

Die voraussichtlichen sedimentologischen Veränderungen im Neuwerker Watt infolge der geplanten Dammbauten für das Hafenprojekt Scharhörn

Von Claus Hundt, Dietrich König und Hans-Erich Reineck

Zusammenfassung

Die Freie und Hansestadt Hamburg beabsichtigt, einen Tiefwasserhafen an der Außenelbe, im Bereich des Scharhörn/Neuwerker Watts zu bauen. Dieser Hafen soll durch einen 16 km langen Damm auf der Wattenwasserscheide mit dem Festland verbunden werden. Der Damm wird aus Sand mit Böschungswinkeln wie bei natürlichen Stränden aufgespült werden. Es sollte in diesem Gutachten die Frage beantwortet werden, ob durch den Dammbau sedimentologische Veränderungen im Abschnitt zwischen Sahlenburg und Neuwerk zu erwarten sind.

Da der Damm auf der heutigen Wattenwasserscheide liegt, werden keine wesentlichen hydrologischen Veränderungen eintreten, durch welche der Sedimenthaushalt erheblich verändert werden könnte. Im Seegangsschatten des Dammes können feinkörnige Sedimente angelagert werden. Jedoch wird diese Zone nur maximal etwa 300 m breit sein. Schlickige Sedimente werden sich auch im Zwickel zwischen Dammente und Festland absetzen. Die Sedimente der Wattfläche selbst aber werden nicht verändert werden, denn nach den Befunden früherer und speziell für die vorliegende Fragestellung angestellter Wattuntersuchungen wird keine derart große Schlickmenge durch hydrographische Umstände herbeigeführt oder durch Erosion aus größerer Tiefe freigesetzt, daß ausgedehnte, stabile Schlickwatten auf bisher sandigen Gebieten entstehen könnten.

Der Wattfauna wird durch den Dammbau eine Fläche von 490 ha als Lebensraum entzogen. Wesentliche biologische, sedimentbezogene Veränderungen werden, solange das Watt sandig bleibt, nicht eintreten. Die mutmaßlichen schlickigen Ansammlungen in Dammnähe liegen für die Besiedlung durch schlickproduzierende Mies- und Herzmuscheln zu hoch.

Summary

The Hanse Town Hamburg is planning a deepwater harbour in the Elbe estuary on a tidal flat area. The new harbour area will be connected with the mainland by a 16 km long sand dam (Fig. 1). The proposed dam poses an environmental problem: will it effect larger mud deposits? The paper deals with the conditions in the wadden section between Sahlenburg and Neuwerk.

The dam is to be built on the tidal divide, so that essential hydrographical changes with influence on the distribution of sediments are not to expect. Deposition of mud will take place only in the dam's immediate vicinity and also in the triangular bay between the mainland and the first hundreds of metres of the dam. On the tidal flats today's distribution of sediments will not change after the dam is built, for, according to the results of former investigations and special programs carried out for this present advice, nowhere in this region a supply of mud as such amount can be found that could develop an essential, stable muddy wadden area.

*An area of 4.9 km² will be covered by the dam. This will be the total loss for the benthic animals. If the sediments of the tidal flats will remain sandy, no faunistic changes will take place. The muddier sediments in the vicinity of the dam are situated too close to the high water line, so that there are no adequate life conditions for mud producing species like *Cardium* or *Mytilus*.*

I n h a l t

1. Einleitung	158
2. Sedimentologische Problemstellung	160
3. Definition und Beschreibung von Schlick	161
4. Die Bauphase	163
5. Die Übergangsphase	164
6. Der Zustand der Endphase	164
7. Biologische Verhältnisse	172
8. Schriftenverzeichnis	178

1. Einleitung

Die Freie und Hansestadt Hamburg führt unter dem Trend wirtschaftlicher und technischer Progression seit 1962 Planungsarbeiten durch für den Bau eines Tiefwasserhafens an der Elbmündung. Als Standort wurde wegen planerischer und bautechnischer Vorzüge ein Gebiet 15 km vor der Küste am Rande des Neuwerker Watts gewählt, dicht angrenzend an tiefes Fahrwasser der Außenelbe. Durch einen Gebietsaustausch mit dem Lande Niedersachsen erwarb die Freie und Hansestadt Hamburg im Rahmen eines Staatsvertrages 1962 die Hoheitsrechte über 95 km² des Neuwerker Watts.

Der Tiefwasserhafen und das angrenzende, für Industrieansiedlungen vorgesehene Gelände sollen durch einen ca. 16 km langen D a m m mit dem Festland verbunden werden (Abb. 1, 2), für den eine neuartige Konzeption entwickelt wurde:

GÖHREN (1973, S. 56): Die Böschungen sind sehr flach angelegt und bis oberhalb MThw ungeschützt. Darüber ist eine Begrünung vorgesehen. Auf diesem Böschungsabschnitt wird infolge von Sandauswehungen aus dem unteren Sandstrand Dünenbildung einsetzen und soll auch gefördert werden.

Diese Dammgestaltung bietet folgende Vorteile: Durch die flachen Böschungen wird die Wellenenergie auf breitem Raum zerstreut, der Wellenangriff im oberen Böschungsbereich wird vermindert. Die gewählte Böschungsneigung im Gezeitenbereich entspricht etwa dem natürlichen Strandprofil unter den örtlichen Bedingungen. Weiterhin fügt sich ein Damm in dieser Ausführung harmonisch in die Wattlandschaft ein und bietet auf den flachen Sandstränden Raum für Badebetrieb und Erholung.

Die Stadt Cuxhaven befürchtet, daß ein Teil des Watts, das als Erholungsgebiet dient, und Teile des Strandes vor den Stadtteilen Sahlenburg, Duhnen und Döse v e r s c h l i c k e n könnten.

Im Entschließungsantrag für die Mitgliederversammlung der Schutzgemeinschaft Nordseeküste e.V. am 27. März 1976 wurde diese Befürchtung wie folgt formuliert: „Der geplante Verkehrsdamm und der Ausbau des Hafengeländes beschwören die Gefahr herauf, daß das Küstengebiet, besonders im Bereich der Cuxhavener Seebäder Döse und Sahlenburg, großflächig versandet und verschlickt.“

Das Neuwerker Wattengebiet einschließlich der Elbmündung wurde seit 1962 durch die Forschungs- und Vorarbeitenstelle Neuwerk in Cuxhaven, eine Dienststelle des Strom- und Hafenbau Hamburg, unter Mitarbeit weiterer Wissenschaftler und Institute untersucht. Die Ergebnisse wurden vornehmlich in der eigens dazu gegründeten Schriftenreihe Hamburger Küstenforschung (NAUMANN, 1968, und LAUCHT, 1968) veröffentlicht. Den Gutachtern standen dieses Material und weitere unveröffentlichte Unterlagen zur Verfügung.

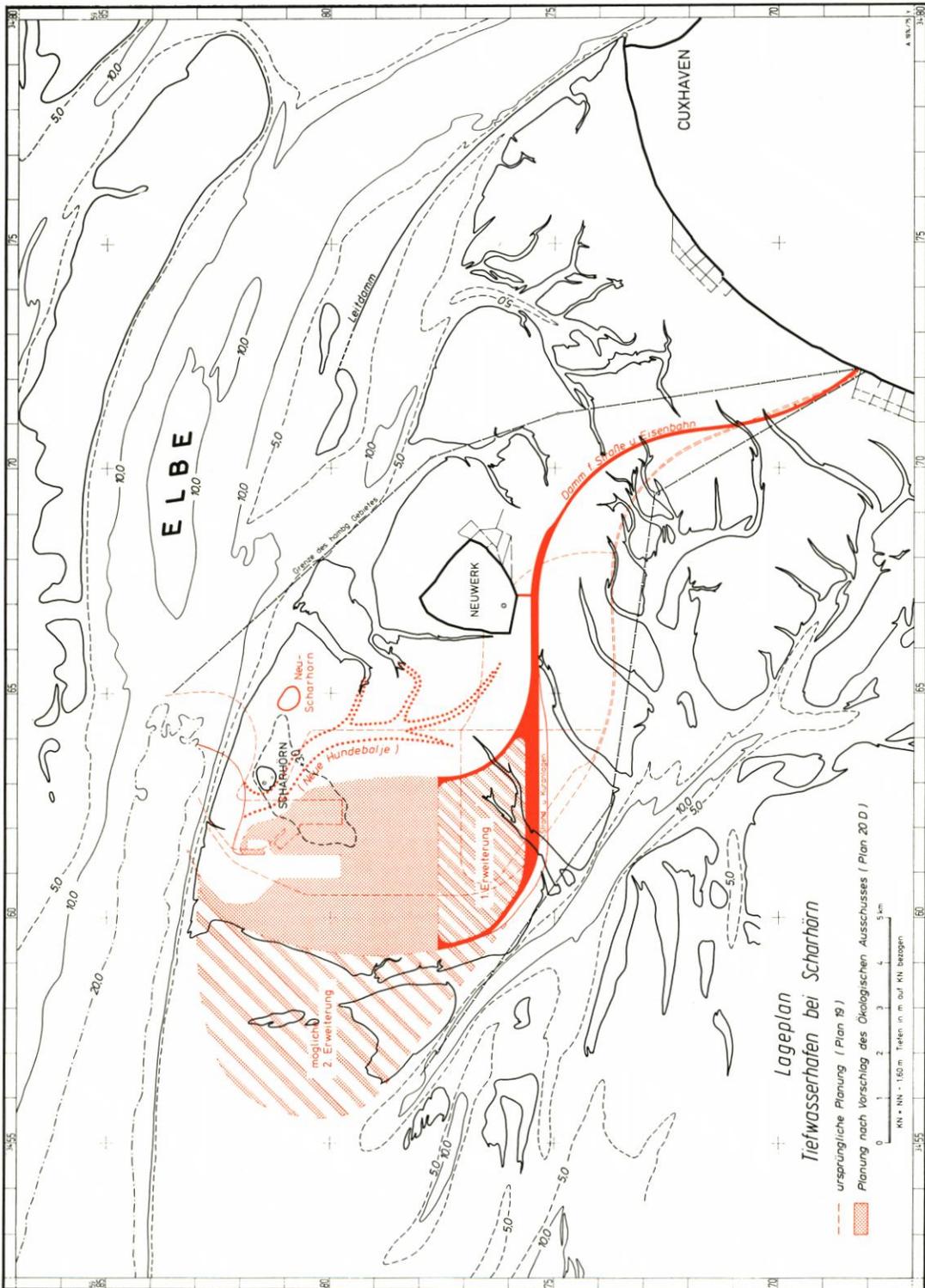


Abb. 1. Neuerwerker Watt mit vorgesehenem Tiefwasserhafen und Damstrassen nach Plan 20 D (ausgezogen) und ehemaligem Plan 19 (gestrichelt)

Mit den Folgen des Hafen- und Dammbaus befaßten sich insbesondere GÖHREN (1973), LAUCHT (1973), PARTENSKY et al. (1972), PARTENSKY und RENGER (1974), KLUG (1973, 1974) und SIEFERT (1974, 1975). Zusätzlich zu den bestehenden Untersuchungen bestellte das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen mit Schreiben vom 31. 5. 1974 drei Gutachter aus den Disziplinen des Wasserbaus, der Meeresbiologie und der Meeresgeologie mit dem Auftrag, die voraussichtlichen sedimentologischen Veränderungen im Neuwerker Wattgebiet infolge der geplanten Dammbauten des Tiefwasserhafens Neuwerk/Scharhörn zu untersuchen.



