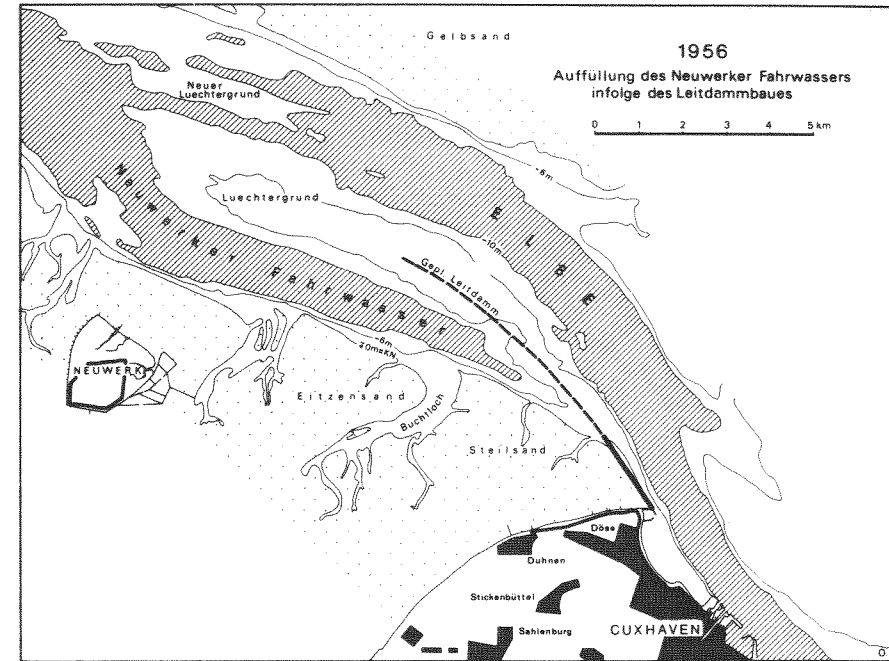
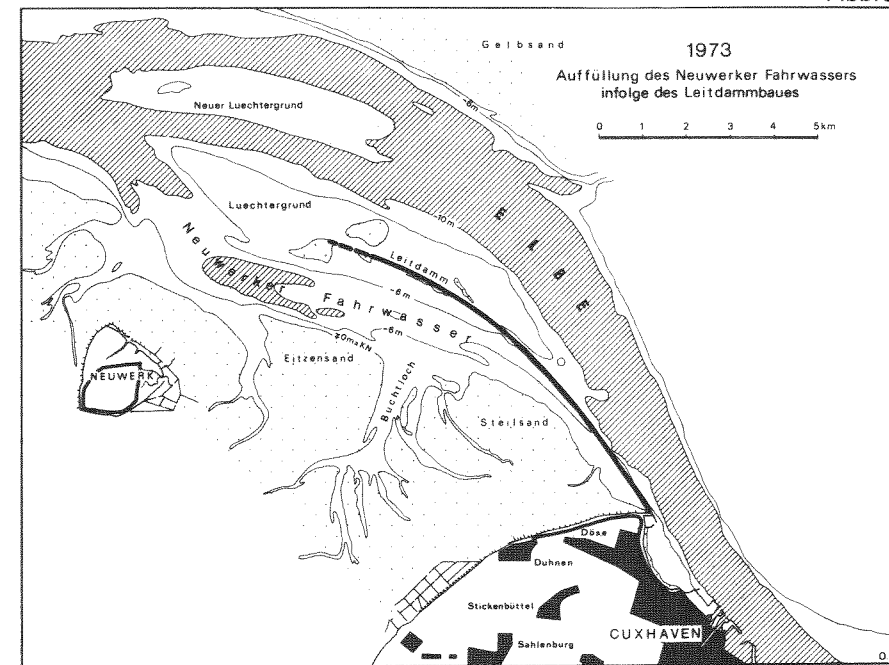


