

Untersuchung über geomorphologische Veränderungen in der Dithmarscher Bucht

Von PETER WIELAND

Zusammenfassung

Anhand historischer Karten, überlieferter Berichte und jüngerer Wathöhenskarten von insgesamt sechs zeitverschiedenen topografischen Aufnahmen seit 1934 sind die Entwicklung der Küstenlinie sowie der Watten und Priele in der Dithmarscher Bucht flächig, räumlich, lage- und höhenmäßig untersucht worden. Die Methode wird aufgezeigt und die gefundenen Veränderungen, auch im Einfluß technischer Eingriffe in das Tideregime durch eine Vordeichung, werden im einzelnen dargestellt. Aus erkennbaren Tendenzen zu erwartende künftige Entwicklungen werden gedeutet.

Summary

The areal, volumetric and topographical evolution of the coastline, the intertidal zone and channels of Dithmarsh Bay were investigated based on historical maps, reports and recent topographical charts for a total six different time periods since 1934. The analysis technique is described and a detailed discussion given of the changes which were determined to have occurred both naturally and due to construction associated with initial diking measures in the tidal zone. Further developments are induced from clearly apparent trends.

Inhalt

1. Anlaß und Aufgabe	107
2. Historische Entwicklung des Küstenraumes	109
2.1 Geologischer Einblick	109
2.2 Entwicklungen im Wattenmeer	110
2.3 Landgewinn seit Beginn des Deichbaus	114
3. Jüngere morphologische Veränderungen	115
3.1 Grundlagen und Methode	115
3.2 Entwicklung der Tidescheitelwasserstände	119
3.3 Veränderungen der Wattwasserläufe	123
3.4 Flächen- und Volumenbilanz	126
4. Schlußanmerkungen	133
5. Schriftenverzeichnis	137

1. Anlaß und Aufgabe

Im Zuge der Ausführung des Generalplanes Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein wurde in den Jahren 1970 bis 1978 im Wattenmeergebiet der Dithmarscher Bucht durch das Land im Abstand von 2 bis 4 km vor der alten Küstenlinie zwischen Warwerort im Norden und Kaiserin-Auguste-Viktoria-Koog im Süden ein neuer Seedeich errichtet (Abb. 1). Dadurch wurde der natürliche Überflutungsraum der Dithmarscher Bucht um insgesamt 31 km² verringert. Dieser Eingriff in das Tideregime des Wattstro-

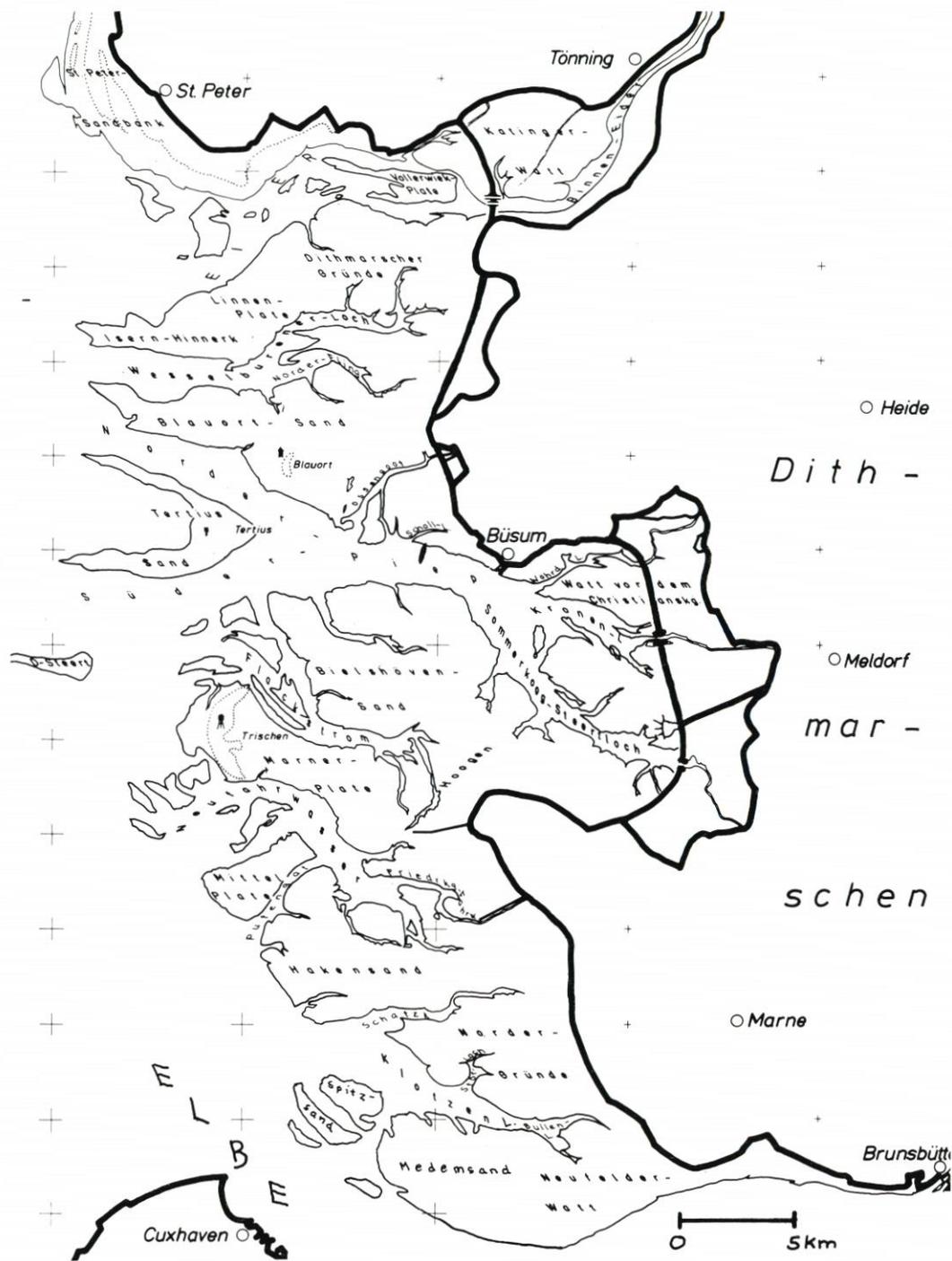


Abb. 1. Übersichtskarte südliche Nordseeküste Schleswig-Holstein

mes Piep mit seinen Quellprieln Wöhrdener Loch, Kronenloch mit Außenmiele sowie Sommerkoog-Steertloch kann hydrologische, sedimentologische und morphologische Veränderungen insbesondere im landnahen Bereich zur Folge haben. Um etwaigen nachteiligen Entwicklungen rechtzeitig begegnen zu können, die den Küstenschutz, die Wasserwirtschaft, Schifffahrt, Fischerei, die Erholungswirtschaft und das ökologische Gleichgewicht in irgendeiner Weise berühren, werden als Grundlage die Naturzustände und -vorgänge seit 1970, unmittelbar vor Beginn des Seedeichbaues, nach einem speziellen Programm (ALW Heide, 1981) kontinuierlich beobachtet, festgehalten und beurteilt.

Das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) hat Ende 1977 in der inneren Deutschen Bucht das Forschungsvorhaben „Schlicksedimentation Watten“ begonnen. Bis Anfang 1982 sind in einer ersten Stufe in zwei Testfeldern, nämlich Sahlenburger Watt und Dithmarscher Bucht, vor allem sedimentologische, geologische und biologische Untersuchungen zunächst zur Standortcharakterisierung, Begriffsbestimmung und Methodik durchgeführt worden (FIGGE et al., 1980). Dafür stellte das Bundesministerium für Forschung und Technologie zusätzliche Mittel zur Verfügung.

Im Rahmen dieser Untersuchungen sind als Basis zum Erfassen vorausgegangener natürlicher Umformungen und etwaiger Auswirkungen des technischen Eingriffs der Bedeichung sowie zum Einordnen sedimentologischer Veränderungen an der Wattoberfläche die geomorphologischen Veränderungen im gesamten Einflußraum bis zum Beginn der Vordeichung sowie während der acht Jahre dauernden Baumaßnahme zu ermitteln. Dazu ist zunächst die historische Entwicklung des Küstenraumes etwa westlich der Linie Marne-Meldorf-Wesselburen anhand geologischer Untersuchungsergebnisse und älterer archivalischer Quellen, insbesondere Karten und Segelanweisungen etwa vom 16. Jahrhundert bis heute, zusammenfassend nachzuzeichnen. Dann sind die morphologischen Veränderungen des Küstenvorfeldes seit Beginn der topografischen Wattvermessungen im Jahre 1936 flächig und räumlich zu bilanzieren und die Tendenzen aufzuzeigen.

2. Historische Entwicklung des Küstenraumes

2.1 Geologischer Einblick

Der Dithmarscher Küstenraum ist geprägt durch die pleistozänen Moränenwälle etwa in der Linie Burg-Meldorf-Heide, mit den Nehrungshaken vor allem südlich Meldorf bei St. Michaelisdonn und nördlich Heide bis Lunden, sowie durch den westlich davorliegenden holozänen Ablagerungsraum (Abb. 1, 2). Der Geestrand wurde vor rd. 200 000 Jahren während der Saale-Vereisung aufgebaut (WOHLENBERG, 1968). Vor knapp 8000 Jahren, nachdem während der Flandrischen Transgression, beginnend im frühen Atlantikum ca. 6000 Jahre v. d. Z., der Meeresspiegel von rd. - 25 m NN auf - 2 m NN angestiegen war, reichte die Nordsee bis an die Geest heran (DITTMER, 1937). Von da an tritt an die Stelle des Eises das Meer als landschaftsgestaltende Kraft. Das Mittelalluvium ist die Zeit der Kliff- und Nehrungsbildungen mit Materialabbruch vom Geestrand und küstenparalleler Versetzung nach Norden und Süden. Maßgebend waren Brandungskräfte, da die Watten noch nicht bestanden. Sedimentation fand bis dahin kaum statt. Erst an der Wende von der Jungsteinzeit zur Bronzezeit, ca. 1600 v. d. Z., beginnt in Dithmarschen eine starke Sedimentation, mit der schließlich der Meeresspiegelanstieg nicht mehr Schritt hält, so daß die Brandungskräfte abnehmen. In der Folge klingt die Geestrandabrasion aus, und über dem eiszeitlichen Niveau des Nordseebeckens bilden sich Watten und Sände mit einer Mächtigkeit von heute bis zu

36 m (Insel Trischen). Schließlich entstanden von etwa 800 v. d. Z. bis 1000 n. d. Z. aus feinsten marinen und brackischen Sedimenten landnah neben vereinzelt Torfen und Mooren die „Alte Marsch“, und, in einem Prozeß fortgesetzten Anhäufens von Sedimenten bis zur Gegenwart, darüber die „Junge Marsch“ (DITTMER, 1937 u. 1960). Das so bereits in frühgeschichtlicher Zeit in Dithmarschen entstandene feste Land war im Westen begrenzt etwa durch die Linie Brunsbüttel-Marne-Meldorf-Wöhrden-Wesselburen-Hemme einschließlich der Insel Büsum. Es ist gleichzeitig der Gürtel der ältesten Gemeinschaftswarften (Abb. 3), die etwa ab 300 n. d. Z. errichtet wurden und von wo die Besiedlung der Marsch ausging (FISCHER, 1955).

2.2 Entwicklungen im Wattenmeer

Das allein schon durch die erhebliche Veränderung der Küstenlinie gewandelte Bild des Wattenmeeres ist mangels genauer Karten und Aufzeichnungen aus früherer Zeit bis hinein ins 18. Jahrhundert nur lückenhaft und grob nachzuzeichnen. Immerhin ergeben sich wertvolle Anhalte zum besseren Verständnis der Entwicklung des Raumes insgesamt.

Die bedeutenden, heute bekannten Wattströme waren bereits Anfang des 16. Jahrhunderts nachweisbar vorhanden. Weil sie seit jeher den wechselnden Kräftewirkungen unterlagen, veränderten sie sich jedoch in Lage und Form zum Teil erheblich. Zu diesen dominierenden Fahrwassern gehören die Piep mit Norderpiep und Süderpiep, die Miele und der Flackstrom (Abb. 1).

Nach den Segelanweisungen, den ältesten überlieferten Dokumenten über das Küstenvorfeld, mit Beschreibungen vor allem von WAGHENAER (1592, 1596, 1600), HAEYEN (1585) und BLAEU (1608), waren Norder- und Süderpiep wechselnd weit voneinander getrennt, teils parallel West-Ost verlaufend, aber zunächst bis zum Ende des 16. Jahrhunderts sich unmittelbar westlich der damaligen Insel Büsum, etwa in nördlicher Verlängerung des damals Süd-Nord gerichteten Flackstromes, vereinend. Sie gabelten sich am seeseitigen Kopf des sich von Büsum westwärts erstreckenden Sandes De Hondt, später Hodemer Sandt und danach Blauort-Sand, mit den hochwasserfreien Sänden Blauort und zeitweise, nach ZARTMANN (1846), Koegs-Hinnerk-Sand und Büsum-Hinnerk (LANG, 1975, Abb. 2). Die östliche Verlängerung der Norderpiep in die heutige Dithmarscher Bucht hinein bis nahe an den Ort Wöhrden war der die ehemalige Insel Büsum nördlich vom Festland trennende Wart-Strom. Unmittelbar parallel zum Festland vor Meldorf lag bis ins 19. Jahrhundert hinein das Kronenloch. Verbindungsrinne vom Binnenfluß Miele zum Wattstrom Piep war seit jeher die Außenmiele.

Um die Wende vom 16. zum 17. Jahrhundert lagen die beiden Mündungsarme der Piep etwa 7 km weit auseinander. Bis etwa zum Ende des 18. Jahrhunderts bestand auch eine bedeutende, Nord-Süd gerichtete Fahrwasser Verbindung von der Eider zur Norderpiep. Das Wesselburener Loch, heute nach Ausweitung der Watten als Tiderinne zwischen Eider und Piep gelegen, war bis dahin noch nicht vorhanden. Mit der Landfestmachung der Insel Büsum durch den Bau des Wardammes um 1600, auch infolge erheblicher Landverluste der Insel im Süden und insbesondere durch die im gesamten Küstenvorfeld andauernde starke natürliche Dynamik, kam es zu ständigen Umformungen und Verlagerungen der Wattströme und Rinnen, zur Vertiefung und Verbreiterung der Piep als dem jetzt mit Abstand dominierenden Fahrwasser. Die meistens Nord-Süd gerichteten Priele orientieren sich nach West-Ost, zeitweise entstandene, z. T. bewachsene halligartige Inseln westlich und südlich von Büsum verschwanden größtenteils wieder (Koegs-Hinnerk-Sand, Büsum-Hinnerk, Bielshöft, Tötel).