Abb. 2. Querschnitt des Dammes mit unbefestigter Böschung und der Neigung natürlicher Strände (GÖHREN, 1973, Abb. 19)

Die drei Autoren sind von Behörden des Bundes, der Länder oder der Gemeinden unabhängig. Sie haben sich zudem als Voraussetzung, dieses Gutachten zu erarbeiten, schriftlich ausbedungen, auch eine negative Meinung zum Gesamtvorhaben äußern zu können. So weisen sie auf die generellen Probleme hin, die durch den Konflikt entstehen, wenn das Projekt in einer schutzwürdigen Wattlandschaft errichtet wird. Damit wollen die drei Gutachter die Wichtigkeit der Erhaltung von Naturlandschaften im Bewußtsein der maßgeblichen Politiker vertiefen und die Politiker auf die schwere Verantwortung bei der zu treffenden Entscheidung hinweisen.

2. Sedimentologische Problemstellung

Das vorrangige Problem ist die Frage, ob das Wattengebiet zwischen dem Festland und der Insel Neuwerk nach dem Dammbau verschlickt wird. Zur Beurteilung einer etwaigen sedimentologischen Veränderung nach dem Dammbau sind heranzuziehen:

- die Veränderungen der hydraulischen Kräfte
- die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Erosion und Resedimentation sowie auf die Sedimentation von neuem Material
- die Veränderungen der Bodenfauna und -flora und deren Einfluß auf die Sedimente bzw. Sedimentation

Hieraus ergeben sich folgende Fragen: Wird das vorliegende Sediment anders verteilt? Wird das Sediment anders sortiert, d. h., werden die Feinstoffe ausgewaschen und wenn ja, an welcher Stelle werden sie angereichert? Werden Feinstoffe in geringerem Maße als bisher im Winter speziell bei Sturmfluten ausgewaschen? Kommt neues Material hinzu? D. h., ist das Angebot an Sinkstoffen so groß, um zu Veränderungen zu führen? Wird eine Sandzufuhr unterbrochen (bestand überhaupt eine Sandzufuhr)?

Für die Beantwortung der oben gestellten Fragen sollte man in der Entwicklungsreihenfolge vorgehen, die mit dem Dammbau beginnt (Bauphase) und nach dem Dammbau so lange anhält (Übergangsphase), bis ein Gleichgewicht (Endphase) erreicht ist, wel-

ches der natürlichen sedimentologischen, morphologischen und biologischen Fluktuation entspricht, die allen Wattengebieten eigen ist.

3. Definition und Beschreibung von Schlick

Nach der in der Sedimentologie üblichen Einteilung, die in Europa auf ÄTTERBERG und in den USA auf eine im wesentlichen vergleichbare Einteilung nach WENTWORTH zurückgeht, und der für das deutsche Ingenieurwesen im DIN-Blatt Nr. 4188 festgelegten

Tabelle 1

Ausschnitt einer Korngrößeneinteilung nach DIN 4188. Schlick enthält ein Korngrößengemisch aus Schluff, Ton und etwas Feinsand

	mm	Korngröße	μ	
Kies	2	_____	2000 _____	
		Grobsand		
Sand	0,6	_____	600 _____	
		Mittelsand		
		Feinsand	_____	200 _____
			_____	63 _____
Schluff	0,020	Grobschluff		
		_____	20 _____	
		Mittelschluff		
		_____	6 _____	
Ton	0,002	_____	2 _____	
		Feinschluff		

Korngrößenklassifizierung wird als Sand die Korngrößenklasse 2 mm bis 0,063 mm bezeichnet (Tab. 1), mit einer Unterteilung in Grob-, Mittel- und Feinsand. Als Schluff, früher recht anschaulich als Staub- oder Mehlsand bezeichnet, wurde die Korngrößenklasse 0,063 mm bis 0,002 mm festgelegt. Hier ist wiederum in Grob-, Mittel- und Feinschluff unterteilt. Die Korngröße $< 0,002$ mm wird als Ton benannt. Diesem Einteilungsschema

der Korngrößen liegt zunächst keine Einteilung nach Mineralien zugrunde. Dem Mineralbestand nach bestehen die Sande der Nordsee hauptsächlich aus Quarz (80 %) mit einigen Nebenmengteilen wie Feldspäte, Glimmer, Karbonate, opake Mineralien und Schwermineralien. Die Nordseesande sind somit Quarzsande. Auch im Schluffbereich treffen wir die gleichen Mineralien, u. U. auch schon etwas Kaolinit an (GADOW, 1970). In der Tongrößenklasse treten neben den genannten Mineralien auch Tonmineralien auf. In den Nordsee-Tongrößenklassen überwiegen sie vor Quarz und anderen Gemengteilen. Diese Fraktion enthält an Tonmineralien: Montmorillonit, Illit, Kaolinit, Chlorit (aufgeführt in der Reihenfolge der Häufigkeit nach GADOW, 1970). Im Gegensatz zu fast allen anderen Mineralien sind Tonmineralien bei Wasserentzug, z. B. Austrocknung, raumschwändig. Es gibt Trockenrisse, wenn tonhaltige Sedimente austrocknen. Im feuchten Zustand sind sie kohäsiv, d. h. sie sind schmierig. Die Poren sind im Ton erheblich kleiner als im Sand. Dadurch sind die Kapillarität und das Porenvolumen im Ton größer als im Sand. So liegt nach FÜCHTBAUER u. REINECK (1963) das Porenvolumen der Nordseesande etwa bei 40 % des Gesamtvolumens, bei Tonen aber erheblich höher. Nach diesen beiden Autoren beträgt das Porenvolumen der Wattenschlicke (also nicht nur reine Tone) zwischen 60 % und 90 % des Gesamtvolumens.

Wie ersichtlich, ist Schlick in dieser Korngrößenklassifizierung nicht enthalten. Schlick stellt nämlich, wie manche anderen feinkörnigen Sedimente, ein Korngrößengemenge mineralischer Komponenten aus Sand, Schluff und Ton dar, dessen Oberfläche im Gegensatz zu Faulschlamm (Mudde oder Sapropel) in der Natur oxydiert, d. h. sauerstoffhaltig ist. SINDOWSKI (1973) teilt diese Gemenge in folgende Klassen ein:

Bezeichnung	Tongehaltsgrenzen %
Wattsand	0 bis 5
Schlicksand	0 bis 8
stark sandiger Wattschlick	} 8 bis 17
stark schluffiger Wattschlick	
sandiger Wattschlick	} 17 bis 25
schluffiger Wattschlick	
schluffig-toniger Wattschlick	25 bis 35
toniger Wattschlick	35 bis 50
stark toniger Wattschlick	50 bis 75

Für die Sedimentansprache im Gelände gibt SINDOWSKI folgende Unterscheidungsmerkmale an:

Wattsand	Oberfläche rauh, beim Begehen ohne nennenswerte Fußindrücke.
Schlicksand	Oberfläche leicht glitschig, beim Begehen bis knöcheltief einsinkend, wenig am Boden haftend.
Schlick	Oberfläche glänzend-seidig, beim Begehen bis knietief einsinkend, stark am Boden haftend.

Andere Einteilungsvorschläge sind von PLATH (1943) und MÜLLER (1960) gemacht worden (von GÖHREN 1975 zusammengestellt). Schlick enthält neben den mineralischen Komponenten auch organische Stoffe, im Jadebusen und in den Weser-Schlickwatten 5 bis 10% (LINKE, 1939; LÜNEBURG, 1958).

Die Tonbeimengungen des Schlicks verleihen ihm ähnliche Eigenschaften, die auch Ton besitzt. Es sind dies Quellfähigkeit, hohes Porenvolumen und Kohäsivität. Während Sande und zumindest auch Grobschluff neben dem Transport in Suspension auch auf dem Boden in einzelnen Körnern rollend und springend transportiert werden können, wird Schlick (außer als Kotpillen und als Schlickgerölle) nur in Suspension verfrachtet. Dabei wird Schlick in Cl-Ionen-haltigem Seewasser fast ausschließlich als Flocken transportiert. Nach jüngsten Untersuchungen wird die Flockung durch adsorbierte organische Moleküle unterstützt (CHIANG u. ANDERSON, 1968, NEIHOFF u. LOEB, 1975). Weiterhin werden die ausgeflockten Gebilde verstärkt zusammengehalten von Schleimen, welche darauf lebende Pilze, Bakterien und Algen abgesondert haben (PAERL, 1973, 1974, 1975). Eine besondere Eigenschaft der Flockung ist, daß die ausgeflockten Partikel schneller absinken als die Einzelkomponenten (LITTLE-GADOW u. REINECK, 1974).

Über die Herkunft des Schlicks ist bislang mehr gerätselt als wirklich etwas ausgesagt worden. Dies liegt daran, daß Schlick mehreren Quellen entstammt, die zudem regional unterschiedlichen Anteil haben.

Primär kommt Schlick als Flußtrübe ins Meer, wobei die feinen Flußsuspensionen im Ästuargebiet ausflocken („Schlickpfropfen“ mancher Ästuarie, s. KOSKE et al., 1966).

Ein sehr geringer Anteil von Schlick wird auf den Watten selbst produziert durch die Mineralisation abgestorbener Meerestiere, z. B. Kalkproduktion oder Schwefelproduktion, die zur Pyritbildung führt, durch Kieselsäureproduktion (Seeigelstacheln) usw.

Weitere Quellen der Schlickproduktion liegen in der freien See: durch Mineralisation der dortigen organischen Substanz sowie durch Auswaschung älterer Sedimente.

Eine weitere, z. B. in den nordfriesischen Watten wichtige Quelle von Schlick sind alte Kleiablagerungen, die durch seitliche und durch Tiefenerosion großer Watrinnen aufgearbeitet werden.

4. Die Bauphase

Durch die Aufspülung wird der Bau-Umgebung Sand zugeführt werden. Das ablaufende Wasser wird einzelne Ablaufrinnen erodieren. Diese Bauphase wird eine Einbuße von Bodenbewohnern zur Folge haben. Die Einbuße des vom Damm bedeckten Gebiets wird irreparabel sein. Die Schäden der Dammumgebung werden schon nach einem Jahr weitgehend durch Neubesiedlung behoben werden, wobei durch Höhenveränderung auch Faunenverschiebungen eintreten werden, was aber nicht immer als biologischer Verlust verzeichnet werden muß.