Abb. 3



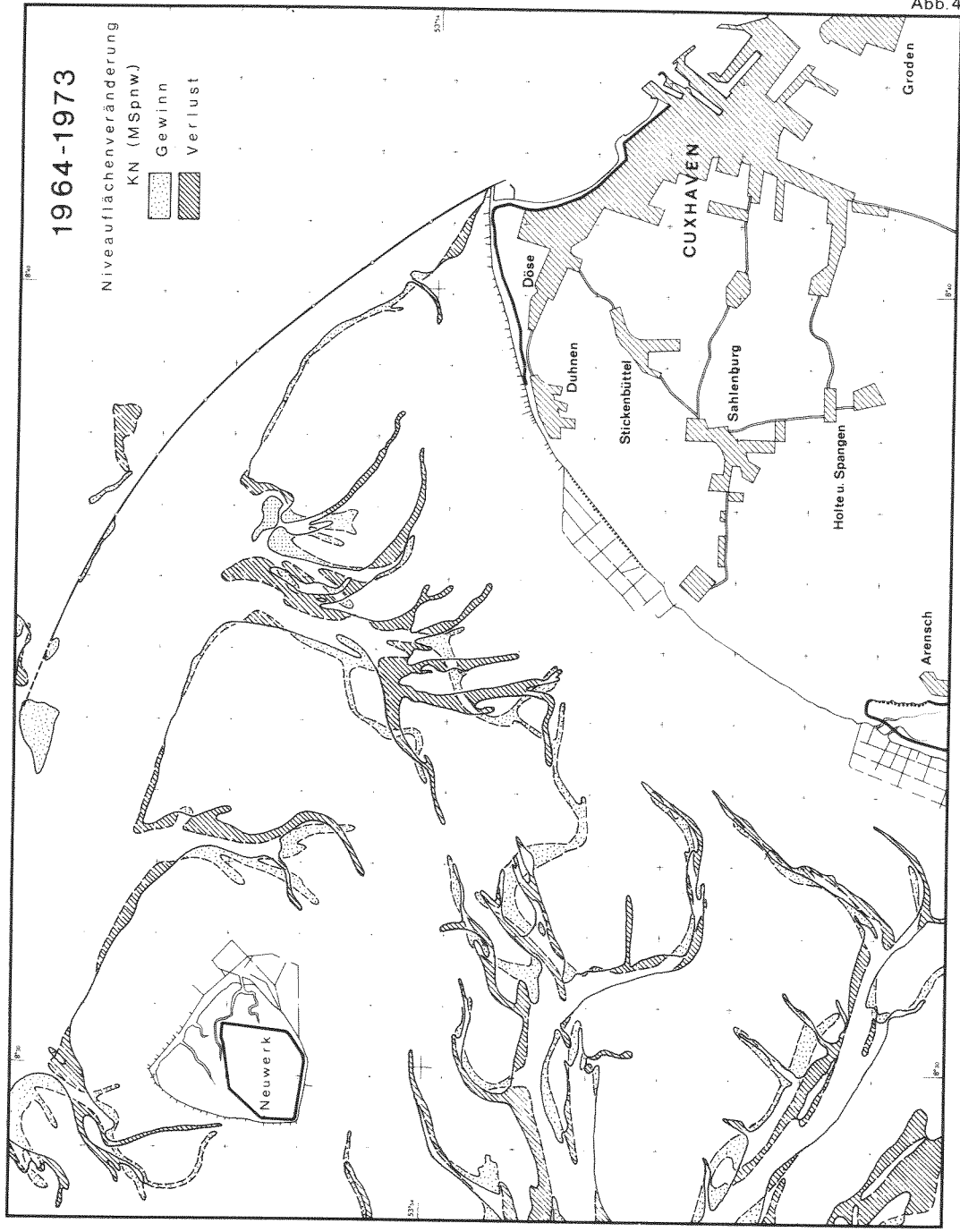