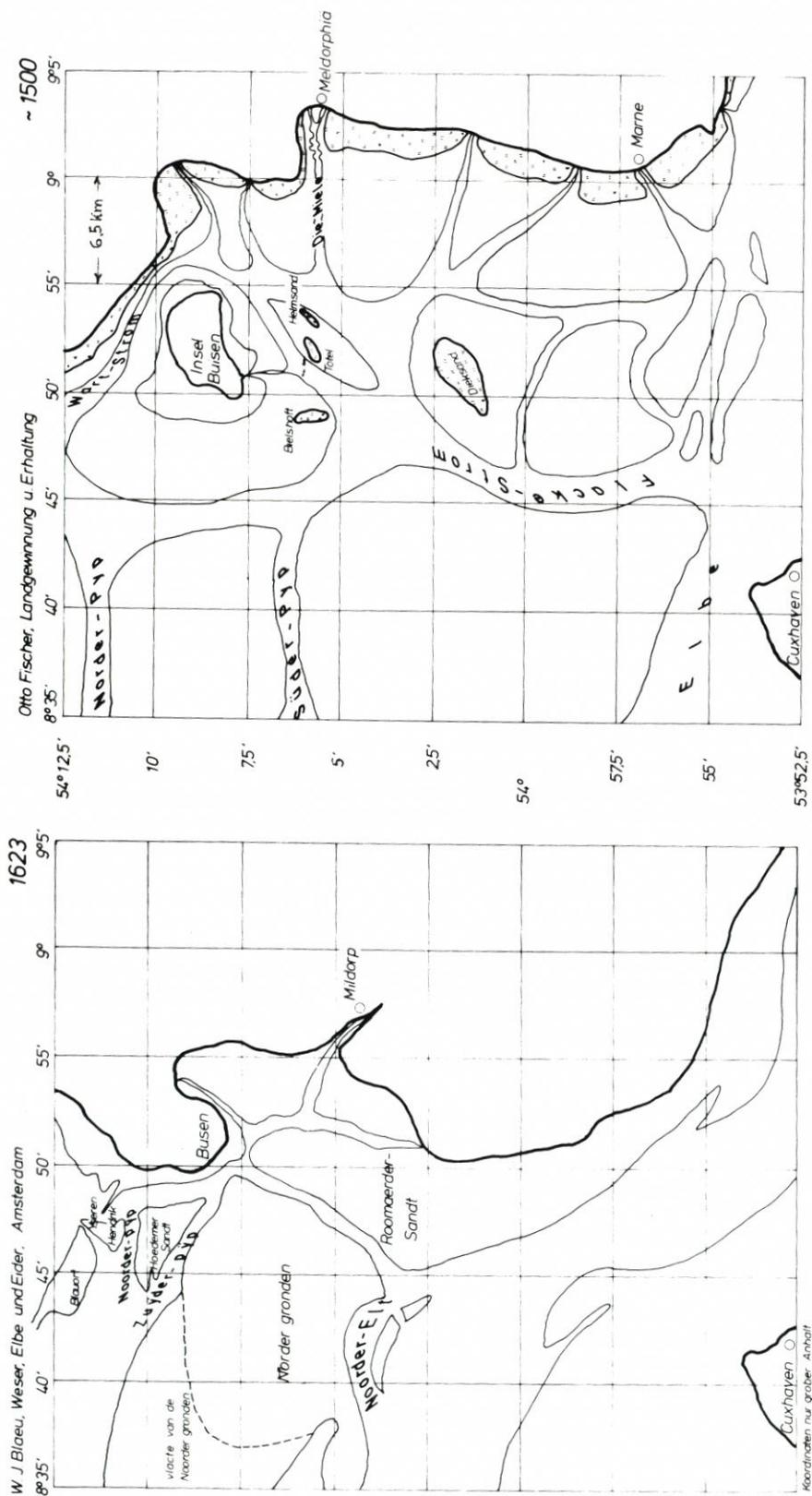
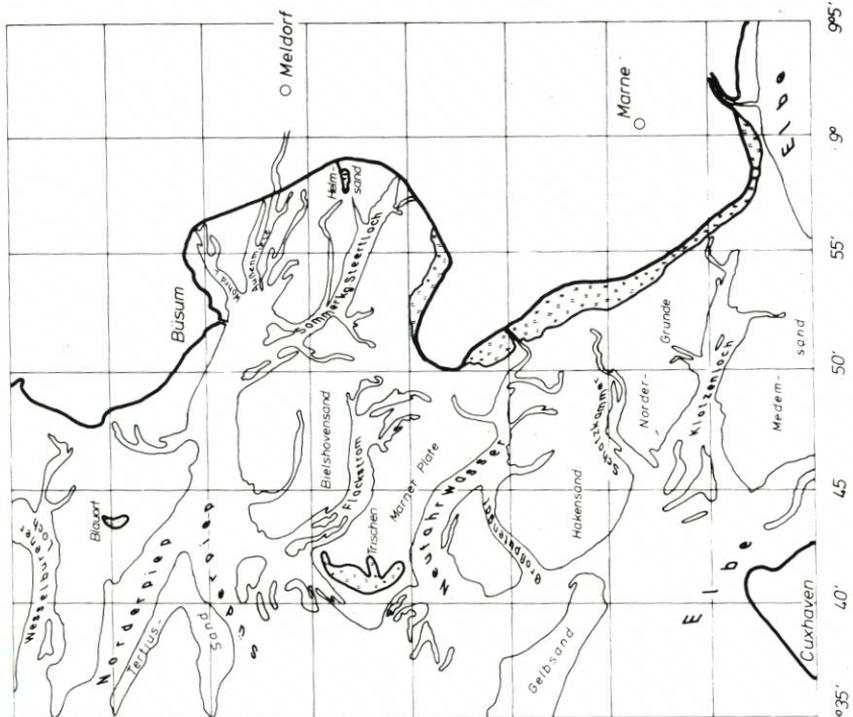


Abb. 2. Karten zur historischen Entwicklung des Küstenraumes zwischen Piep und Elbe

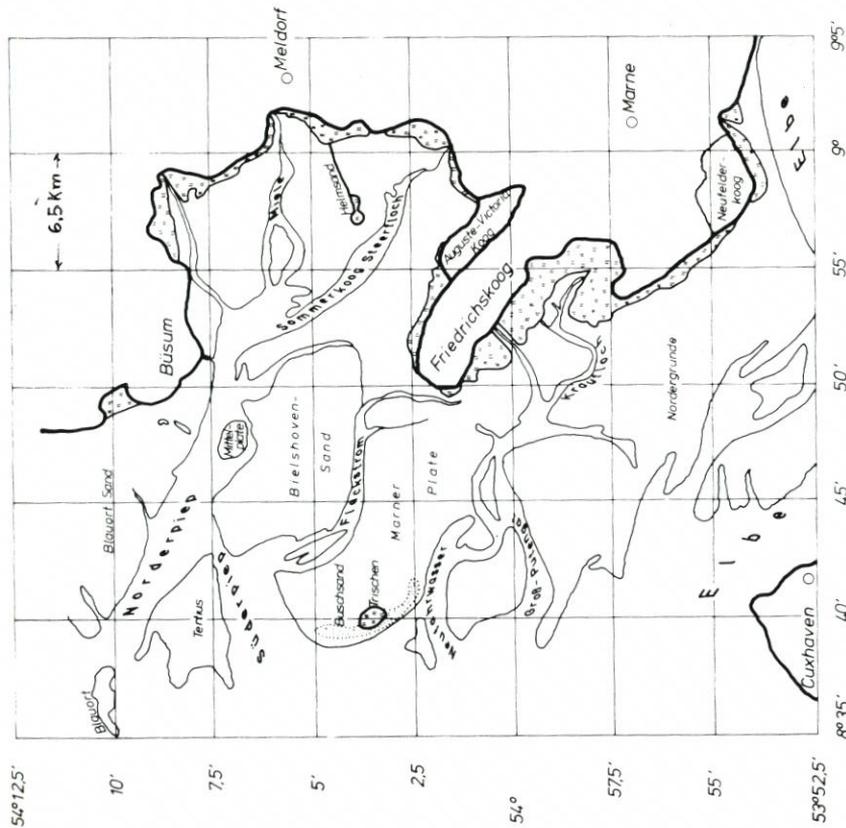
1979

Seekarte des DHI



1925

Seekarte des Reichwehrministerium



Am Westrand der nun geschlosseneren Watten wurden hochwasserfreie Sände aufgeworfen (Blauort, Tertius, Trischen), und durch Vorlandbedeichungen entstand die Dithmarscher Bucht und der im Südtteil dominierende Wattstrom Sommerkoog-Steertloch. Durch den Bau des Speicherkoooges Dithmarschen von 1970 bis 1978 wurde der Tideraum Dithmarscher Bucht in der Fläche um etwa $\frac{1}{3}$ reduziert. Als einzige Hallig vor Dithmarschen blieb bis heute Helmsand in der Dithmarscher Bucht erhalten. Der hochwasserfreie Teil des Außensandes Tertius bestand nach kontinuierlicher, flächiger Schrumpfung bis 1975. Die Außensände Blauort und Trischen wandern im Mittel der letzten 90 Jahre in der Mittelachse, bezogen auf die Thw-Linie, um rd. 30 bis 40 m/Jahr ostwärts (WIELAND, 1972).

2.3 Landgewinn seit Beginn des Deichbaus

Die zunehmende Besiedlung und Landnutzung der Marsch sowie der anhaltende Meeresspiegelanstieg zwangen die Bewohner zu einem besseren Schutz vor Sturmfluten. So setzte etwa 1000 n. d. Z. der Deichbau ein. Der erste Seedeich entstand nach und nach am Westrand des alten Marschgürtels, worauf einige Ortsnamen noch heute hinweisen, wie z. B. Diekshörn nordwestlich von Brunsbüttel, Diekhusen südöstlich von Marne, Krumwehl nördlich von Marne, Barlter Altendeich südlich und Barsfletherdeich nordwestlich von Meldorf, Wesselburener Deichhausen, Süderdeich südlich und Schülper Altensiel nördlich von Wesselburen sowie Nesserdeich südwestlich von Lunden (Abb. 3).

Vor dieser Küstenlinie entstanden, dem örtlichen natürlichen Kräfte- und Stoffhaushalt entsprechend, in unterschiedlicher Intensität aus schlickigen Absätzen Vorländer und schließlich nach deren Bedeichung neue Köge. Im Elbemündungsgebiet erfolgte der natürliche Landzuwachs erheblich rascher als im nördlichen Dithmarschen um Wesselburen oder gar im extrem anlandungsschwachen Bereich westlich Meldorf. Offensichtlich ist in der Elbemündung das Zusammentreffen der zwei gegensätzlichen Biotope Fluß (Süßwasser) und Meer (Salzwasser) mit resultierendem Ausfällen absterbender Organismen an der überdurchschnittlichen Verlandungsintensität entscheidend beteiligt (WIELAND, 1973).

Bis zum Jahre 1720 waren vor Dithmarschen insgesamt rd. 12 320 ha Neuland hinzugewonnen worden. In diese Zeit fällt um 1600 die sog. Landfestmachung der bis dahin durch hohe Landverluste infolge ständiger Abbrüche am Südwestrand und technisch unterstütztem Landgewinn im Norden geformten Insel Büsum mit dem Bau des Wardammes. Von 1770 bis 1820 wurden im südlichen Küstenabschnitt vor Marne und an der Eider rd. 3400 ha Neuland gewonnen. Der größte Landzuwachs durch Bedeichung nutzreifen Vorlandes und einiger im Süden entstandener Halligen war zwischen 1854 und 1925; er betrug rd. 6500 ha. Diese von Naturkräften geprägte und technisch unterstützte Entwicklung führte schließlich zur Formung der heutigen Dithmarscher Bucht (Abb. 1).

Vom Anbeginn der Bedeichungen bis 1970, also unmittelbar vor Beginn der Vordeichung in der Dithmarscher Bucht, wurden zwischen Eider und Elbe insgesamt rd. 25 150 ha sturmflutgeschütztes Nutzland hinzugewonnen. Davon entfallen auf den südlichen Küstenabschnitt zwischen Brunsbüttel und Barlt 12 270 ha und mit 9420 ha reichlich dreiviertel davon auf den zwischen Ketelsbüttel und Lunden gelegenen nördlichen Dithmarscher Küstenabschnitt. Nur reichlich der siebente Teil des gesamten Neulandgewinns, nämlich bis 1970 rd. 3460 ha, sind im mittleren, etwa 15 km langen Küstenabschnitt im Innern der heutigen Dithmarscher Bucht natürlich angewachsen und eingedeicht worden (Abb. 3). Diese für eine Bucht auffallend schwache Schlicksedimentation war entscheidend für die Auswahl als Testgebiet im KFKI-Forschungsvorhaben neben dem vor Sahlenburg mit rel. hoher Sedimen-

tationsrate. Zum anderen steht hier zu erwarten, daß die Aufschlickung auch jetzt vor dem im Watt errichteten neuen Seedeich begrenzt bleibt, wenn sich nicht zugleich die Tide-Sinkstoff-Fracht erhöht und/oder Kräfteverhältnisse in den Tideströmungen sich sedimentationsfördernd ändern.

3. Jüngere morphologische Veränderungen

3.1 Grundlagen und Methode

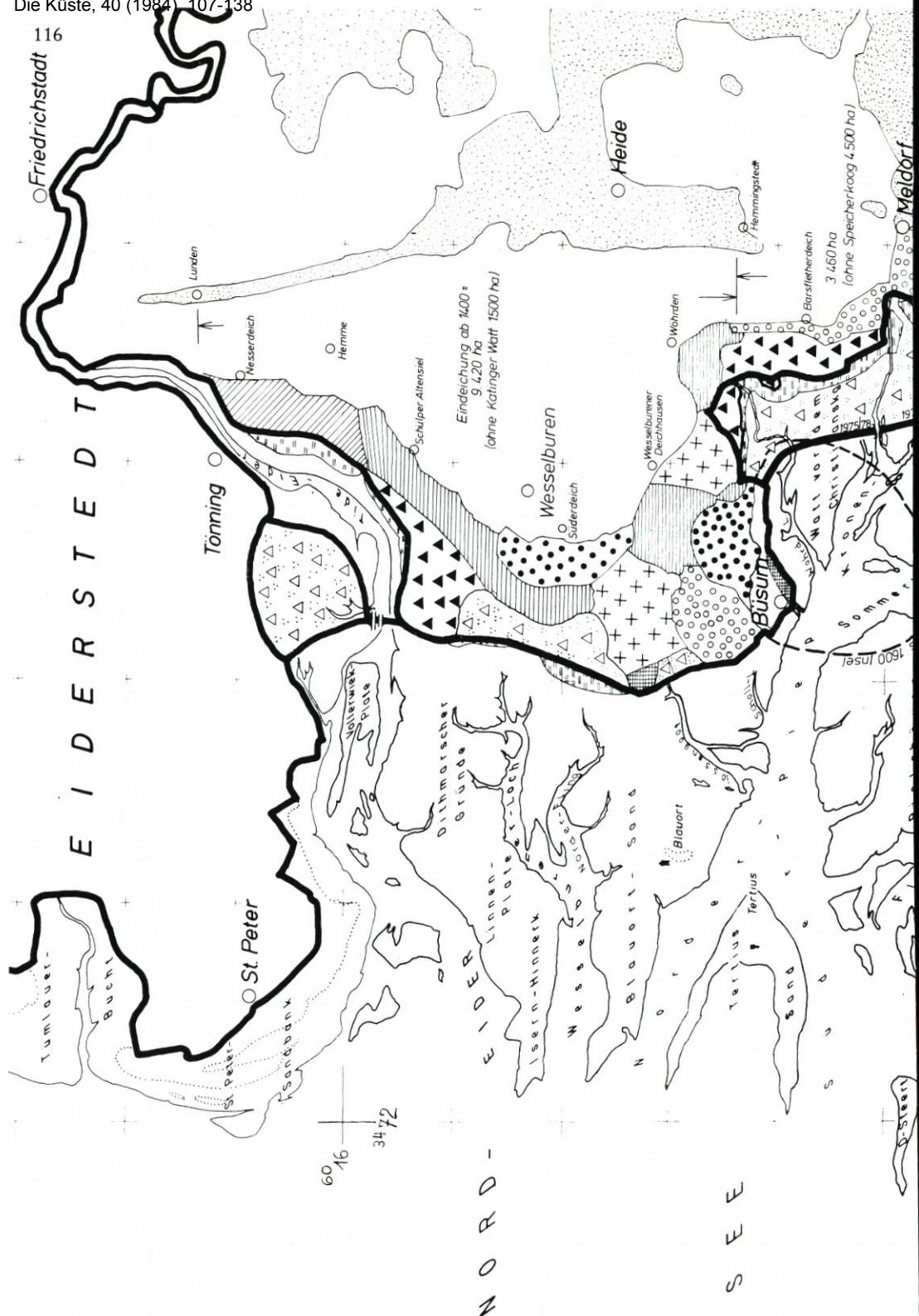
Das jeweilige Formeninventar als morphologischer Zustand sowie die Umformungen und Materialbilanzen im hydrodynamisch-morphologischen System Tidebecken sind das Produkt der natürlich oder/und anthropogen beeinflusst in diesem Raum wirkenden passiven Kräfte des Wattkörpers und der aktiven Kräfte aus Tidegang und Wind mit entsprechend wechselnden, teils sich überlagernden periodischen und aperiodischen hydraulischen Einwirkungen von Tidestrom, Seegang und Triftstrom.