Da der jüngste Entwurf, Plan 20 D, den Damm auf die heutige Wasserscheide verlegt (Abb. 1), sind keine großen Änderungen in der Größe und der Lage der heutigen Priele zu erwarten. In früheren Entwürfen, zuletzt noch Plan 19, verlief der Damm südlich der Wattenwasserscheide. Die dadurch zu erwartenden morphologischen Veränderungen sind durch die neue Trasse vermieden worden. Eine Ausnahme hiervon macht der Zwickel zwischen Damm und Festland (südlich und westlich von Sahlenburg). Der von der Wasserscheide nach Süden abschenkende Damm durchschneidet und verfüllt einige Nebenarme des Bakenlochs im Sahlenburger Watt. Diejenigen Teile der abgeschnittenen Arme, die auf der Elbseite des Damms verbleiben, wirken als Sedimentfallen, in denen sich flache Füllungen von Schwimmsand bilden können.

5. Die Übergangsphase

In der Übergangsphase wird sich der vergrößerte Einzugsbereich des Buchtloches bemerkbar machen. Der Einzugsbereich ist durch die nach Süden abschwinkende Dammführung von der Wattenwasserscheide zur Anbindung ans Festland vergrößert. Dieses Gebiet wurde z. T. von den Prielarmen des Bakenlochs entwässert. Nun muß diese Funktion von Rinnen des Buchtlochs übernommen werden. Da das neu hinzugekommene Einzugsgebiet durch seine morphologische Höhenlage das des Buchtlochs aber nur unwesentlich vergrößert, ist mit starken morphologischen Änderungen nicht zu rechnen.

Durch die Lage des Dammes auf der Wattenwasserscheide wird jedoch der Wattwanderweg nach Neuwerk entfallen. Auch die Möglichkeit, mit Pferdewagen nach Neuwerk zu fahren, wird beeinträchtigt werden. In jedem Fall wird nicht mehr auf dem bisherigen Wattwanderweg, umgeben von der Wattweite, gefahren werden können. Vielleicht bieten Wattfahrten von Sahlenburg nach Döse und umgekehrt einen gewissen Ersatz. Möglicherweise sind auch Teile des Steilsandes oder gar eine Flanke des Dammes für Pferdewagen befahrbar. Die Dammlanken können jedoch u. U. auch durch Sandfangzäune im oberen Teil und durch Strandquellhorizonte im unteren Teil nur erschwert befahrbar sein.

6. Der Zustand der Endphase

Es ist darauf hinzuwirken, daß in diesem großräumigen Naturlandschaftsraum dessen weitestmögliche Erhaltung den Vorrang behält. Die Dammlage auf dem hohen Watt Rücken wäre ökologisch schon sehr störend, denn dadurch würde die freie Pendelmöglichkeit der Wasserscheide unterbunden, welche durch kurz- oder langfristig, in der Nähe oder

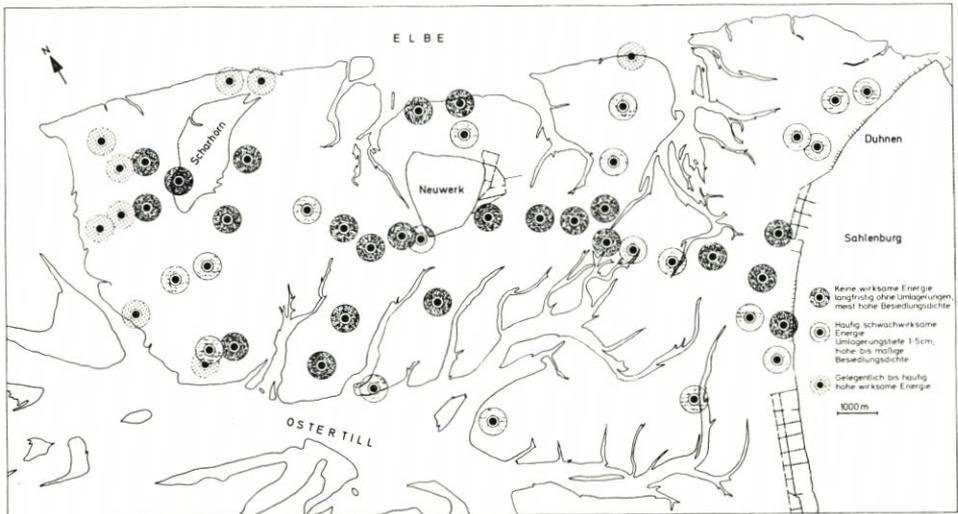
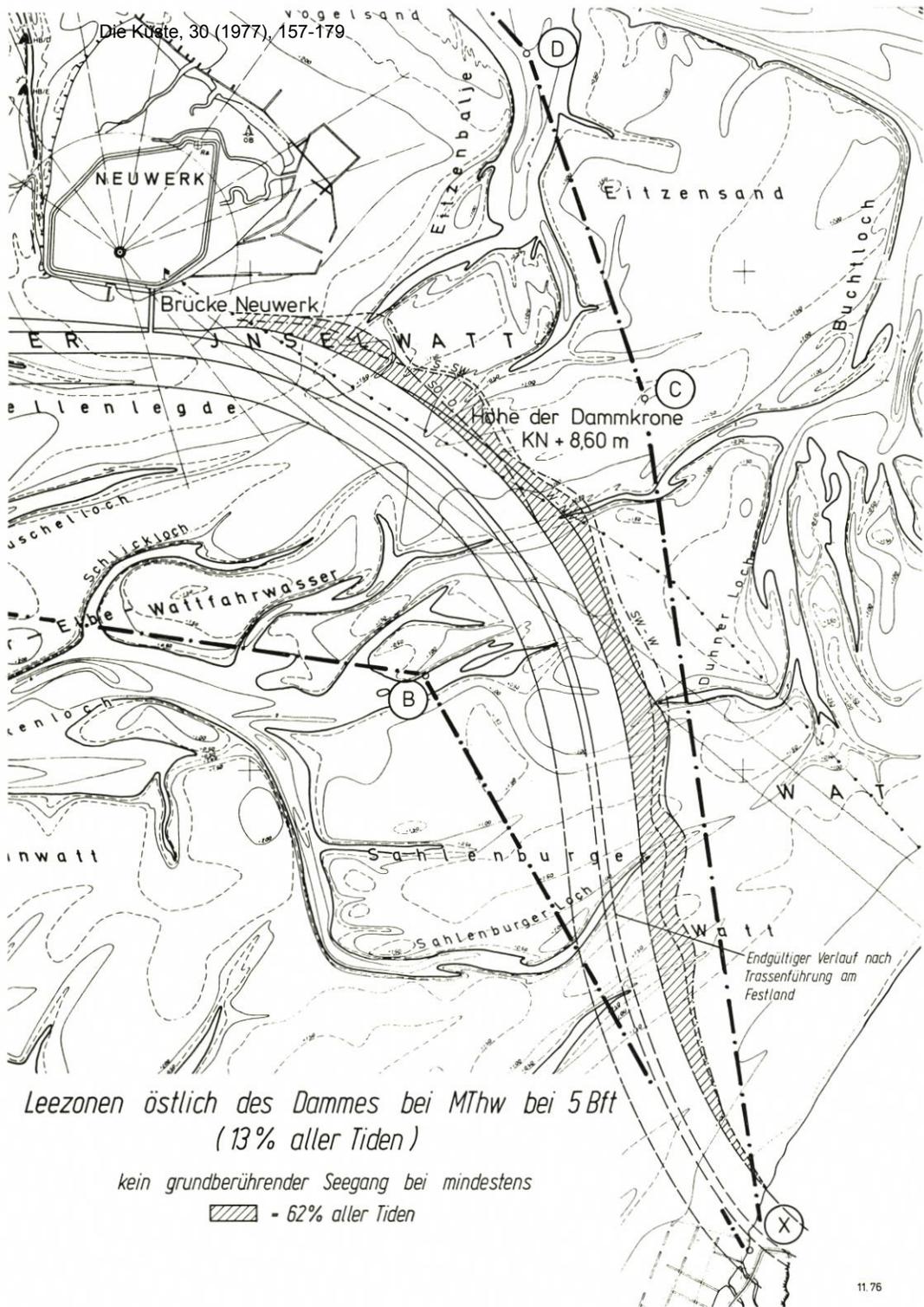


Abb. 3. Darstellung der Umlagerungsintensität (REINECK, 1975, Abb. 25)

im größeren Raum der südöstlichen Nordsee wirkende Kräfte (Wind, Wasserströmungen, Abfluß von Elbe und Weser u. ä.) bedingt ist. Durch solches freies Pendeln werden Veränderungstendenzen auf natürliche, elastische Weise gemildert, abgefangen und evtl. auch in weiterer Entfernung, z. B. an der Küste, behindert.



11.76

Abb. 4. Damm nach Plan 20 mit den zu erwartenden Leezonen bei 5 Bft. „Dies ist der realistisch ungünstigste Fall, da bei Windstärke 4 Bft auch heute der Seegang nur an sehr hochliegenden Stellen im Watt den Boden berührt. Die Darstellung ist zu vergleichen mit Abb. 19 (in SIEFERT, 1974) und liefert erwartungsgemäß fast die gleichen Ergebnisse: Im Watt außerhalb des Dammeinflußgebietes haben die Wellen bei 58% aller Tiden um Thw keine Grundberührung; innerhalb der Leezonen steigt dieser Anteil auf bis zu 66%; in der angelegten Fläche sind es 62% bis 66% bei einer Streifenbreite etwa zwischen 100 und 300 m. Bei der Ermittlung der Leezonenbreite wurde die tatsächliche Watthöhe berücksichtigt.“ (Auszug aus der Ergänzung der Planungsstudie 27, SIEFERT, 1974)