Abb. 4

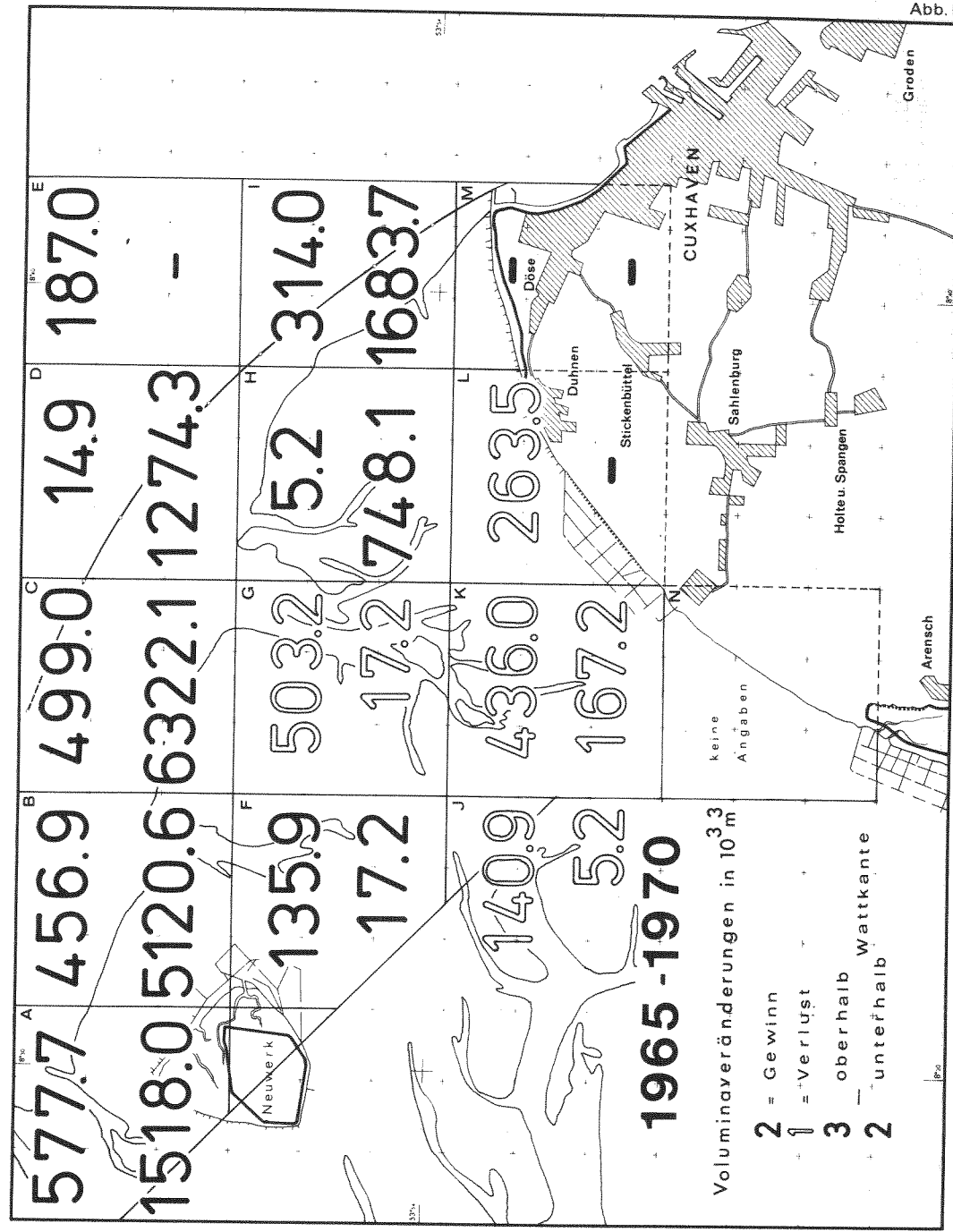