In der nachfolgenden Untersuchung wird allein das aus Erosion und Sedimentation resultierende morphologische Folgebild dieses Wirkungsmechanismus aufgezeigt, ohne auf die verursachenden Kräfte näher einzugehen. Als Anhalt für etwaige übergeordnete hydrografische Veränderungen wird hier lediglich die Entwicklung der Tidescheitel-Wasserstände mitgeteilt.

Grundlage für die Ermittlung der morphologischen Veränderungen bilden die in Höhenlinienkarten im Maßstab 1 : 10 000 mit Stufungen von 10 cm (Watten) bis 1,0 m (Priele) aufbereiteten Ergebnisse der topografischen Wattvermessung (WIELAND u. THIES, 1975).

Die morphologischen Zustände im Gesamtgebiet sind entsprechend den örtlich in Art und Intensität unterschiedlichen Gestaltungsvorgängen, technischen Aktivitäten und den kapazitiven Zwängen in wechselnden Zeitabständen und Flächengrößen erfaßt worden. Das Gebiet der Dithmarscher Bucht ist seit 1969 alle drei Jahre zusammenhängend topografisch vermessen worden. Aus der Zeit davor, seit Beginn der Wattvermessung im Jahre 1934, liegen zwei Gesamtaufnahmen aus zeitlich je über mindestens sieben Jahre gestreuten, verschieden großen Einzelflächenaufnahmen vor. Somit stehen insgesamt sechs zeitverschiedene morphologische Zustände für die weitere Auswertung zur Verfügung, und zwar 1944 (1936 bis 1951), 1956 (1953 bis 1959), 1969 (1969 bis 1970) sowie 1973, 1976 und 1979 (Abb. 4). Die zeitliche Streckung der Erstaufnahme ist insgesamt erheblich, und in Anbetracht der zwischenzeitlichen morphologischen Veränderungen, selbst wenn diese im hier betrachteten Gebiet relativ gering sind, nur bedingt als Vergleichsgrundlage brauchbar. Da aber reichlich 80 % der Fläche dieser ersten Aufnahme zeitlich eng aneinander liegen (1936/39), wird auch diese hier einbezogen.

Die Naturvorgänge sind gebietspezifisch. Sie vollziehen sich innerhalb unterschiedlich geformter physiografischer Einheiten, wobei eine enge Beziehung zwischen dem jeweiligen Durchflußquerschnitt des Wattwasserlaufs und dem dorthin orientierten, durch die Wathöhenscheiden begrenzten Watteinzugsgebiet besteht (LANG, 1975; RENGER, 1974; ROHDE, 1977). Dies berücksichtigend, wurde das Wattenmeergebiet in der Dithmarscher Bucht als Haupteinzugsgebiet untergliedert in die drei Teileinzugsgebiete Sommerkoog-Steertloch, Kronenloch/Außenmiele und Wöhrdener Loch (Abb. 5). Auf dieser Grundlage werden die morphologischen Veränderungen und die Gesamtentwicklung durch vergleichende Betrachtungen ermittelt. Das geschieht flächig anhand aneinandergereichter, zeitverschiedener Linien gleicher Höhen mit der Höhenlinien-Differenzenkarte als Ergebnisbild insbesondere zur Prielverlagerung. Außerdem wird eine räumliche Bilanzierung der Watt- und Wasserräume



E I D E R S T E D T

N O R D - E I D E R S T E D T

S E E

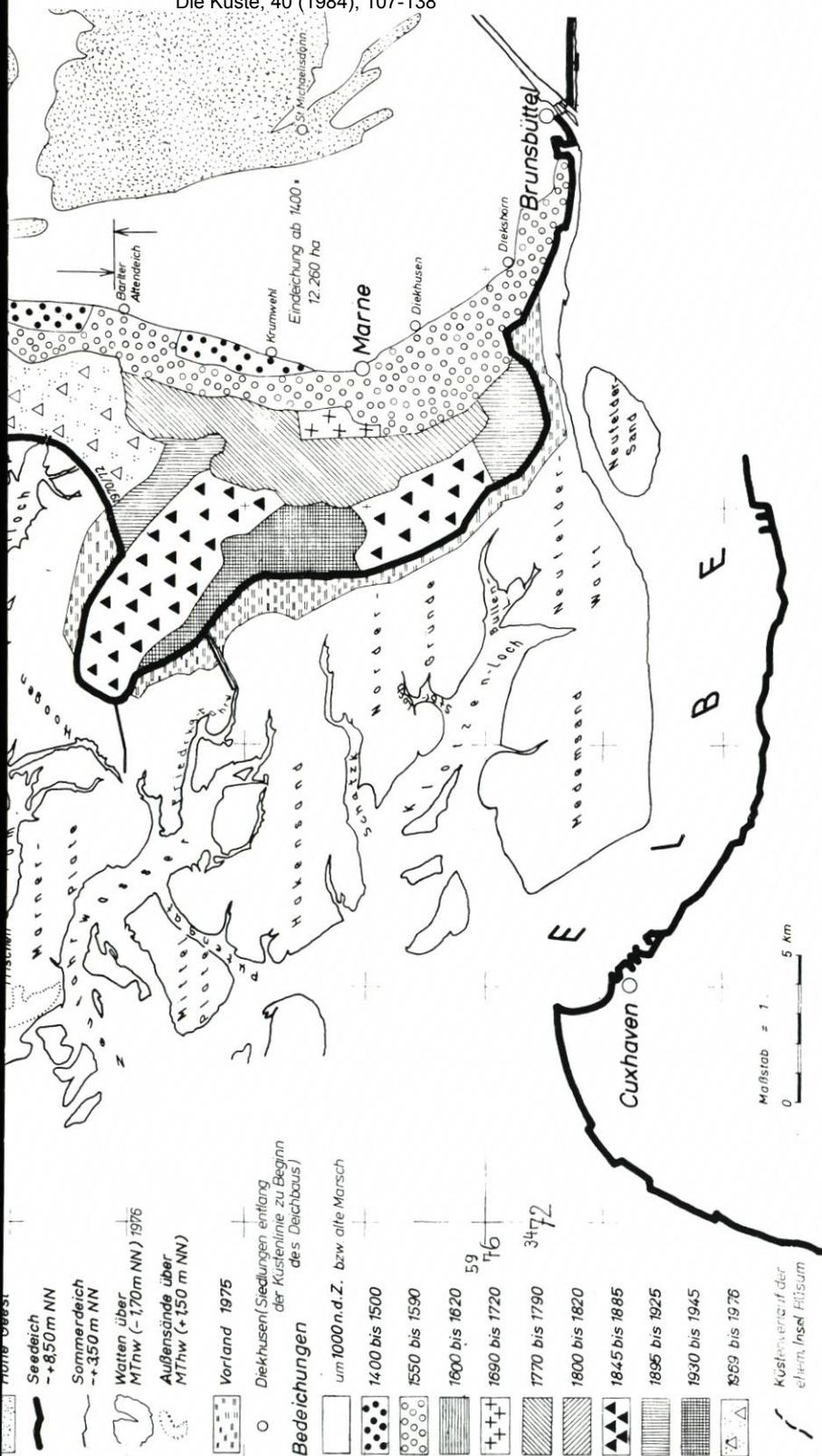
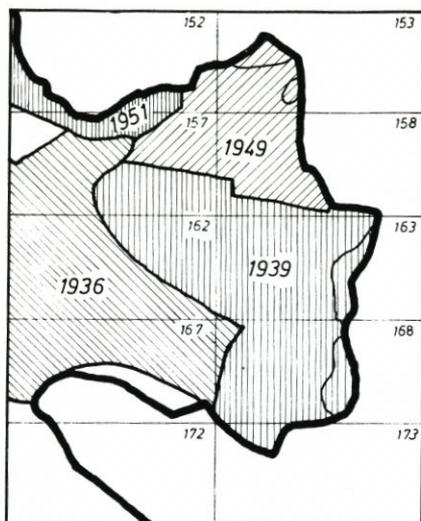
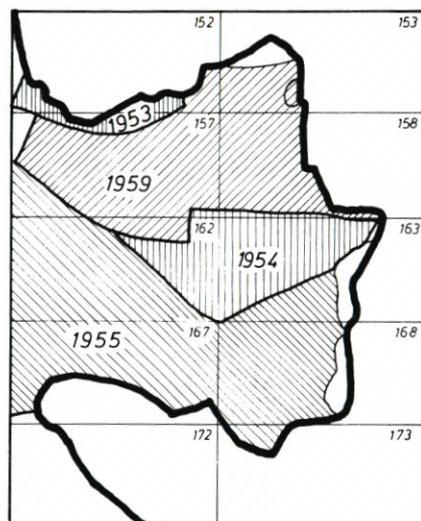


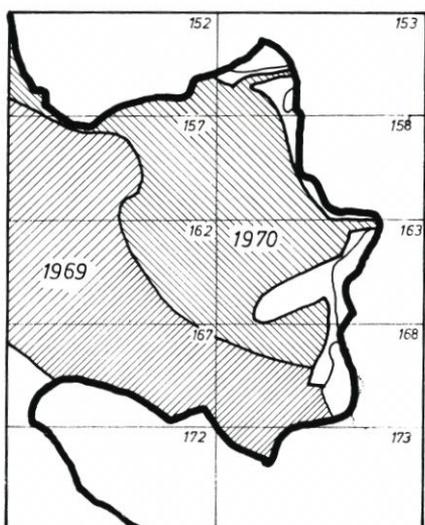
Abb. 3. Karte der Landentwicklung an der Dithmarscher Küste



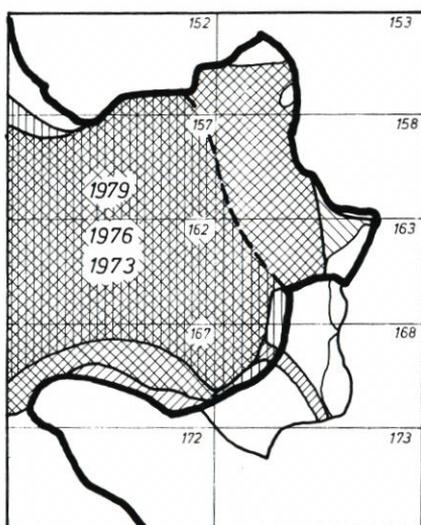
Aufnahmen 1936 - 1951 (1944)



Aufnahmen 1953 - 1959 (1956)



Aufnahmen 1969 - 1970 (1969)



Aufnahmen 1973, 1976, 1979



Abb. 4. Karte über Termine und Umfang topografischer Vermessungen in der Dithmarscher Bucht

jedes Einzugsgebiets auf planimetrischem Wege vorgenommen. Dabei wird die Prieluferlinie ($-0,5$ m NN) als Bezugsniveau angesetzt, weil die Priele z. T. auch ihre Sohlenhöhe verändern und das nach der größten Tiefe auszurichtende Niveau nicht über einen großen Zeitraum festlegbar ist. Andererseits würde hierbei oder bei sicherem, ausreichend tieferem Ansatz im Verhältnis zur Aussagekraft mit zu großen Raummengen operiert werden müssen (WIELAND, 1973). Der Vertikalbereich wird jeweils flächig und räumlich in der Weise bilanziert, daß oberhalb der Prieluferlinie die Wattvolumina und darunter die Prielvolumina (Wasserräume) erfaßt werden (Abb. 6).

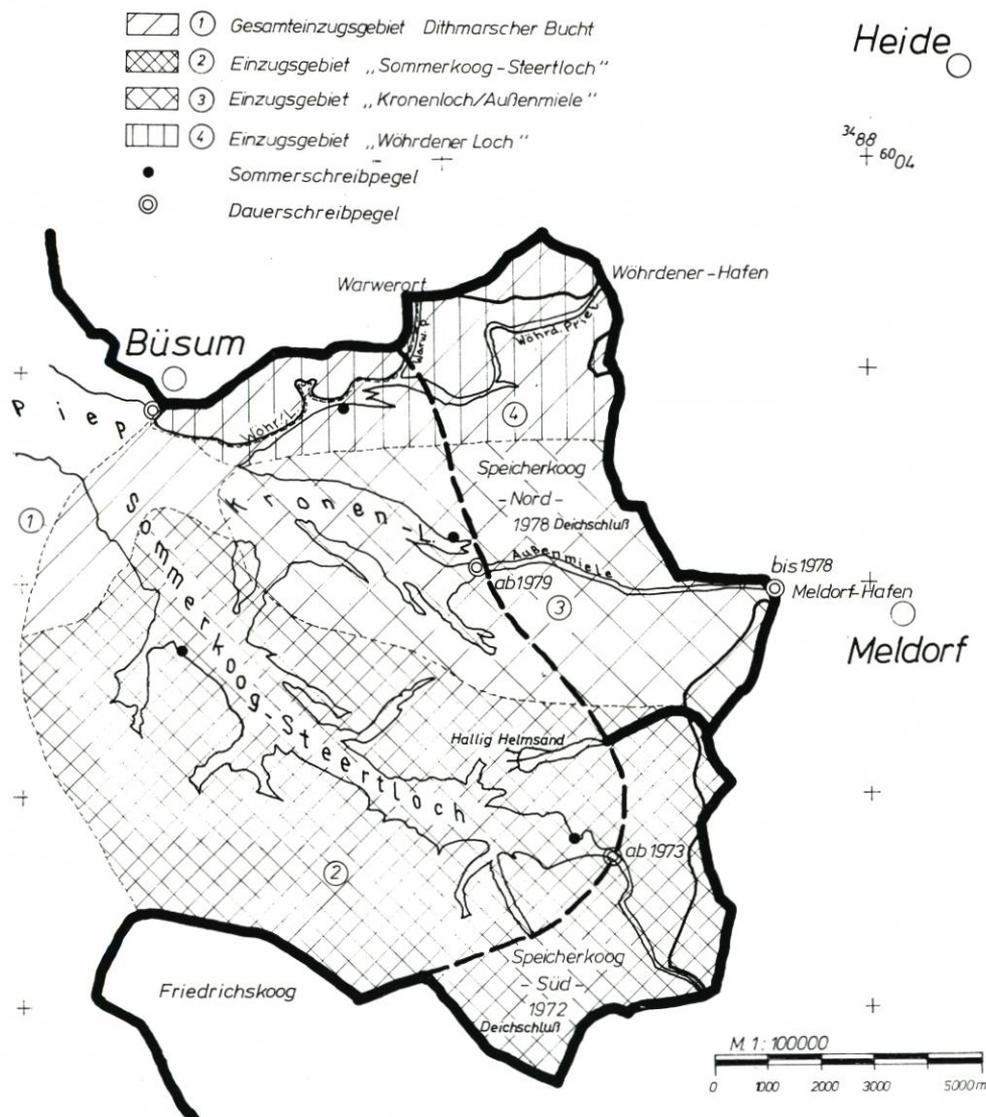


Abb. 5. Karte der Wateinzugsgebiete in der Dithmarscher Bucht

3.2 Entwicklung der Tidescheitelwasserstände

Zur Ermittlung langfristiger Tidewasserstandsänderungen hat sich inzwischen die Verwendung der 19jährigen übergreifenden Mittel als zweckmäßig erwiesen (ROHDE, 1977).