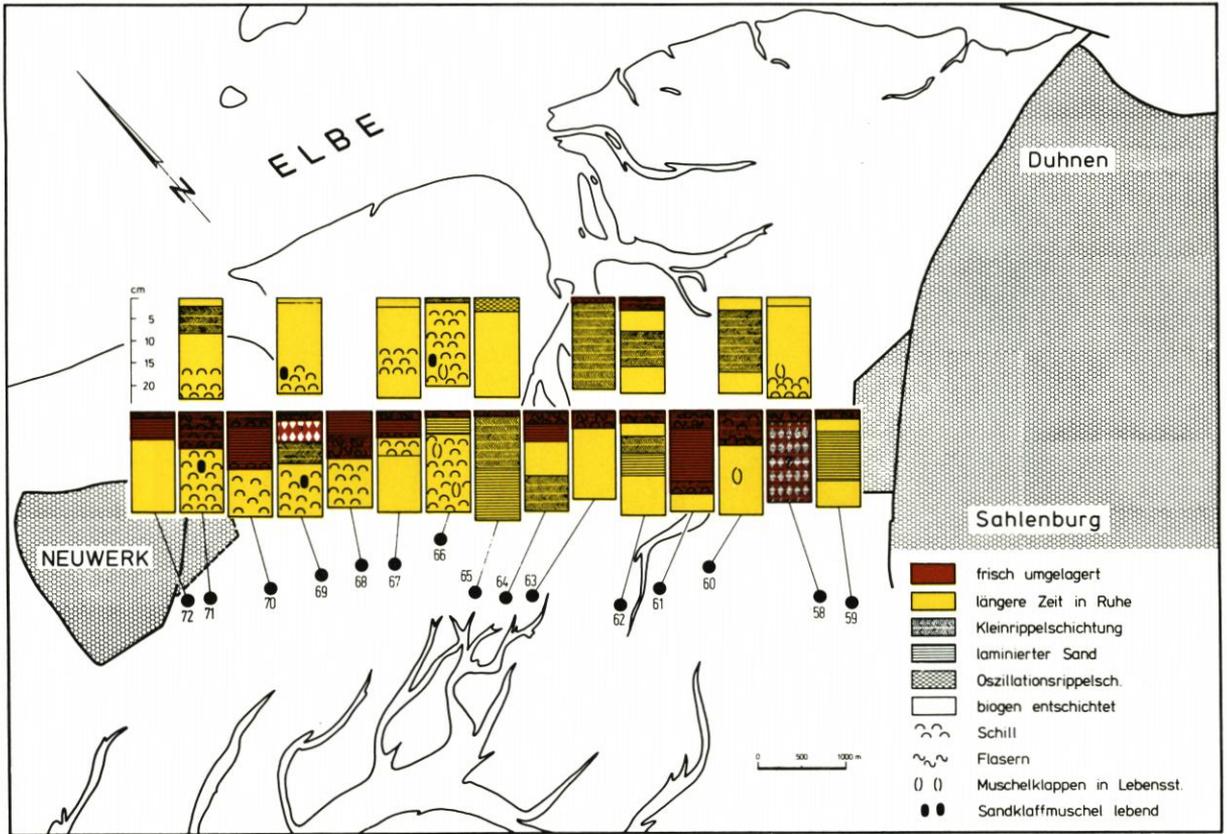


Abb. 5. Vergleich von Schicht- und Verwühlungsgefügen ungestörter Wattproben von 1974 (obere Reihe) mit ungestörten Proben von 1976 (untere Reihe). In den Proben von 1974 sind nur in zwei Fällen die obersten Zentimeter täglich umgelagert worden (rote Profilabschnitte). Bei allen anderen Proben ging die Verwühlung bis an die Oberfläche (gelbe Profilabschnitte), was ein sicheres Anzeichen dafür ist, daß langfristig weder Erosion noch Sedimentation stattgefunden hatten (REINECK, 1975). Die Proben von 1976 zeigen wesentlich mächtigere obere Profilabschnitte (rot). Bis zur Untergrenze hatten die Sturmfluten erodiert (Grenze gegen gelb). Die roten Profilabschnitte sind nach den Sturmfluten z. T. wohl schon während des Abklingens neu aufgelagert worden (REINECK, 1976, Abb. 2). Rotgelbe Rauten bedeuten, daß für diesen Profilabschnitt die Deutung „frisch umgelagert“ unsicher ist.

In der Übergangsphase bahnte sich bereits die Entwicklung an, die zur Endphase führt. Nach den Untersuchungen von REINECK (1975) gehört das Gebiet der heutigen Wasserscheide in den Bereich sehr geringer hydraulischer Energie mit seltenen Umlagerungen (Abb. 3). Nach den Untersuchungen und Berechnungen von SIEFERT (1974, 1975) wirkt auf die Wattfläche nicht der Seegang der offenen See, sondern nur der ortsständige Seegang ein. Damit bleibt der hydraulische Zustand in bezug auf Strömung und Seegang für den größten Teil der Wattfläche unverändert. Anders in Dammnähe (Abb. 4), dort wird je nach Windrichtung ein Seegangsschatten entstehen (SIEFERT, 1974). Die Wattenwasserscheide zeigt auch heute, vor dem Dammbau, keine Umlagerungen. Andererseits sind dort nur geringfügige Spuren von Schluff und Ton im Sediment zu finden (LINKE,

1970, REINECK, 1975, Abb. 16). Das läßt den Schluß zu, daß auch für diesen Teil der Dammnähe keine einschneidende Änderung in der Sedimentart eintreten wird. Dennoch bleibt es für einen ca. 300 m breiten, dammparallelen Streifen fraglich, ob der Schluff- und Tongehalt nicht so weit steigen wird, daß dort schlückiger Sand bis sandiger Schlick zur Ablagerung kommen, in denen das Gehen beschwerlich wird.

Den Untersuchungen von REINECK (1975) lag folgende Idee zugrunde: Wenn sich gegen Abtragung und neue Überdeckung von Sediment empfindliche Tiere in dichten Siedlungen direkt an der Oberfläche der Watten befinden, dann wirkt dort monatelang keine Energie ein. Wenn sich dort, wo keine Energie einwirkt, aber auch kein Schlick absetzt, dann ist auch kein Schlick zum Absatz vorhanden. Dennoch könnte diese Beobachtung zu fehlerhaften Schlüssen führen, wenn man längere Zeiträume überblicken will. Denn schon im Winter wirkt durch die normalerweise auftretenden Winterstürme eine höhere Energie in Form von Driftströmungen und grundberührendem Seegang ein. Besonders hoch wird die Energie der hydraulischen Kräfte bei Sturmfluten sein. Da nun nicht auszuschließen ist, daß die Wattflächen der Wattenwasserscheide über Jahre hinweg doch schlückreicher werden können, wurde der Einfluß der vier Sturmfluten im Januar 1976

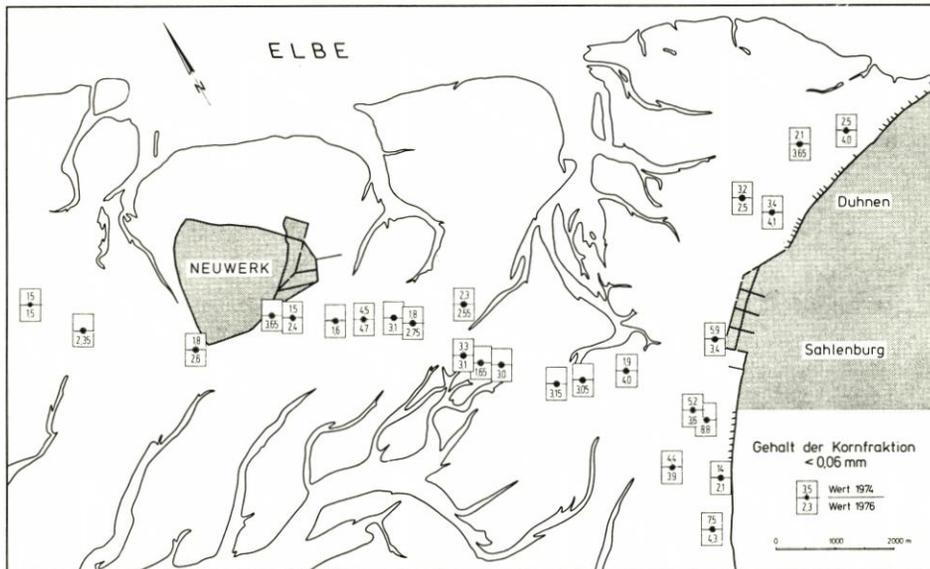


Abb. 6. Lage der Probepunkte mit Angabe in Prozent des Gehalts an Korngrößenfraktion $< 0,063$ mm (= Schluff- und Tongehalt). In einigen Punkten unmittelbar an der Küste ist der Schluff- und Tongehalt nach der Sturmflut 1976 gegenüber den Werten von 1974 gesunken. Auf der Wattenwasserscheide zeigen die meisten Proben aber einen geringfügigen Anstieg der Schluff- und Tonwerte (REINECK, 1976, Abb. 1)

untersucht (REINECK, 1976). Die Umlagerungstiefe (Erosion und Resedimentation) betrug im Mittel 5 cm (Abb. 5). Ein Gesamtverlust an Watthöhe war nicht erkennbar, denn die relativ unbeweglichen adulten Sandklaffmuscheln saßen in ihrer normalen Lebenstiefe im Boden. Der Schlickgehalt der Sedimentproben (analysiert wurden nur die umgelagerten obersten Zentimeter) war weder gestiegen noch – was eigentlich anzunehmen gewesen wäre – gesunken (Abb. 6).

Es muß zudem gefragt werden, woher der Schlick überhaupt kommen kann. Eine deutliche Abhängigkeit der Schlickzufuhr durch Flüsse und Tiefs zeigen die Watten vor der Wurster Küste, wo GÖHREN (1975) aufzeigen konnte, daß der Schlickgehalt auf diesen Watten von der Weser zur Elbe in starkem Maße abnimmt. Während an der Elbe die Watten nur Zuflüsse haben, die sandige Geestgebiete entwässern und damit keine nennenswerten Sinkstoffe mitbringen, entwässern die Tiefs im Süden des untersuchten Gebiets kleihaltige, tiefgründige Marschen. Schlickzufuhr durch einmündende Tiefs scheidet also für die Watten in Elbnähe aus. Eine Erosion von Kleilagen durch große Watrinnen findet nirgends statt. Mit großer Sicherheit ist die Verschlickung des Wattgebietes am Hindenburgdamm auf diese Art der Schlickquelle zurückzuführen (WOHLENBERG, 1954). Da solche Gegebenheit im Scharhörn/Neuwerker Watt nicht besteht, ist ein Vergleich mit dem Hindenburgdamm-Gebiet nicht möglich. Im Falle des Scharhörn/Neuwerker Wattes ist damit die Hauptquelle des Schlicks die Elbe. Alle anderen Schlickquellen sind hier praktisch zu vernachlässigen. KLUG verweist in seinem Gutachten zwar auf Kleibänke im Untergrund. Jedoch schon bei der früheren Trassenführung, die KLUG diskutierte und die nicht auf der Wasserscheide lag (Abb. 1), hätten die sich eintiefenden Priele keine der in der Tiefe erbohrten Kleibänke erreicht. Eine Zunahme des zur Verfügung stehenden Sinkstoffgehaltes durch die zu erwartende Eintiefung des Buchtloch-Prielsystems, wie es KLUG (1974) annimmt, kann vernachlässigt werden. Nach den Berechnungen von PARTENSKY et al. (1972) würde man bei der Verlängerung des elbseitigen Prielsystems mit einer Erosion von $4 \cdot 10^6$ m³ Sediment rechnen müssen. Nach den Bohrungsanalysen von LINKE (1970) haben die zur Erosion kommenden Sande einen durchschnittlichen Schluffgehalt von etwa 6 %. Das ergibt $24 \cdot 10^4$ m³ Schluff und Ton und ist etwa ebensoviel, wie bei einer einzigen Sturmflut über das Neuwerker Watt an Sinkstoffen transportiert wird. (Die Angabe der transportierten Feststoffmenge bei Sturmfluten findet sich bei GÖHREN [1971], Abb. 44). Die von dem Prielsystem erodierte Sinkstoffmenge würde jedoch erst im Verlauf einer längeren Zeit, d. h. im Zeitraum von Monaten bis Jahren, freigesetzt. Außerdem wird der Sinkstoff mit dem ablaufenden Wasser in jeder Tide in die Elbe gebracht und von dort nur teilweise zurückkehren. Selbst wenn diese Menge erhalten bliebe, würde sie im Schutzbereich des Dammes nur eine Schlickschicht von 2 cm ergeben. Bei der neuen Trassenführung auf der Wattenwasserscheide entfällt aber auch diese Schlick-„Quelle“, da die Priele nicht zusätzlich eintiefen. Eine Ausnahme bildet der Zwickel; hier ergeben die Bohrungen von LINKE (noch unveröffentlicht) Klei- und Torfbänke in geringer Tiefe. Dieses Gebiet ist durch die Zwickelform und den damit verbundenen Schutz zum größten Teil ein potentiell Ablagerungsgebiet, und nur sehr flache Priele dürften dort die Entwässerung übernehmen. Diesen Prielen fehlt aber jegliche Kraft zur Tiefenerosion, so daß auch diese Quelle für eine Verschlickung des Wattgebietes ohne jegliche Bedeutung ist. Die Hauptquelle des Schlicks bleibt also die Elbe. Nach den Sinkstoffuntersuchungen von CHRISTIANSEN (1974) führt die Elbe die Hauptmenge an der Nordseite entlang. Der Wasserkörper, der das Scharhörn/Neuwerker Watt überflutet, besteht also aus dem sinkstoffarmen Wasser der Elbe, wozu noch besonders sinkstoffarmes Wasser der freien See hinzukommt. Wie die Untersuchungen von REINECK (1975) für das Scharhörn/Neuwerker Watt ergaben (siehe auch SIMON, 1957, und GÖHREN, 1975), besteht das gesamte Watt nur aus Sanden und schlackigen Sanden, die nur Spuren oder zumindest äußerst geringe Mengen an Schluff und Ton enthalten (REINECK, 1975, Abb. 16). Ein weiterer sichtbarer Beweis sind die unter optimalen Verhältnissen für Schlickanreicherung im Gebiet zwischen Leitdamm und Neuwerker Watt abgesetzten Sedimente, die nach den Korngrößenanalysen von REINECK (1975) keine Schlicke, sondern nur anschlickige Sande darstellen (Abb. 7, 8, 9). Auch

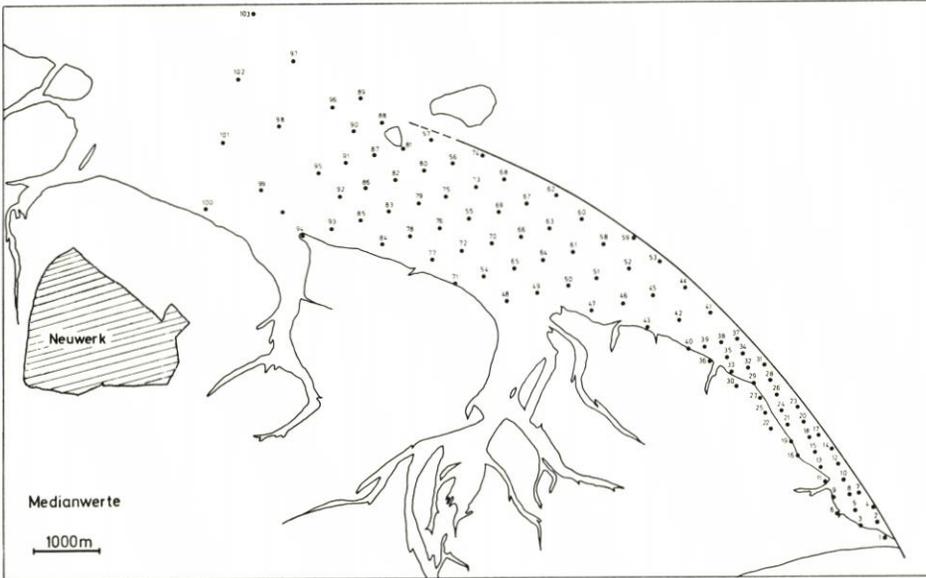


Abb. 7. Lage der Probeentnahmepunkte 1974 im Neuwerker Fahrwasser, um abschätzen zu können, auf welche Punktdichte sich die flächenhafte Darstellung in Abb. 8 stützt (REINECK, 1975, Abb. 18)

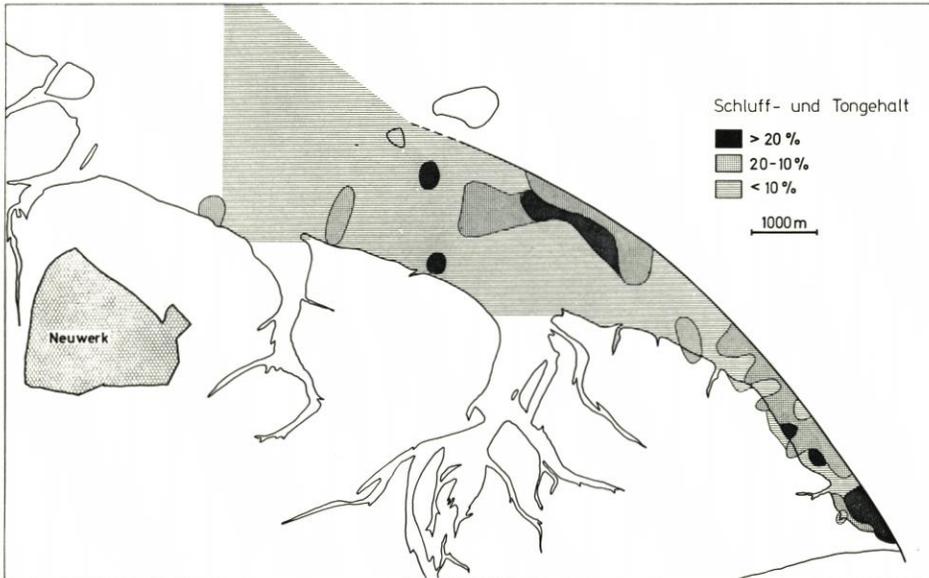


Abb. 8. Verteilung der Sedimente nach dem Schluff- und Tongehalt im Neuwerker Fahrwasser (REINECK, 1975, Abb. 20)

das von KLUG (1973) erwähnte Randwatt im Winkel zwischen der Küste und dem Leitdamm, das nach KLUG einer potentiellen Überschlickung unterliegen wird, ist bis heute (Begehung am 24. November 1975) nicht zum Schlickwatt geworden. Nur eine wenige

Zentimeter dicke und in der Ausdehnung sehr begrenzte Schlicklage steht dort an. Diese Schlicklage ist das Ergebnis einer kurzzeitigen Ausnahmebedingung und wird z. Z. auch wieder erodiert. Das gesamte Sediment dieses Randwatts ist reinsandig. Der Winkel zwischen Leitdamm und Watt wird sich zwar weiter auffüllen, aber mit Annäherung an das durch Seegang energiereichere höhere Wattniveau werden auch in dem Winkel die Sedimente noch sandreicher. Zudem ist zu erwarten, daß sich im Winkel eine Rinne bildet, die dann die Entwässerung übernimmt, wenn der Leitdamm bei fallendem Wasser auftaucht. Da auf dem Watt auch nach den Vorstellungen von KLUG (1974, Abb. 16) Abtragung vorherrschen wird – auch die senkrechten Buhnen zum Küstenschutz vor Längserosion beweisen dies –, wird in den Winkel vom Watt her laufend Sand hineinbefördert und so das dort zur Ablagerung gelangende Sediment mit Sand anreichern.

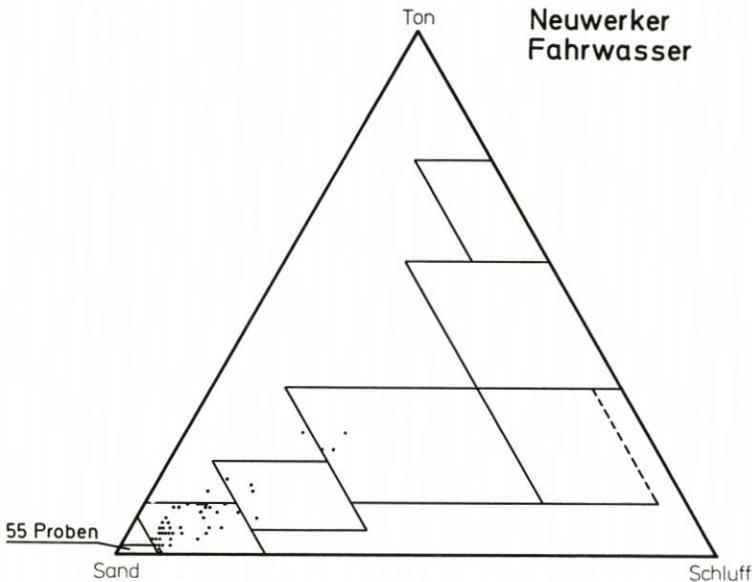


Abb. 9. Darstellung der Sedimente aus dem Neuwerker Fahrwasser. Der Schluff- und Tongehalt ist in dieser Sedimentfalle sehr gering (REINECK, 1975, Abb. 22)

Neben einer möglichen schmalen Zone im Seegangsschatten des Dammes, in der anschlickige Sedimente abgelagert werden können, ist als potentielles Absatzgebiet für Schlick nur der Zwickel zu nennen. Bei der geringen Schlickzufuhr, die für das gesamte Gebiet jedoch besteht (vgl. auch REINECK, 1975), wird diese Verschlickung nur außerordentlich langsam voranschreiten. Dies bezeugt auch der geringe Erfolg der Verlandungsmaßnahmen vor der Küste. Das gesamte Watt als solches wird nicht verschlickt, denn auch ohne Damm wird dieses Watt im Tiderhythmus von der Elbe her bewässert, entsprechend einer Überflutungsrichtung von der Elbe zur Ostertill (Abb. 10). Nur bei Sturmfluten findet eine Umkehr der Überflutungsrichtung statt (GÖHREN, 1969). Ansonsten bleiben die heute herrschenden hydraulischen Bedingungen auch nach dem Dammbau bestehen.

Der oft zitierte Buchteneffekt, der zu einer randlichen Verschlickung führen soll, kann weiterhin durch das Beispiel der Meldorfer Bucht widerlegt werden. Auch dort liegt eine Bucht gleicher Größe vor, ohne daß Anzeichen von Verschlickung vorhanden wären.

Unabhängig von obigen kausal-hydrographischen Schlüssen besteht folgende physikalisch noch nicht belegte Erwägung: Relativ alte, freiliegende Wattmassive vor Dithmarschen (z. B. Marner Plate) scheinen durch Jahrhunderte hindurch einen merkwürdig konstanten Abstand zwischen Oberflächenhöhe und dem MThw trotz des säkularen Wasseranstiegs einzuhalten. Es ist eine Frage, ob diese, bisher anscheinend auch für das ganze Neuwerker Watt geltende Regel auch für die getrennten Teilgebiete gültig bleibt. Vieles spricht dafür, u. a. die Tatsache, daß auf ihnen der ortsständige Seegang etwa wie vorher besteht.