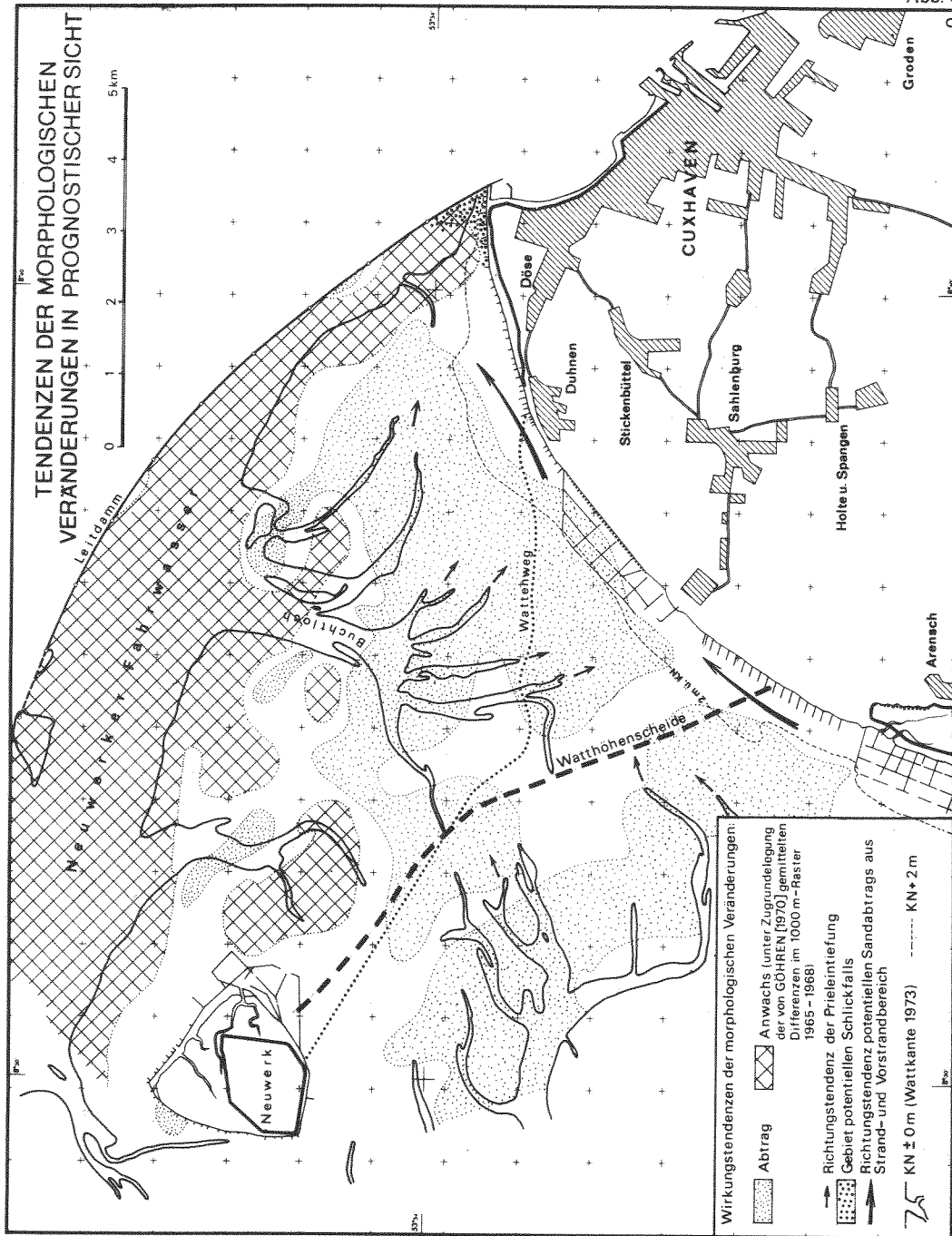