Untersuchungen von SIEFERT (1973) ergaben für Cuxhaven vom Beginn der Beobachtungen überhaupt bis 1973 einen säkularen MThw-Anstieg von 24 cm. ROHDE (1977) ermittelte für Cuxhaven insgesamt eine schwankende Entwicklung mit zunächst lange Zeit steilerem Anstieg bis 1920 von 28,9 cm und danach bis 1973 von nur noch 12 cm. Über die gesamte Beobachtungszeit von 1784/1810 bis 1965/74 wurden 23 cm errechnet.

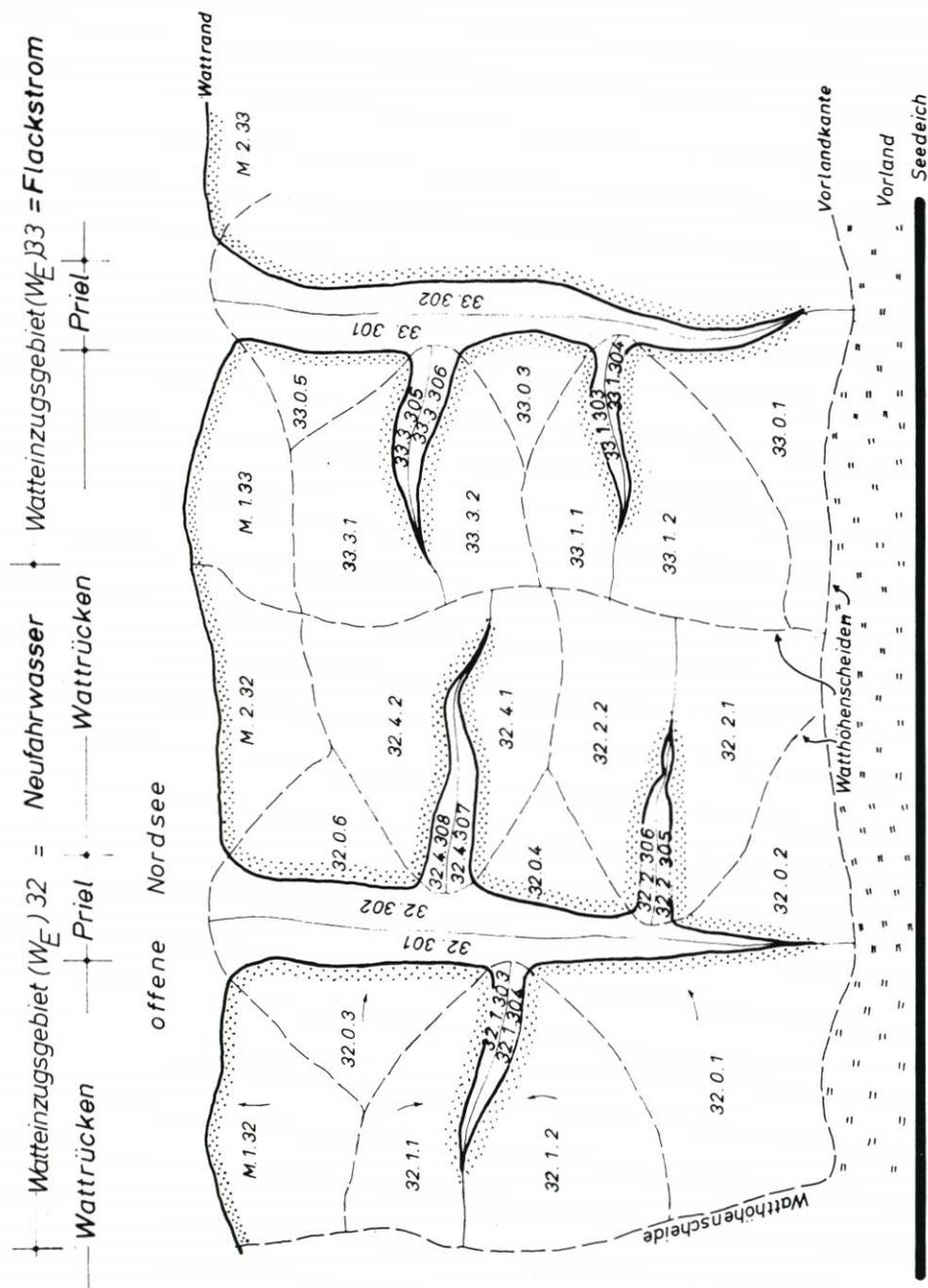


Abb. 6. Schema zur wattmorphologischen Bilanzierungsmethode

Für Büsum ermittelte ROHDE vom Beobachtungsbeginn im Jahre 1880 bis 1973 durchschnittlich 20 cm säkularen Meeresspiegelanstieg. Aber auch hier war dieser bis etwa 1922 mit 33,6 cm sehr viel steiler als danach mit nur 7 cm. Die Abflachung wurde entlang der gesamten deutschen Nordseeküste beobachtet.

Um die Entwicklung in jüngster Zeit einzubeziehen und dabei für die morphologische Untersuchung die wesentlichen Wasserstände des gesamten Vertikalbereichs zu berücksichtigen, wurde hier ergänzend anhand der Aufzeichnungen des Landespegels Büsum-Schleuse das 19jährige übergreifende Mittel von 1901 bis 1979 des MThw, MHThw und MNThw sowie von 1931 bis 1979 des MTnw, MHTnw und MNTnw errechnet (Abb. 7).

Beim MThw zeigt sich danach ein schwach wellenförmiger, aber relativ gleichmäßiger Anstieg von 643 cm PN im Mittel um 7 cm auf 650 cm PN. In den etwa letzten 30 Jahren war der Anstieg wieder etwas stärker und erreichte 2 mm/Jahr. Das MHThw fiel im Gesamtmittel um 11 cm, weist aber erhebliche Schwankungen auf, in den zurückliegenden 20 Jahren nach einem Tiefstand bei etwa 830 cm PN mit extrem steilem Anstieg um 62 cm auf 892 cm PN (1961/79). Hierin spiegelt sich die Zunahme der Sturmfluthäufigkeiten wieder. Das MNThw stieg unter weniger großen Schwankungen im Mittel um 25 cm.

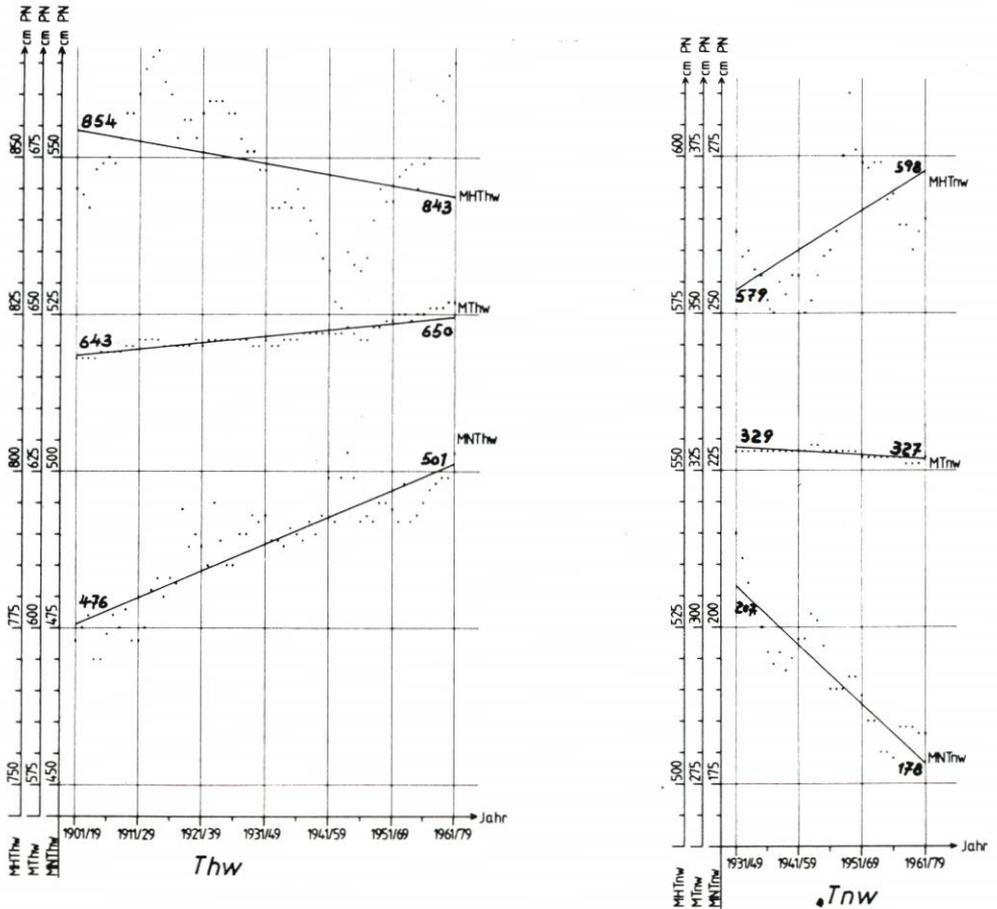


Abb. 7. Entwicklung der Tidescheitelwasserstände im 19jährigen übergreifenden Mittel am Landespegel Büsum-Schleuse

Für die Niedrigwasserbetrachtung konnte nur der kürzere Zeitraum ab 1931 berücksichtigt werden, der den Untersuchungszeitraum dieser Arbeit aber voll überspannt. Die Entwicklung verlief zum Hochwasser entgegengesetzt. Das MTnw fiel fast gleichmäßig um im Mittel 2 cm von 329 cm PN auf 327 cm PN. Erheblich angestiegen, unter großen Schwankungen, ist das MHTnw von 579 cm PN auf 598 cm PN um im Mittel 19 cm. In den letzten 20 Jahren fiel es aber um rd. 15 cm steil ab. Noch größer war die Absenkung beim MNTnw mit 29 cm von 207 cm PN (1931/49) auf 178 cm PN (1961/79).

In dem der nachfolgenden morphologischen Untersuchung zugrunde liegenden Zeitraum von knapp 50 Jahren ist der 19jährige übergreifende Mittelwert des MThw um 3,5 cm gestiegen und des MTnw um 2 cm gefallen. Somit hat der Tidehub im Mittel um 5,5 cm zugenommen. Die getrennt auch für Sommer- und Winterhalbjahr durchgeführte Berechnung erbrachte für das MTnw den gleichen Betrag wie das Jahresmittel, für das MThw im Sommer mit + 4 cm einen um 3 cm kleineren Betrag, im Winter mit + 10 cm einen gegenüber dem MThw um 3 cm größeren.

3.3 Veränderungen der Wattwasserläufe

Wesentliche morphologische Umformungen in den Watteinzugsgebieten lassen sich zumindest qualitativ rasch und umfassend anhand optischer Höhenlinienvergleiche eingrenzen. Dazu besonders geeignet sind für die Priele wegen der unterhalb des täglichen Tidewechsels auch trägeren und geringeren morphologischen Reaktionen die größeren Tiefen unterhalb Tideniedrigwasser, im landnahen Gebiet hier z. B. -1,5 m NN, -3,0 m NN und -6,0 m NN. Tendenzen in der Entwicklung der Watten werden am besten durch Vergleiche der Prieluferlinie (-0,5 m NN) und der +0,5-m-NN-Höhenlinie erkennbar (Abb. 8, 9, 11). Niedrigwasser-Luftbilder liefern wesentliche ergänzende Informationen, insbesondere in den Feinheiten verzweigter Priele.

In der Dithmarscher Bucht sind die drei charakteristischen, vom Wattstrom Piep bei Büsum landwärts abzweigenden Priele Sommerkoog-Steertloch im Süden, Kronenloch/Außenmiele in der Mitte und Wöhrdener Loch im Norden von Anbeginn der Wattvermessung im Jahre 1934 bis heute die dominierenden Tiderinnen, jede mit der typischen Mündungsbarre.

Das Sommerkoog-Steertloch hat sich kontinuierlich, offensichtlich ohne anthropogenen Einfluß, auf dem etwa 4 km langen Mündungsabschnitt von der Piep südlich Büsum beginnend, von einem NW-SO-Verlauf in einen fast N-S-Verlauf umorientiert durch Verlagerung sowohl an der Mündung nach Osten als auch im Süden nach Westen. Zugleich gabelte sich diese Strecke, beginnend etwa 1970, in eine östliche Flut- und eine westliche Ebberinne. Die größten Tiefen im südlichen Knie lagen immer um -14,0 bis -16,0 m NN. Der Ebbestrom trifft nun direkt auf das rechte Ufer der Piep entlang der Büsumer Watten (Abb. 8, 10, 11).