Es stehen aber noch weitere Vergleichsmöglichkeiten zur Verfügung, daß Dämme bzw. künstlich angelegte Buchten nicht etwa naturgesetzlich zur Verschlickung führen. Beispiele hierfür wären die Badebucht Büsum und die allerdings sehr kleine Bucht des Geniusstrandes in der sehr schlickreichen Jade.

Ein echter Vergleich des Neuwerker Dammprojektes mit einem Damm in einem anderen Wattgebiet der Deutschen Bucht ist kaum möglich; alle stehen unter anderen Verhältnissen. Am ehesten ähnlich ist noch der benachbarte Damm vor der Spitze des Friedrichskooges (KÖNIG, 1943). Aber auch da gibt es erhebliche Unterschiede und viel Unvergleichbares (Tab. 2). Die Verschlickung am Friedrichskoog ist besonders deshalb anders, weil es sich hier hauptsächlich um die Auffüllung eines tiefen Prieles handelte – eine Sedimentfalle. Das ist bei dem hohen, flachen Watt bei Sahlenburg–Neuwerk nicht der Fall.

Tabelle 2

Vergleich der Dämme Friedrichskoogspitze und Neuwerker Watt

	Friedrichskoogspitze	Neuwerker Watt
Lage im Gelände	ganz nach WSW	geschwungen NWN
Lage zur Hauptströmung	mehr oder weniger senkrecht dazu	teils parallel, teils senkrecht dazu
Länge	2 km, nur $\frac{1}{5}$ der Länge des Wattrückens ausmachend	20 km, Gesamtlänge des Wattrückens ausmachend
Sedimentationsverhältnisse	a) tiefer, stillgelegter Priel als Sedimentfalle b) Kolkung vor Kopf, dort Abtrag c) ohne wesentlichen Einfluß auf die restlichen $\frac{4}{5}$ der Wattrückenlänge	a) keine tiefen Priele als Sedimentfalle b) keine Kolkung vor Kopf c) aber Beeinflussung des gesamten Wattrückens in einem schmalen Streifen
Sedimente	erhebliche Anteile von Schlick im benachbarten Watt	wenig Anteile von Schlick im weiteren Gebiet
Zweck	Prielabriegelung am Festland	unabhängig von Wattzuständen – verkehrstechnische Gründe

Noch weniger vergleichbar sind die Dammbauten im nordfriesischen Bereich: Nordstrander Damm, Buhndämme nach Nordstrandischmoor und Oland und besonders der Hindenburgdamm. In allen diesen Fällen liegen völlig andere Sedimentverhältnisse vor; in der näheren und weiteren Umgebung besteht an der Oberfläche und in den tieferen Lagen ein hoher Schlickanteil.

Um den Zwickel für den Bade- und Erholungsbetrieb sinnvoll zu nutzen, sollten in

die Überlegungen einer zukünftigen Gestaltung der Küste folgende Vorschläge mit einbezogen werden:

- a) Auffüllung des Zwickels durch Aufspülen mit der Möglichkeit der Anlage eines Badesees und Freizeitgeländes.
- b) Das Lahnungsgebiet zwischen dem Sahlenburger Strand und dem Strand vor Duhnen sollte abgetragen und gleichfalls dem Badegelande zugeschlagen werden. Hierzu sind jedoch Überlegungen anzustellen, inwieweit das Verlandungsgebiet nicht Längsströme unterbricht und damit vor einer Küstenerosion schützt.

Ein letztes Wort muß zur Sandzufuhr gesagt werden. Die natürliche Sandzufuhr aus dem Süden durch Abbruch des Dünenkliffs ist durch Schutz- und Bebauungsmaßnahmen schon seit Jahrzehnten gestoppt. Nach dem Dammbau ist sogar mit einer neuen Sandzufuhr zu rechnen, die durch sekundäre Triftströmungen aus den elbseitigen Prielen stattfinden wird. Zu dieser Annahme führt die Untersuchung von LUCK (1970), wonach bei Westwinden nach dem Dammbau strandparallele Triftströmungen erhalten bleiben. Bei Winden aus S, SW, W und sogar bei NW bleibt nach GÖHREN (1974, Abb. 8) eine nordöstlich gerichtete Triftströmung an der Küste bestehen. Durch diese Triftströmung wird elbseitiges Wasser als die oben erwähnte sekundäre Triftströmung aus den Prielen auf das Watt geführt. Man wird von der sekundären Triftströmung auch Sandtransport auf das Watt hinauf erwarten können.

Sandzufuhr wird auch vom Damm her stattfinden. Bei schweren Stürmen ist damit zu rechnen, daß sich das untere Dammpprofil, das dem natürlichen nassen Strand und dem trockenen Strand entspricht, verändert, d. h. unter Umständen verflacht, indem Sand nicht nur im Längstransport verlagert wird, sondern indem hier Sand abgetragen und aufs Watt verfrachtet wird. Zum Teil wird Sand vom Damm auch äolisch ausgeblasen und aufs Watt transportiert werden. W- und NW-Winde werden mit solchen Erscheinungen die uns besonders interessierende N-Seite des Damms verändern. Hierbei wird ein gewisser Sandanteil auch in den Zwickel gelangen, sofern man ihn als Wattfläche bestehen läßt.

7. Biologische Verhältnisse

Biologische Vorgänge, die vom Dammbau abhängig sind, können nicht so deutlich vorausgesagt werden wie abiotische Vorgänge im hydrologischen und im physikalisch-sedimentologischen Bereich, denn Lebewesen sind grundsätzlich etwas anderes als leblose Materialien, und sie sind noch mannigfaltiger und verwickelter von biotischen und abiotischen Außenfaktoren abhängig.

Die Beantwortung solcher mit dem Dammbau zusammenhängender biologischer Fragen muß, soweit überhaupt möglich, in erster Linie aufgrund der bisher in diesem Gutachten besprochenen hydrologischen und sedimentologisch-morphologischen Feststellungen und Voraussagen versucht werden, denn Pflanzen und Tiere hängen in ihren Ansiedlungs- und Lebensmöglichkeiten zunächst von solchen abiotischen Faktoren ab. Zu diesen gehören auch meteorologische Erscheinungen wie die Temperatur (tödliche Frostperioden, Austrocknen in heißen Sommern bei ablandigen Winden). Daneben können aber auch biotische Faktoren, wie die gegenseitige Raum- und Nahrungskonkurrenz sowie Feinde, eine wesentliche Rolle spielen.

Andererseits haben die Organismen auch Einfluß auf die sedimentologisch-geologischen Gegebenheiten. Folgende Beispiele von häufigen Watt-Tieren seien genannt:

Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) filtrieren die im vorbeiströmenden Wasser schwebenden Kleinpartikel und scheiden das Unverdauliche (was oft den größten Teil ausmacht) in Gestalt von geformten und einigermaßen dauerhaften Kotpillen wieder aus. Diese festen, relativ schweren Bröckchen sinken schnell zu Boden; und so kann sich selbst auf sandigem Watt im Bereich einer Miesmuschelbank (die sich vielleicht auf Muschelschalen oder Steinen hat bilden können) eine beträchtliche Schlickansammlung bilden.

Ähnliche Schlickbildung geschieht auf Herzmuschelsiedlungen; Herzmuscheln (*Cardium edule*) sind ebenfalls Filtrierer. Doch sind die Kotpillen dieser Muscheln nicht so formbeständig. Sie zerfallen schneller und können durch Wellen und Strömungen bald verteilt und verfrachtet werden.

Besonders formbeständig sind die winzigen eiförmigen Kotpillen des roten Schlickwurms (*Heteromastus*). Sie werden allerdings nicht aus schwebendem Material gebildet, sondern – da der Wurm seine Nahrung im Boden sucht – aus schon abgelagertem Schlick. Doch bewirkt vermutlich die Festigkeit dieser kleinen „Pillen“, welche als Häufchen vom Wurm an der Oberfläche abgelagert werden, daß das Schlickmaterial weniger leicht abgebaut wird.

Demgegenüber verhindert der Wattpierwurm (*Arenicola marina*) im großen und ganzen die Verschlickung seines Wohngebietes. Er wühlt die obersten Sedimentschichten infolge seiner Größe und seiner Lebensweise (Einsaugen von Oberflächensand und Ausstoßen von Sandwürstchen) durch und verdaut die wenigen darin enthaltenen organischen (schlickigen) Anteile. Das Relief im dichtbesiedelten Sandwurm watt, wo über 100 Häufchen und Trichter auf 1 m² vorhanden sein können, gibt bei windigem Wetter (nicht so bei ruhigem) den Wellen die Möglichkeit des umlagernden und entschlickenden Angriffs.

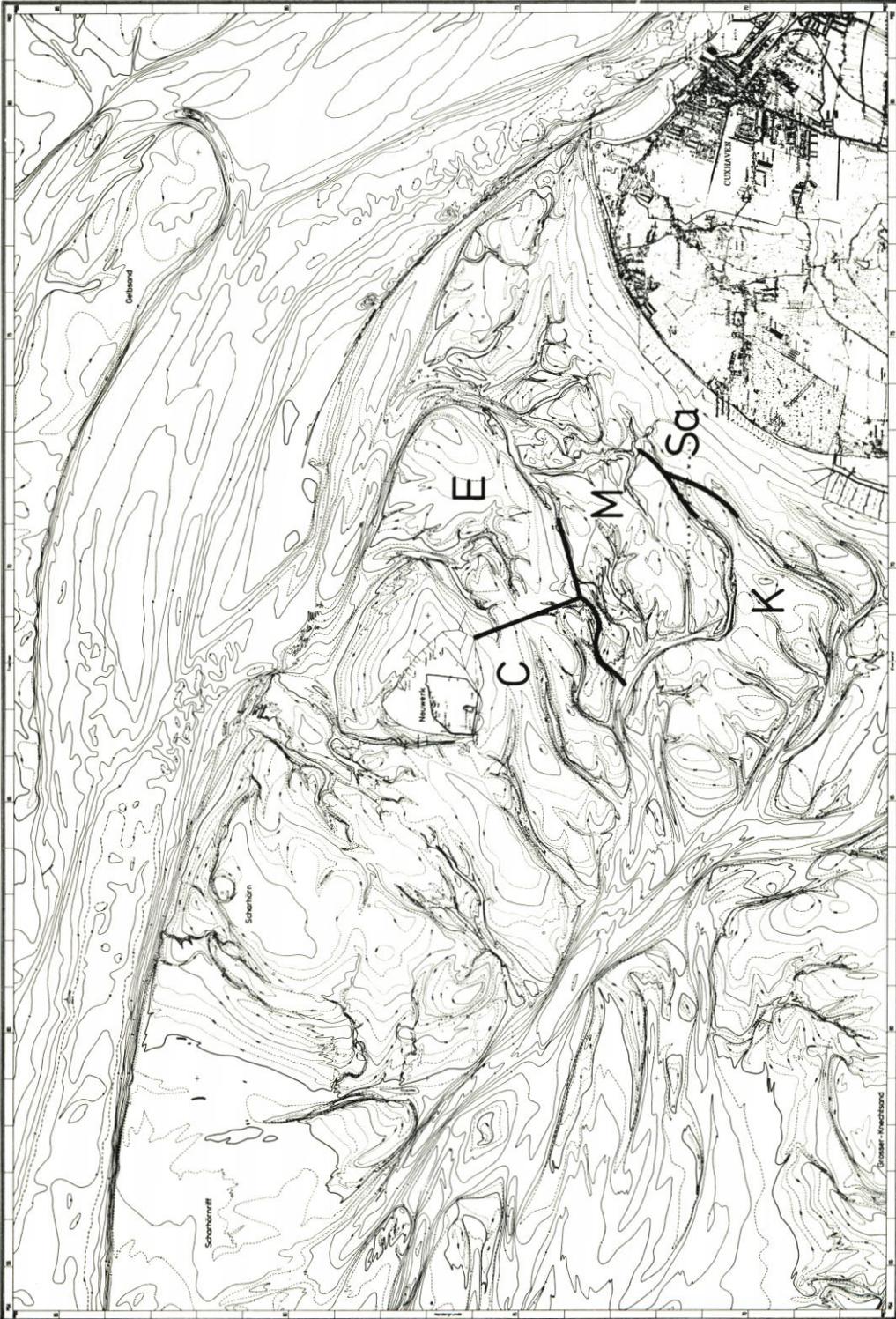
Die Siedlungen des kleinen polychaeten Wurmes *Pygospio elegans* im Schluff- und Feinsandwatt sind Stellen, wo das Sediment relativ fest gelagert ist, denn die aus Sandkörnchen gebauten Wohnröhren (oft weit über 100 auf 1/100 m²) bilden ein wurzelähnlich-filziges Geflecht im Sand.

