

Die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz auf Norderney

Von Günter Luck

Summary

In the year 1937 the "Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz" (Research Station for Island- and Coast-Defence) of the "Niedersächsische Wasserwirtschaftsverwaltung" was founded on Norderney. During the first years of existence the Forschungsstelle primary was concerned with problems of morphological configurations within the compass of the east-frisian islands-especially in the oceanic region of Juist/Norderney. Beginning with the year 1955 the geographic territory of operation was extended to the whole coast of Lower Saxony. Besides a longtime mapping out for preservation of the momentary topographic configuration of the shores and for fixing historical states the coastal region is seized in biological respect. Further researches are carried out concerning actual building-projects for island- and coast-defence as well as ocean-traffic. These tasks are described in the following. The in the supplement reproduced classification of publications, edited by members of the Forschungsstelle, gives a general view of the variety of the researches treated since the existence of this institute.

Inhalt

A. Einführung	1
B. Die Aufgabengebiete	
1. Geologische Untersuchungen	3
2. Historisch-morphologische Untersuchungen	4
3. Vermessung und Kartographie	7
4. Biologie	14
5. Hydrometrie	15
6. Bodenmechanik	19
C. Ausblick	20
D. Schrifttum	21

Anhang

- a) Die Veröffentlichungen in den Jahresberichten der Forschungsstelle
- b) Veröffentlichungen von Mitarbeitern der Forschungsstelle außerhalb des Jahresberichtes

A. Einführung

Die Küste, das Watt und die vorgelagerten Inseln sind unter der Einwirkung des strömenden und brandenden Wassers im natürlichen Kräftespiel einem stetigen Gestaltwandel unterworfen. Der geschichtliche Kampf der Küstenbewohner um die Existenz ihres Lebensraumes zwang zunehmend zu Eingriffen in dieses Geschehen, indem sie die aufbauenden Kräfte des Meeres zu stützen und die zerstörenden abzuwehren versuchten. Das immerwährende und letztthin erfolgreiche Bemühen um Erhaltung und Gewinnung landwirtschaftlich nutzbaren Bodens und die Verbesserung seiner Ertragsfähigkeit durch großzügige landeskulturelle Maßnahmen gab der Küstenlandschaft ihr eigentümliches Gepräge. Deiche schützen das dem Meer abgerungene Land — die Marschen — vor Überflutungen. Siele und Schöpfwerke führen das

hinter den Deichen sich sammelnde Binnenwasser schadlos ab. Deckwerke, Wellenbrecher und hochgelegene Deichvorländer wirken der Brandung energieverzehrend entgegen. Leitwerke und Bühnen weisen das strömende Wasser in die gewünschten Bahnen. Durch nautische Anlagen (Betonnung, Peilobjekte usw.) wurde die sichere Verbindung auch kleinerer Häfen zum tiefen Wasser hergestellt und somit die Verkehrsfeindlichkeit des Küstenvorfeldes gemildert.

Die im Zuge dieser Entwicklung gewonnenen Erfahrungen führten schon frühzeitig zu der Erkenntnis, daß der Gestaltwandel der Küste und Inseln und damit auch die Beanspruchung ihrer Schutzwerke weiträumigen Wechselwirkungen unterliegt, die in den morphologischen Gestaltungsvorgängen auf den Watten und Inselstränden ihren sichtbarsten Ausdruck finden. Der mit dieser Erkenntnis verbundene Wunsch nach der meßtechnischen Erfassung dieser Vorgänge und ihrer kausalen Deutung als Grundlage und zur Ermöglichung funktionell geplanter Eingriffe in das natürliche Kräftespiel im Sinne des Insel- und Küstenschutzes konnte jedoch erst erfüllt werden, nachdem die technischen Voraussetzungen hierzu geschaffen waren und Messungen auch auf küstenfernere Gebiete ausgedehnt werden konnten.

Stellenweise auftretende Mißerfolge bei baulichen Eingriffen in das natürliche Kräftespiel und die Planung großräumiger Bauvorhaben im Küstenvorfeld verstärkten die Forderung, diese längst erwünschten Untersuchungen einzuleiten und vorwärts zu treiben. Durch die Einrichtung der „Staatlichen Forschungsabteilungen“ in Nordfriesland und Dithmarschen im Zuge des „10-Jahres-Planes Westküste“ (1933) wurde dieser Forderung im deutschen Küstengebiet zum Durchbruch verholfen (LORENZEN, 1938).

Nachdem die Staatlichen Forschungsabteilungen in Husum und Büsum ihre Arbeit aufgenommen und eine systematische Bestandsaufnahme des Dithmarscher sowie des nordfriesischen Wattes eingeleitet hatten und in einzelnen Fällen bereits eine Deutung des Geschehens gelungen war, wurde kurz darauf vor Beginn des zweiten Weltkrieges die „Forschungsstelle Norderney“ zur Ausführung ähnlicher Untersuchungen im ostfriesischen Küstengebiet ins Leben gerufen (1937). Verursacht durch die besorgniserregende Entwicklung an den Westköpfen der Ostfriesischen Inseln (insbesondere Norderney) infolge der dort festzustellenden Schrumpfung der Strände, blieben die Untersuchungen zunächst darauf beschränkt, die Abbrucherscheinungen in diesen Gebieten zu untersuchen und Gegenmaßnahmen zu erarbeiten.

Diese Untersuchungen waren bereits vorbereitet durch die grundlegenden Arbeiten GAYES (1935) und WALTHERS (1934), die die morphologischen Gestaltungsvorgänge in den ostfriesischen Seegaten und die Dynamik der Riffbögen in einen größeren Zusammenhang stellten und hieraus eine Deutung dieser Vorgänge entwickelten, die durch die nachfolgenden Arbeiten der Forschungsstelle, bei denen dann erheblich größere organisatorische Mittel zur Verfügung standen, bestätigt werden konnte. Im niedersächsischen Küstengebiet und insbesondere im Bereich der Jade waren darüber hinaus seit der Jahrhundertwende durch KRÜGER, SCHÜTTE, WILDVANG und später durch LÜDERS bedeutsame Untersuchungen vorgenommen und wissenschaftlich fundierte Vorstellungen zu den Bewegungsvorgängen im Küstenvorfeld entwickelt worden. Hierauf aufbauend konnten die ersten Untersuchungsvorhaben der Forschungsstelle eingeleitet werden.

Nachdem die so hoffnungsvoll begonnenen Arbeiten im zweiten Weltkrieg zum Erliegen gekommen waren, wurden sie nach dem Kriege und nach Überwindung einiger Anfangsschwierigkeiten bevorzugt im Seegebiet um Norderney weitergeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen und hierauf beruhende Planungen zur Regeneration des Norderneyer Weststrandes sind insgesamt niedergelegt im ersten Jahresbericht der Forschungsstelle Norderney (1949), der jedoch nicht veröffentlicht und nur einem kleinen Kreise von Interessenten zugänglich gemacht wurde (THILO und KURZAK, 1952, KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Norderney. Die Küste I, 1, 1952).

In den nachfolgenden Jahren wurden die Untersuchungen auf das Juister Watt und das Ästuar der Ems ausgedehnt. Veranlaßt wurden sie vor allem durch die bei Westwindlagen vermutete Wasservertriftung aus der Ems über das Juister Watt und deren Einfluß auf die hydraulischen Vorgänge im Norderneyer Seegat. Die anfänglichen Vermutungen konnten im Zuge dieser Arbeiten zur Gewißheit erhärtet werden. Gleichzeitig vorgenommene Untersuchungen auf den östlichen Wattgebieten ließen erkennen, daß die Abbruchserscheinungen an den Westköpfen der Inseln Baltrum, Spiekeroog und Wangerooge denen von Norderney physikalisch ähneln. Die damals gewonnenen Auffassungen über Ursache und Wirkung der hydraulischen Vorgänge, die zu den Sandverlusten an den Westenden der Inseln führen, wurden seit-her laufend stichprobenartig überprüft und jeweils aufs neue bestätigt.

Bis zum Jahre 1955 beschränkten sich somit die Untersuchungen der Forschungsstelle auf den Bereich der ostfriesischen Küste und der ihr vorgelagerten Inseln. Ab 1954 wurde das geographische Arbeitsgebiet der Forschungsstelle dann ausgedehnt auf die gesamte niedersächsische Küste. Seitdem wird in diesem Gebiet neben Aufgaben, die in direktem Zusammenhang mit Küstenschutzplanungen stehen, eine Bestandsaufnahme der Küste und der Watten erarbeitet sowie die kausale Deutung festgestellter morphologisch-hydrologischer Vorgänge angestrebt. Diese Arbeiten waren begleitet von vielfältigen Versuchen zur Rationalisierung und Verfeinerung der einzelnen Meß- bzw. Aufnahmeverfahren.

Ab 1949 wurden die Arbeiten der Forschungsstelle in einem jährlich erscheinenden Jahresbericht zusammengefaßt (Anhang a). Seit 1954 werden die Jahresberichte gedruckt und in ihnen jene Arbeiten in gestraffter Form veröffentlicht, die von überörtlichem Interesse sind und einem größeren Interessentenkreis zugänglich gemacht werden sollen (gegenwärtige Auflage: 250). Darüber hinaus wurde auch außerhalb des Jahresberichtes durch Angehörige der Forschungsstelle in der Fachpresse über ihre Arbeiten berichtet (Anhang b). Die Veröffentlichungen geben in ihrer Gesamtheit einen Einblick in diejenigen Probleme, die im Laufe der Jahre an die Forschungsstelle herangetragen wurden und auf die ihre Untersuchungsziele ausgerichtet waren.

Im folgenden sollen die Arbeiten der Forschungsstelle im großen Rahmen erläutert werden, wobei auf die Darstellung von Einzeluntersuchungen, ihrer Methoden und ihrer Ergebnisse verzichtet wird, da diese bereits in den Jahresberichten ausführlich behandelt sind.

B. Die Aufgabengebiete

1. Geologische Untersuchungen

Angeregt durch die Arbeiten SCHÜTTES im Jadegebiet und WILDVANGS in Ostfriesland, wurden in den letzten Jahrzehnten die geologischen Forschungen im nordwestdeutschen Küstenraum zum besseren Verständnis insbesondere der postglazialen Küstenentwicklung vertieft. Die von SCHÜTTE vermutete „Küstensenkung“ und ihre Bedeutung für die Sicherheit der Küste haben das Denken und die Untersuchungsziele der Küstenforschung nachhaltig beeinflusst. Die Kenntnis der langfristigen Entwicklung der Grenzen zwischen Land und Meer, die Tiefenlage des Pleistozäns und der Aufbau des Holozäns — um nur einige Beispiele zu nennen — sind als Grundlage für die Deutung und Beurteilung rezenter morphologischer Gestaltungsvorgänge von entscheidender Bedeutung.

Kurz nach dem Kriege (1950) wurde durch die Forschungsstelle ein Bohrprogramm zur Erfassung der geologischen Verhältnisse im Raum um Norderney eingeleitet (Abb. 1). In den folgenden Jahren erfuhr dieses Programm eine Erweiterung und Verdichtung über die gesam-

ten ostfriesischen Watten. Als Ergebnis der Untersuchungen konnte 1957 auf der Grundlage von rd. 1000 Bohrungen ein Bild der pleistozänen Landoberfläche und des holozänen Bodenaufbaues zwischen Juist und Langeoog entworfen werden (Jahresbericht, Band IX). Diese Arbeit entstand in den Jahren 1952 bis 1956 im Zusammenwirken der Forschungsstelle mit der Niedersächsischen Landesstelle für Marschen- und Wurtenforschung, Wilhelmshaven.

Die schon früher eingeleitete und später in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Amt für Bodenforschung, Hannover, fortgeführte geologische Beschreibung der ostfriesischen Wattgebiete fand mit der Bearbeitung des Wangerooger Wattes im Jahre 1962 einen vorläufigen regionalen Abschluß (J.B. Bd. VIII, XI, XIV). Die Entwicklung des ostfriesischen Küstenvorfeldes im Quartär ist im Sinne einer geologischen Bestandsaufnahme durch diese Arbeiten erfaßt worden. Eine Weiterführung der Untersuchungen entlang der Butjadinger und Wurster Küste ist vorgesehen.

Darüber hinaus wurden die Bauvorhaben der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung im Küstenbereich durch eine große Anzahl von Bodenaufschlußbohrungen unterstützt. Die Ergebnisse dieser Bohrungen erweiterten ebenfalls die Kenntnisse über den Aufbau des Küstenholozäns (Abb. 2).

Neben diesen geologischen Bestandsaufnahmen wurde der Entwicklung aktuogeologischer Verfahren zur Untersuchung des Sedimentversatzes mittels Schwermineralanalyse, Studium der Rippelstrukturen oder auch Anwendung von Leitstoffen (Luminophoren, aktivierter Sand) große Aufmerksamkeit geschenkt (Abb. 3). Obwohl die hiermit vorgenommenen Untersuchungen örtlich (Knechtsand, Westkopf Norderney) zu beachtenswerten Ergebnissen führten (J.B. Bd. XIV u. XVI), konnte jedoch noch kein allseitig befriedigendes Verfahren für die systematische Erfassung der Sedimentbewegung entwickelt werden. Insbesondere erbrachten die bisherigen Arbeiten keine ausreichenden *quantitativen* Vorstellungen über den Umfang von strömungsbedingten Sedimentverlagerungen. Die bisherigen Erfahrungen erwecken jedoch die Hoffnung, daß diese Verfahren noch stark entwicklungsfähig sind und später zu Erfolgen führen können.

2. Historisch-morphologische Untersuchungen

Die Auswertung historischen Quellenmaterials ergibt die Möglichkeit, langfristige morphologische Entwicklungen zu untersuchen und zeitlich genauer einzuordnen, als es mit Hilfe geologischer Verfahren möglich ist. In den vergangenen Jahren konnte in der Forschungsstelle eine große Anzahl von Untersuchungen gerade unter Einsatz archivalischen Materials — Altkarten, Segelhandbücher, Chroniken usw. — zum Erfolg geführt werden (J.B. Bd. XVI).

Nachdem so einige historisch-morphologische Untersuchungen zu besonderen Aufgaben des Insel- und Küstenschutzes im niedersächsischen Küstenbereich ausgeführt worden waren, wurde der Plan erwogen, die Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Grundlage eines historischen Kartenwerkes zu machen, in welchem die Küstenentwicklung systematisch dargestellt werden sollte. Eine Überprüfung des archivalischen Grundlagenmaterials ließ den Plan hoffnungsvoll erscheinen, so daß mit seiner Ausführung begonnen wurde und die erste Karte bereits 1961 in Druck gegeben werden konnte (Nr. 7 mit Bereich Spiekeroog—Harlebucht).

Das Historische Kartenwerk 1 : 50 000 erfaßt in 16 Karten die gesamte niedersächsische Küste vom Dollart bis zur Elbmündung (Abb. 4). Mit einer Blattgröße von 80 × 105 cm wurden die Karten den topographischen Wattkarten der Forschungsstelle angepaßt. In die Karten sind vier Küstenzustände (1650, 1750, 1860 und 1960) aufgenommen. Der zeitliche Abstand von 100 Jahren erscheint für generelle historisch-morphologische Arbeiten ausreichend.



Abb. 1
Bohrung auf einem Inselstrand



Abb. 2
Bodenaufschlußbohrung in der
Weser



Abb. 3
Untersuchung von Kiesvertrif-
tungen mit Luminophoren am
Weststrand von Norderney

Besondere Probleme der Küstenentwicklung in kleineren Gebieten bedürfen jedoch einer gesonderten Bearbeitung. Zur Erleichterung solcher Arbeiten wird zu jeder Karte ein Beiheft herausgegeben, in welchem das gesamte benutzte Quellenmaterial aufgeführt ist und die allgemeine Entwicklung des durch die Karte erfaßten Gebietes beschrieben wird. Das Beiheft trägt auch zum besseren Verständnis des Entstehens und des Inhalts der jeweiligen Karte bei.

HISTORISCHE KARTEN Blattenteilung der Historischen Karten 1:50000

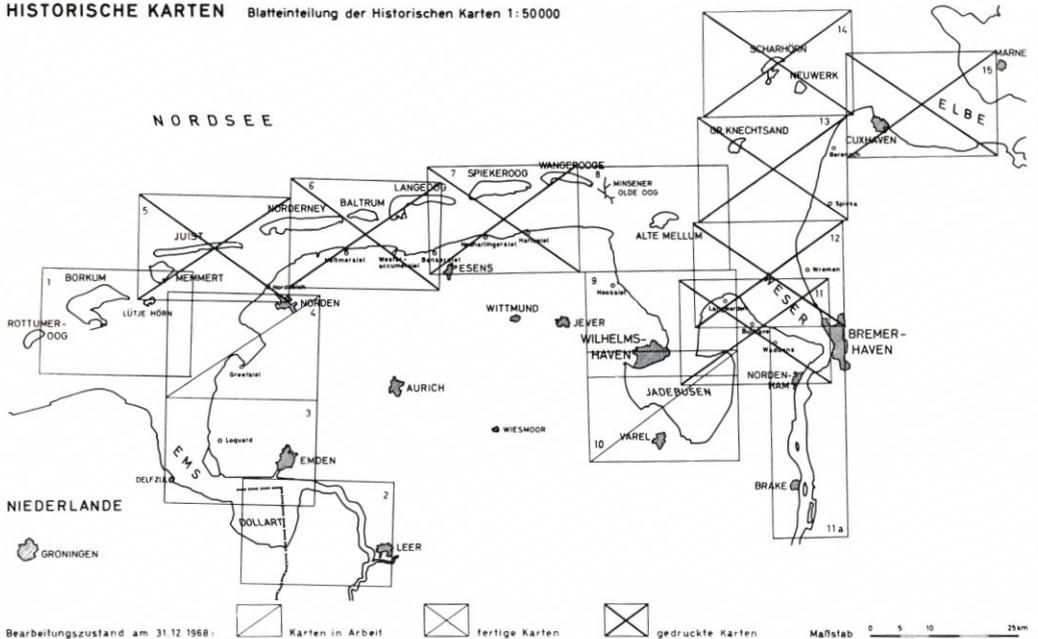


Abb. 4. Historisches Kartenwerk

Die Karten enthalten im wesentlichen Hoch- und Niedrigwasserlinien, Deiche, Siele, Dünenkanten und Vorlandgrenzen. Für den ältesten Zustand wurde die Lage ausgedeichter Ortschaften, der Verlauf älterer Deiche und — falls bekannt — die Daten der Ein- und Ausdeichungen, Orts- und Kirchenlagen sowie der Verlauf der Straßen und Binnentiefs aufgenommen. In den zeitlich folgenden Karten sind nur noch besondere Einzelheiten und die vordere Deichlinie des vorhergehenden Zustandes enthalten, so daß inzwischen vorgenommene Neueindeichungen oder Rückverlegungen von Deichen besonders hervorgehoben sind.

Von den 16 geplanten Kartenblättern liegen inzwischen acht im Mehrfarbendruck vor (Vorland = grün, trockener Strand = gelb, nasser Strand und Watt = hellgelb, Wattinnen und Seegebiete = blau, Text und Beschriftung = schwarz). Kartographie und wasserbaulich interessante Anlagen sind in Karte und Legende besonders herausgestellt. Die in den Karten dargestellten Gebiete konnten nur lagemäßig erfaßt werden, da Altkarten selten Höhenangaben enthalten.

Ohne auf Einzelheiten der oftmals recht mühsamen Bearbeitung dieser Karten einzugehen, sei bemerkt, daß der Entwurf im wesentlichen auf Festpunkten oder ähnlichen Anlagen beruht, die aus älteren Zeiten unverändert auf uns überkommen sind. Hierzu zählen z. B. Kirchen, Mühlen, Gehöfte oder auch Deichknick und Siele sowie festgelegte Deichlinien. Auf der Grundlage dieser maßstäblich berichtigten Festpunktnetze werden dann unter Zuhilfenahme archivalischer Unterlagen die interessierenden Zustände rekonstruiert. Da in den histo-

rischen Quellen nur in seltenen Fällen gerade die Zustände beschrieben sind, die für die Darstellung im Historischen Kartenwerk gewählt wurden, ist bei der Entwurfsbearbeitung häufig die Rekonstruktion von Zwischenzuständen erforderlich. Aus ihnen lassen sich Zeit-Weg-Pläne konstruieren, denen dann der jeweils ausgewählte Zustand entnommen werden kann.

Die Genauigkeit des Kartenwerkes muß unterschiedlich beurteilt werden. Während die Darstellung der Zustände 1960 und 1860 auf Unterlagen beruht, die mit modernen Meßmethoden aufgenommen wurden und heutigen Genauigkeitsansprüchen genügen, besitzen die älteren Zustände 1750 und 1650 in Teilen nur noch Wahrscheinlichkeitswert. Bei dem damaligen Stande der Meßtechnik und der Lückenhaftigkeit des vorhandenen Quellenmaterials können Einzelheiten, z. B. der Rinnen- und Inselform, keinen Anspruch auf Wirklichkeitstreue erheben. Es haften den Karten somit Unvollkommenheiten an, die bekannt und nicht vermeidbar sind. Die ursprünglich gestellte Aufgabe, die langfristige Entwicklung von Küste und Watt in bestimmten Zeitabständen so wiederzugeben, daß qualitative Aussagen über morphologische Gestaltungsvorgänge möglich sind, ist in diesen Karten gelöst.

3. Vermessung und Kartographie

Die wichtigste Grundlage morphologischer Arbeiten ist die vermessungstechnische Aufnahme der Untersuchungsgebiete. Wiederholungsmessungen gestatten es, auch kurzfristige Erosions- oder Sedimentationsvorgänge quantitativ zu erfassen.

Die vermessungstechnischen Arbeiten der Forschungsstelle waren in ihrem Anfang an bestimmte Untersuchungsaufgaben gebunden. Erst mit der Ausdehnung ihres Arbeitsgebietes auf die gesamte niedersächsische Küste ergab sich die Notwendigkeit, eine systematische Vermessung des Küstengebietes im Sinne einer Bestandsaufnahme einzuleiten, ein Vorhaben, das an der Westküste Schleswig-Holsteins durch die Staatlichen Forschungsabteilungen in Büsum und Husum bereits 1935 in Angriff genommen worden war. Voraussetzung für diese Arbeiten war die Einrichtung einer eigenen personell wie gerätemäßig gut ausgestatteten Vermessungsabteilung, die bei der Forschungsstelle ins Leben gerufen wurde und an ihren Aufgaben organisch wuchs.

In Anlehnung an die kartographischen Arbeiten im schleswig-holsteinischen Watt (HABERSTROH, 1938) wurden zwei Kartenwerke für das niedersächsische Küstengebiet in Angriff genommen (J.B. Bd. XIII):

1. Das Topographische Wattkartenwerk 1 : 5000, das in 71 Blättern den Küstennahbereich bis zu einer Breite von rund 3 km erfaßt (Abb. 5).
2. Das Topographische Wattkartenwerk 1 : 25 000, das mit 15 Blättern das Küstengebiet und die vorgelagerten Inseln wiedergibt (Abb. 6).

Während die Entwicklung nautisch interessanter Gebiete schon seit langem durch Wiederholungsmessungen belegt und in Seekarten dargestellt ist, werden in den beiden Kartenwerken erstmals auch größere *Wattflächen* erfaßt, deren Bedeutung lediglich durch ihre Wirkung auf Strömung und Brandung und somit auf die Beanspruchung von Bauwerken des Küstenschutzes vorgegeben ist.

Die Karten weisen daher gegenüber den bisher auch in amphibischen Gebieten vorhandenen Seekarten ihre besonderen Merkmale auf. Beide Kartenwerke sind auf das zeitlich und räumlich unveränderliche NN (Normalnull) bezogen. Für Seekarten gilt als Bezugshorizont das SKN (Seekartennull), das in unseren Gewässern dem mittleren Springtideniedrigwasser entspricht. Die Wahl des NN als Bezugshorizont ergab sich vor allem aus seiner Unveränderlichkeit und der hieraus resultierenden Erleichterung der Bearbeitung von Vergleichsmessungen

sowie dem Wunsch, die Karten an diejenigen der Landesvermessung anzuschließen. Im Gegensatz zu den Seekarten ist die jeweilige, zum einzelnen Blatt gehörige Festlandssituation aufgenommen. Die Tiefen sind nicht nur durch Zahlen angegeben, sondern auch durch Tiefenlinien gekennzeichnet.

Das Topographische Kartenwerk 1 : 5000 ist auf vier Küstengebiete aufgeteilt: Ostfriesische Küste (34 Kartenblätter), Jadebusen (15), Butjadinger Küste (9) und Wurster Küste (13). Durch den gewählten Maßstab sind die Karten mit der Deutschen Grundkarte verbunden. Sie weichen von ihr im Format ($0,64 \times 1,00$ m) allerdings erheblich ab und erfassen die vierfache Fläche. 39 Blätter liegen bisher im Mehrfarbendruck vor (Seedeich = dunkelgrün, Vorland = wiesengrün, Watt über NN = hellgelb, unter NN = gelb, Watttrinnen unterhalb $-2,00$ m NN = blau, Äquidistanz der Höhenlinien = $0,1$ m). Die Festlandssituation ist der Deutschen Grundkarte entnommen und erscheint — ebenso wie die Beschriftung — in Schwarz.

Von den Topographischen Wattkarten 1 : 25 000 konnten fünf Karten bisher im Achtfarbendruck hergestellt werden (Beschriftung und Festlandssituation = schwarz, Vorland = wiesengrün, trockener Strand bis $+1,00$ m NN = hellgelb, Wattflächen bis $-2,00$ m NN = gelb, hellbraun und dunkelbraun, Watttrinnen $-2,00$ m NN bis $-7,5$ m NN = hellblau, tiefere Watttrinnen und Seegebiet = dunkelblau). Wasserwirtschaftlich interessierende Anlagen sind in den Karten besonders signiert und in der Legende erläutert. Darüber hinaus sind in allen Karten die örtlichen hydrographischen Kennwerte (MThw, MSpTnw, HHThw) angegeben. Während die Karten 1 : 5000 durch die Forschungsstelle Norderney allein vermessen wurden, sind in den Karten 1 : 25 000 zur Vermeidung von Doppelarbeit und zur Zeitersparnis auch Meßergebnisse anderer im Küstengebiet tätiger Dienststellen enthalten. Das so übernommene Messungsmaterial ist ebenfalls in der Legende aufgeführt.

Beide Kartenwerke schließen die Lücke zwischen der Land- und der Seevermessung. In den Karten der Landesvermessung ist das Watt nur andeutungsweise und lagemäßig wiedergegeben. Die Karten der Seevermessung erfassen überwiegend nautisch interessante Bereiche (Kost, 1964).

Auch im Binnenlande wurden für Zwecke der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung einige Gewässerkartierungen vorgenommen. 1956 wurden der Dümmer, 1961 bis 1964 der Soestespeicher bei Thülsfelde und 1962/63 das Steinhuder Meer vermessen. Die Karte des Steinhuder Meeres ist im Maßstab 1 : 10 000 gedruckt (J.B. Bd. XVI).

Für die Bearbeitung der Küstenkartenwerke war eine Reihe von Voraussetzungen zu schaffen, deren wichtigste die Anlage eines für diesen Zweck geeigneten Festpunktnetzes war. Die Verdichtung vorhandener, koordinatenmäßig bekannter Festpunkte (z. B. Kirchtürme, Leuchttürme usw.) ergab sich aber darüber hinaus auch aus der Notwendigkeit, die Standorte anderer Wattuntersuchungen (z. B. Dauerstrommessungen, bodenkundliche Untersuchungen) ausreichend genau zu bestimmen.

Die Anlage dieses Festpunktnetzes auf dem Festland und den Inseln wurde in den letzten Jahren entsprechend dem Fortschritt in der Bearbeitung der beiden Kartenwerke und den Arbeiten, die sich aus anderen Wattuntersuchungen ergaben, gefördert. Es besteht aus Boden- und Hochpunkten. Die Bodenpunkte liegen im wesentlichen auf den Stränden und Südseiten der Inseln, den Deichvorländern der Küste, und sind dort als Standlinien für den Anschluß weiterer Vermessungen vermarktet. Reichen die örtlich vorhandenen und koordinatenmäßig bekannten Hochpunkte für die Arbeiten im Watt nicht aus, so werden die Bodenpunkte durch entsprechend hohe Signalisierung auch für größere Entfernungen kenntlich gemacht.

Die Anlage von Festpunkten in weit abgelegenen Wattgebieten sowie auf den West- und Ostenden der Inseln konnte teilweise nur im Rahmen größerer Vermessungsaufgaben und unter Einsatz besonderer Geräte (z. B. Elektrotape) ermöglicht werden. Da bei diesen Vermessungen

TOPOGRAPHISCHE WATTKARTEN Blatteinteilung der Topographischen Wattkarten 1:5000

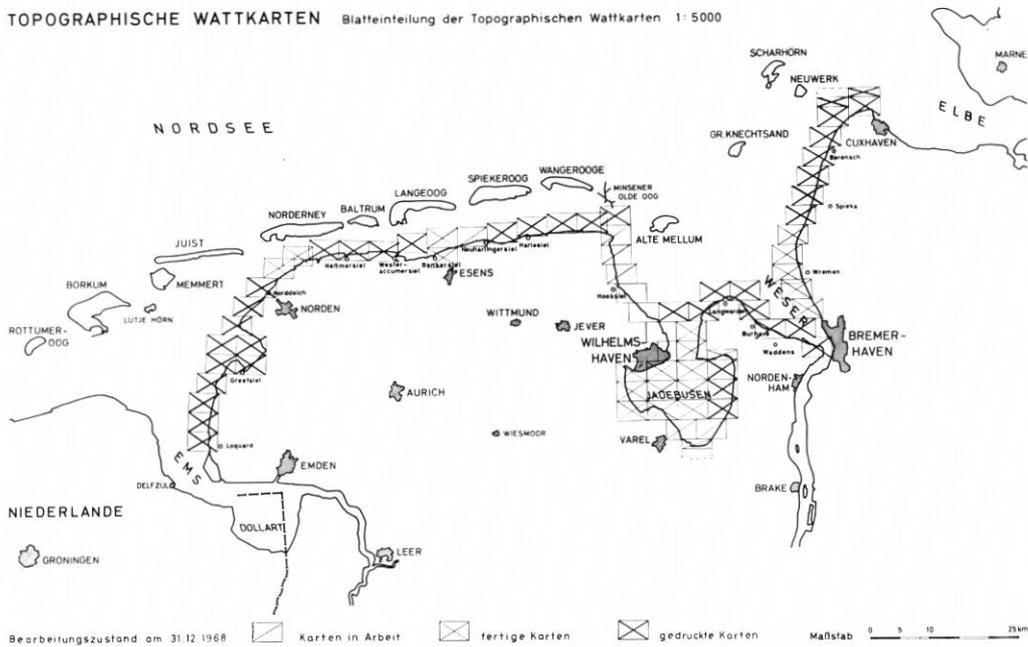


Abb. 5. Topographisches Wattkartenwerk 1:5000

TOPOGRAPHISCHE WATTKARTEN Blatteinteilung der Topographischen Wattkarten 1:25000

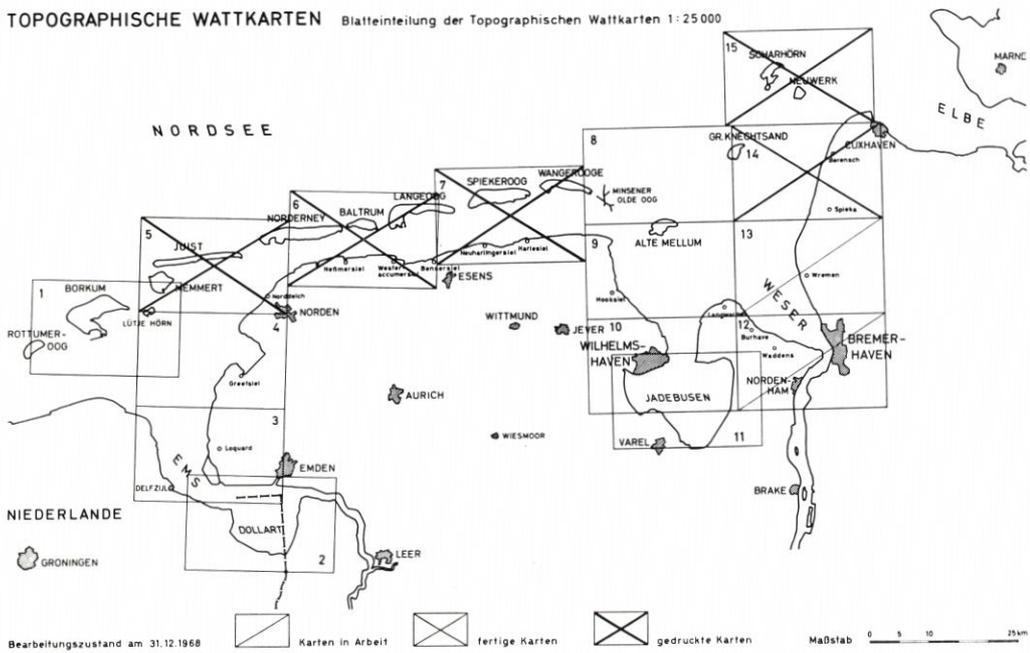


Abb. 6. Topographisches Wattkartenwerk 1:25000

größere Entfernungen nivellistisch zu überwinden waren (z. B. Festland—Knechtsand, Butjadingen—Mellum) und die effektiven Arbeitszeiten infolge großer An- und Abmarschwege mit zunehmenden Entfernungen schrumpften, wurden für den Personaltransport Hubschrauber benutzt, deren Einsatz sich vollauf bewährte (Abb. 7).

Während die Anlage des Festpunktnetzes entlang der Küste mit gleichbleibender Genauigkeit von der Forschungsstelle allein betrieben werden konnte, wurden größere Arbeiten im Zusammenwirken mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität Hannover ausgeführt und erfolgreich abgeschlossen (J.B. Bd. XIV).

Besondere Aufmerksamkeit wurde neben den laufenden Vermessungsarbeiten der zeitlichen und personellen Rationalisierung der Wattvermessung geschenkt. Aus der Erprobung neuer



Abb. 7
Vermessungsschiff
„Nynorderoog“ und Hubschrauber im Einsatz

Verfahren und Geräte, die diesen Zwecken dienen sollten, entwickelte sich eine erfreuliche Zusammenarbeit mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität Hannover und dem Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt.

Die kartographische Bearbeitung großer Gebiete mit herkömmlichen Vermessungsverfahren ist außerordentlich zeitaufwendig. Insbesondere in Wattgebieten ist infolge der Tideabhängigkeit der Außenarbeiten der Zeitbedarf für die Aufnahme größerer Untersuchungsgebiete groß. Im Sinne der Untersuchungsziele der Küsten- und Wattforschung, die vornehmlich auf die Erfassung morphologisch-hydrologischer Gestaltungsvorgänge ausgerichtet sind, ist der mehr oder weniger große zeitliche Abstand der Außenaufnahmen insgesamt zusammengehöriger Gebiete unbefriedigend.

Daher wurden Überlegungen angestellt, wie die nahezu oder sogar völlig zeitgleiche Aufnahme größerer zusammengehöriger Gebiete bewerkstelligt werden kann. Besonders boten sich hier die Verfahren der *photogrammetrischen* Vermessung an. Während die Lagegenauigkeit von Wattflächen in Luftbildplänen höchsten Anforderungen genügt, sind die Höhenbestimmungen jedoch problematisch. Hier setzten die Versuche der Forschungsstelle zur Erarbeitung neuer Verfahren in der Wattvermessung an, die 1954 in Zusammenarbeit mit dem „Institut für Angewandte Geodäsie“ eingeleitet wurden. Geplant war hierbei die stereoskopische Ausmessung der Aufnahmegebiete unter alleiniger Benutzung von Paßpunkten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen (FÖRSTNER, 1964) waren nicht vielversprechend. Es ergab sich bei einer Flughöhe von 3600 m ein mittlerer Höhenfehler von etwa 0,5 m für ziemlich

sicher erkannte Punkte, und die Orientierung der Bilder war mangels genügend sicher identifizierter Punkte im Watt erschwert und ungenau. Die Signalisierung der Paßpunkte als wichtigste Voraussetzung des Verfahrens ist möglich. Sie erfordert allerdings in Anlage und Unterhaltung einen erheblichen Zeitaufwand. Da eine Entwicklungsfähigkeit des Verfahrens nicht gegeben schien, wurden die Versuche 1959 beendet.

Im Zusammenhang mit Untersuchungen zur Genauigkeit der Wattvermessung wurde dann 1963 in Zusammenarbeit mit dem Geodätischen Institut der Technischen Universität Hannover auf dem Norderneyer Watt ein photogrammetrisches Verfahren entwickelt, das die Formlinien des Wattes auf der Grundlage des Wasserspiegels bei auflaufendem Wasser zu erfassen sucht (GROTHENN, 1964). Das Verfahren ist in der Anwendung verhältnismäßig einfach. Der Wasserspiegel wird an Pegeln eingemessen und die Wasserlinie (Grenze: Wasser—Watt) als Höhenlinie übernommen. Mehrmalige Befliegungen bei auflaufendem Wasser im vorgegebenen zeitlichen Abstand ergeben dann eine größere Anzahl von Grenzlinien, die den Höhenlinien des Wattes entsprechen und durch entsprechende Interpolation auf die gewünschten Äquidistanzen der geplanten Karte hoch gezeichnet werden können. Die Bearbeitung der einzelnen Luftbildpläne nach diesem Verfahren gestaltet sich erheblich einfacher als etwa die stereoskopische Auswertung von Einzelmodellen, zu deren Ausmessung zudem kostspielige Doppelbild-Auswertegeräte (z. B. Zeiss-Stereoplanigraph C 8) erforderlich sind.

Der Wattvermessung sind durch die Anwendung dieses Verfahrens völlig neue Wege gewiesen. Seiner großräumigen Anwendung stehen jedoch zunächst noch erhebliche Bedenken entgegen. Die vielversprechenden Anfängerfolge, die auf dem Norderneyer Watt erzielt wurden und zur Entwicklung des Verfahrens führten, sind sicherlich auch darauf zurückzuführen, daß das Untersuchungsgebiet in Nähe des Watthohen lag und die hier vorhandenen Wasserspiegelgefälle klein und übersichtlich sind. Mit zunehmender Entfernung von den Wattscheiden werden die Spiegelgefälle größer und unübersichtlicher, wobei sich Längs- und Quergefälle überlagern können. Die sichere Erfassung der Spiegelverhältnisse erfordert somit zunächst noch einen hohen Aufwand an Pegeln, der die Rationalität des Verfahrens vorläufig noch zweifelhaft erscheinen läßt.

Zur Abschätzung der Entwicklungsfähigkeit und der Fehlerempfindlichkeit dieses Verfahrens auch unter hydrologisch schwierigen Verhältnissen wurde daher im Sommer 1966 im Außenwesergebiet ein Großversuch mit Serien-Einzelbildmessung und nivellistisch aufgenommenen Testgebieten ausgeführt. Die wenig ermutigenden Ergebnisse dieses Versuches wurden zwischenzeitlich mitgeteilt (SCHLEIDER, 1969).

Die photogrammetrischen Untersuchungen waren begleitet von dem Bemühen, auch moderne Geräte mit dem Ziel der Genauigkeitssteigerung und der zeitlichen sowie personellen Rationalisierung der Wattvermessung zu erproben und einzusetzen. Einen erheblichen Fortschritt für die Vermessung solcher Gebiete, die mit dem Schiff nicht befahrbar sind, erbrachte bereits die Verwendung des Nivellierinstrumentes Ni 2 vor rd. 15 Jahren (J.B. Bd. VII).

In Bereichen, die bei Hochwasser mit dem Schiff befahrbar sind, werden die Vermessungen durch fortlaufende Lotung und entsprechende Schiffsortung von Bord aus vorgenommen. Die Lotungen werden mittels Vermessungsechographen ausgeführt, die die Gestaltung des befahrenen Gebietes in kontinuierlichen Tiefenkurven (Echogrammen) wiedergeben. Gegenüber der früheren Handlotung mit Stock oder Leine erbrachte die Einführung dieses Gerätes neben einer wesentlichen Genauigkeitssteigerung auch erhebliche Zeitersparnisse während der Vermessungsarbeiten. Die Bezugsebene für die Echolotungen bildet der im Tidegebiet räumlich wie zeitlich besonders stark veränderliche Wasserspiegel. Die Richtigkeit der Lotungsergebnisse ist somit wesentlich davon abhängig, mit welcher Genauigkeit der örtliche Wasserspiegel erfaßt werden kann. Um hier ein Höchstmaß an Genauigkeit zu gewährleisten, werden die Lotun-

gen nicht auf mehr oder weniger weit entfernte stationäre Küstenpegel, sondern auf Hilfspegel bezogen, die in den jeweiligen Vermessungsgebieten selbst eingerichtet und eingemessen werden (Abb. 8). Die bisherigen Untersuchungen zur Genauigkeit der Wattvermessung haben gezeigt, daß die Wasserstandsganglinien dieser Hilfspegel im Watt bis zu Entfernungen von rd. 3,0 km mit erträglichem Fehler der Auswertung der Echogramme zugrunde gelegt werden können. Wird das Vermessungsgebiet von stärkeren Prielen oder Baljen durchzogen, die möglicherweise zur Ausbildung von Quergefällen



Abb. 8. Betreuung eines Hilfspegels im Watt

neigen, gilt dieser Wert nicht mehr, und eine mehrmalige Umsetzung und Neueinmessung der Hilfspegel wird erforderlich.

Nachdem der Vermessungsechograph somit sowohl in der Genauigkeit als auch im Arbeitsablauf erhebliche Fortschritte erbrachte und zum gegenwärtigen Zeitpunkt verfahrensmäßig nicht verbesserungsbedürftig erscheint, zielten die weiteren Entwicklungen auf die zeitliche und personelle Rationalisierung der Ortungsverfahren ab.

Die Bestimmung des Peilkurses eines Fahrzeuges mittels der konventionellen Doppelwinkelmessung (Sextanten) auf koordinatenmäßig bekannte Objekte (Leuchttürme, Mühlen usw.) ist neben einigen unbestreitbaren Vorteilen doch auch mit erheblichen Nachteilen verbunden. Als unbedingt vorteilhaft ist die Unabhängigkeit von Landverbindungen und die völlige Selbständigkeit des eingeschifften Vermessungspersonals anzusehen. Von Nachteil ist vor allem die Witterungsabhängigkeit dieses Verfahrens. Die notwendige einwandfreie Sichtverbindung zu den Peilobjekten bei ruhiger See ist nur selten gegeben, und häufig sind emp-

findliche Zeitverluste im Arbeitsablauf hinzunehmen. Nachteilig für den Arbeitsfortschritt ist es weiterhin, daß in vielen Fällen Peilobjekte erst errichtet und eingemessen werden müssen, da die vorhandenen Anlagen nicht ausreichen oder schlecht erkennbar sind.

Erfahrungsgemäß können bei einem durchschnittlichen Profilabstand von rd. 200 m je Tide rd. 4,0 km² mit dem Sextanten vermessen werden. Unter Berücksichtigung aller Einschränkungen, die sich aus den natürlichen Verhältnissen ergeben (z. B. nur kurz befahrbare hochgelegene Wattgebiete), und der erforderlichen Nebenarbeiten (Anschlußnivelements zu den Pegeln, Errichtung zusätzlicher Peilobjekte usw.) sowie der An- und Abreisetage als auch der Ausfälle infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse beträgt dann die Leistung nur etwa 1 km² je Tide im langjährigen Mittel.

Untersuchungen zur Genauigkeit der Doppelwinkelmessung und der Kartierung mittels Dreiarmsporteur ergaben Lagefehler bis zu ± 10 m in der Natur bzw. ± 2 mm in der Karte 1 : 5000. Dieser Fehler kann durch Umrechnung der Meßwerte auf rechtwinklige Koordinaten und anschließende Auftragung mittels des gegenüber dem Dreiarmsporteur genauer arbeitenden Koordinatographen auf ± 5 m (Natur) ermäßigt werden.

Die beschriebenen Nachteile der Doppelwinkelmessung und die Zunahme vermessungstech-

nischer Aufgaben im niedersächsischen Küstengebiet zwangen dazu, die inzwischen neu entwickelten elektronischen Ortungsverfahren auf ihre Eignung für die besonderen Aufgaben der Forschungsstelle zu überprüfen. Besonders günstig erschien der durch die Tellurometer Ltd. Südafrika, entwickelte Hydrodist, der bereits 1960 in der Kieler Förde mit Erfolg erprobt worden war (LOHRBERG, 1960).

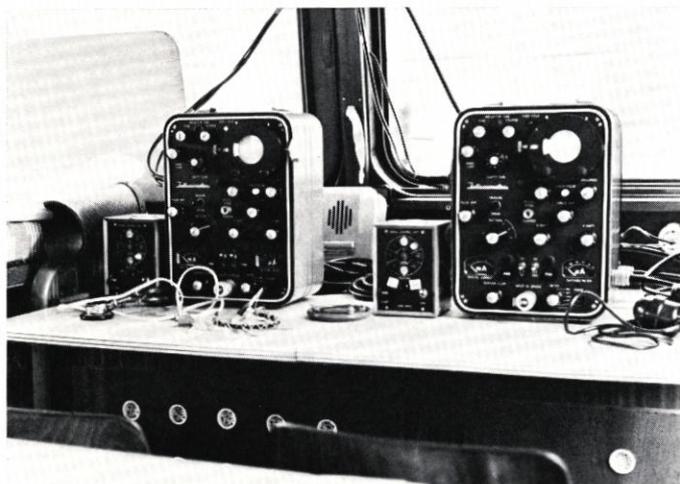


Abb. 9
Hydrodist, Masterstationen an
Bord

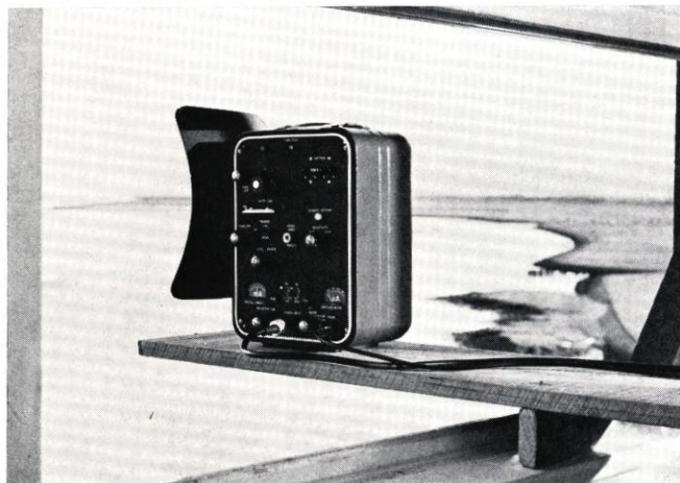


Abb. 10
Hydrodist, Remotestation an
Land

Der Hydrodist ist ein Gerät zur elektronischen Streckenmessung (Abb. 9 und 10). Vom fahrenden Schiff aus können gleichzeitig zwei Strecken von den Bordstationen zu den zugeordneten Landstationen gemessen werden. Mit diesen Strecken ist der Schiffsort auf der Arbeitskarte sofort durch Bogenschlag bestimmbar (J.B. Bd. XVII).

Die Einführung dieses Gerätes erbrachte neben einer Genauigkeitssteigerung gegenüber der Doppelwinkelmessung erhebliche Leistungssteigerungen. Der Lagefehler beträgt bis zu ± 5 m (Natur) bzw. ± 1 mm (Karte 1 : 5000) bei Anwendung des Bogenschmittgerätes. Er ermäßigt sich auf ± 3 m bzw. $\pm 0,6$ mm bei der Anwendung des genauer arbeitenden Koordinatographen.

Die Leistungssteigerungen sind vor allem auf die weitgehende Witterungsunabhängigkeit des Gerätes zurückzuführen. Solange quasi-optische Sichtverbindung besteht, ist das Gerät arbeitsbereit. Gegenüber der Doppelwinkelmessung ergeben sich folgende Vergleichszahlen: Von 54 Meßtagen in der Zeit von Juni 1963 bis August 1964, die mit dem Hydrodisten ausgenutzt wurden, waren lediglich an 23 Tagen die Sichtverhältnisse ausreichend für die Doppelwinkelmessung. Unter Zugrundelegung einer Arbeitsleistung von 4 km² je Tide ergaben sich hieraus 216 km² (Hydrodist) gegen 92 km² (Sextant) bzw. eine Leistungssteigerung von 135 %. Diese Werte werden in besonders nebelreichen Zeiten noch weiter zugunsten des Hydrodisten verschoben.

Nachdem das Gerät sich sechs Jahre bei der Forschungsstelle im Einsatz befindet, ist festzustellen, daß die mit seiner Hilfe erzielten Arbeitsergebnisse voll befriedigend sind und sowohl in ihrer Menge als auch in ihrer Güte die in dieses Verfahren der Schiffsortbestimmung gesteckten Erwartungen voll erfüllen.

ÜBERSICHT DER BIOLOGISCH - SEDIMENTOLOGISCHEN KARTIERUNGEN

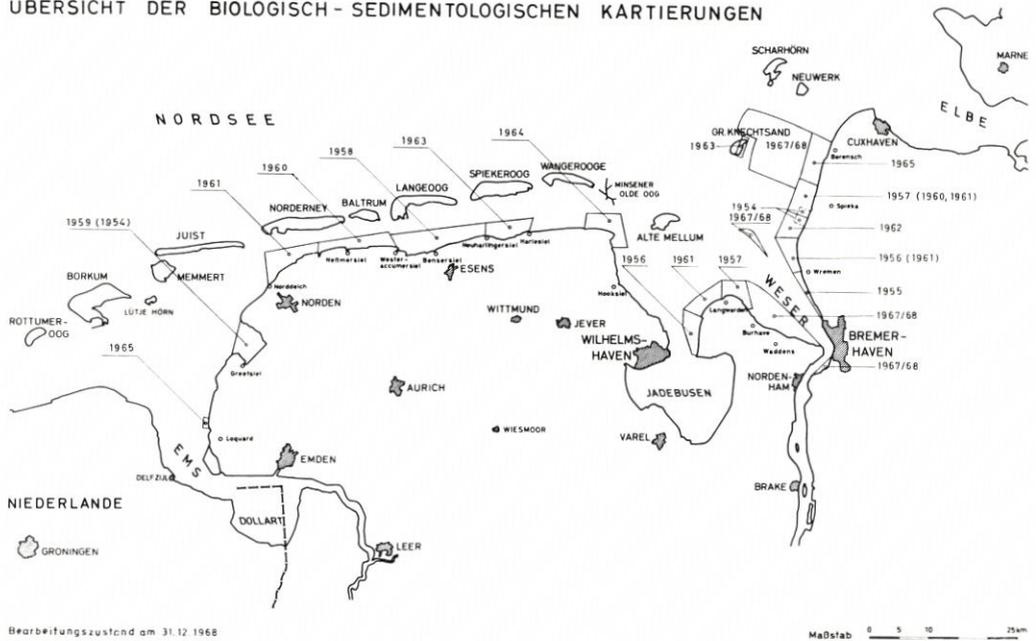


Abb. 11. Biologisch-sedimentologische Bestandsaufnahmen

4. Biologie

Die Bedeutung biologischer Bestandsaufnahmen für die Küsten- und Wattforschung sowohl für die Feststellung morphologischer Entwicklungstendenzen auf den Wattflächen als auch für die Erfolgsbeurteilung bei Baumaßnahmen der Landgewinnung und -erhaltung wurde bereits frühzeitig erkannt. Die ersten systematischen Untersuchungen wurden daher auf den nordfriesischen Watten schon bald nach der Gründung der Staatlichen Forschungsabteilungen Westküste eingeleitet (WOHLENBERG, 1937, 1940). Etwa zur gleichen Zeit erfolgte die biologische Kartierung des Jadebusenwattes (LINKE, 1939). Im Gebiet der ostfriesischen Küste schloß sich die Forschungsstelle Norderney mit der biologischen Kartierung des westlichen Juister Wattes in

den Jahren 1949 und 1950 an (J.B. Bd. I u. II). Nach der Erweiterung des Arbeitsgebietes auf die gesamte niedersächsische Küste wurden auch die biologischen Kartierungen entsprechend ausgedehnt (Abb. 11), so daß das niedersächsische Watt im Küstennahbereich heute größtenteils im Sinne einer biologischen und auch ökologischen Bestandsaufnahme erfaßt ist. Die einzelnen Teilabschnitte der Kartierungsarbeiten wurden im Zusammenhang mit Untersuchungen für Baumaßnahmen des Küstenschutzes ausgeführt. Besonders eingehend wurden im Sommer 1959

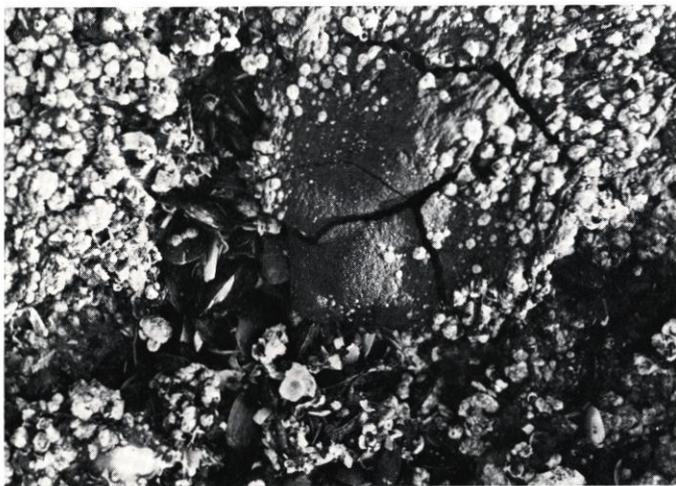


Abb. 12
Seepocken und Miesmuscheln
auf Asphalt (Versuchskästen)

Fauna und Sediment der Leybucht als Planungsgrundlage für Eindeichungsmaßnahmen untersucht. Die biologisch-sedimentologischen Arbeiten fanden hierbei eine wesentliche Ergänzung durch eine geologisch-bodenkundliche Kartierung des Untersuchungsgebietes. Es wurden hierbei eine Reihe grundsätzlicher Untersuchungen ausgeführt, deren Ergebnisse richtungweisend für die späteren Arbeiten wurden (J.B. Bd. XI).

An der Wurster Küste, in der Leybucht und auf der Südseite Norderneys werden einige Landgewinnungsfelder seit ihrer Anlage biologisch-sedimentologisch laufend unter Kontrolle gehalten. Durch diese Untersuchungen wird angestrebt, das Werden eines Landgewinnungsfeldes von der Anlage bis zu seiner Aufhöhung über MThw zu verfolgen.

In den letzten Jahren wurden neben diesen Arbeiten eine Reihe von biologischen Untersuchungen zum Verhalten von Baustoffen im Seewasser ausgeführt. Breiten Raum nahmen in diesem Zusammenhang insbesondere die Untersuchungen des Bewuchses von Asphaltbauwerken und möglicherweise hierauf rückführbarer Schäden ein (Abb. 12). Die Arbeiten sind inzwischen abgeschlossen und die Ergebnisse im Jahresbericht 1966 der Forschungsstelle veröffentlicht (J.B. Bd. XVIII).

5. Hydrometrie

Die Strömungsuntersuchungen konzentrierten sich den Aufgaben folgend zunächst auf die Seegaten zwischen den Ostfriesischen Inseln und hierbei insbesondere auf das Norderneyer Seegebiet. Abgesehen von den auch bei den gewässerkundlichen Arbeiten des Binnenlandes üblichen Strömungsmessgeräten standen für diese Untersuchungen Schaufelradstrommesser nach RAUSCHELBACH zur Verfügung. Dieses Gerät eignet sich nur für den Einsatz in tieferem

Wasser, so daß damals die Strömungsverhältnisse auf den trockenfallenden Watten unberücksichtigt bleiben mußten bzw. nur stichprobenartig durch Flügelmessungen von Bord erfaßt werden konnten.

Die der synoptischen Dauermessung mit dem Schaufelrad adäquate Messung der Strömungsvorgänge auf den trockenfallenden Watten wurde erst vor rd. 15 Jahren durch den in der Forschungsstelle entwickelten „Wattdauerstrommesser Juist“ ermöglicht (J.B. Bd. VI, Abb. 13). Vier Geräte wurden damals gebaut und in 31 Meßgebieten in rd. 140 Positionen durchschnittlich vier Wochen eingesetzt. Sie messen etwa 30 cm über dem Boden die Geschwindigkeit



Abb. 13. Aufbau eines Wattdauerstrommessers

und Richtung der Strömung integrierend in Fünf-Minuten-Schritten sowie den Wasserstand. Diese Geräte sind inzwischen durch Wattstrommesser industrieller Fertigung ersetzt, die bisher in drei Meßgebieten in rd. 50 Positionen gearbeitet haben.

Die Dauerstrommessungen längs der niedersächsischen Küste standen ursächlich immer im Zusammenhang mit Bauarbeiten der Wasserwirtschaftsverwaltung (Landgewinnungsfelder, Buhnen, Außentiefs usw.), wobei sich in der Verteilung der Meßpositionen gewisse Schwerpunkte ausbildeten (Abb. 14). Ein einigermaßen auch räumlich zutreffendes Bild über die Strömungsverhältnisse kann bisher nur für Teilgebiete des niedersächsischen Küstenbereiches entworfen werden.

Die entscheidende Randbedingung für den Wert einer Dauerstrommessung ist ihre zeitliche, über den Meßzeitraum hinausgehende witterungsmäßige Repräsentanz. Überwiegt während einer Meßperiode z. B. der Ostwind, so sind die Wasserstände bekanntlich erniedrigt, während sie bei überwiegenden Westwindlagen erhöht sind. Eine Messung, die ausschließlich bei einer Windlage ausgeführt wurde, ist somit nur

für den Meßzeitraum repräsentativ. Um die Gültigkeit der Messung auch über den Meßzeitraum hinausgehend zu gewährleisten, wird sie zeitlich so ausgedehnt, daß möglichst viele meteorologische Randbedingungen erfaßt werden. Durch den nachfolgenden Vergleich der kurzfristigen (Meßzeitraum) mit der langjährigen Windstärkerose und durch Überlagerung der entsprechenden Wasserstandsdauerlinien kann dann die Repräsentanz der Meßergebnisse beurteilt werden. Es hat sich gezeigt, daß in der Mehrzahl der Fälle bei einer Dauermessung über vier Wochen Verhältnisse erfaßt werden, die den langjährigen etwa entsprechen.

Für die Auswertung von Dauerstrommessungen wurden bisher einheitliche Verfahren, wie sie etwa in der Gewässerkunde des Binnenlandes seit langem vorhanden sind, nicht eingeführt. Es ist auch zweifelhaft, ob ein allseitig befriedigendes Verfahren für die Auswertungen überhaupt erarbeitet werden kann. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß Dauerstrommessungen im Seegebiet und ihre Bearbeitung im allgemeinen auf unterschiedliche Untersuchungsziele ausgerichtet sind (z. B. Gestaltungsvorgänge in Außentiefs, Triftwassermengen auf Wattscheiden, Stromarbeitsvermögen des Wassers in vorgegebenen Wattgebieten usw.).

In den hydrometrischen Untersuchungen hat sich bisher die rein statistische Bearbeitung der Meßergebnisse bewährt. Aus den Ganglinien der Richtung und Geschwindigkeit der Strömung sowie des Wasserstandes werden getrennt nach Ebbe und Flut folgende hydrographische Kennwerte erarbeitet:

- v_{fm}, v_{em} : mittlere Flut- bzw. Ebbestromgeschwindigkeit während einer Tide.
- v_{fmax}, v_{emax} : maximale Flut- bzw. Ebbestromgeschwindigkeit während einer Tide.
- v_{fmM}, v_{emM} : mittlere Flut- oder Ebbestromgeschwindigkeit während des gesamten Meßzeitraumes.
- R_{fm}, R_{em} : mittlere Richtung (auch dichtester Richtungswert) des Flut- oder Ebbestromes.
- $\int v_f dt : \int v_e dt$: Verhältnis der Stromintegrale über je eine Tide.

Diese Kennwerte werden zum besseren Überblick zu Häufigkeitssummenlinien sowie Geschwindigkeitsdauerlinien zusammengefaßt und im Sinne der Untersuchungsziele weiter bearbeitet und beurteilt. Während die Häufigkeitssummenlinien lediglich einen rohen Überblick der örtlichen Strömungsverhältnisse verschaffen und überwiegend als Grundlage für die Beurteilung von Vergleichsmessungen zur Feststellung morphologischer Vorgänge geeignet sind, kommt den über den gesamten Meßzeitraum entwickelten Geschwindigkeitsdauerlinien eine größere Bedeutung zu. In ihnen lassen sich unter Zugrundelegung von Grenzgeschwindigkeiten der Erosion oder der Sedimentation Bereiche abgrenzen, in welchen Sedimente verlagert oder abgesetzt werden.

DAUERSTROMMESSUNGEN Übersichtsplan

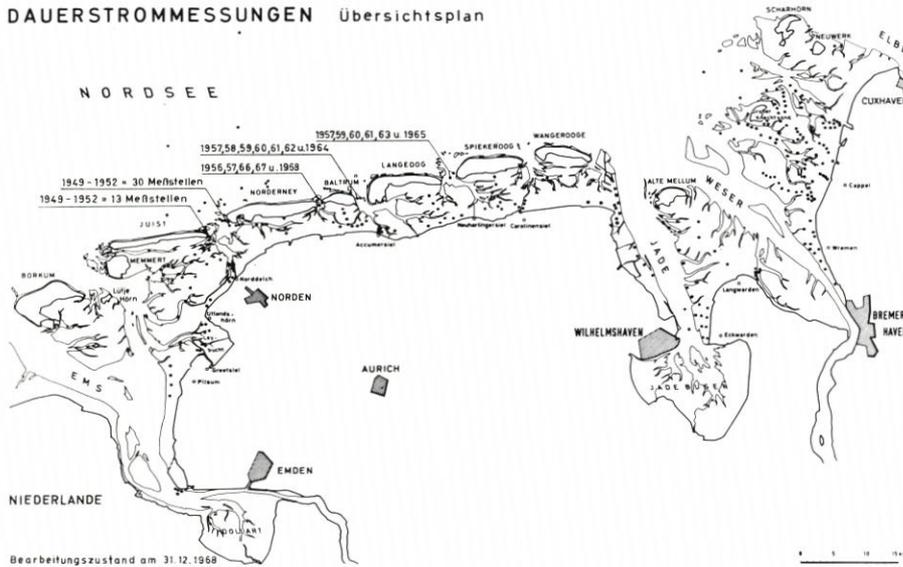


Abb. 14. Hydrometrische Meßpositionen im niedersächsischen Küstenbereich

Die hydrographischen Arbeiten im Watt wurden unter den verschiedensten Zielsetzungen längs der niedersächsischen Küste angesetzt und führten zu entsprechend vielfältigen Ergebnissen. Untersucht wurden z. B. die Strömungsvorgänge in den Seegaten der Ostfriesischen Inseln, die Wasserverfrachtung über die ostfriesischen Wattscheiden, hydrologisch-morphologische Gestaltungsvorgänge in Außentiefs, Strömungsverhältnisse vor Schardeichen und in Landgewinnungsfeldern usf. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in den Jahresberichten fortlaufend

veröffentlicht. Morphologische Gestaltungsvorgänge und die sie bewirkenden hydraulischen Kräfte konnten in vielen Fällen einander zugeordnet werden. Unbefriedigend bleibt indessen nach wie vor, daß die Kinetik der Sedimentverlagerung (Grenzgeschwindigkeiten usw.) noch nicht hinreichend erforscht und in die hydrometrischen Arbeiten einbezogen werden konnte.

Ebenfalls unbefriedigend ist es, daß die morphologisch weitaus wirksamere Brandung bisher meßtechnisch noch nicht zu erfassen ist. Versuche, Meßgeräte für Brandungsmessungen zu entwickeln, kamen über das Entwurfsstadium nicht hinaus bzw. schlugen fehl. Die hierbei gemachten Erfahrungen führten zu der Einsicht, daß Messungen im Brandungsbereich unter den derzeitigen apparativen Möglichkeiten nur mit großen Schwierigkeiten und nach zeitraubenden gerätetechnischen Entwicklungen bewerkstelligt werden können.

Um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, wurde der indirekte Weg der Messung des Seeganges als brandungserzeugendes Element beschritten. Das hierfür erforderliche Wellenmeßgerät wurde in der Forschungsstelle entwickelt und gebaut (Abb. 15). Das Gerät arbeitet



Abb. 15
Wellenmesser im Einsatz vor
Norderney

intermittierend und schreibt bei einem Geschwindigkeitsvorschub des Papierstreifens von 120 mm/min alle zwei Stunden über drei Minuten. Um auf dem 12 cm breiten Registrierstreifen die Wellen möglichst großmaßstäblich aufzuzeichnen und auch höhere Wellen erfassen zu können, wurde die Tide eliminiert, so daß der Mittelstrich des Streifens dem jeweiligen Wasserstand entspricht. Der Höhenmaßstab beträgt 1 : 40. Neben der Aufzeichnung der durchlaufenden Wellen werden deren Kippunkte (Wellenspitzen) gezählt und die Wellenhöhen fortlaufend integriert und mittels Druckzählwerk festgehalten (J.B. Bd. XV).

Zur langfristigen Messung der Wasserstände in weit abgelegenen Gebieten, die eine regelmäßige Pegelbetreuung nicht zulassen, wurden batteriebetriebene Langzeitpegel mit einer Laufzeit von rd. drei Monaten entwickelt; sie waren im Sommerhalbjahr 1966 erstmals in der Robinsbalje eingesetzt. Die Pegel sind mit Streifenschreibern ausgerüstet und erfassen das jeweilige Thw und Tnw. Die Kurve des Tidestieges bzw. -falls ist wegen des steilen Flankenanstiegs nur bedingt für hydrologische Arbeiten brauchbar. Aus den Messungen sollen daher lediglich Häufigkeitsverteilungen der Thw- und der Tnw-Stände ermittelt werden.

Neben den wathydrographischen Arbeiten widmete sich die Forschungsstelle in den letzten Jahren eingehend der Messung des Abflusses in Sielen und Schöpfwerken. Ziel der Messungen und der hiermit verbundenen hydraulischen Untersuchungen war die Entwicklung eines Dauer-

meßverfahrens für den Sielzug und den Förderstrom. Da es eine Beziehung zwischen Wasserstand und Abfluß (Pegelschlüsselkurve) in tidebeeinflussten Gewässern nicht gibt, konnten bisher allseits befriedigende Dauermeßverfahren nicht entwickelt werden. Somit sind die hydrographischen Verhältnisse in Marschgebieten (Abflußbeiwerte, natürliches Retentionsvermögen usw.) noch nicht erschöpfend geklärt. Dieser Mangel wird neuerdings bei der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung besonders empfunden.

Die bisherigen Untersuchungen wurden überwiegend im Schöpfwerk Neuharlingersiel ausgeführt. Auf ihrer Grundlage konnte ein Verfahren zur Dauermessung des Sielzuges entwickelt werden, das auf der Messung der Potentialdifferenz zwischen Binnen- und Außenwasserstand beruht. Die hier erarbeiteten hydraulischen Erkenntnisse wurden bei weiteren Messungen in anderen Sielen bestätigt (Abb. 16, J.B. Bd. XIV und XV).

Weitaus schwieriger gestaltet sich die Messung des Förderstromes in Schöpfwerken. Während einer Reihe von Messungen in mehreren Schöpfwerken stellte sich heraus, daß die Pumpenkennlinien als Grundlage einer Förderstrombestimmung nicht verwendet werden können, da in ihnen die besonderen hydraulischen Randbedingungen des Bauwerkes (Ein- und Auslaufgestaltung, Pfeilerformen usw.) nicht berücksichtigt sind (J.B. Bd. XV). Es wurde daher empfohlen, bewegliche Meßgeräte (Flügel, Schalenkreuz) in einem Punkt der Einlaufkammern einzubauen, der für den Förderstrom einer Pumpe repräsentativ ist. Daß es repräsentative Punkte mit geringer Fehlerempfindlichkeit gibt, wurde im Zuge der Messungen nachgewiesen. Die Messung über bewegliche Geräte ist allerdings nicht voll befriedigend, da sie durch Schwemmsel o. ä. sehr störanfällig sind. Die beschriebenen Verfahren sollen im neuen Schöpfwerk Accumersiel erstmals angewandt werden. Die Geräte sind inzwischen eingebaut und wurden erprobt.



Abb. 16. Ablaufwinde während einer Sielzugmessung (Maadesiel)

6. Bodenmechanik

Die bisherigen sedimentologischen Untersuchungen des Wattbodens wurden im Rahmen biologischer Arbeiten nach bodenkundlichen Verfahren und unter ökologischen Aspekten vorgenommen. Um auch die physikalischen Eigenschaften der Wattböden zu erfassen, wurde 1963/64 ein kleines bodenmechanisches Labor eingerichtet, in welchem Bodenproben z. B. auf Druckfestigkeit, Elastizität, Querdehnung, Spannungserscheinungen, Schubfestigkeit usw. untersucht werden können.

Im Rahmen von Bauvorhaben des Küstenschutzes wurden einige bodenmechanische Untersuchungen ausgeführt, die für Planung und Bau dieser Anlagen wichtiges Grundlagenmaterial

erbrachten. Es handelt sich hierbei um Sohldruckmessungen und ihre Deutung beim Bau von Schöpfwerken, die Beurteilung von Erdstoffen auf ihre Eignung als Deichbaumaterial, Untersuchungen zur Erosionsbeständigkeit von Erdstoffen, die zur Abdeckung von Deichen genutzt werden usw. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollen — soweit sie von überörtlichem Interesse sind — fortlaufend in den Jahresberichten der Forschungsstelle veröffentlicht werden (J.B. Bd. XVII, XVIII u. XIX).

C. Ausblick

Die Arbeiten zur Bestandsaufnahme des niedersächsischen Küstengebietes werden im bisherigen Umfang fortgesetzt. In den Untersuchungen wird sich ein Schwerpunkt im Wesergebiet ausbilden. Zum einen werden hier die Beweissicherungsarbeiten zum Hanseatischen Vorhafenprojekt Neuwerk weitergeführt, und zum anderen wird eine biologische Bestandsaufnahme der Weser nördlich und südlich Blexen im Zusammenhang mit der Ansiedlung eines Titanwerkes auf dem Blexener Groden vorgenommen. Besondere Untersuchungen werden im Zuge des Schwerpunktprogrammes „Sandbewegung im Deutschen Küstenraum“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft erforderlich werden. Im einzelnen zeichnen sich folgende Entwicklungen für die nächste Zukunft ab:

1. **Geologie und Aktuogeologie:** Nachdem die Untersuchung des Quartärs im Wattgebiet zwischen Ems und Jade einen vorläufigen Abschluß gefunden hat, ist eine entsprechende Bearbeitung des Butjadinger und Wurster Wattes vorgesehen. Hierbei wird die Forschungsstelle wie bisher eine Zusammenarbeit mit Fachbehörden oder Instituten anstreben.

Die Untersuchung rezenter morphologischer Vorgänge mit Hilfe aktuogeologischer Verfahren soll fortgesetzt und vertieft werden. Ein verstärkter Einsatz dieser Verfahren wird wohl vor allem bei den Untersuchungen des küstenparallelen Sinkstoff- bzw. Sedimentversatzes zwingend notwendig werden.

2. **Altkartographie:** Die Erfassung langfristiger Gestaltungsvorgänge im Rahmen konkreter Untersuchungsaufgaben und ihre Darstellung im Historischen Kartenwerk 1 : 50 000 wird fortgesetzt. Es ist geplant, das Kartenwerk nach Fertigstellung in seiner Gesamtheit — etwa als Atlas o. ä. — herauszugeben.

3. **Vermessungswesen und Kartographie:** Die Arbeiten an den beiden topographischen Wattkartenwerken 1 : 5000 und 1 : 25 000 werden weitergeführt. In einzelnen Gebieten vorgenommene Zweitvermessungen sollen Anhaltspunkte dazu geben, in welchen Zeiträumen Wiederholungsmessungen zur Feststellung morphologischer Veränderungen sinnvoll und notwendig sind.

Die verfahrensmäßigen und apparativen Entwicklungen in der Wattvermessung werden im Hinblick auf die zeitliche und personelle Rationalisierung aufmerksam verfolgt und auch unterstützt. Vor allem wird die elektronische Datenverarbeitung zur Beschleunigung und Vereinfachung der häuslichen Auswertungsarbeiten zunehmend Bedeutung erlangen. Die digitale Meßwertspeicherung an Bord wird angestrebt.

4. **Biologie:** Die biologisch-sedimentologische Bestandsaufnahme des Küstennahbereiches soll auf weiter abgelegene Gebiete ausgedehnt werden. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollen später in thematischen Karten verarbeitet werden.

Die zunehmende Verschmutzung der Küstengewässer durch Einleitung von Abwässern wird in den kommenden Jahren wahrscheinlich zu einer Ausweitung der biologischen Aufgaben der Forschungsstelle führen. Mit der biologischen Bestandsaufnahme im Raum

Blexen im Zusammenhang mit der Ansiedlung des Titanwerkes ist diese Entwicklung bereits eingeleitet.

5. **Hydrometrie:** Die künftige Entwicklung wird wesentlich durch die Einführung moderner Geräte und die elektronische Bearbeitung der Meßergebnisse bestimmt sein. Die bisher recht zeitaufwendigen Auswertungsarbeiten sind durch apparative Digitalisierung der Meßfilme und unter Einschaltung von Computern zu beschleunigen. Nachdem mit dem WES-65 ein brauchbares Wellenmeßgerät entwickelt werden konnte, sollen in größerem Umfange auch Seegangsmessungen in die hydrometrischen Untersuchungen einbezogen werden.
6. **Bodenmechanik:** Die bodenphysikalischen Arbeiten für Wattböden sind eingeleitet. Die Weiterentwicklung und der zeitliche Fortschritt dieser Arbeiten sind noch nicht voll zu übersehen.

Von besonderer Bedeutung für die künftigen Untersuchungen der Forschungsstelle wird das Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Sandbewegung im Deutschen Küstenraum“ sein. Es ist zu hoffen, daß die in diesem Zusammenhang laufenden Untersuchungen Einblicke in großräumige Entwicklungen erbringen, die bis in Küstennähe wirken und bisher kaum erfaßt wurden oder erfaßt werden konnten. Auf die Bedeutung dieser großräumigen Vorgänge auch für kleinere Untersuchungsgebiete im Küstennahbereich und die Notwendigkeit ihrer Erfassung wurde schon mehrfach hingewiesen. Die nun geplanten Untersuchungen werden daher die Kenntnisse der Naturvorgänge im Nordseeküstengebiet erheblich bereichern.

Die Arbeiten der Forschungsstelle Norderney haben in den vergangenen drei Jahrzehnten wesentliche Erkenntnisse zu den morphologischen Gestaltungsvorgängen im niedersächsischen Küstengebiet erbracht. Der reiche, geschichtlich gewachsene Erfahrungsschatz des Küstenwasserbaues konnte erheblich erweitert, vertieft und auf wissenschaftliche Grundlagen gestellt werden. Der immerwährende Wandel des Küstenvorfeldes und die hierdurch hervorgerufenen wechselnden Beanspruchungen der Bauwerke des Küstenschutzes und der Anlagen des Seeverkehrs erfordern auch in der Zukunft stets aufs neue die naturwissenschaftliche Erfassung und Verfolgung der wirkenden Kräfte als Grundlage sinnvollen und wirtschaftlichen Bauens im Küstenraum.

D. S c h r i f t t u m

In das Schriftenverzeichnis sind nur diejenigen Publikationen aufgenommen, die in dieser Arbeit ausdrücklich zitiert sind. Die Aufführung aller Arbeiten, die für die Küstenforschung von Bedeutung sind und auch der Forschungsstelle viele Impulse gaben, würden den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen. Aus dem gleichen Grunde wurden Hinweise auf die Arbeiten von Angehörigen der Forschungsstelle nur beschränkt unter Angabe der entsprechenden Jahresberichte gegeben, da zu jedem angesprochenen Problem eine oder auch mehrere Veröffentlichungen vorhanden sind, die im Anhang zusammengefaßt wurden.

FÖRSTNER, R.: „Die photogrammetrische Vermessung der Watten. Ein Versuch im Gebiet von Norderney.“ Mitteilung Nr. 70 des Institutes für Angew. Geodäsie, Frankfurt 1964.

GAYE, J.: „Entwicklung und Erhaltung der Ostfriesischen Inseln.“ 7. Bl. Bauverwaltung 54/22 1934 und Dtsch. Wasserwirtschaft 30, H. 2, 1935.

GAYE, J. und F. WALTHER: „Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln.“ Bau-technik, Jg. 13, H. 41, 1935.

GROTHENN, D.: „Die Untersuchungen zur Wattvermessung.“ Wissensch. Arb. der Institute für Geodäsie und Photogrammetrie der Techn. Hochsch. Hannover, Nr. 23, 1964.

HABERSTROH, G.: „Forschungsarbeiten im dithmarscher Wattenmeer.“ Westküste, Jg. 1, H. 2, 1938.

- KOST, W.: „Neue Wattkarten an der niedersächsischen Küste.“ Nachrichten der niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, H. 2, 1964.
- KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE, Arbeitsgruppe Norderney: „Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutz der Insel vorgeschlagenen seebau-technischen Maßnahmen.“ Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.
- LINKE, O.: „Die Biota des Jadebusenwattes.“ Helg. Wiss. Meeresunters. Bd. 1, H. 3, 1939.
- LOHRBERG, W.: „Hydrodist, ein Gerät zur Standortbestimmung im küstennahen Seegebiet.“ Deutsche Gewässerkundl. Mitteilungen, Jg. 4, H. 2, 1960.
- LORENZEN, J. M.: „Planung und Forschung im Gebiet der Schleswig-Holsteinischen Westküste.“ Westküste, Jg. 1, H. 1, 1938.
- LORENZEN, J. M.: „25 Jahre Forschung im Dienst des Küstenschutzes.“ Die Küste 8, 1960.
- SCHLEIDER, W.: „Untersuchungen zur Anwendung des Wasserlinienverfahrens in hydrologisch schwierigen Gebieten.“ Nr. 38 der Wissenschaftlichen Arbeiten der Lehrstühle für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Universität Hannover, 1969.
- THILO, R. und G. KURZAK: „Die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney.“ Die Küste, 1, H. 1, 1952.
- WALTHER, F.: „Die Gezeiten und Meeresströmungen im Norderneyer Seegat.“ Bautechn., Jg. 12, H. 13, 1934.
- WOHLENBERG, E.: Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helg. Wiss. Meeresunters. I, 1, 1937.
- WOHLENBERG, E.: „Biologische Untersuchungen im Wattenmeer und ihre praktische Nutzanwendung für die Landgewinnung.“ Schriftenreihe der Provinzialstelle für Marschen- und Wurtenforschung, Bd. 1, 1940.

Anhang

a) Die Veröffentlichungen in den Jahresberichten der Forschungsstelle

ALLGEMEINES

- F. WALTHER: Überblick über die Untersuchungen des Wasserbauamtes Norden von 1920 bis 1933 über die Veränderungen der Ostfriesischen Inseln und ihre Ursachen. J.B. XIX, 1967.

GEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

- W. DECHEND: Die erdgeschichtliche Entwicklung des Juister Watts und die Folgerungen für eine künftige Entwicklung. J.B. II, 1950.
- W. DECHEND: Die erdgeschichtliche Entwicklung im Raum um Norderney. J.B. III, 1951.
- W. HAARNAGEL: Bericht über das Ergebnis der Bohrungen im Juister Watt. J.B. IV, 1952.
- W. DECHEND und K. RICHTER: Geologische Untersuchungen zur Frage der Materialumlagerungen im Norderneyer Seegat. 1953.
- W. DECHEND: Ergebnisse der Bohrungen im Bereich der Hallig Bant auf dem Kooper Sand südlich Juist. J.B. VI, 1954.
- M. ARKERMANN: Die Umlagerungen des Sandes im Seegebiet vor Norderney und auf der Insel. J.B. VII, 1955.
- K. H. SINDOWSKI: Die geologische Entwicklung des Wattengebietes südlich der Inseln Baltrum und Langeoog. J.B. VIII, 1956.
- W. REINHARDT: Zum Bodenaufbau des Quartärs, besonders des Holozäns der ostfriesischen Küste von Juist bis Langeoog. J.B. IX, 1957.
- U. GROHNE: Botanische Untersuchung zur geologischen Entwicklung der ostfriesischen Küste von Juist bis Langeoog. J.B. IX, 1957.
- K. H. SINDOWSKI: Die geologische Entwicklung des Spiekerooger Wattgebietes im Quartär. J.B. XI, 1959.
- J. L. RUYTER: Geologisch-bodenkundliche Kartierung im Watt der Leybucht auf der Grundkarte „Kleiner Krug“. J.B. XII, 1960.
- K. H. SINDOWSKI: Die geologische Entwicklung des Wangerooger Wattgebietes im Quartär. J. B. XIV, 1962.

HISTORISCHE UNTERSUCHUNGEN

- G. KURZAK: Die historische Entwicklung des Juister Watts. (Nach Ausarbeitungen von Dr. Lang.) J.B. II, 1950.
- H. SCHUMACHER: Die Entwicklung der Insel Memmert von 1906—1950. J.B. III, 1951.
- A. LANG: Bericht über die historische Entwicklung des Juister Watts und der Seegaten zwischen Juist und Norderney vom 16. bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts. J.B. IV, 1952.
- H. HOMEIER: Die Entwicklung des Westteils von Langeoog seit Beginn des 18. Jahrhunderts. J. B. VII, 1955.
- H. HOMEIER: Untersuchung der Veränderungen des Juister Wattes zur Frage eines Durchbruches der Memmert Balje zum Buse Tief. J.B. X, 1958.
- A. LANG: Historische und kartographische Untersuchungen zur Entwicklung der ostfriesischen Inseln östlich von Norderney. 1958.
- A. LANG: Historische und kartographische Untersuchungen zur Entwicklung des Jadegebietes. 1961.
- H. HOMEIER: Historisches Kartenwerk 1 : 50 000 der niedersächsischen Küste. J.B. XII, 1961.
- H. HOMEIER: Die Strandinsel Lütje Hörn an der Osterems. J.B. XIV, 1962.
- A. LANG: Historische und kartographische Untersuchungen zur Entwicklung der Küste und der Watten von Nordbutjadingen bis zur Elbmündung. 1963.
- H. HOMEIER: Die Entwicklung von Accumersiel und seines Einzugsgebietes. J.B. XV, 1963.
- H. HOMEIER: Historisch-morphologische Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney über langfristige Gestaltungsvorgänge im Bereich der niedersächsischen Küste. J.B. XVI, 1964.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung im Raum Schillig und die vermuteten Wechselwirkungen zwischen den Korrektionswerken auf Minsener Oog und den Veränderungen auf dem Festlandswatt. J.B. XVII, 1965.
- H. HOMEIER: Die Strandentwicklung der Insel Memmert. J.B. XVIII, 1966.
- H. HOMEIER: Das Wurster Watt — Eine historisch-morphologische Untersuchung des Küsten- und Wattgebietes von der Weser- bis zur Elbmündung. J.B. XIX, 1967.

MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

- O. LINKE: Ergebnisse der Peilkartenvergleiche des Juister Watts. J.B. II, 1950.
- O. LINKE: Peilungen im Norderneyer Watt 1951. J.B. III, 1951.
- O. LINKE: Bericht über die Riff- und Sandwanderungsuntersuchungen am Nordstrand von Norderney. J.B. IV, 1952.
- O. LINKE: Bericht über die Veränderung des Baltrumer Wattes im Zeitraum 1930—1952. J.B. IV, 1952.
- H. HOMEIER: Die Veränderung des Langeooger Watts im Zeitraum 1938—1953. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Bericht über den Stand der natürlichen Verlandung in der Ley-Bucht und auf der Hauener Hooge. J. B. IV, 1952.
- J. KRAMER: Zustand und Veränderungen des Greetsieler Außentiefs. J.B. VI, 1954.
- J. KRAMER: Untersuchung des Uferabbruchs südlich des Dorumer Tiefs. 1954. J.B. VI, 1954.
- J. KRAMER: Untersuchung des Medem Priels 1954. J.B. VI, 1954.
- H. HOMEIER und J. KRAMER: Verlagerung der Platen im Riffbogen vor Norderney und ihre Anlandung an den Strand. J.B. VIII, 1956.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der Außendeichgebiete an der Wurster Küste zwischen Weddewarden und Solthörner Buhne. J.B. VIII, 1956.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der Cappeler Außendeichgebiete. J.B. IX, 1957.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der ostfriesischen Küste zwischen Bengersiel und Neuharlingersiel. J.B. X, 1958.
- J. KRAMER: Natürliche Entwicklung des Großen Knechtsandes und seine Bedeutung für den Küstenschutz. J.B. XII, 1960.
- H. HOMEIER: Die morphologische Entwicklung der Insel Spiekeroog und die Auswirkung der Strandschutzwerke. J.B. XII, 1960.
- H. HOMEIER: Untersuchung morphologischer Veränderungen an der Wurster Küste auf Grund topographischer Vergleichsmessungen 1957/1965. J.B. XVII, 1965.

SEDIMENTOLOGIE

- M. AKKERMANN: Bericht über die sedimentologischen Untersuchungen zur Frage der Umlagerung des Sandes. J.B. IV, 1952.
- H. E. REINECK: Über den Transport des Riffsandes. J.B. XI, 1959.

- H. E. REINECK: Über Sandverlagerungen im Bereich des Nassen Strandes. J.B. XII, 1960.
 MÜLLER, NACHTIGALL, REINECK, SEIBOLD und VOLBRECHT: Der Knechtsand. Eine Untersuchung über Material und Materialtransport mit der Luminophorenmethode und anderen vergleichenden Methoden. J.B. XVI, 1964.

KARTOGRAPHIE UND VERMESSUNG

- H. J. BUHSE: Zur Technik der Wattvermessung. J.B. VII, 1955.
 H. J. BUHSE: Mitwirkung der Forschungsstelle Norderney bei der Wiederholung des Nordseeküstennivellements im Bereich der ostfriesischen Inseln und Erfahrungen mit neuartigen Meßgerüsten. J.B. VIII, 1956.
 H. J. BUHSE: Watt- und Strandkarten der Forschungsstelle. J.B. XI, 1957.
 H. J. BUHSE: Topographische Wattkarten der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung. J.B. XIII, 1961.
 H. J. BUHSE: Das geodätische Festpunktnetz für die Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney. J.B. XIV, 1962.
 H. J. BUHSE: Neue Karten von niedersächsischen Binnengewässern. J.B. XVI, 1964.
 H. J. BUHSE: Entwicklungstendenzen in der Technik der Wattvermessung. J.B. XVII, 1965.
 H. KOWALSKI: Hydrodist im Einsatz. Elektronische Schiffsortbestimmung in der Vermessung küstennaher Seegebiete. J.B. XVII, 1965.

HYDROMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

- Th. JANSSEN und H. HOMEIER: Berechnung der Tidewassermenge eines Wattraaumes der ostfriesischen Küste. J.B. III, 1951.
 J. KRAMER und E. BARDELMEIER: Wasservertriftung über das Juister Watt. J.B. V, 1953.
 J. KRAMER und E. SCHNOOR: Tidewellenberechnung im Gebiet des Kalfamer Gats / Juister Balje. J.B. V, 1953.
 J. KRAMER und E. SCHNOOR: Stellungnahme zu den hydrologischen und morphologischen Auswirkungen eines Straßendamms Festland/Norderney. J.B. V, 1953.
 D. KÖRITZ: Quantitative Untersuchung der Wasservertriftung über das Juister Watt. J.B. VI, 1954.
 J. KRAMER: Die hydrologischen Verhältnisse im Hafengebiet von Norddeich. J.B. VII, 1955.
 D. KÖRITZ: Hydrometrische Untersuchungen auf dem Wurster Watt zwischen Weddewarden und Solthörner Buhne. J.B. VIII, 1956.
 D. KÖRITZ: Hydrometrische Verhältnisse auf dem Cappeler Watt und bauliche Folgerungen aus der Gesamtuntersuchung. J.B. IX, 1957.
 D. KÖRITZ: Dauerstrommessungen auf dem Watt zwischen Bensorsiel und Neuharlingersiel (Ostfriesische Küste). J.B. X, 1958.
 M. KOCH: Lysimetermessungen auf Norderney in den Abflußjahren 1956/60. J.B. XII, 1960.
 J. KRAMER: Strommessungen im Hafengebiet von Norderney. J.B. XIII, 1961.
 H. HOMEIER und G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen und funktionelle Planung zur Vorklanderhaltung nördlich des Wremer Tiefs an der Wurster Küste. J.B. XIII, 1961.
 M. KOCH: Wattedauerstrommessungen der Forschungsstelle Norderney als Grundlage für funktionelle Planungen im Küstenschutz. J.B. XV, 1963.
 G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen im Bereich der Leybucht zur Beurteilung einer Eindeichung. J.B. XVI, 1964.
 G. RAGUTZKI: Hydrometrische Untersuchungen zur Beurteilung der morphologischen Gestaltungsvorgänge und der hydraulischen Wirkung eines Leitdamms im Bereich des Accumersieler Außentiefs. J.B. XVI, 1964.
 M. KOCH: Untersuchungen zur hydrographischen und morphologischen Bedeutung der Memmertbalje für das westliche Einzugsgebiet des Norderneyer Seegats. J.B. XVI, 1964.
 G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen und Beurteilung von Küstenschutzmaßnahmen im Raum Schillig. J.B. XVII, 1965.
 G. LUCK: Hydrologische Ursachen der Strand- und Dünenabbrüche im Westen Memmerts. J.B. XVIII, 1966.
 G. LUCK: Untersuchungen zu den hydrologisch-morphologischen Gestaltungsvorgängen in der Zufahrt zum Hafen Norddeich. J.B. XIII, 1966.
 M. KOCH und G. LUCK: Hydrometrische Untersuchungen im Bereich des Hohen Weges zur Frage der Wasservertriftung zwischen Jade und Weser. J.B. XVIII, 1966.

BINNENENTWASSERUNG

- D. KÖRITZ: Untersuchung des Neuharlingersieler Außentiefs 1954/55. J.B. VII, 1955.
 G. LUCK: Sielzugmessungen in Neuharlingersieler und Entwicklung eines Dauermeßverfahrens. J.B. XIV, 1962.
 G. LUCK: Sielzugmessungen Maadesiel im September 1963. J.B. XV, 1963.
 G. LUCK: Beurteilung der hydraulischen Wirkung angeströmter Baukörper in Sielen und Schöpfwerken mit Hilfe von photographischen Strömungsaufnahmen. J.B. XV, 1963.
 J. KRAMER: Sielkennblätter. J.B. XIV, 1962.

MESSGERÄTE

- O. LINKE: Bericht über die Entwicklung und den Bau des Wattdauerstrommessers. J.B. IV, 1952.
 W. DEHARDE: Der Wattdauerstrommesser Juist. J.B. VI, 1954.
 W. DEHARDE und K. HAUSMANN: Elektronischer Zeitmarkengeber für Schreibpegel. J.B. VIII, 1956.
 W. DEHARDE: Der Meßflügel „Baltrum“. J.B. IX, 1957.
 G. DRESKE: Der Wellenschreiber WES-63 der Forschungsstelle Norderney. J.B. XV, 1963.

MATHEMATIK

- E. SCHNOOR: Verfahren zur näherungsweise Vorausberechnung optimaler Formel-exponenten in der Korrelationsrechnung. J.B. VI, 1954.

BODENPHYSIK

- G. RAGUTZKI: Beitrag zur Gründung von Schöpfwerken nach den Ergebnissen von Sohldruckmessungen. J.B. XVII, 1965.
 G. RAGUTZKI: Beurteilung von Kleiabdeckungen ostfriesischer Seedeiche auf der Grundlage bodenphysikalischer Kennwerte. J.B. XIX, 1967.

BEURTEILUNGEN ZU BAUVORHABEN

- SCHAUBERGER, THILO, KURZAK, LINKE und DECHEND: Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordwest-Strand der Insel Norderney und die Beurteilung der zum Schutz der Insel vorgeschlagenen seebautechnischen Maßnahmen. J.B. I, 1949.
 J. KRAMER und H. HOMEIER: Die Auswirkung der Inselchutzwerke auf die Strandentwicklung im Westteil von Norderney. J.B. VI, 1954.
 J. KRAMER: Bauliche Folgerungen aus den Untersuchungen für die Ufersicherung zwischen Weddewarden und Solthörn. J.B. VIII, 1956.
 J. KRAMER: Künstliche Wiederherstellung von Stränden unter besonderer Berücksichtigung der Strandaufspülung Norderney 1951/52. J.B. IX, 1957.
 D. KÖRITZ: Ein Vorschlag zur Sicherung des Seedeiches zwischen Bensen-siel und Neuharlingersieler (Ostfriesische Küste). J.B. X, 1958.
 J. KRAMER: Insel-schutz von Neuwerk und Erhaltung einer Zufahrt. J.B. X, 1958.
 J. KRAMER: Deichsicherung an der ostfriesischen Küste zwischen Utlandshörn und Hilgenriedersieler. J.B. XI, 1959.
 J. KRAMER: Ufersicherung zwischen Eckwarderhörne und Langwarder Groden an der Butjadinger Küste. J.B. XII, 1960.
 J. KRAMER, G. LUCK und C. D. MÜLLER: Stellungnahme zur versuchsweisen Stranderhöhung durch Kies am Westkopf von Norderney. J.B. XIV, 1962.
 G. LUCK: Beurteilung von Baumaßnahmen im Bereich des Harlesieler Außentiefs auf der Grundlage hydrometrischer Untersuchungen. J.B. XVII, 1965.

BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

- H. R. KRAUSE: Die biologische Kartierung des westlichen Juister Watts im Sommer 1950. J.B. II, 1950.
 H. R. KRAUSE: Die Kartierung der Lebensgemeinschaften des östlichen Juister Watts und des Norderneyer Watts im Jahre 1951. J.B. III, 1951.
 H. R. KRAUSE: Vorläufiger Bericht über die 1951 durchgeführten Schilluntersuchungen im Mündungsgebiet der Ems. J.B. III, 1951.
 H. R. KRAUSE: Bericht über die Kartierung der Lebensgemeinschaften des Baltrumer Watts im Jahre 1952. J.B. IV, 1952.

- H. R. KRAUSE: Bericht über einen Versuch zur Ermittlung der Befalls- und Bohrtätigkeit der Holzbohrmuschel *Teredo navalis* L. J.B. IV, 1952.
- H. R. KRAUSE: Die Kartierung der bodenbewohnenden Lebensgemeinschaften im Langeooger Watt. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Abschließender Bericht über die in den Jahren 1951 und 1952 durchgeführten Schilluntersuchungen im Mündungsgebiet der Ems. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Untersuchungen über den Gehalt an organischer Substanz im Feinstanteil der Sedimente des Emsmündungsgebietes. J.B. V, 1953.
- H. R. KRAUSE: Die biologische Wattkartierung im ostfriesischen Raum. 1955.
- C. D. MÜLLER: Biologische Untersuchung des Watts an der Butjadinger Küste zwischen Eckwarderhörne und Tossens. J.B. VIII, 1956.
- C. D. MÜLLER: Die Epifauna auf den Hölzern der *Teredo*-Untersuchungsstation in Norderney. J.B. VII, 1955.
- C. D. MÜLLER: Biologische Untersuchung des Wurster Wattes zwischen Weddewarden und Solthörner Buhne. J.B. VIII, 1956.
- C. D. MÜLLER: Biologische und sedimentologische Untersuchung des Cappeler Wattes. J.B. IX, 1957.
- C. D. MÜLLER: Biologische und sedimentologische Wattuntersuchung zwischen Westeraccumersiel und Neuharlingersiel an der ostfriesischen Küste. J.B. X, 1958.
- C. D. MÜLLER: Fauna und Sediment in der Leybucht. Biologisch-bodenkundliche Wattuntersuchung mit Stellungnahme zur Landgewinnung. J.B. XI, 1959.
- C. D. MÜLLER: Biologisch-sedimentologische Untersuchung der Wattveränderung 1955—1961 bei Wremen. J.B. XIII, 1961.
- C. D. MÜLLER: Untersuchung des Verlandungsfortschrittes beiderseits des Cappeler Tiefs. J.B. XIII, 1961.
- C. D. MÜLLER: Das Watt an der Butjadinger Küste von Langwarden bis Tossens. Untersuchung von Fauna und Sediment und Folgerungen für den Küstenschutz. J.B. XIV, 1962.
- C. D. MÜLLER: Fauna und Sediment im Wurster Watt von Solthörn bis Dorumer Tief und ihre Beeinflussung durch die Februarsturmflut 1962. J.B. XIV, 1962.
- C. D. MÜLLER: Das ostfriesische Watt von Dornumersiel bis Norddeich. Eine biologisch-sedimentologische Untersuchung mit Folgerungen für den Küstenschutz. J.B. XV, 1963.
- C. D. MÜLLER: Das ostfriesische Watt von Neuharlingersiel bis Harlesiel. Biologisch-sedimentologische Untersuchung und Folgerungen für den Küstenschutz. J.B. XVII, 1965.
- C. D. MÜLLER: Untersuchungen über die Einwirkungen von Tier- und Pflanzenbesiedlung auf Asphaltbauwerke im Seewasser. J.B. XVIII, 1966.
- H. MICHAELIS: Makrofauna und Vegetation der Knechtsandwatten. J.B. XIX, 1967.

b) Veröffentlichungen von Mitarbeitern der Forschungsstelle außerhalb des Jahresberichtes

BACKHAUS, H.:

„Die natürliche Entwicklung der Ostfriesischen Inseln.“ Abhandl. Nat. Ver. Bremen, Bd. XXX, H. 1/2, 1937.

„Die Entwicklung der Ostfriesischen Inseln in geschichtlicher, geomorphologischer, hydrodynamischer und seebautechnischer Hinsicht.“ Dissertation, Hafenbautechn. Ges., Jg. 6, H. 18, 1939/40.

„Die Ostfriesischen Inseln und ihre Entwicklung. Ein Beitrag zu den Problemen im südlichen Nordseegebiet.“ Prov.-Inst. Landesplanung und Nieders. Landes- und Volkstumsforschung, R. A. I, 12, 1943.

BUHSE, H. J.:

„Eine neue Gewässerkarte vom Steinhuder Meer.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 14, H. 4, 1965.

„Neue Karten für den Insel- und Küstenschutz in Niedersachsen.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 15, H. 2, 1966.

DECHEND, W.:

„Zur Frage der Sandwanderung vor den Ostfriesischen Inseln.“ Bautechnik, H. 7, 1949.

„Das Eem im Raum Norderney—Hilgenriede.“ Zeitschr. der Dtsch. Geol. Ges., Bd. 102/1, 1950.

- „Die Gliederung des Quartärs im Raum Krummhörn—Dollart (Ostfriesland) und die geologische Entwicklung der Unteren Ems.“ Geol. Jahrb., Bd. 71, 1956.
- FREISTADT, KRAMER, LORENZEN, LÜDERS, RODLOFF, TRAEGER (Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke):
 „Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februarsturmflut 1962.“ Die Küste, Jg. 10, H. 1, 1962.
- JANSSEN, Th.:
 „Forschung im Dienst der Ostfriesischen Küste.“ Ostfreesland-Kalender, 1952.
 „Die Vorflutverhältnisse bei Einleitung von Abwässern in Tideflüsse.“ Die Wasserwirtschaft, Jg. 43, H. 6, 1953.
 „Neue hydrometrische Geräte der Forschungsstelle Norderney.“ Mitt. d. Bundesanst. f. Gewässerkunde, Nr. 42, 1953.
 „Die ostfriesischen Watten als Verkehrs- und Wirtschaftsgebiet.“ Wasser- und Schiffsamt Norden, 1954.
 „Inselschutz an Ostfrieslands Küste.“ Hansa, Jg. 93, H. 44/45, 1956.
- KÖRITZ, D.:
 „Neuartige selbstregistrierende Meßgeräte und ihre Anwendung im Tidegebiet.“ Deutsche Gewässerkundl. Mitteilungen, Sonderheft 1958.
 „Küstenforschung und Inselschutz.“ Merian „Ostfriesische Inseln.“ H. 3, X.
- KOWALSKI, H.:
 „Erfahrungen mit dem Hydrodist in der Vermessung küstennaher Seegebiete zwischen Ems und Elbe.“ Deutsche Gewässerkundl. Mitteilungen, 12. Jg., H. 2, 1968.
- KRAMER, J.:
 „Probleme des Insel- und Küstenschutzes.“ Jahresheft des Westdeutschen Wasserwirtschaftsverbandes Essen, 1955.
 „Die Forschungsstelle Norderney.“ Wasser und Boden, Jg. 8, H. 12, 1956.
 „Inselschutz von Norderney.“ Binnenschiffahrtsnachrichten, H. 36/37, 1958.
 „Die Strandaufspülung Norderney 1951—1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung.“ Die Küste, Jg. 7, 1958/59.
 „Das Fachgespräch am runden Tisch: Welche Lahnungsbauweise und welche Aufteilung der Landgewinnungsfelder sind beim Küstenschutz für Landgewinnung am zweckmäßigsten?“ Wasser und Boden, Jg. 12, H. 9, 1960.
 „Beach — Rehabilitation by use of the beach fills and further plans for the protection of the island of Norderney.“ Proceeding of the Seventh Conference on Coastal Engineering, Council on Wave Research, Richmond (California) USA, 1960.
 „Wird der Deich halten?“ Schiffahrtsbuch für Binnenschiffahrt, Küstenschiffahrt und Seefischerei, 1961.
 „Zur Frage der Wanderung der Ostfriesischen Inseln auf Grund neuerer geologischer Befunde.“ Zeitschr. Dtsch. Geol. Gesellsch. 112, 1961.
 „Der Kampf um den Sand — Probleme des Inselschutzes.“ Ärztliche Mitteilungen — Deutsches Ärzteblatt, Jg. 47/59, H. 24, 1962.
 „Wasserwirtschaft in Ostpakistan.“ Wasser und Boden, Jg. 14, H. 6, 1962.
 „Sturmflut 1962 — Sturmfluten und Küstenschutz zwischen Ems und Weser.“ Norden 1967.
- KRAMER, J. und H. BETH:
 „Ein integrierendes Sinkstoff-Fangerät.“ Die Küste, Jg. 4, 1955.
- KRAMER, J., R. LIESE und K. LÜDERS (Ingenieurkommission):
 „Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet.“ Die Küste, Jg. 10, H. 1, 1962.
- KRAMER, J. und G. LUCK:
 „Aufgaben und Arbeiten der Forschungsstelle Norderney.“ Wasserwirtschaft in Niedersachsen, Sonderheft der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung 1964.
- KRAUSE, H. R.:
 „Quantitative Schilluntersuchungen im See- und Wattengebiet von Norderney und Juist und ihre Verwendung zur Klärung hydrographischer Fragen.“ Archiv für Molluskenskunde, Bd. 79, Nr. 4/6, 1950.
 „Faunistisch-ökologische Untersuchungen über die Innenraumbesiedlung eines Metallbehälters im Meerwasser.“ Zeitschr. f. Morphologie u. Ökologie der Tiere, Bd. 41, 1952.
 „Bedeutung und Verwendung biologischer Forschungen im Wasserbau.“ Wasserwirtschaft, Jg. 42, H. 11, 1952.

„Die Verteilung der organischen Substanz in den Sedimenten des Brackwassergebietes der Ems.“ Die Küste, Jg. 4, 1955.

LINKE, O.:

„Die Biota des Jadebusenwattes.“ Helgoländer Wiss. Meeresuntersuchungen, Bd. 1, H. 3, 1939.

„Miesmuscheln als Buhenschutz.“ Natur und Volk 70 (5), 1940.

„Die biologischen Grundlagen des Dünen-schutzes auf den Ostfriesischen Inseln.“ Wasserwirtschaft, Jg. 42, H. 11, 1952.

„Hilfsmittel zur Erleichterung des Ablesens von Lattenpegeln bei rauher Wasseroberfläche.“ Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 1952.

„Eine selbsttätige Pegel-Spüleinrichtung.“ Die Küste, Jg. 2, H. 2, 1954.

LUCK, G.:

„Zielsetzung und Verfahren der Wathydrographie.“ Wasser und Boden, Jg. 16, H. 4, 1964.

„Zur Gestaltung von Schöpfwerkspfeilern.“ Wasser und Boden, Jg. 17, H. 11, 1965.

„Die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz auf Norderney.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 14, H. 4, 1965.

„Zur morphologischen Gestaltung der Seegaten zwischen den Ostfriesischen Inseln.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 15, H. 3, 1966.

„Zur Landfestmachung der Ostfriesischen Inseln.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 15, H. 14, 1966.

„Morphologische Gestaltungsvorgänge in Außentiefs als Grundlage für Bau und Unterhaltung solcher Anlagen.“ Wasser und Boden, Jg. 18, H. 9, 1966.

„Forschung im Dienste der Küstensicherung.“ Wasser und Boden, H. 10, 1967.

„Zum Aufsatz ‚Das Wasserlinienverfahren — eine neue Art der Wattvermessung von J. Sindern und F. Kathage.‘ Diskussionsbeitrag.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 11, H. 4, 1967.

„Straßendamm Festland—Norderney.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 17, H. 4, 1968.

„Unterwasserfernsehen in der Küstenforschung.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 17, H. 4, 1968.

„Unterwasserfernsehen im Seegebiet von Norderney.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 12, H. 6, 1968.

„Zur Messung des Binnenwasserabflusses in Sielen.“ Wasser und Boden, H. 3, 1968.

„Aufgaben und Arbeiten der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz.“ Vortrag. „Jahresversammlung 1968“ des Nordwestdeutschen Wasserwirtschafts-Verbandes.

LUCK, G. und G. DRESKE:

„Stationärer Meßrahmen und Ablaufwinde. Vergleichsmessungen in Sielkammern.“ Wasser und Boden, Jg. 18, H. 1, 1966.

MÜLLER, C. D.:

„Biocoenotisch-ökologische Untersuchung verschiedener Wattengebiete an der deutschen Küste.“ Dissertation, Gießen 1957.

„Sepia-Eier vor Langeoog.“ Natur und Volk, H. 6, 1960.

„Beziehung zwischen Wattenfauna und Sediment und deren Bedeutung für Küstenschutz und Landgewinnung.“ Geographische Rundschau, Jg. 13, H. 11, 1961.

„Biologie im Dienst von Küstenschutz und Landgewinnung.“ Ärztliche Mitteilungen — Deutsches Ärzteblatt, Jg. 47/59, H. 24, 1962.

„Ein Mondfisch (Mola mola) an der ostfriesischen Küste.“ Natur, Kultur und Jagd, Beiträge der Naturkunde Niedersachsen, Jg. 17, H. 2/3, 1964.

G. Dietrich: „Ozeanographie.“ Buchbesprechung, Geograph. Rundschau, H. 10, 1964.

„Seltene Bryozoen-Kugelform in einem Spülsaum.“ Natur und Museum, Bd. 96, H. 5, 1966.

„Die Einwirkung der Tier- und Pflanzenbesiedlung auf Asphaltbauwerke im Seewasser.“ Bitumen, H. 5, 1966.

THILO, R. und G. KURZAK:

„Die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney.“ Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.

THILO, R. und H. GOTTFRIED:

„Wasser- und schiffahrtstechnisches Handbuch für Ostfriesland.“ 1955.