Im oberen Abschnitt verlagerte sich das Sommerkoog-Steertloch kontinuierlich etwa 300 m nach Süden. Etwa ab 1970, mit Beginn der Vordeichung in der Dithmarscher Bucht, setzte eine leichte Mäandrierung ein. Als natürliche Folge bildeten sich die Prielenden im Quellbereich entsprechend der Reduzierung des zugehörigen Tide-Überflutungsraumes durch die Vordeichung um 1600 ha zunächst abrupt, dann ab 1972 verlangsamt zurück. Dieser Vorgang hält an. Nur der nach Süden gerichtete Prielzweig blieb in der Funktion als Sielaufentief erhalten, zusätzlich gespeist vom deichnah unmittelbar seitlich davon durch Bodenentnahme für den Deichbau entstandenen und bis 1980 noch nicht wieder versandeten Baggerloch. Der nach Nordosten abzweigende, in einem Baggerloch unmittelbar nördlich der

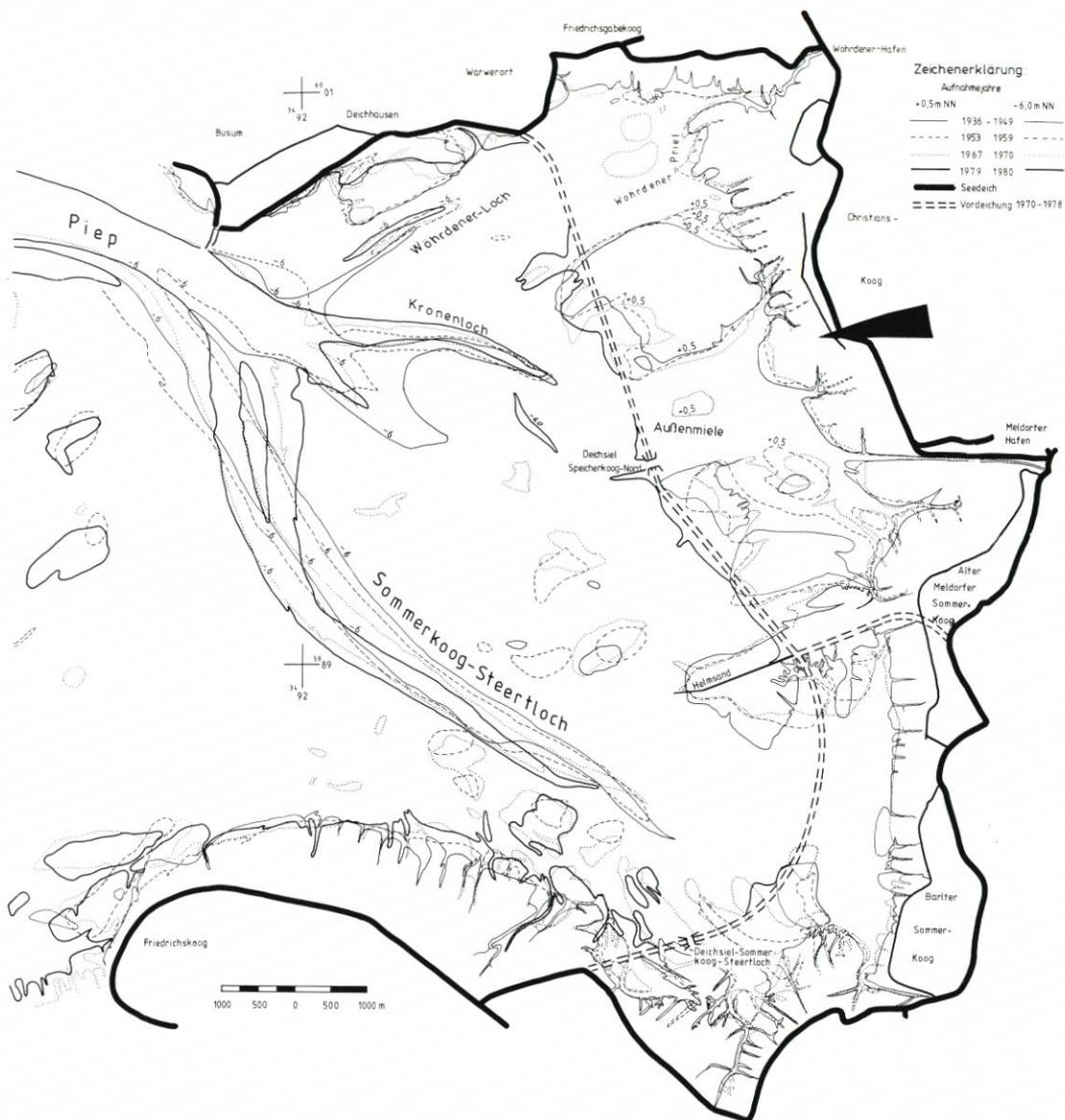


Abb. 8. Morphologische Entwicklungskarte Dithmarscher Bucht 1936-1979 des Höhengniveaus +0,5 m und -6,0 m NN

Hallig Helmsand mündende, 1973 künstlich entstandene Priel ist bis 1980 kaum verändert erhalten (Abb. 8, 10, 11).

Der ursprüngliche, nahe der Mündung des Kronenloches mündende und parallel zwischen diesem und dem S.-Steertloch verlaufende Helmsander Priel ist nach anfänglich zunehmendem Mäandrieren und Schrumpfen bis heute völlig zugesandet. Die zwei danach quer dazu entstandenen Nebenpriele des S.-Steertloches bilden sich ebenfalls wieder kontinuierlich zurück (Abb. 8).

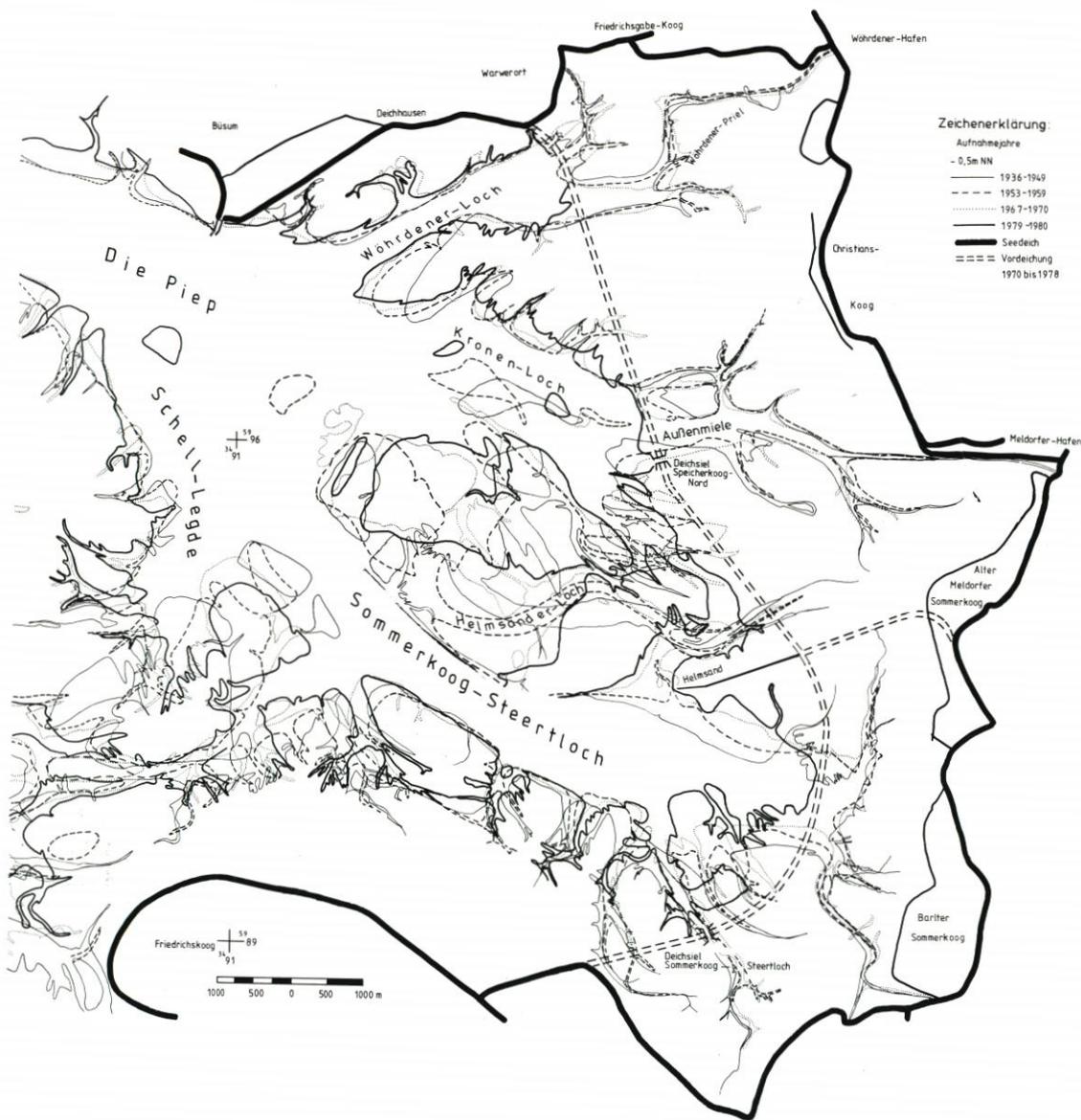


Abb. 9. Morphologische Entwicklungskarte Dithmarscher Bucht 1936-1979 des Höhenniveaus -0,5 mm NN (Prieluferlinie)

Das Kronenloch wurde seit 1936 im Laufe der Jahre geringfügig ausgeräumt, bei Tiefen um -12 m bis -13 m NN auf zunehmender Länge, und nach Norden einschwingend nach und nach um etwa maximal 200 m verlagert. Unmittelbar südlich der Mündung deutet sich die Entwicklung einer Flutrinne und damit eine Rinnengabelung an, unabhängig vom technischen Eingriff durch die Vordeichung. Die Abtrennung von rd. 1500 ha Überflutungsraum und die Verlegung der Außenmiele durch die um rd. 400 m südlichere Anordnung des Schleusen- und Silbauwerks mit gebündelter Binnenwasserabführung von insgesamt 37 km² Binnenland sowie

durch das Baggerloch nordwestlich davon veränderten die verbleibende kurze Strecke der Außenmiele und den Übergang zum Kronenloch ab 1977 deutlich. Die Außenmiele schwenkt jetzt rd. 650 m seewärts vor dem Sielbauwerk von einer westsüdwestlichen Richtung hart um in eine nordwestlichere, so daß überwiegend der Ebbestrom gebündelt und entsprechend erodierend zunächst im Rinnenübergang mit z. Z. $-8,0$ m NN Tiefe auf das linke Ufer trifft, dann auf das rechte Ufer des Kronenloches, bevor es dort wiederum hart nach Westen umschwenkt, wo es Tiefen bis $-14,0$ m NN erreicht. Somit steht dieses gesamte Außentief des neuen Helmsander Kooges morphologisch eine Zeitlang in erhöhtem Ungleichgewicht.

Das Wateinzugsgebiet des 1979 bis zu $-8,0$ m NN tiefen Wöhrdener Loches wurde um rd. 1700 ha verringert, und es fehlen hier seit Deichschluß im Sommer 1978 die Binnenwassermengen von etwa 11 700 ha Nutzland. Unmittelbar seewärts vor dem neuen Seedeich blieb nach Sandentnahme für den Deichbau ein 1979 bis zu -28 m NN tiefes Baggerloch zurück (Abb. 8, 10, 11). Bis dahin war das Wöhrdener Loch mit den Zweigen Warwerorter Priel und Wöhrdener Priel als Außentief im morphologischen Gleichgewicht, mit Tiefen zwischen $-8,0$ m und $-9,0$ m NN, bei relativ geringer Dynamik. Hier wird es zu einer erheblichen Wasserraumschrumpfung kommen, zunächst – so lange das Baggerloch noch als eine Art Wattspeicherbecken wirkt – zögernd, dann aber verstärkt, bis das der verringerten Tidewassermenge entsprechende Prielvolumen sich eingestellt haben wird.

Die Wattrücken zwischen den jeweils benachbarten Prielen wurden seit Beginn der Beobachtungen nach und nach geschlossener und geringfügig höher. Die über $+0,5$ m und $+1,0$ m NN hohen Wattflächen nahmen insgesamt etwas zu. Geringe flächige Erosionen zeigen sich nur vereinzelt, vor allem unmittelbar südlich Deichhausen als Folge der 1967 erfolgten und natürlich noch nicht wieder ausgeglichenen Materialentnahme für den Deichbau, und um den Westkopf der Hallig Helmsand (Abb. 8, 9). Die beginnende Reaktion auf die landnahe künstliche Abtrennung natürlichen Überflutungsraumes spiegelt sich besonders an den Enden des Sommerkoog-Steertloches und des Wöhrdener Loches durch seewärtige Rückverlagerung der Prieluferlinie ($-0,5$ m NN) nach Abschnitt durch den neuen Seedeich um je reichlich 500 m wider.

3.4 Flächen- und Volumenbilanz

Das Wattenmeer der Dithmarscher Bucht als Haupteinzugsgebiet wurde zur Bilanzierung gegliedert in die Teileinzugsgebiete Sommerkoog-Steertloch, Kronenloch/Außenmiele und Wöhrdener Loch (Abb. 5). Bis zur topografischen Aufnahme im Jahre 1969, also ein Jahr vor Beginn der Vordeichung, verlief die morphologische Entwicklung in der Dithmarscher Bucht ohne bedeutsamen anthropogenen Einfluß. Von da ab führte die schrittweise Bedeichung der Vorländer und Watten und damit die Aussperrung des Tidemeeres zu beginnenden Reaktionen im verbleibenden Tideregime und entsprechenden Einschnitten in der morphologischen Entwicklung. Weil die topografischen Zustände von insgesamt drei Aufnahmen vor Beginn des technischen Eingriffs zur Verfügung standen (1936–1969), zwei während dieses Eingriffs (1973, 1976), aber erst einer unmittelbar danach (1979), ist es bis zum Einschnitt möglich, der Frage nach einer Entwicklungstendenz im Gesamtgebiet nachzugehen. Danach gelingt dies jedoch nur für Teilgebiete, solange sie von der Vordeichung noch unberührt waren oder diese bereits wieder länger zurücklag, so daß inzwischen mindestens drei neue Zustände erfaßt werden konnten. Ausgewertet wurden stets die kartierten Ergebnisse des Gesamtgebiets bis jeweils an den Seedeich heran, wobei die $+1,0$ -m-NN-Höhenlinie als landseitig begrenzende Watthöhenscheide festgelegt wurde. Indem jeweils das Gesamtgebiet erfaßt

wurde, nicht von Anbeginn immer nur das Wattgebiet seawärts der neuen, heutigen Seedeichlinie, konnte zugleich der Umfang jedes Eingriffs wiedergegeben werden. Die morphologischen Auswirkungen zeigen sich jedoch erst entsprechend später.

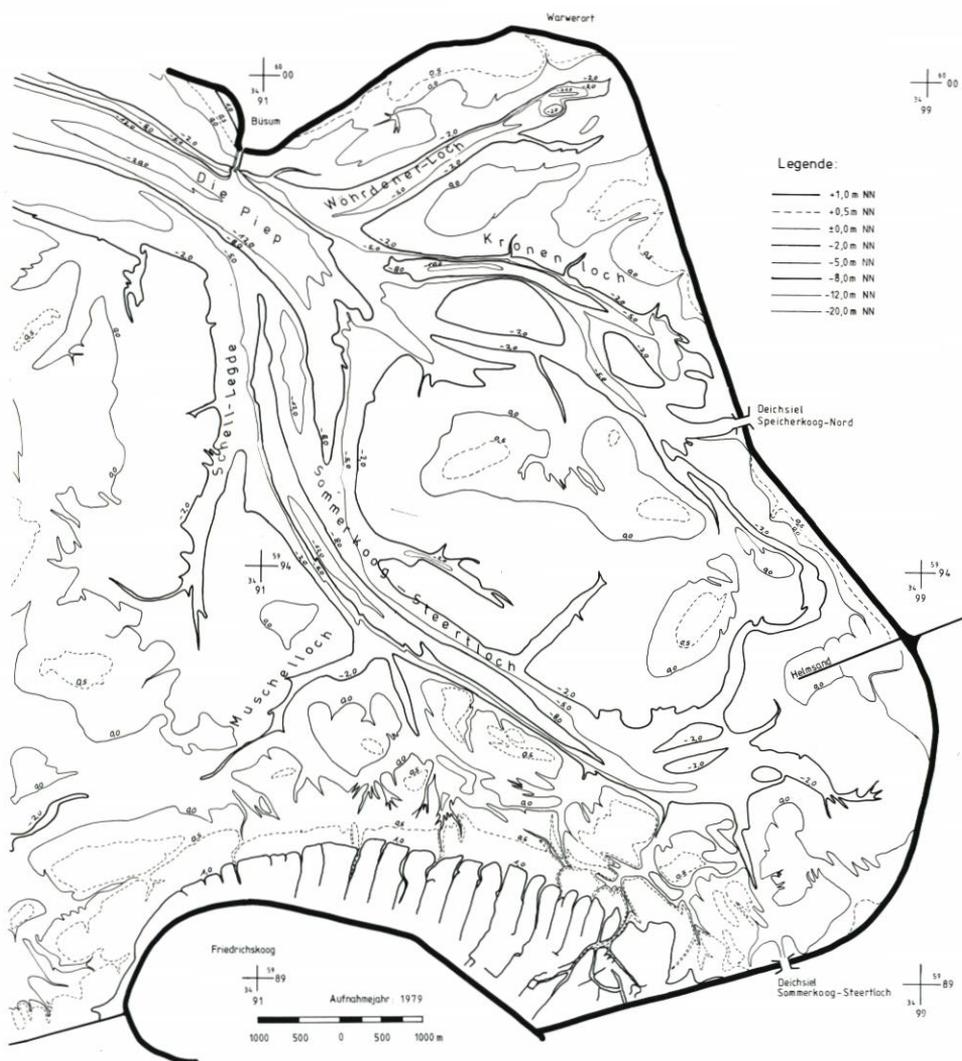


Abb. 11. Watthöhenkarte Dithmarscher Bucht 1979

In der Fläche änderte sich das ursprünglich (1944) 9771 ha große Watteinzugsgebiet Dithmarscher Bucht, davon 6088 ha Wattfläche und 3683 ha Wasserfläche (bezogen auf das Höhenniveau $-0,5$ m NN), bis kurz vor Beginn des Eingriffs im Jahre 1970 naturbedingt nur geringfügig. Zunächst wurde es bis 1956 um rd. 7 % kleiner, danach aber wieder um 5 % größer. Der als Bilanz 1969 verbliebene Anteil der Wasserfläche war entgegengesetzt zur Wattfläche ($-3,6$ %) positiv mit rd. $+1,3$ %. In der Tendenz ähnlich, mit allerdings 1969 geringer negativer Bilanz, war die Einzugsgebiets-Größenänderung des Sommerkoog-Steertloches und des Wöhrdener Loches, nur daß bei letzterem, etwa von 1969 an, nahezu

Gleichgewicht herrschte. Dies war ebenso im Watteinzugsgebiet Kronenloch/Außenmiele, nur hier nahm abweichend zu den anderen Teilgebieten die Gesamtfläche von 1944 bis 1969 gleichmäßig um 701 ha zu, das sind knapp 42 % (Abb. 12).

Die Volumenenwicklung der Watten oberhalb der Bezugsbasis -0,5 m NN (Prieluferlinie) und der Priele unterhalb dieses Niveaus (s. dazu Abschn. 3.1) verlief im Gesamteinzugsgebiet Dithmarscher Bucht entgegengesetzt zueinander. Das Wattvolumen

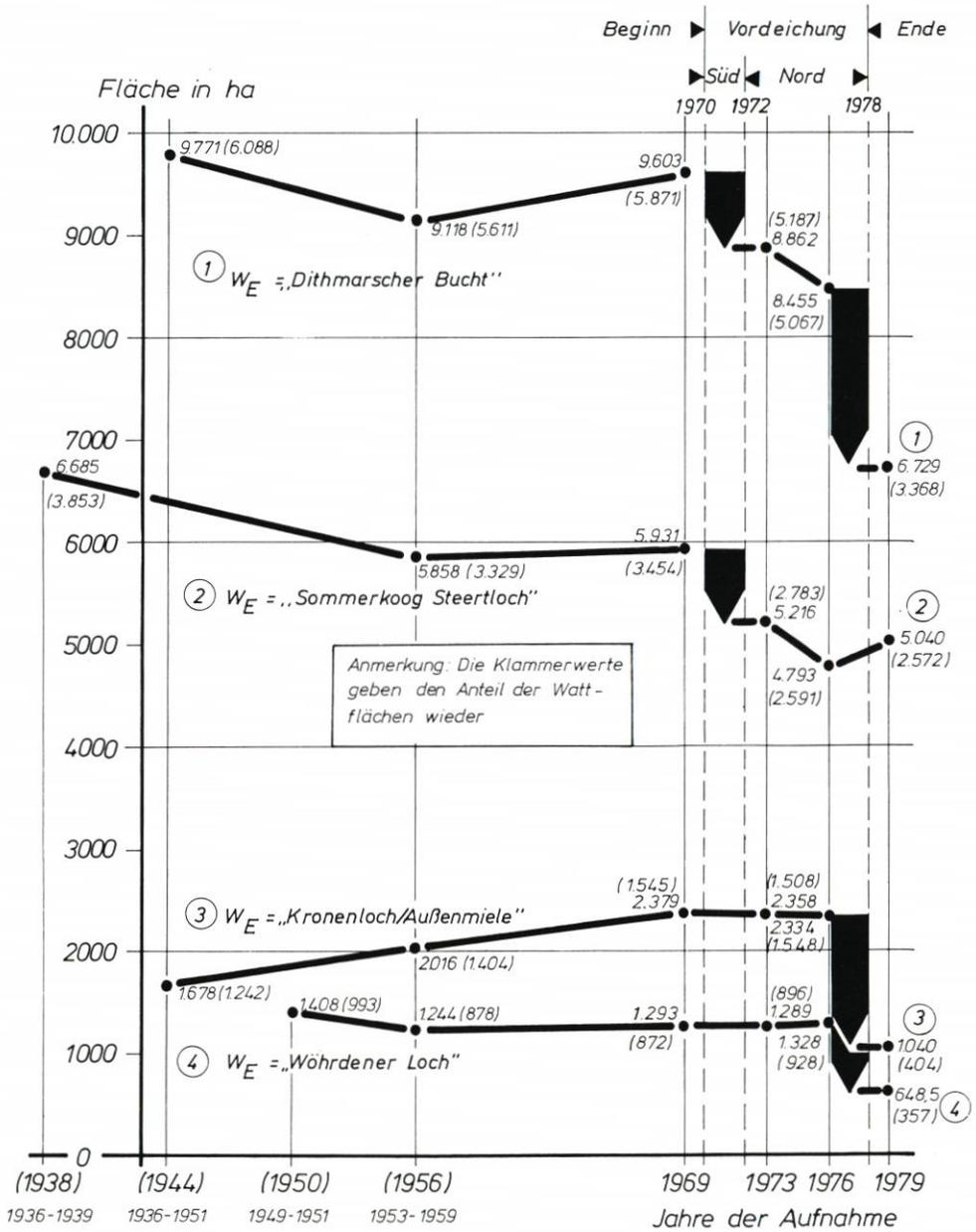


Abb. 12. Flächenentwicklung der Watteinzugsgebiete in der Dithmarscher Bucht

vergrößerte sich von 1944 bis 1969 nach zwischenzeitlicher Abnahme um rd. 5 % insgesamt um 2,23 Mio. m³, das sind rd. 5,4 %. In der gleichen Zeit nahm der Wasserraum zunächst gering um 2,1 % zu (1944–1956), danach aber bis 1969 stark ab um rd. 12 %. Nach dem ersten Eingriff (Abschluß der Eindeichung Speicherkoog-Süd, 1972) bis kurz vor Deichschluß im Speicherkoog-Nord beschleunigte sich die Wasserraumschrumpfung nach vorübergehender Volumenvergrößerung insbesondere durch Sandentnahmen im Watt für den Deichbau gegenüber dem Zustand 1969. Sie erreichte in 7 Jahren knapp 8 %. Das Wattvolumen nahm in gleicher Zeit um fast 2 % zu.

Die Sedimentationsrate betrug damit bis zum Beginn der Vordeichung (1970) auf den Watten rd. 89 120 m³/Jahr und in den Prielen rd. 365 500 m³/Jahr. Bereits im kurzen Zeitraum nach Bedeichung des Südteils (1973) bis kurz vor Deichschluß im Nordteil (1978) wurde im Einfluß dieses Eingriffs die Sedimentationsrate auf den Watten um etwa das Dreifache auf 256 000 m³/Jahr und in den Prielen um etwa das Achtfache auf 2 936 000 m³/Jahr erhöht (Abb. 13).

Umgerechnet auf die relativen vertikalen Veränderungen, als Anhalt vereinfachend dargestellt durch die mittlere Höhe h als Quotient aus Volumen V und Fläche F und ungeachtet der von einem Quader abweichenden, aber im Prinzip beim Watt und Priel je gleichbleibenden Form des Körpers, zeigt das Watt im Gesamteinzugsgebiet von 1944 bis 1969 eine kontinuierliche Aufhöhung um 6 cm von 74 cm auf 80 cm. Das entspricht einem durchschnittlichen Jahresbetrag von 2,4 mm. Von 1973 bis 1976 beschleunigte sich die Aufhöhung der Watten mit 7 cm auf 23,3 mm/Jahr.

In den Prielen der Dithmarscher Bucht insgesamt verlief die Vertikalveränderung in zwei gegensätzlichen Phasen, zunächst (1944 bis 1956) mit einer Zunahme der relativen Wassertiefe (Ausräumung) um 18 cm, danach bis 1969 mit einer verstärkten Abnahme (Sohlenufandung) um 46 cm, mit einer Bilanz von -28 cm. Das entspricht einer Sohlenufhöhung von durchschnittlich 11 mm/Jahr. Von 1973 bis 1976 intensivierte sich die Aufhöhung auf 20 mm/Jahr (Abb. 14, 15).

Natürlich reagiert das Tideregime unmittelbar nach einem technischen Eingriff besonders stark und pendelt sich mit fortschreitender Zeit zu einem den veränderten Kräftebedingungen entsprechenden neuen dynamischen Gleichgewicht ein. Die Reaktion schlechthin wird aber früh deutlich sichtbar. Das morphologische Ausmaß wird jedoch frühestens nach Vorliegen einer dritten Zustandsaufnahme nach dem im Jahre 1978 erfolgten Deichschluß eingrenzbar sein. Darüber wird zu gegebener Zeit erneut berichtet werden.

In der Tendenz wird mit der aufgezeigten Entwicklung die bereits früher in verschiedenen Untersuchungen u. a. von BÄHR (1963), THIES (1964) und HIGELKE (1975) für den gleichen Raum festgestellte positive Materialbilanz bei wellenförmiger Entwicklung bestätigt. BÄHR (1963) ermittelte im Vertikalbereich von SKN bis -7,7 m SKN für den Zeitraum von 1840 bis 1900 einen erheblichen Materialzuwachs, der danach bis 1954 wieder etwas abgebaut wurde, maximal um 50 %. Zum Teil begann der Zuwachs bereits wieder 1936. Nach HIGELKE (1975) sind z. B. unterhalb SKN bis -6 m SKN von 1936 bis 1954 rd. 2,8 Mio m³ und von 1954 bis 1969 weitere 3,2 Mio m³ Sand in die Dithmarscher Bucht eingewandert.

THIES (1964) fand unterhalb SKN (etwa -1,9 m NN) eine Wasserraumschrumpfung von absolut rd. 13 Mio m³ im Zeitraum von 1927 bis 1958, wobei bis 1939 eine Materialausräumung vorausging, bei der die fast gleiche Menge bis 1948 wieder eingewandert war und bis 1958 die doppelte.

Offensichtlich lagert sich ein Teil des von Nordfriesland her südwärts und in weit größerer Menge von den Ostfriesischen Inseln her westwärts transportierten Sandes im Mündungsgebiet der Piep ab (BÄHR, 1963).

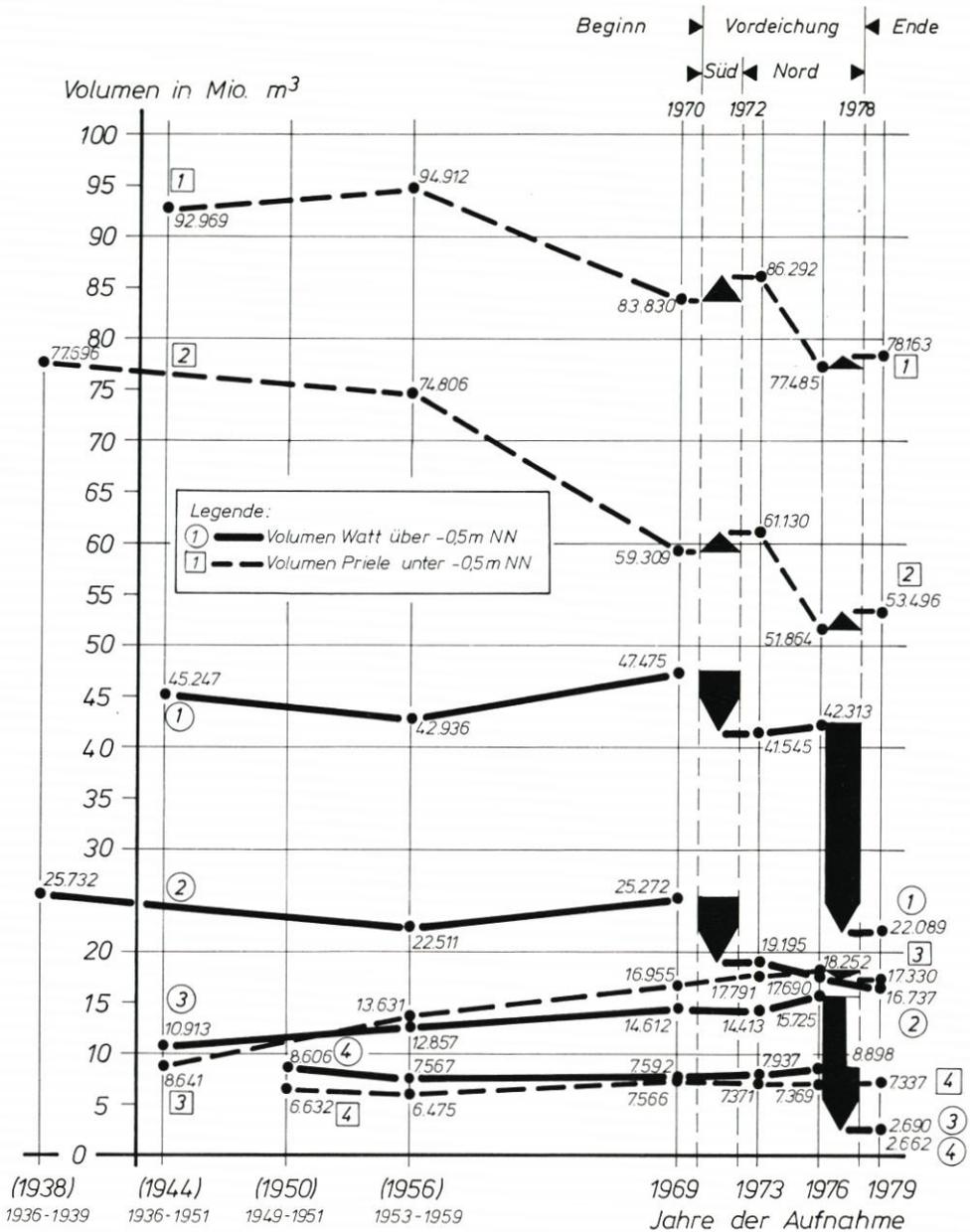


Abb. 13. Volumenentwicklung der Watten oberhalb und unterhalb der Priele der Höhenbezugsbasis -0,5 mm NN in der Dithmarscher Bucht

Der für das Gesamteinzugsgebiet Dithmarscher Bucht aufgezeigten morphologischen Entwicklung ähnlich waren die Veränderungen in dem mit rd. 65 km² größten Teileinzugsgebiet Sommerkoog-Steertloch (Abb. 5, 12, 13, 14). Nach 1973 erfolgte hier ein erneuter Eingriff. Das Wattvolumen nahm von da ab bis 1979 geringfügig ab, jedoch wurde die Fläche des verbliebenen Watteinzugsgebiets ebenfalls kleiner, so daß die Bilanz in diesen sechs

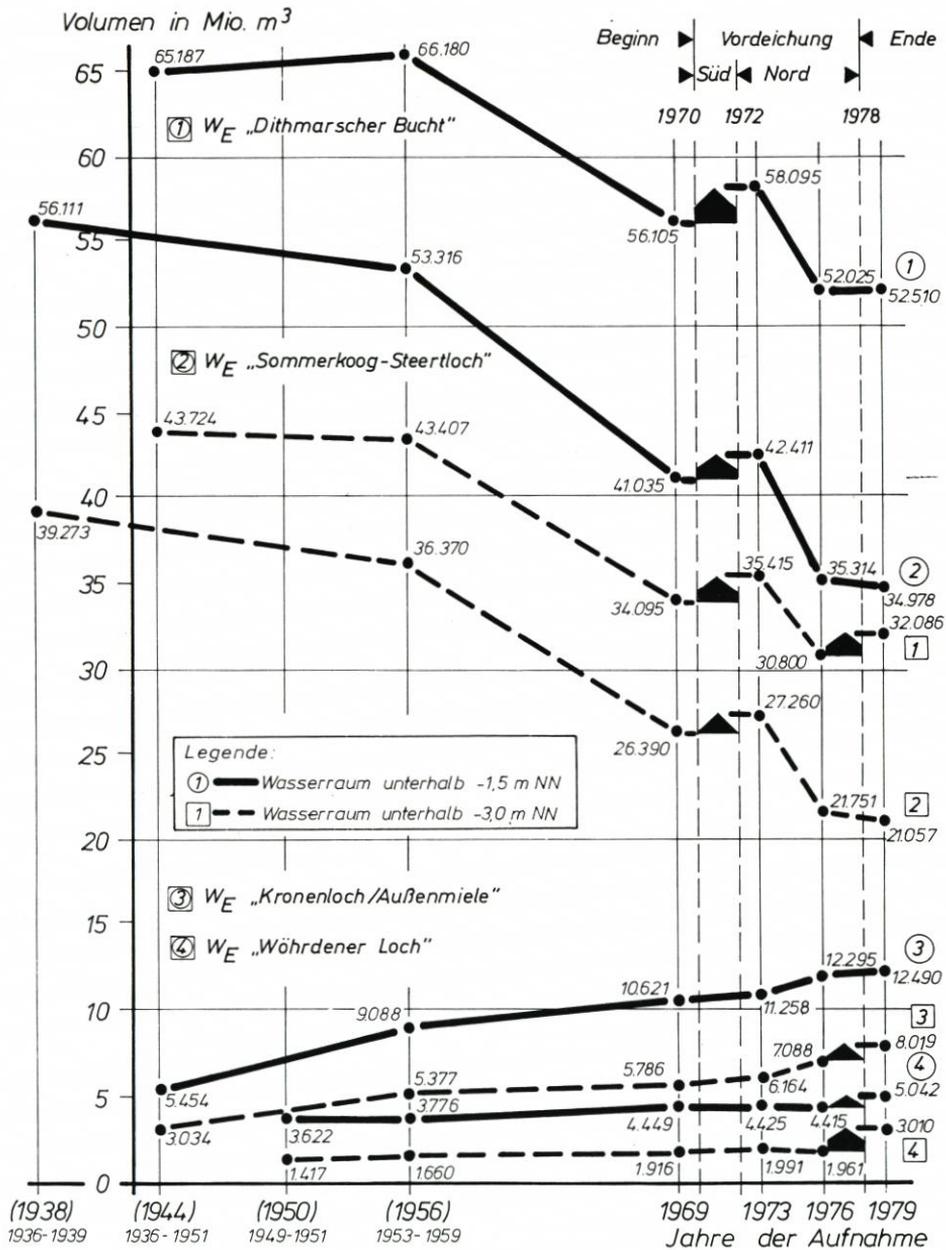


Abb. 14. Volumenentwicklung der Priele (Wasserräume) in den Watteinzugsgebieten der Dithmarscher Bucht unterhalb -1,5 m und -3,0 m NN

Nachfolgejahren zunächst ausgeglichen blieb. Daß nicht anfangs eine stärkere Reaktion eintrat, kann auf das auch aus diesem Gebiet für den weiteren Deichbau entnommene Sandmaterial zurückzuführen sein. Der Wasserraum jedoch verringerte sich wohl unterhalb der Bezugsbasis -0,5 m NN als auch -1,5 m NN und -3,0 m NN noch etwas stärker als im Gesamtgebiet (Abb. 12 bis 15).

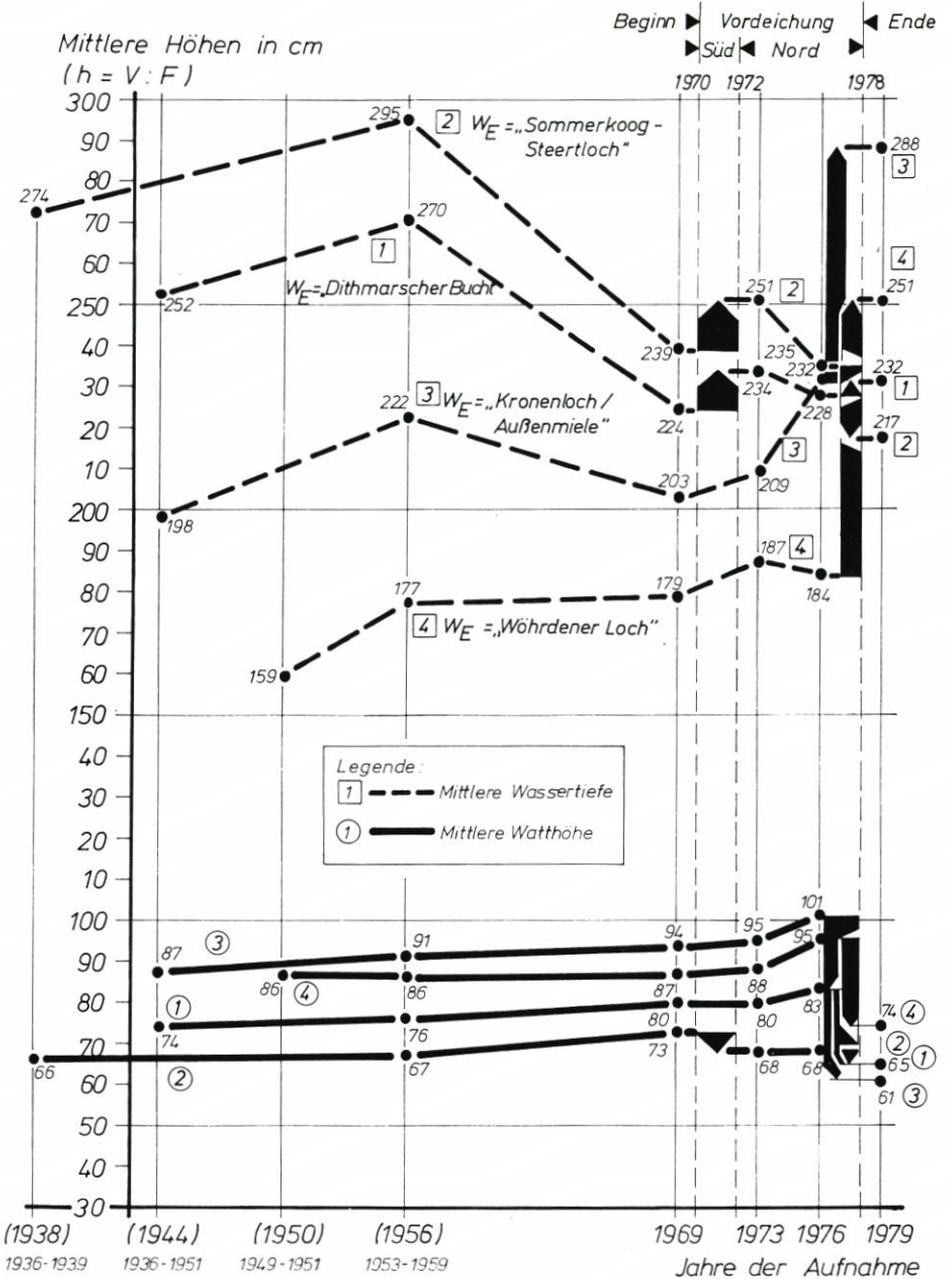


Abb. 15. Entwicklung der relativen mittleren Watthöhen und Wassertiefen in den Watteinzugsgebieten der Dithmarscher Bucht, bezogen auf die Höhenbasis $-0,5\text{ m NN}$ (Prieluferlinie)

Im zweitgrößten, mittleren Teileinzugsgebiet Kronenloch/Außenmiele (rd. 2 km^2) verlief die flächige und räumliche Entwicklung von 1944 bis 1976 gleichmäßig positiv, d. h., daß Watt- und Wasserraum insgesamt kontinuierlich zunahm, von 1973 bis 1976 noch verstärkt,

woraus auch die künstliche Veränderung durch die umfangreiche, seeseitige Materialentnahme für den Deichbau besonders deutlich wird (Abb. 5 und 12 bis 15).

Das mit rd. 1,3 km² kleinste Teileinzugsgebiet Wöhrdener Loch befand sich von Anbeginn der Beobachtungen im Jahre 1949 bis 1973 hinsichtlich des Wattkörpers oberhalb der Prieluferlinie nahezu im Gleichgewicht mit nur geringer positiver Tendenz. Das fand 1971 auch GÄRTNER (1971) beim Vergleich der Zustände 1949, 1959 und 1970. Der Wasserraum nahm in der gleichen Zeit mit unterschiedlicher Intensität zu. Von 1973 bis 1976 vergrößerte sich das Wattvolumen, das Prielvolumen dagegen nahm geringfügig ab (Abb. 5 und 12 bis 15).

Als Anhalt für bisherige morphologische Veränderungen auf den Wattten ist hier zusätzlich der Wattrücken vor dem Christianskoog zwischen Kronenloch und Wöhrdener Loch näher betrachtet worden. Die Watthöhenscheide hat sich bis herab auf -2,0 m NN (am westlichen Ende) bis etwa 1976 zunehmend im Verlauf gestreckt und dabei nach Nordwesten verlagert. Im übrigen ist sie, mit begrenztem Ausschlag von maximal 500 m um eine Achse pendelnd, im Gleichgewicht. An Höhe hat sie von 1949 bis 1979 durchschnittlich um insgesamt 13 cm zugenommen, das entspricht einer jährlichen Sedimentationsrate von 4,5 mm (Abb. 16). Im Querschnitt hat sich der Wattrücken in den zwei dargestellten Profilen (Abb. 17) teils verlagert, teils umgeformt mit positiver Bilanz von +11,5 m² (Querschnitt I) und +85 m² (Querschnitt II).

Eine abschließende vergleichende Betrachtung der mittleren vertikalen Wattveränderungen W_E in den einzelnen Wateinzugsgebieten ergibt folgende Tendenz (Abb. 15):

A. Zeitraum bis 1969 (ungestört):

$$W_E (1) = 60 \text{ mm in } 25 \text{ Jahren} = 2,5 \text{ mm/a}$$

$$W_E (2) = 70 \text{ mm in } 31 \text{ Jahren} = 2,3 \text{ mm/a}$$

$$W_E (3) = 78 \text{ mm in } 25 \text{ Jahren} = 2,8 \text{ mm/a}$$

$$W_E (4) = 10 \text{ mm in } 19 \text{ Jahren} = 0,5 \text{ mm/a}$$

B. Zeitraum von 1973 bis 1976 (gestört):

$$W_E (1) = 30 \text{ mm in } 3 \text{ Jahren} = 10 \text{ mm/a}$$

$$W_E (2) = 0 \text{ mm in } 3 \text{ Jahren} = 0 \text{ mm/a}$$

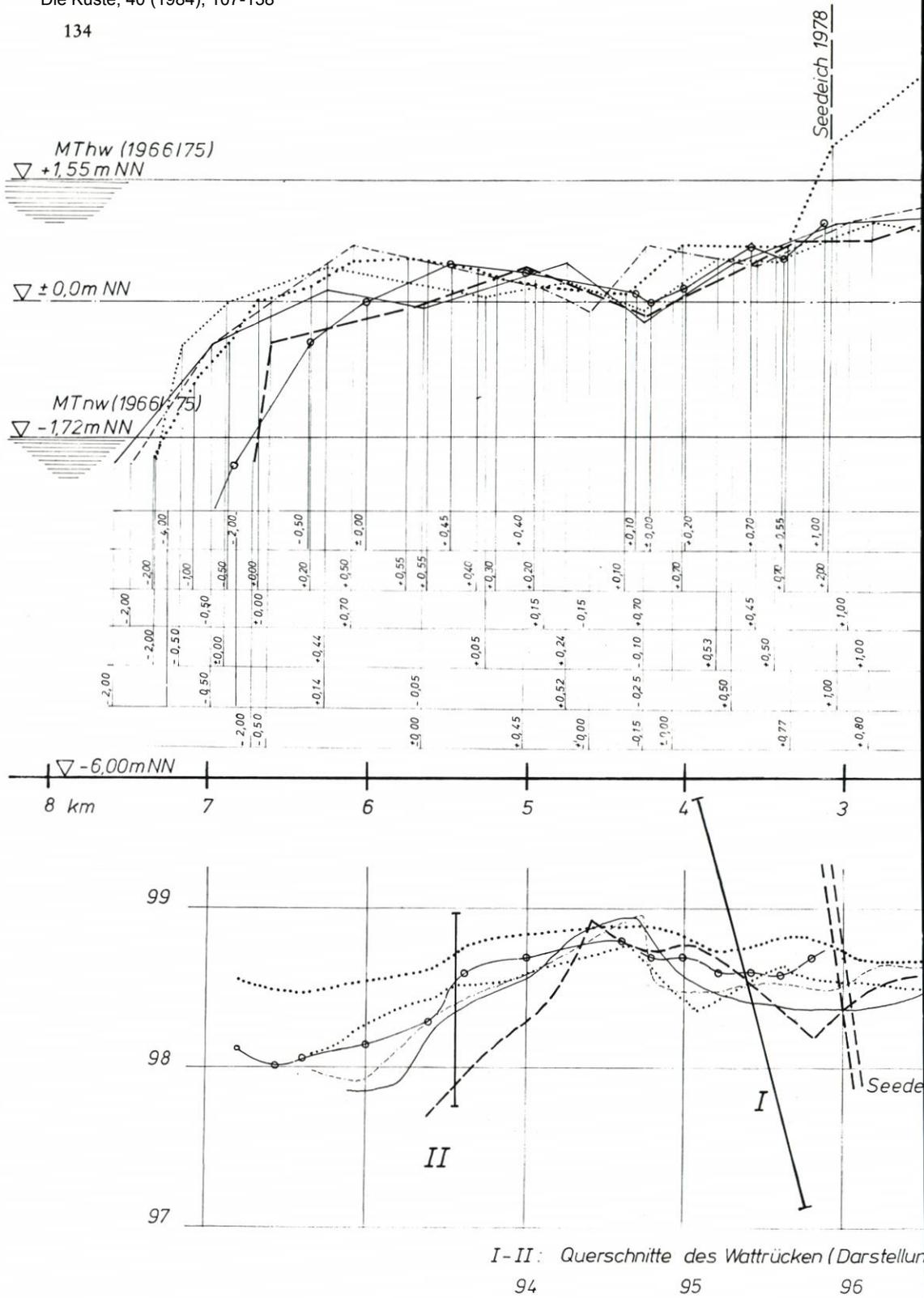
$$W_E (3) = 60 \text{ mm in } 3 \text{ Jahren} = 20 \text{ mm/a}$$

$$W_E (4) = 70 \text{ mm in } 3 \text{ Jahren} = 23,3 \text{ mm/a}$$

Die Sedimentation auf den Wattten hält folglich im ungestörten küstennahen Gebiet durchschnittlich etwa Schritt mit dem säkularen Meeresspiegelanstieg. Künstliche Eingriffe in Form von Vordeichungen fördern die Sedimentation dort anfangs um das Mehrfache.

4. Schlußanmerkungen

Die im Watt zur Entnahme von Sandmaterial für den Seedeichbau entstandenen sog. Baggerlöcher versanden in der Dithmarscher Bucht nur langsam; sie haben mehr als 10 Jahre Bestand. Rinnen dorthin, von einem Priel aus zuvor gebaggert, bleiben ebenso lange erhalten. Deshalb sollten solche Entnahmen in einem für den Bestand des Seedeichfußes auch unter Beachtung einer etwa nachteiligen Verlagerung der Rinne unproblematischen Abstand erfol-



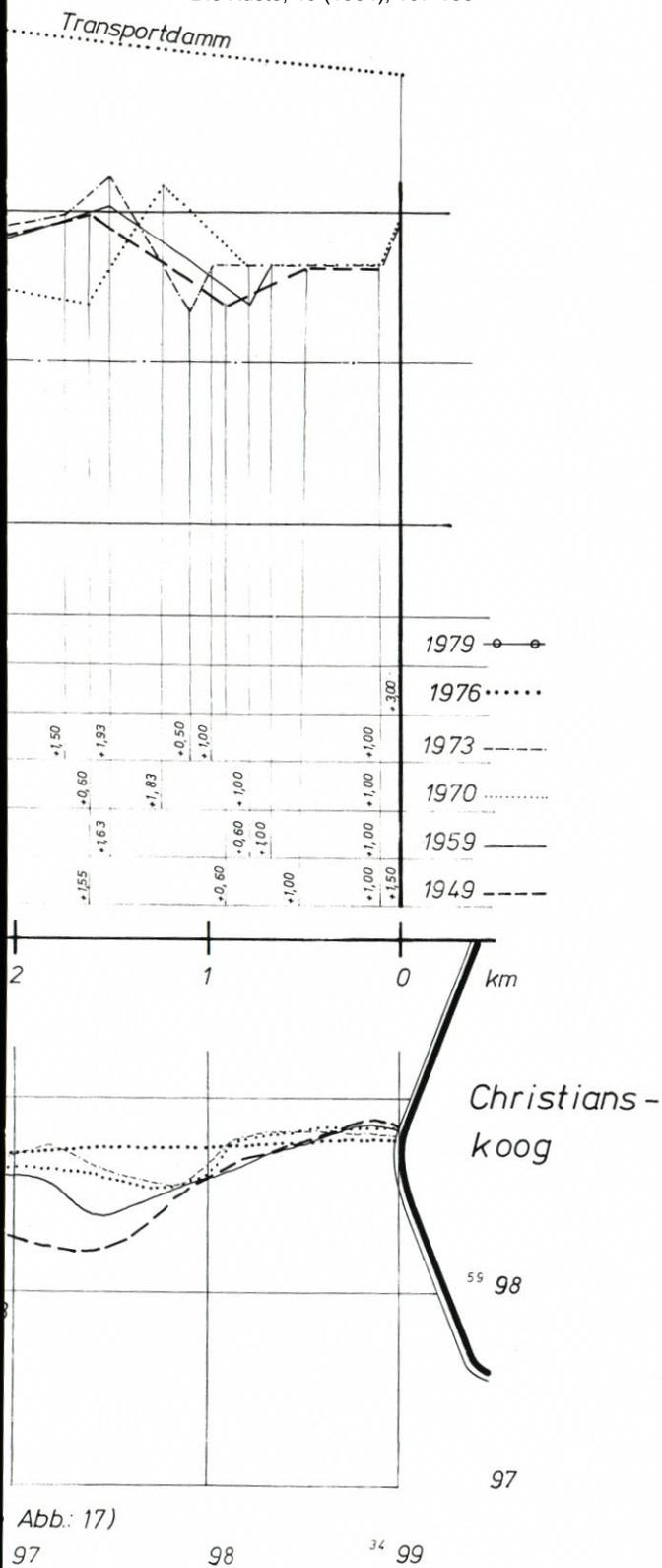


Abb. 16. Veränderung der Watthöhenscheide vor dem Christianskoog 1949-1979

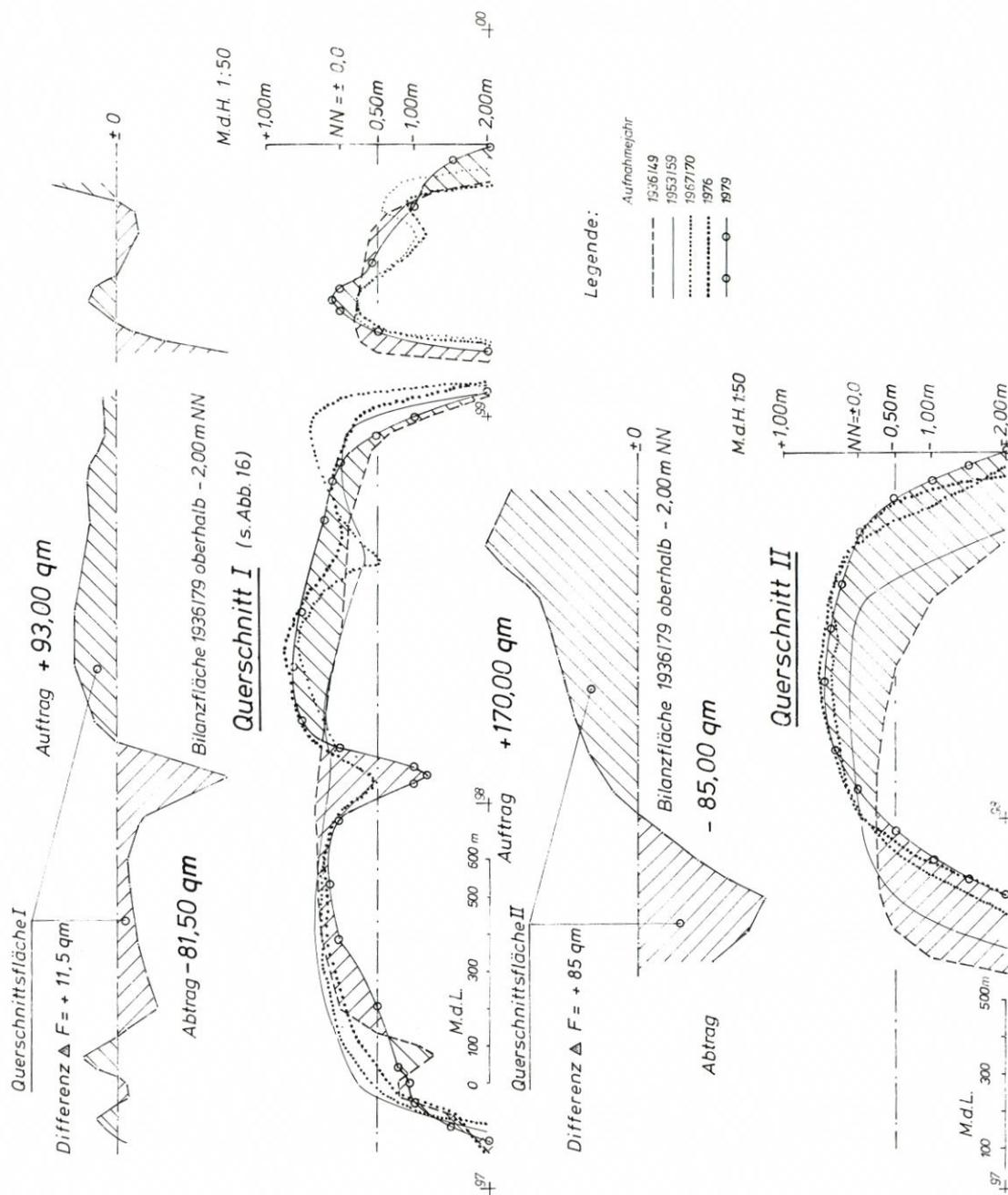


Abb. 17. Veränderung der Wattflächen vor dem Christianskoog in zwei Querschnitten 1949-1979

gen. Baggerlöcher sind kleinen, natürlichen Speicherpoldern ähnlich. Werden sie unmittelbar an einem Außentief angeordnet, mit nur kurzer Verbindungsrinne, so wirken sie eine Zeitlang als Spülpolder. Als erweitertes Außentief gefährden sie in dieser Verbindung auch nahe am Siel den in diesem Bereich ohnehin stärker gesicherten Seedeich nicht, und sie helfen die unmittelbar nach Deichschluß zunächst besonders intensive Versandungsreaktion im deichnahen Außentief streckend zu überbrücken bis etwa zum neuen dynamischen Gleichgewichtszustand. Dieser ist dann erst zu einem entsprechend späteren Zeitpunkt nach erfolgtem bautechnischem Eingriff in das Tideregime erfaßbar.

Die Mündungsstrecken der drei Hauptpriele und insbesondere das Außentief des neuentstandenen Helmsander Kooges (Kronenloch/Außenmiele) unterliegen auf mehreren Kilometern Länge mit der beobachteten Nordschwenkung und Rinnengabelung vorerst einem Ungleichgewicht, so daß die Zustände überwachend morphologisch und begleitend hydrologisch (Tideströme, Wasserstände) wenigstens dreijährlich weiterhin erfaßt und bilanziert werden sollten. Das gleiche gilt für das vom Ebbestrom zunehmend stärker beanspruchte rechte Ufer der Piep vor Büsum und den dortigen Watten.

Die festgestellte, in den einzelnen Wateinzugsgebieten schlechthin sowie zwischen Küstenlinie und Prielmündung sehr unterschiedliche morphologische Entwicklung sowohl räumlich als auch lagemäßig bestätigt die Unerläßlichkeit der hier angewendeten naturräumlichen Bilanzierungsmethode (im Gegensatz zur morphologischen Analyse rein geometrisch begrenzter Gebiete). Dieses manuell durchgeführte Verfahren ist jedoch sehr zeit- und personalaufwendig. Deshalb wird angestrebt, hierfür in absehbarer Zeit als Hilfsmittel die ADV anzuwenden. Dazu werden entscheidende Grundlagen aus dem derzeitigen KFKI-Forschungsprojekt „MORAN“ (Morphologische Analysen) erwartet.

5. Schriftenverzeichnis

- AMT FÜR LAND- UND WASSERWIRTSCHAFT HEIDE, DEZERNAT GEWÄSSERKUNDE BÜSUM: Rahmenentwurf für hydrologische und wattmorphologische Untersuchungen im Gebiet der Dithmarscher Bucht von 1970 bis 1992. Unveröffentl. Arbeitsgrundlage, 1981.
- BAHR, M.: Die Entwicklung des Küstenvorfeldes zwischen Hever und Elbe seit dem Ende des 16. Jahrhunderts. Untersuchungsbericht im Auftrag der Wasser- und Schifffahrsdirektion Kiel. Unveröffentl., 1963.
- DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT: Sandbewegung im Küstenraum. Rückschau, Ergebnisse und Ausblick. Forschungsbericht. Harald Boldt Verlag, Boppard, 1979.
- DITTMER, E.: Das Alluvium Dithmarschens. Untersuchungsbericht des Marschenbauamts Heide, Forschungsabt. Büsum. Unveröffentl., 1937.
- DITTMER, E.: Die nacheiszeitliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. Meyniana, Bd. 1, 1952.
- DITTMER, E.: Neue Beobachtungen und kritische Bemerkungen zur Frage der Küstensenkung. Die Küste, Jg. 8, 1960.
- FIGGE, K., KÖSTER, R., THIEL, H. u. WIELAND, P.: Schlickuntersuchungen im Wattenmeer der Deutschen Bucht – Zwischenbericht über ein Forschungsprojekt des KFKI. Die Küste, H. 35, 1980.
- FISCHER, O.: Landgewinnung und Landerhaltung in Schleswig-Holstein. Teil III: Das Festland. Bd. 5: Dithmarschen. Verlag Dietrich Reimer, Berlin, 1955.
- GÄRTNER, H.-J.: Untersuchung über die voraussichtliche Entwicklung einer Watrinne vor einem neuen Siel – behandelt am Beispiel der Bedeichung Meldorfer Bucht Nord –. Marschenbauamt Heide. Unveröffentl., 1971.
- HIGELKE, B.: Morphodynamik und Materialbilanz im Küstenvorfeld zwischen Hever und Elbe. Ergebnisse quantitativer Kartenanalysen für die Zeit von 1936 bis 1969. Dissertation Univ. Kiel, 1975.

- LANG, A. W.: Untersuchungen zur morphologischen Entwicklung des Dithmarscher Watts von der Mitte des 16. Jahrhunderts bis zur Gegenwart. Hamburger Küstenforschung, H. 31, 1975.
- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN: Generalplan Deichverkürzung und Küstenschutz. Kiel, 1977.
- RENGER, E.: Untersuchungen von Wateinzugsgebieten. Mitt. d. Franzius-Inst. d. TU Hannover, H. 40, 1974.
- RODLOFF, W.: Über Wattwasserläufe. Mitt. d. Franzius-Inst. d. TU Hannover, H. 34, 1970.
- ROHDE, H.: Sturmfluthöhen und säkularer Wasserstandsanstieg an der deutschen Nordseeküste. Die Küste, H. 30, 1977.
- SIEFERT, W.: Ergänzende Wasserstandsuntersuchungen im Elbmündungsgebiet und im Wurster Watt. Hamburger Küstenforschung, H. 27, 1973.
- THIES, E.: Veränderung der Wasserräume in der Piep und Meldorfer Bucht unter Seekartennull in der Zeit von 1927-1958. Studie Nr. 19 d. Marschenbauamtes Heide, Pegelaußenstelle Büsum. Unveröffentl., 1964.
- WIELAND, P.: Untersuchung zur geomorphologischen Entwicklungstendenz des Außensandes Blauort. Die Küste, H. 23, 1972.
- WIELAND, P.: Ursache und Umfang der Versandung des Hafens Friedrichskoog. Untersuchung über die geomorphologische Entwicklung im Wattengebiet zwischen Marner Plate und Hakensand. Arbeitsbericht Nr. 28 d. Marschenbauamts Heide, Pegelaußenstelle Büsum. Unveröffentl., 1973.
- WIELAND, P. u. THIES, E.: Methoden der Wattvermessung an der schleswig-holsteinischen Westküste. Wasserwirtschaft, H. 7/8, 1975.
- WOHLENBERG, E.: Dithmarschen - eine landschaftsgeschichtliche Untersuchung. Dithmarschen, Geschichte und Bild einer Landschaft. Westholsteinische Verlagsanstalt Boyens & Co., Heide, 1968.