Die typischen Siedlungen von Klaffmuscheln (*Mya arenaria*) im Schluff- oder Schlicksandwatt sind in ruhigen Jahren hinsichtlich der Sedimentstabilität indifferent. Erst bei häufigen stürmischen Wetterlagen, wenn die Wattoberfläche von Wellen und Strömungen abradert wird oder Priele sich verlagern, kommen Klaffmuscheln in den Aktionsbereich. Werden die obersten 20 cm des Watts oder Prielrandes abgetragen, dann ragen die seßhaften, senkrecht im Boden steckenden Muscheln heraus und sterben ab. Die Schalen bieten wie eingekeilte Steine zunächst noch größeren Widerstand gegen Erosion als das reine Sediment, sie werden dann aber doch oft freigespült. Die schüsselförmigen Schalenhälften werden schließlich vom Wasser als dichtes Pflaster auf die Wattoberfläche gepackt, wobei sich zwischen ihnen noch Sediment ansammelt. So bilden sie wieder einen festen, schwer zerstörbaren, aber für die Bodenfauna auch ziemlich lebensfeindlichen Untergrund.

Von den beiden im Watt vorkommenden Seegrasarten hat nur das Zwergseegras (*Zostera nana* Roth = *Z. noltii* [Hornem.]) Bedeutung für die Sedimentation. Es bildet auf trockenfallendem Schluffwatt stellenweise und jahresweise großflächige Siedlungen aus runden Einzelhorsten von 1 m oder mehr Durchmesser. In dem Wurzelfilz wird (ähnlich wie bei *Pygospio*) das Sediment gut festgehalten. In dem feinen, flutenden Blätterrasen hat es Ablagerungsmöglichkeit. So ragen die Zwergseegras-Horste oft als flache Buckel über die übrige Wattoberfläche.

Die Sedimente im Watt bestehen nicht nur aus anorganischen, abiotisch entstandenen Sanden, Tonen und evtl. Kalkausfällungen, sondern dazu gehören auch die Fülle der organischen oder organogenen Anteile. Diese machen geradezu die Eigentümlichkeit von

3:54 Rechts 5:67 Hoch NEUWERK



Aufnahme 1974/75
Bearbeiter von der Forschungs- und Kartographiestelle Neuwerk
10 V 19

1:5000
Die Höhen- und Tiefenlinien basieren auf 1:5000 - im 1:5000

Dünen-Konturband

Ab. 11. C, E, M, K, Sa = die biologisch kartierten Teilgebiete des Watts zwischen Sahlenburg und Neuwerk (nach OHDE, unveröff.)

Wattsedimenten aus. Da gibt es vor allem Kieselanteile von Diatomeen, Kiesel-Geißelalgen (*Silicoflagellaten*), Kieselschwämmen sowie Kalkanteile von Kalk-Geißelalgen (*Coccolithophoriden*), Foraminiferen, Kalkschwämmen, Stachelhäutern, Schnecken, Muscheln, Tintenfischen, Krebsen und Wirbeltieren. Ferner sind in den Wattsedimenten beträchtliche Mengen organischer Bestandteile (Reste von Pflanzen und Tieren), besonders in Form von Cellulose, Chitin und ähnlichem.

Wenn auch das Thema des Gutachtens nur auf die Sedimente gerichtet ist, so kann doch nicht unbeachtet bleiben, daß das Watt keine unbelebte Sand- oder Tongrube, sondern ein von reichhaltigem Leben erfüllter Naturraum ist; einige Erscheinungen in dieser Hinsicht wurden soeben erwähnt. Deshalb darf die Rolle der Organismen nicht nur in der Bedeutung für die Sedimentologie gesehen werden, sondern im Zusammenhang dieses Gutachtens muß auch auf die sonstige Bedeutung der Pflanzen und Tiere wenigstens andeutend hingewiesen werden – zumal allenthalben wieder Beziehungen zu den Sedimenten vorhanden sind.

Diese Bedeutung liegt ökologisch vor allem in der hohen Stoffproduktion, der starken Stoffumsetzung und in der Rolle der Organismen innerhalb von Nahrungsketten bis hin zur fischereilichen Nutzung durch den Menschen.

Die Fauna des Sandwatts, wie es hier großflächig vorherrscht, hat besonders in ihren kleinen, oberflächennah siedelnden Vertretern (Würmer, Muschel-Jungtiere, Schnecken, Kleinkrebse) Wert als Nahrung für Fische (zur Zeit der Wasserbedeckung) und Vögel (zur Zeit des Trockenliegens). Weniger wichtig sind in dieser Hinsicht die großen Mengen der tiefer sitzenden Wattwürmer (*Arenicola*). In den feinkörnigen Sedimenten, z. B. in den Einzugsgebieten von Prielen, sind besonders die Schlickwürmer (*Nereis diversicolor*) als Vogel-, aber auch als Fischnahrung hervorragend wichtig. Dazu kommen auch hier Muscheln in verschiedenen Altersstufen, besonders Herzmuscheln (*Cardium*) und Tellermuscheln (*Macoma*).

Durch das bloße Vorhandensein des Damms würde im Neuwerker Watt eine starke Flächenverringerung eintreten. Diese würde bei 9 km Dammlänge und 542,5 m Dammbreite etwa 490 ha ausmachen. Auf dieser Fläche leben, wenn man von den vorliegenden Erfahrungen anderwärts ausgeht, ca. $\frac{1}{3}$ kg Tiere pro m² (Frischgewicht einschließlich Schalen); das wären auf den 490 ha etwa 1600 t tierische Substanz.

Bei der Überlegung, ob durch den Dammbau biologische Veränderungen (Flora, Fauna, Biotope) bewirkt würden, ist von den derzeitigen biologischen Gegebenheiten im Neuwerker Watt – nicht nur im engsten Dammbereich – auszugehen. Die biologischen Erscheinungen wie Vermehrung, Verminderung, Verschwinden, Neubesiedlung, jahreszeitliche und jahresweise Unterschiede in den Organismenbeständen sind durch eine große Zahl von miteinander in Beziehung stehenden, oft sich ergänzenden oder sich aufhebenden Faktoren bedingt.

Für das Neuwerker Watt liegen die Bestandsaufnahmen von OHDE vor (aus dem Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg, Geschäftsführender Direktor Prof. Dr. H. CASPERS), welche dankenswerterweise für die vorliegende Betrachtung zur Verfügung gestellt wurden. Sie wurden in mehreren Arbeitsabschnitten in den Jahren 1965 bis 1969 durchgeführt, wobei jedes Gebiet einmal kartiert wurde. Die für die vorliegende Auswertung vor allem in Frage kommenden Wattabschnitte sind die Gebiete Sa, M, E, C (Abb. 11) mit 28 bzw. 78, 74, 96, also insgesamt 276 Untersuchungsstationen.

In Tab. 3 sind die von OHDE im Scharhörn/Neuwerker Watt gefundenen Tiere und zwei Pflanzenarten aufgeführt. Sie alle sind in irgendeiner Hinsicht kennzeichnend für

Tabelle 3

Tierliste des Neuwerk/Scharhörner Watts (nach OHDE)
 eingerahmt = sedimentologisch wichtige Art; unterstrichen = anderweitig wichtige Art (besonders
 als Nahrung für andere Tiere); (in Klammern) = auf dem Watt zwischen Festland und Neuwerk
 nicht nachgewiesene Art

<u>Cardium edule</u> L.	<i>Magelone papillicornis</i> FR. MÜLL.
<u>Macoma baltica</u> (L.)	(<i>Paraonis fulgens</i>) (LEVINS.)
<u>Mya arenaria</u> L.	<i>Tharyx marioni</i> (SAINT-JOS.)
<u>Hydrobia</u> sp.	<i>Heteromastus filiformis</i> (CLAP.)
<u>Nemertini</u>	sonstige <i>Capitelliden</i>
<u>Eunoë nodosa</u> (SARS)	<u>Arenicola marina</u> (L.)
<u>Anaitides groenlandica</u> (OERSTED)	<i>Peloscolex benedeni</i> UDEKEM
<u>Eteone longa</u> (FABR.)	(sonstige <i>Oligochaeten</i>)
<u>Nereis diversicolor</u> MÜLL.	<u>Bathyporeia sarsi</u> WATKIN
<u>Nephtys hombergi</u> AUD. et M. EDW.	<u>Bathyporeia pilosa</u> LINDSTR.
<u>Scoloplos armiger</u> (MÜLL.)	(<i>Haustorius arenarius</i>) (SLABBER)
<u>Scolelepis squamata</u> (MÜLL.)	<i>Urothoe grimaldi</i> poseid. REIB.
<u>Scolelepis foliosa</u> (AUD. et M. EDW.)	<u>Corophium volutator</u> (PALL.)
<u>Spio filicornis</u> (MÜLL.)	(<i>Zostera</i>)
<u>Pygospio elegans</u> CLAP.	(<i>Ulva</i>)
<u>Polydora ciliata</u> (JOHNST.)	(<i>Laomedea</i>)

dieses Watt und haben dabei ihre Bedeutung und ihren ökologischen Wert. Nicht alle aber sind großflächig verbreitet, zahlreich oder in dichten Siedlungen vorhanden. Und selbst die dicht und großflächig siedelnden Formen sind nicht alle für die hier zu behandelnden Sedimentprobleme von Bedeutung. Deshalb ist in Tab. 3 die spezielle Bedeutung der einzelnen Arten erwähnt, falls im vorliegenden Zusammenhang etwas darüber zu sagen ist. Die durch Einrahmung gekennzeichneten Arten sind hinsichtlich der Sedimentologie wichtig, die durch Unterstreichung gekennzeichneten aus anderen Gründen, besonders als Nahrung für andere Tiere oder wegen ihrer Häufigkeit und Biomasse.

Von den im Boden lebenden Tieren ist in OHDES Tabelle nicht die Pfeffermuschel (*Scrobicularia piperata*) erwähnt, ein typischer Bewohner des mindestens 20 cm tiefen Schlickwatts. Solches, für sie geeignetes Watt scheint es für sie im Gebiet nicht zu geben, und deshalb kommt sie nicht vor. Bei Vorhandensein hätte OHDE sie sicher gefunden.

Nicht erwähnt sind bei OHDE individuenreich im Watt vorkommende, auf dem Boden lebende Arten: Miesmuschel (*Mytilus*), Strandschnecke (*Littorina littorea*) und Strandkrabbe (*Carcinus*) – abgesehen von den freier beweglichen Wasserbewohnern, welche wenigstens zum Teil bei Ebbe das Watt verlassen: Garnele (*Crangon*), Wattgrundel (*Gobius microps*) und junge Plattfische.

Über etwaige Veränderungen der Tierbestände infolge des Dammbaus und seiner sedimentologischen Folgen ist – außer dem oben aufgezeigten Totalverlust einer Wattfläche zwischen Festland und Neuwerk von 490 ha – folgendes anzuführen:

Wenn das Watt, wie es nach den hydrologischen und geologisch-sedimentologischen Darlegungen anzunehmen ist, sandig bleiben würde, wären wenig wesentliche biologische Veränderungen zu erwarten.

Wenn – entgegen der Erwartung – stellenweise Verschlickung einträte, würden sich bei geeigneter Höhenlage (Überflutungsdauer) mehr schlickliebende Tiere als Massenformen ansiedeln als bisher. Am höchsten hinauf, bis an die MThw-Grenze, würde der Schlickwurm *Nereis diversicolor* vordringen, etwas weniger hoch *Heteromastus filiformis*. Beide Arten sind aber keine Schlicksampler, würden also nicht zu einer Vermehrung der Schlickablagerungen beitragen. Ob es Stellen mit stärkerer Herzmuschel-Neubesiedlung geben würde, ist nicht vorauszusagen. Durch diese Muschel (Filterier) würde nur leichtbeweglicher Schlick gebunden werden. In Dammnähe und in dem „Zwickel“ vor Sahlenburg würden geschlossene Herzmuschelsiedlungen wegen der zu geringen Überflutungsdauer und der ungünstigen Strömungsverhältnisse nicht zu erwarten sein. Daß es in Dammnähe zu größeren Miesmuschelbänken kommen könnte, ist aus den gleichen Gründen unwahrscheinlich. Das Aufkommen stärkerer Bestände von Pfeffermuscheln wäre ebenfalls unwahrscheinlich, da diese Art, wie schon gesagt, größere Schlickmächtigkeit braucht.

Wenn durch den Dammbau als indirekte Wirkung eine stärkere Ausräumung, Ab- rasion und Erosion, im Wattstrandgebiet auf der Nord- oder Südseite erfolgen würde, könnte es stellenweise zum Absterben von Herzmuschel- und Klaffmuschelsiedlungen, zur Bildung von Schalenanhäufungen auf dem Watt und von Schalenpflastern in Prielnähe kommen.

Dort, wo zwischen Arensch und Sahlenburg der Zwickel am Damm entstehen würde, sind in den oberen, strandnahen Bereichen das Watt und das Verlandungsgebiet schon jetzt kein idealer Lebensraum für Watt-Tiere, denn sie liegen bei NN + 1,50 m bis NN + 2,00 m und darüber, d. h. etwa 0 bis 60 cm über MThw. Dort, wo Erholungsbetrieb am Strand herrscht, ist infolge des ständigen Zertretens des Untergrundes usw. während der Sommerzeit ohnehin das Leben der Watt-Tiere schon stark beeinträchtigt und vermindert.

8. Schriftenverzeichnis

- CHIANG, C. W. u. ANDERSON, I. U.: Flocculation of clays and soils by organic compounds. Soil Sci. Soc. of Am., Proc., 32, No. 1, 1968.
- CHRISTIANSEN, H.: Über den Transport suspendierter Feststoffe in Ästuarien am Beispiel der Elbmündung bei Neuwerk. Hamb. Küstenf., H. 28, 1974.
- FÜCHTBAUER, H. u. REINECK, H.-E.: Porosität und Verdichtung rezenter, mariner Sedimente. Sedimentology 2, 1963.
- GADOW, S.: II. Sediment und Chemismus. In: REINECK, H.-E. (ed.), Das Watt, Ablagerungs- und Lebensraum. Kramer Verlag, Frankfurt a. M. 1970.
- GÖHREN, H.: Die Strömungsverhältnisse im Elbmündungsgebiet. Hamb. Küstenf., H. 6, 1969.
- GÖHREN, H.: Hydrodynamische und küstenmorphologische Probleme bei der Planung des Tiefwasserhafens Neuwerk/Scharhörn. Jahrb. der Hafenbaut. Ges., Jg. 33, 1972/73.
- GÖHREN, H.: Strombeobachtungen an Langzeit-Meßstationen im Watt. Die Küste, H. 25, 1974.
- GÖHREN, H.: Die Sedimente im küstennahen Watt zwischen Elbe und Weser. Hamb. Küstenf., H. 33, 1975.
- KLUG, H.: Folgewirkungen des Ausbaus des Kugelbake-Leitdammes für das Watt- und Strandgebiet vor Cuxhaven. Stadt Cuxhaven (unveröff.), 1973.
- KLUG, H.: Untersuchungen über den Einfluß der geplanten Dammbauten und Flächenaufspülungen für den Tiefwasserhafen Neuwerk/Scharhörn auf die Watt- und Strandgebiete vor Cuxhaven. Stadt Cuxhaven (unveröff.), 1974.
- KÖNIG, D.: Vergleichende Bestandsaufnahmen an bodenbewohnenden Watt-Tieren im Gebiet des Sicherungsdammes vor dem Friedrichskoog (Süderdithmarschen) in den Jahren 1935–1939. Westküste, Kriegsh. 1943.

- KOSKE, P. H., KRUMM, H., RHEINHEIMER, G. u. SZEKIELDA, K.-H.: Untersuchungen über die Einwirkung der Tide auf Salzgehalt, Schwebstoffgehalt, Sedimentation und Bakteriengehalt in der Unterelbe. Kieler Meeresf. 22, H. 1, 1966.
- LAUCHT, H.: Ursachen und Ziele der Hamburger Küstenforschung an der Elbmündung. Hamb. Küstenf., H. 1, 1968.
- LAUCHT, H.: Berücksichtigung von Fragen der Umweltbeeinflussung bei der Planung des Tiefwasserhafens Neuwerk/Scharhörn. Freie und Hansest. Hamburg, Beh. für Wirtsch. und Verk., Strom- und Hafengebäudebau, 1973.
- LINKE, G.: Über die geologischen Verhältnisse im Gebiet Neuwerk/Scharhörn. Hamb. Küstenf., H. 17, 1970.
- LINKE, O.: Die Biota des Jadebusens. Helgol. wiss. Meeresunters. 1, 1939.
- LITTLE-GADOW, S. u. REINECK, H.-E.: Diskontinuierliche Sedimentation von Sand und Schlack in Wattedimenten, Senckenberg. mar. 6, 1974.
- LUCK, G.: Stellungnahme zur Stranderhaltung durch künstliche Sandzufuhr im Raume Döse, Duhnen und Sahlenburg. Jahresber. 1968 der Forschungsst. für Insel- und Küstensch. Norderney, Bd. 20, 1970.
- LÜNEBURG, H.: Die Oberflächenbeschaffenheit bestimmter Watttypen der Wesermündung. Veröff. Inst. Meeresf. Bremerhaven, 5, 1958.
- MÜLLER, C. D.: Fauna und Sediment in der Leybucht. Jahresber. 1959 der Forschungsst. für Insel- und Küstensch. Norderney, Bd. 11, 1960.
- NAUMANN, K.-E.: Vorwort zu dieser Schriftenreihe. Hamb. Küstenf., H. 1, 1968.
- NEIHOF, R. u. LOEB, G.: Dissolved organic matter in seawater and the electric charge of immersed surfaces. J. Mar. Res. 32, No. 1, 1975.
- OHDE, J.: Biologische Bestandsaufnahmen im Neuwerk-Scharhörner Watt. Unveröffentlichte Datensammlung.
- PAERL, H.: Detritus in Lake Tahoe, Structural modification by attached microflora. Science 180, 1973.
- PAERL, H.: Bacterial uptake of dissolved organic detritus in relation to detrital aggregation in marine and freshwater systems. Limnol. Oceanogr., 19, 1974.
- PAERL, H.: Microbial attachment to particles in marine and freshwater ecosystems. Microbial Ecology, 2, 1975.
- PARTENSKY, H.-W., HENSEN, W., SCHWARZE, H. u. RENGER, E.: Modellversuche für das Neuwerker Watt, 2. Teilber. Franzius-Inst. für Grund- und Wasserbau, TU Hannover, 1972.
- PARTENSKY, H.-W. u. RENGER, E.: Modellversuche für den geplanten Tiefwasserhafen Neuwerk/Scharhörn. Schiff u. Hafen, 26, 1974.
- PLATH, M.: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten. Westküste, Kriegsh. 1943.
- REINECK, H.-E.: Die Größe der Umlagerungen im Neuwerk/Scharhörner Watt. Hamb. Küstenf., H. 33, 1975.
- REINECK, H.-E.: Einwirkungen der vier Sturmfluten im Januar 1976 auf die Wattedimente zwischen dem Festland und der Insel Neuwerk. Hamb. Küstenf., H. 35, 1976.
- SIEFERT, W.: Über die Seegangintensität im Bereich der geplanten Dämme zwischen der Küste und Neuwerk. Forschungs- und Vorarbeitenst. Neuwerk, Planungsst. Nr. 27 (unveröff.), 1974.
- SIEFERT, W.: Einfluß verschiedener Dammvarianten (Plan 19) auf Hydrologie und Morphologie im küstennahen Watt. Forschungs- und Vorarbeitenst. Neuwerk, Planungsst. Nr. 33 (unveröff.), 1975.
- SIMON, W. G.: Sedimentpetrographische Kartierung des Neuwerker Watts im Sommer 1952. Die Küste, Jg. 6, H. 2, 1957.
- SINDOWSKI, K.-H.: Das ostfriesische Küstengebiet, Inseln, Watten und Marschen. Samml. geol. Führer, 57, 1973.
- WISSENSCHAFTL. AUSSCHUSS FÜR GESAMTÖKOL. FRAGEN: Hafenprojekt Scharhörn. Freie und Hansestadt Hamburg, Strom- und Hafengebäudebau, 1976.
- WOHLENBERG, W.: Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm. Die Küste, Jg. 2, H. 2, 1954.