Abb. 5

Abb. 6



schon einen erheblichen Teil zu der sich immer deutlicher abzeichnenden Entwicklung beigetragen hat. Die geschilderten Prozesse werden — auch wenn vielleicht in einer längeren Zeitfolge — auch ablaufen, wenn die Verlängerung des Leitdammes um ca. 3 km nicht mehr vorgenommen werden würde. Ganz abzuwenden ist die Entwicklung auf jeden Fall nicht.

Für die Erhaltung des Funktionswertes der Watt- und Strandflächen als Erholungsräume des Nordseeheilbades Cuxhaven ergeben sich daraus — ungeachtet der bekannten Gefahren einer Strandzerstörung durch Sandabtrag infolge starkwindbedingter, nach Osten gerichteter Küstenlängsströmungen (LUCK 1970) — folgende Probleme (vgl. Abb. 6):

Das gesamte Küstenwatt wird auch in Zukunft ein erosionsgefährdetes Gebiet sein, und zwar zumindest solange, bis sich ein neues natürliches Gleichgewicht in den morphodynamischen Prozeßabläufen, also im Naturhaushalt eingestellt hat. Aussagen darüber, wann dies der Fall sein wird, sind nicht möglich.

Ergänzend muß darauf hingewiesen werden, daß durch den Bau des geplanten Verbindungsdammes zum projektierten Elbetiefwasserhafen Neuwerk/Scharhorn (LAUCHT 1970) die seither frei pendelnde Wattwasserscheide unter nicht unbedeutender Vergrößerung des Einzugsgebietes des Buchtloches festgelegt wird. Das wird zwangsläufig zu größeren ein- und ausströmenden Tidewassermengen in diesem Prielsystem und bei zunächst gegenüber dem heutigen Zustand unveränderten Rinnensohlen auch zu größeren Strömungsintensitäten führen. Demzufolge ist mit einer Verlängerung und Vertiefung der Rinnen im Bereich dieses Wattpriell und seiner Ausläufer, also mit zusätzlich verstärkter Erosion im Küstenwatt zu rechnen.

Aber auch die fortschreitende Auffüllung des Neuwerker Fahrwassers und die damit verbundene Akkumulation immer feinkörnigeren Materials im Winkel zwischen dem Leitdamm und dem Steilsand ist nicht unproblematisch für die Erholungsfunktion des küstennahen Abschnitts dieses Raumes. Denn zumindest an den Randsäumen dieses Zwickels, also partiell auch im Strandgebiet von Döse, ist eine Beeinträchtigung durch zukünftig zu erwartenden Schlickfall nicht auszuschließen.

#### Schriften

- GÖHREN, H.: Versuche mit fluoreszierenden Leitstoffen in Neuwerker Wattgebiet. — Deutsche Gewässerkundl. Mitteilung., Jg. 11, H. 6, 1967
- GÖHREN, H.: Studien zur morphologischen Entwicklung des Elbmündungsgebietes. — Hamburger Küstenforschung, H. 14, 1970
- GÖHREN, H.: Untersuchungen über die Sandbewegung im Elbmündungsgebiet. — Hamburger Küstenforschung, H. 19, 1971.
- LAUCHT, H.: Neuwerk/Scharhorn, Industriehafen am tiefen Wasser. Stand der Vorarbeiten Herbst 1970. — Schriftenreihe der Behörde für Wirtschaft und Verkehr der Freien und Hansestadt Hamburg, Nr. 16, 1970.
- LUCK, G.: Stellungnahme zur Stranderhaltung durch künstliche Sandzufuhr im Raume Döse, Duhnen und Sahlenburg. — Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz der Niedersächs. Wasserwirtschaftsverw., Jahresbericht 1968, Bd. XX, Norderney 1970.



- SIMON, W. G.: Sedimentpetrographische Kartierung des Neuwerker Watts im Sommer 1952. — Die Küste, Jg. 6, H. 2, 1957.
- SIMON, W. G.: Bericht über Untersuchungsergebnisse an Grundproben aus dem Bereich der Außenelbe vom Sommer 1959. — Mitt. d. Wasser- u. Schifffahrtsdirektion Hamburg, Nr. 12, 1961.
- Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Technischen Universität Hannover (Prof. Dr. Ing. Dr. phys. PATENSKY): 6 Teilberichte über die Modellversuche für das Neuwerker Watt. Hannover 1970/73.
- Unveröffentlichte Unterlagen der Stadt Cuxhaven und des Wasser- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven.