

# Die Küste

ARCHIV  
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK  
AN DER NORD- UND OSTSEE



3950-A-2012-00000108

# Die Küste

ARCHIV  
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK  
AN DER NORD- UND OSTSEE

HERAUSGEBER:  
DER KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE

Jahrgang 11 - 1963

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:  
WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & CO. HEIDE I. HOLST.

Anschriften der Verfasser dieses Heftes:

BÄTJER, Diedrich, Regierungsrat, Deutscher Wetterdienst, Wetteramt, Bremen, Flughafen; HEYDEMANN, Berndt, Dr., Zoologisches Institut und Museum der Universität, Kiel, Hegewischstr. 3; KNOP, Friedrich, Dr.-Ing., Landesbaurat, Münster (Westf.), Eugen-Müller-Str. 29; KUNTZE, Herbert, Dr., Grünlandlehranstalt und Marschenversuchsstation für Niedersachsen, Infeld über Nordenham; WOHLBERG, Erich, Dr. habil., Marschenbauamt — Forschungsstelle Westküste, Husum, Nissenhaus.

Die Verfasser sind für den Inhalt ihrer Aufsätze allein verantwortlich.

Nachdruck aus dem Inhalt nur mit Genehmigung des Herausgebers: Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Regierungsbaudirektor i. R. C. HENSEN, Kiel-Wik, Hindenburgufer 247, gestattet.

Schriftleiter: Dr. habil. E. WOHLBERG, Husum, Nissenhaus.

## Andreas Busch 80 Jahre alt

Zu den Aufgaben des Küstenausschusses Nord- und Ostsee gehört neben den gegenwärtigen Küstenproblemen auch die Lösung jener Fragen, die sich mit der Vergangenheit der Nordseeküste befassen. Die heutige Küstenlinie nimmt bekanntlich einen andern Verlauf als im frühen und späten Mittelalter. Die frühere Grenze zwischen Meer und Land ist heute vor der Küste längst verwischt, und auch die Archive und Chroniken haben mehr Lücken als Nachweise hinterlassen. Die tiefere geographische und morphologische Problematik der gegenwärtigen Lage unserer Küste und ihre voraussichtliche Weiterentwicklung sind aber nicht zu ergründen, wenn nicht die historische Landschaftsentwicklung zur Deutung mit herangezogen wird. Pionier dieser Forschungsrichtung in Nordfriesland ist der Bauer ANDREAS BUSCH von der Insel Nordstrand.

Im Jahre 1921 gelang ihm im Watt bei der Hallig Südfall die wichtige Entdeckung der Reste der im Mittelalter untergegangenen Marschen Nordfrieslands. Die Auswertung dieser Beobachtungen machte ihn im Laufe von über 40 Jahren zum weithin bekannten Exponenten der historischen Wattenforschung.



ANDREAS BUSCH legt Hand an bei der Bergung des mittelalterlichen Schleusendrempels der „Rungholt“-Schleuse

Seit den Sommertagen des Jahres 1921 ist „Rungholt“, die im 14. Jahrhundert untergegangene Hafenstadt Nordfrieslands, dank der unablässigen Arbeit des Bauern von Nordstrand das symbolische Kernstück der historischen Wattenforschung geblieben.

Es ist seitdem kein Jahr vergangen, ohne daß ANDREAS BUSCH vom Deich seiner Heimatinsel, wo er im Jahre 1883 auf der Engländer Mühle geboren wurde, über das Watt nach der Hallig Südfall wanderte, um nach neuen Kulturspuren der Landschaft um „Rungholt“ zu suchen, um Warfreste einzumessen, das restliche Gebälk der alten Rungholt-Schleusen zu skizzieren, die Sodenbrunnen ihrer Lage nach zu bestimmen, das noch gut erkennbare Entwässerungssystem der frühen Marschbewohner zu erkunden oder auch das alte Steinzeug, die Keramiken aus Küchen und Stuben, — nach dem Untergang eingebettet in die sorgsam bewahrenden Sedimente des Wattenmeeres — zu sammeln und zu datieren.

Durch seine Untersuchungen ist der Name „Rungholt“ aus dem Reich der Sage und Dichtung herausgelöst und auf den Boden erwiesener Tatsachen gestellt worden. Man spricht seit langem vom „Rungholtforscher“ ANDREAS BUSCH. Gibt es für ihn eine bessere Auszeichnung?

Aber dieses Aufspüren und Registrieren im Gelände ist nur eine Teilaufgabe. Der Schwerpunkt der Forschungen liegt für BUSCH in der Auswertung. Es ist sein Verdienst, aus der Vielzahl der Einzelheiten ein glaubwürdiges Bild vom mittelalterlichen Nordfriesland gezeichnet zu haben. BUSCH ist kein Chronist im alten Sinn, sondern ein Spürer, ein empirisch arbeitender Forscher, dem es dank einer ausgesprochen konstruktiven Begabung gelang, im Lauf der Jahre die von ihm gesammelten zahlreichen Bausteine unter

IV

*Heranziehung der alten Landkarten der historischen Geographie und im besonderen der nordfriesischen Kartographie dienstbar zu machen. Seiner mehr als 40jährigen Erforschung der Kulturspuren im Wattenmeer verdankt die Küstenwissenschaft eine Fülle von Erkenntnissen und Anregungen sowie zahlreiche Abhandlungen über Rungholt, über das Kartenbild des untergegangenen Nordfrieslands, über Küstensenkung, historische Siedlungsfragen, Hausbau, Brunnenbau, Ordnung und Entwässerung der alten Fluren, Deichprobleme und Sturmfluten. So betrachtet die Westküstenforschung den Jubilar seit langem als einen ihrer Mitarbeiter.*



S. Magnifizienz Professor Dr. SCHLENGER verleiht dem „Rungholt“-Forscher die Universitätsmedaille der Christian-Albrecht-Universität, Kiel

*BUSCH ist mit 80 Jahren kein alter Mann, sondern ausgesprochen rüstig, immer noch ein handfester Bauer, in der Diskussion ein wenig dickköpfig, aber immer gegenwärtig und stets bereit, vom Andersdeutenden zu lernen. Auch in seinem hohen Alter ist er immer wieder draußen im Watt (Bild auf S. III), und seine Feder hat er durchaus nicht beiseite gelegt.*

*Am Tage der 80. Wiederkehr seines Geburtstages, dem 16. Juni 1963, erschien der Rektor der Landesuniversität, Kiel, um den Rungholtforscher ANDREAS BUSCH durch die Verleihung der Universitätsmedaille der Christian-Albrecht-Universität im Rahmen einer vom Nissenhaus in Husum veranstalteten Feierstunde zu ehren (Bild).*

*Der Küstenausschuß Nord- und Ostsee beglückwünscht den mit dieser hohen Würde ausgezeichneten Jubilar herzlich und dankt ihm für das reiche Werk der historischen Landschaftsanalyse und erhofft von ihm weiterhin erfolgreiche Untersuchungen, sei es draußen im Watt oder auf und hinter den Deichen seiner Nordstrander Marsch!*

Dr. E. WOHLBERG

## Inhaltsverzeichnis

Würdigung ANDREAS BUSCH — 80 Jahre . . . . .	III
KNOP, Friedrich, Dr.-Ing., Landesbaurat Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands — Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung . . . . .	1
BÄTJER, Diedrich, Regierungsrat und KUNTZE, Herbert, Dr. Untersuchungen des Niederschlagswassers im Küstengebiet Ostfrieslands und Oldenburgs . . . . .	34
WOHLENBERG, Erich, Dr. habil. Der Deichbruch des Ülvesbüller Kooges in der Februar-Sturmflut 1962 Versalzung — Übersandung — Rekultivierung . . . . .	52
HEYDEMANN, Berndt, Dr. Deiche der Nordseeküste als besonderer Lebensraum Ökologische Untersuchungen über die Arthropoden-Besiedlung . . . . .	90

# Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands –Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung–

Von Friedrich Knop

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	1
2. Wechselwirkungen zwischen Hydrographie und Morphologie an der nordfriesischen Küste . . . . .	2
a. Grundsätzliches über Gezeitenbewegung und Morphologie . . . . .	
Übersicht . . . . .	2
b. Verdriftungen Norderhever–Süderaue . . . . .	7
c. Verdriftungen Norderaue–Hörnum Tief . . . . .	8
3. Profile und Höhenlinienverschiebungspläne . . . . .	
a. Strandprofile . . . . .	
Amrum . . . . .	9
b. Wattrückenprofile . . . . .	
Wattrücken Festland–Hallig Nordstrandischmoor . . . . .	14
c. Stromrinnenprofile . . . . .	
Norderhever–Strand–Süderaue . . . . .	16
4. Mehrfachprofile (dichte Profildfolgen) . . . . .	
Norderoog–Watt . . . . .	17
5. Umrißveränderungen und Flächenbilanz . . . . .	
Norderoog . . . . .	17
6. Differenzkarten . . . . .	
a. Dem Betrage nach für Anwachs/Abtrag abgestufte Differenzdarstellung . . . . .	
Wattgebiet Festland–Pellworm . . . . .	20
b. Differenzkarten mit schematischer Darstellung von Anwachs/Abtrag . . . . .	
Wattrücken Festland–Föhr–Amrum Odde . . . . .	25
7. Überwachungsprofile 1960 bis 1962 in den Wattstromrinnen . . . . .	31
8. Schriftenverzeichnis . . . . .	33

## 1. Einleitung

Die für die Westküste Schleswig-Holsteins lebensnotwendige Aufgabe der Sicherung und Erhaltung des nordfriesischen Insel-, Hallig- und Wattgebietes stellt sowohl zeitlich als auch räumlich ein sehr umfassendes Problem dar.

Diese Aufgabe hat schon seit Generationen ein hohes Maß an Tatkraft und Einsatz verlangt und wird es auch in Zukunft erfordern. Die gegenwärtige Generation hat dabei die Verpflichtung, ein festes Bindeglied in einer langen Kette zu bilden. Das Meer, in nimmermüder Arbeit die Küste auf- und abbauend, verlangt stete Wachsamkeit und Bereitschaft. Der ständigen Überwachung und insbesondere daraus der Deutung der Veränderungen des Küstenreliefs kommt daher eine grundsätzliche und weitreichende Bedeutung zu.

Dabei wird man um so erfolgreicher sein können, je mehr man auch über Messungen und Erfahrungen aus zurückliegenden Zeiten verfügt. Für die vorliegenden Untersuchungen, die im Rahmen der Arbeiten der Vorarbeitenstelle Nordfriesland des Marschenbauamtes Husum erfolgt sind, wirkt es sich besonders vorteilhaft aus, daß bereits in den dreißiger und vierziger Jahren die damaligen Forschungsabteilungen der Wasserwirtschaftsverwaltung durch genaue und umfassende hydrographische Messungen und Wattkartierungen, durch Luftbild-

messung, biologische und geologische Aufnahmen die notwendige Voraussetzung für die dadurch heute mögliche exakte vergleichende Betrachtung schufen. Damit tragen die damaligen Arbeiten noch heute in besonderer Weise Früchte, ebenso wie auch die Ergebnisse dieser Veröffentlichung wieder der weiteren Erkenntnis in der Zukunft zur Verfügung stehen sollen.

Für die vorliegenden Untersuchungen werden sowohl die angewendeten Methoden als auch die erzielten Ergebnisse behandelt, da beides in enger gegenseitiger Abhängigkeit steht; denn die gewählten Arbeitsmethoden sind bereits auf die jeweiligen Untersuchungsabsichten zugeschnitten worden, was besonders für die Differenzkarten gilt (s. Abschnitt 6). Und schließlich ergibt sich so für die Ergebnisse über ihren schon in der Dokumentation des Untersuchungsmaterials begründeten Wert hinaus noch eine Beurteilungsmöglichkeit, inwieweit die angesetzten Untersuchungsmethoden und -verfahren hinreichend oder verbesserungsbedürftig sind.

Ferner erfordern die Feststellung und insbesondere die Deutung der morphologischen Veränderungen auch räumlich gesehen eine umfassendere Betrachtung. Denn die Gestalt des Küstenraumes ist eng mit den Gezeitenverhältnissen des gesamten Regimes der Wattströme und Hauptpriele verbunden; ebenso wie sich auch die Bemühungen um den Schutz der Küste nicht lediglich auf die Erhaltung einer bestimmten Linie oder bestimmter Objekte beschränken können, sondern vielmehr die Lösung der Aufgabe in einer größeren räumlichen Betrachtung zwischen der freien Nordsee und den Festlandsdeichen gesucht werden muß.

So wird es zunächst unerlässlich sein, dem Thema dieser Abhandlung eine grundsätzliche Betrachtung der Gezeitenbewegungen im nordfriesischen Küstenraum und ihrer Wechselwirkungen auf die Morphologie voranzustellen.

## 2. Wechselwirkungen zwischen Hydrographie und Morphologie an der nordfriesischen Küste

Die angreifenden Kräfte des Meeres und die beharrenden Kräfte des Landes stehen sozusagen wie *actio* und *reactio* zueinander in Beziehung. In diesem Kräftespiel werden die Gezeitenbewegungen durch die Formen des Küstenraumes ebenso modifiziert, wie umgekehrt die Morphologie des Küstengebietes durch die Gezeitenkräfte modelliert wird. Im Bereich der am weitesten seewärts vorgeschobenen Kette der Düneninseln und Außensände kommen die Brandungskräfte und ihre Sekundärströmungen noch hinzu, die örtlich beträchtliche Veränderungen hervorrufen können. Über ihre Auswirkungen an der Westküste der Insel Sylt, wo sich diese teilweise besonders nachteilig bemerkbar gemacht haben, hat u. a. LAMPRECHT (1955 u. 1957) bereits mehrfach berichtet. In den übrigen Bereichen (Kniepsand — Norderoog- und Süderoog-sand) sind die Auswirkungen der Brandung seither weniger bedrohlich geblieben. Dessenungeachtet darf jedoch auch dieser, für das gesamte dahinterliegende Wattgebiet wertvolle Schutzwahl nicht aus den Augen verloren werden, da besonders in den Übergangsbereichen von den Außensänden zum Watt zahlreiche bedeutsame Abhängigkeiten bestehen, wie z. B. die weiter unten behandelten Verhältnisse um Norderoog zeigen.

### a. Grundsätzliches über Gezeitenbewegung und Morphologie Übersicht

Die Gezeitenbewegungen, vertikal als Tidehub und horizontal als Gezeitenströmung, modellieren in ständigem, astronomisch bedingtem Rhythmus am Relief des gesamten Küstenraumes. Dabei spielen die täglich zweifach in jeder Richtung auftretenden Tideströmungen eine



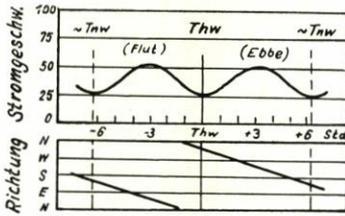
besonders wichtige Rolle. Sie sind zur Erläuterung der Zusammenhänge auf Abbildung 1 als Übersicht für mittlere Tideverhältnisse dargestellt.

In dieser Darstellung sind sowohl für Flut (grün) als auch für Ebbe (rot) die maximale Stromgeschwindigkeit als dünner Pfeil sowie die mittlere Stromgeschwindigkeit, gemittelt über die Stromdauer, als breiter Pfeil angegeben. Die Länge der Pfeile entspricht der Größe der Geschwindigkeiten. Die Breite der Pfeile für mittlere Stromgeschwindigkeiten entspricht maßstäblich der Flut- und Ebbedauer, die als Zeitdauer des steigenden bzw. fallenden Wassers festgelegt worden ist. Diese Festlegung ist erforderlich für die Fälle, in denen sich der Zeitpunkt der Kenterung des Wasserstandes von dem Zeitpunkt der Umkehr der Strömungsrichtung unterscheidet. Dieser nicht seltene Fall tritt beispielsweise bei Verdriftungen ein, wenn bei fallendem Wasser (Ebbe) der vorangehende Flutstrom noch längere Zeit über Hochwasser hinaus seine ursprüngliche (Flut-)Richtung beibehält. An der aufgetragenen Signatur der mittleren Strompfeile wird ein solcher Vorgang dadurch kenntlich, daß sich innerhalb des gleichen Pfeiles neben der grünen Signatur für Flut noch eine rote Signatur für Ebbe befindet (siehe auch Zeichenerklärung auf Abb. 1). Auf trockenfallenden Wattgebieten ist die Pfeilbreite (d. h. Stromdauer) naturgemäß kleiner, da die Strömung erst vom Zeitpunkt der Überstauung an wirksam werden kann. Für die maximale Stromgeschwindigkeit entspricht die Pfeilrichtung der entsprechenden Strömungsrichtung. Der Ansatzpunkt dieses Pfeiles ist auf der Zeitachse des breiten Pfeiles entsprechend der Eintrittszeit von  $v_{\max}$  parallel verschoben eingezeichnet, d. h. wenn beim Flutstrom die maximale Stromgeschwindigkeit kurz nach Niedrigwasser eintritt, ist der Ansatzpunkt ganz nach links gerückt, tritt  $v_{\max}$  etwa um Tidehalbwasser ein, befindet sich der Ansatzpunkt in der Mitte. Als Richtung der mittleren Stromgeschwindigkeit (breiter Pfeil) ist die vorherrschende Stromrichtung angegeben, die beim Richtungsstrom in Wattströmen und Hauptprieln eindeutig entsprechend dem morphologischen Verlauf der Rinne feststellbar ist. Im Falle des Drehstromes im Seegebiet oder auf den Watten ist dann ein kleiner Kreisbogen mit Pfeil in Drehrichtung hinzugefügt.

Diese Darstellungsmethode der Abbildung 1 ermöglicht es, eine Fülle von differenzierten Zusammenhängen in übersichtlicher Form für den gesamten Küstenbereich Nordfrieslands anzugeben und auszuwerten. Weitergehende Einzelheiten mit zahlreichen Meßergebnissen und Diagrammen sind vom Verfasser in den „Untersuchungen über Gezeitenbewegung und morphologische Veränderungen im nordfriesischen Wattgebiet als Vorarbeiten für Dammbauten“ (KNOP 1961) angegeben worden. Die Messungen, die im Rahmen der Arbeiten der Vorarbeitenstelle Nordfriesland des Marschenbauamtes Husum zum großen Teil in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Hydrographischen Institut Hamburg (NEUMANN 1960) durchgeführt wurden, führten zu folgenden Ergebnissen:

Im Seegebiet vor der nordfriesischen Küste verläuft der Gezeitenstrom als linksdrehender Drehstrom, der während der Kenterungen nicht auf Null abfällt und dessen Geschwindigkeiten unter normalen Verhältnissen in der Größenordnung von 25 bis 75 cm/s liegen (Abb. 2: „Seegebietstyp“). Dabei drehen die Hauptströmungsrichtungen von Ebbe und Flut von einer Ost-West-Richtung im Süden vor der Küste auf eine Nord-Süd-Richtung im Norden. Die Wasserstandskurven verlaufen angenähert sinuskurvenförmig mit relativ geringem Tidehub, der noch von Süden nach Norden hin abnimmt (Abb. 3).

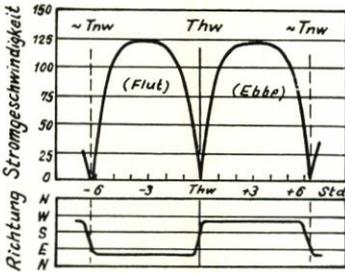
Im Bereich des Durchtritts der Wattströme durch die Zone der Düneninseln und Außensände geht der Drehstrom in einen, dem Verlauf der Stromrinnen entsprechenden, mit Ebbe und Flut alternierenden Richtungsstrom über. Da von See her in besonderen Flutarmlen der Flutstrom, von Land her in besonderen Ebbearmlen der Ebbstrom überwiegt, bilden sich im Mündungsgebiet der Wattströme unter Wasser verbreitete durchgehende Barren aus (z. B. Abb. 1, Meßpositionen 3611 und 3610).



Seegebietstyp

*Kennzeichen:* Drehstrom, Geschwindigkeit an- und abnehmend in der Größenordnung 25 bis 75 cm/s, nicht auf Null zurückfallend

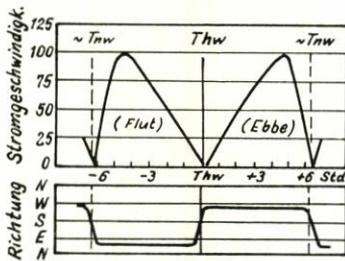
*Beispiele:* Meßpositionen 3613, 3614, 3615, 3818, 3819



Wattstromtyp

*Kennzeichen:* Alternierender Zwangsstrom entsprechend dem Verlauf der Stromrinne, Geschwindigkeiten in der Größenordnung 100 bis 150 cm/s längere Zeit anhaltend, dann steiler Abfall (Anstieg) vor und nach der ausgeprägten Kenterung um Hoch- und Niedrigwasser

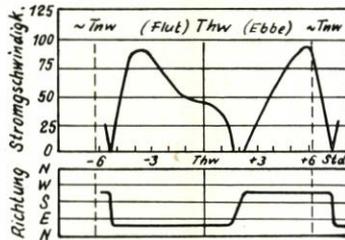
*Beispiele:* Meßpositionen 3601, 3605, 3606, 3802, 3807, 3813



Prieltyp

*Kennzeichen:* Alternierender Zwangsstrom entsprechend dem Prielverlauf, ausgeprägte, kurzzeitige Geschwindigkeitsspitzen nach Niedrigwasser hin verschoben. Größenordnung von  $v_{max}$  örtlich stark schwankend zwischen 75 und 125 cm/s

*Beispiele:* Meßpositionen (3603), 3806, 3808, 3809, F 5/56

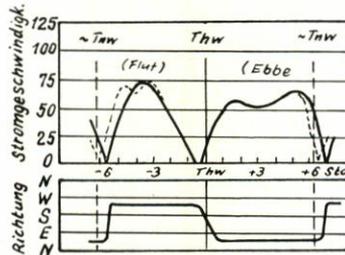


Verdriftertypen

a) vor der Wasserscheide (in Verdriftungsrichtung gesehen)

*Kennzeichen:* Verlängerte Flutstromdauer 1 bis 2,5 Std. über Thw hinaus, sonst nach Prieltyp u.U. Wattstromtyp), Stillwasserzeit zwischen Flut- und Ebbstrom

*Beispiele:* Meßpositionen 3603, 3806, 3810



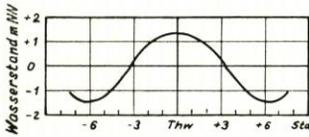
b) hinter der Wasserscheide (in Verdriftungsrichtung gesehen)

*Kennzeichen:* Verkürzter Flutstrom, vorzeitige Richtungsumkehr, doppelte Maxima insbes. bei Ebbstrom, verlängerter Ebbstrom, Stillwasserzeit zwischen Flut- und Ebbstrom (u. U. starker Gefällerrückstrom entgegen Verdriftungsrichtung um Niedrigwasser, z. B. Strand)

*Beispiele:* Meßpositionen 3602, 3811

Abb. 2. Schema der horizontalen Gezeitenbewegungen

In den Wattströmen steigen die Stromgeschwindigkeiten schnell an, halten in einer Größenordnung von 100 bis 150 cm/s und mehr längere Zeit an, um dann bei Wasserstandskenterung schnell wieder auf Null abzufallen. Die Stromrichtung folgt dem örtlichen Verlauf der Stromrinnen (Abb. 2: „Wattstromtyp“). Die Wasserstandskurven zeigen im Wattgebiet bei verhältnismäßig großem, zum Festland hin zunehmendem Tidehub spitze Kurvenscheitel, insbesondere um Niedrigwasser. Die Wendepunkte sind nach T<sub>nw</sub> hin verschoben, zum Teil ist der Flutast verkürzt, der Ebbeast verlängert (Abb. 3).

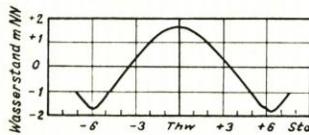


#### Seegebiet

(hier etwa bis zum Bereich der Außensände)

*Kennzeichen:* Tidekurvenverlauf etwa nach der Sinuskurve, verhältnismäßig kleiner Tidehub, Wendepunkte bei Tidehalbwasser

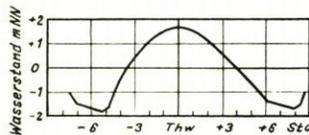
*Beispiel:* Pegel Süderoogsand



#### Wattgebiet

*Kennzeichen:* Spitze Form der Kurvenscheitel, insbesondere bei Niedrigwasser, Wendepunkte nach Niedrigwasser hin verschoben, z.T. verkürzter Flut-, verlängerter Ebbeast, verhältnismäßig großer Tidehub

*Beispiel:* Pegel Strand



#### Oberwassereinfluß

*Kennzeichen:* Verlängerte Ebbedauer, verspätete Niedrigwasserkehrung infolge des Oberwasserzuzufusses, verkürzte Flutdauer. Steiler Flutast, flacher Ebbeast, geknickter Kurvenverlauf um Niedrigwasser bei Sielen

*Beispiel:* Außendeichpegel Bongsiel

Abb. 3. Schema der vertikalen Gezeitenbewegungen

Im Mittellauf der Wattströme befinden sich besonders tiefe Erosionsrinnen (—20 bis —30 m NN), in denen ein Sedimenttransport sowohl in Flut- als auch in Ebberichtung als Folge der hier nach beiden Richtungen etwa gleich großen, anhaltend hohen Gezeitenströmungen stattfindet. Die Tabellen 1 und 2 geben hierzu noch einige genauere Zahlenangaben für mittlere Tideverhältnisse.

Tabelle 1

Gezeitenströmungen im Mittellauf der Wattströme nach gelaufener Tide bei angenähert mittleren Wasserstandsverhältnissen

Meßposition		Flut (cm/s)	Ebbe (cm/s)	Datum der Messung
3606 Heverstrom: Südfall	v <sub>max</sub>	136	156	29. 6. 1956 Nm
	v <sub>m</sub>	85	102	
3605 Norderhever: Ochsensand	v <sub>max</sub>	111	121	29. 6. 1956 Nm
	v <sub>m</sub>	77	81	
3601 Süderaaue: Hooge	v <sub>max</sub>	116	119	29. 6. 1956 Nm
	v <sub>m</sub>	79	80	
3807 Norderaue: Wyk Süd	v <sub>max</sub>	135	126	7. 8. 1958 Nm
	v <sub>m</sub>	86	83	
3813 Hörnum Tief: Hörnum Odde	v <sub>max</sub>	178	166	7. 8. 1958 Nm
	v <sub>m</sub>	112	112	

Tabelle 2

Gezeitenströmungen im Mittellauf der Wattströme nach mittleren Stromkurven, die aus Schaufelradstrommessungen von mindestens 14,77tägiger Dauer (halber synodischer Monat) gemittelt sind

Meßposition			Flut (cm/s)	Ebbe (cm/s)
3606	Heverstrom: Südfall	$v_{max}$	128	144
		$v_m$	80	82
3605	Norderhever: Ochensand	$v_{max}$	99	105
		$v_m$	70	75
3601	Süderau: Hooge	$v_{max}$	106	108
		$v_m$	73	73
3807	Norderau: Wyk Süd	$v_{max}$	124	124
		$v_m$	89	88
3813	Hörnum Tief: Hörnum Odde	$v_{max}$	173	163
		$v_m$	114	116

Gegen den Oberlauf der Wattströme hin bis zu den Verästelungen der Priele verändert sich das Strombild so, daß nur noch kurzzeitige, gegen Niedrigwasser hin verschobene Geschwindigkeitsspitzen in einer Größenordnung von 75 bis 125 cm/s auftreten (Abb. 2: „Prieltyp“). Der überwiegende Strom und die daraus folgende Materialtransporttendenz sind hier normalerweise landwärts gerichtet (z. B. Abb. 1, Meßpositionen 3809 oder 3812).

In den Gebieten, in denen die Wattströme in ihrem Oberlauf Verbindung miteinander besitzen und nicht durch Inseln, Halligen oder Dämme voneinander getrennt sind, treten mit jeder Tide über Hochwasser natürliche periodische Verdriftungen größerer Wassermengen gewöhnlich zum nördlich benachbarten Wattstromsystem hin auf (Abb. 2: „Verdriftentypen“) mit Durchbrüchen durch die Wattrücken und mit Abbau der Wattflächen auf der Seite des südlichen Systems, mit teilweisem Anwachs auf der Seite des nördlich benachbarten Stromsystems und mit teilweisem Anwachs vor dem Festland, was noch eingehend im Abschnitt 6 auf Grund genauer, zweifacher Vermessungen nachgewiesen wird. Die Ursachen für die natürliche Tendenz der Wattströme, durch die Verdriftungen hinter den Inseln und Halligen über die Wattrücken hinweg Verbindung zueinander zu suchen, die Wattflächen zu zertrennen und umzulagern, soweit dies nicht durch Inseln, Halligen und Dammbauten, welche die einzelnen Stromgebiete trennen, verhindert wird, gehen zurück auf die astronomischen Gezeitenbedingungen in der Nordsee, vor allem auf die unterschiedlichen Eintrittszeiten von Tideniedrig- und -hochwasser und auf den von Süden nach Norden abnehmenden Tidehub. Man muß daher diese aus den ständigen, natürlichen Bedingungen der periodischen Gezeitenbewegungen entstehenden Verdriftungen streng unterscheiden von den aus aperiodischen Ursachen, vorwiegend vom Windstau hervorgerufenen Verdriftungen, wie sie z. B. im Bereich der Ostfriesischen Inseln häufig auftreten und u. a. von WALTHER (1949) behandelt wurden. In Nordfriesland treten dann naturgemäß die meteorologischen Einflüsse zu den astronomisch-periodischen Bedingungen für die Verdriftungen noch verstärkend oder dämpfend hinzu. Durch Messungen in der Norderhever und der Süderau wurde allerdings festgestellt, daß hier durch verstärkten Windstau (Sturmfluten) aus westlichen Richtungen die astronomisch bedingten Verdriftungen behindert werden. Dieser vorteilhaften Tendenz wird es zu verdanken sein, daß der Bestand der Wattrücken zwischen den Wattstromsystemen der Norderhever und der Süderau über die Jahrhunderte nicht noch stärker angegriffen worden ist als seither.

Die Verdriftungen üben, wie die Differenzkarten im Abschnitt 6 noch näher ausweisen, einen besonders starken Einfluß auf die Umlagerungen im Wattgebiet aus. Die Stromverhält-

nisse der bedeutsamsten Verdriftungsbereiche zwischen den Wattstromsystemen Norderhever und Süderaue sowie zwischen Norderaue und Hörnum Tief müssen daher nachfolgend noch etwas eingehender behandelt werden. Dabei sei jedoch bedacht, daß es neben den genannten noch eine ganze Anzahl weitere Verdriftungsgebiete geben wird, die bisher nur durch einzelne Stichprobenmessungen erfaßt worden sind oder die auf Grund der hier behandelten grundsätzlichen Zusammenhänge vermutet werden müssen, und die zugleich der weiteren Forschung noch eine große Zahl weiterer Aufgaben zuweisen: z. B. in den Gebieten Holmer Fähr/Fuhle Schlot (Rungholt Sand), Steinloch über den Wattrücken Süderoog — Pellworm, Rummelloch West über den Wattrücken Hooge — Pellwormer Plate, Schweinsrücken vor Langeneß zwischen Süder- und Norderaue, Föhrer Schulter zwischen Föhrer Ley und Föhr. Zunächst aber seien die durch längere Messungen genauer erfaßten Verdriftungsgebiete erörtert:

#### b. Verdriftungen Norderhever — Süderaue

Verfolgt man das Strombild der Norderhever stromaufwärts bis zum „Strand“ hin, so zeigen sich hier auf der Meßposition 3603 (Abb. 1) zunächst das Strombild des „Prieltyps“ mit den nach Niedrigwasser hin verschobenen, kurzzeitigen Geschwindigkeitsspitzen und die für Wattgebiete typische Wasserstandskurve mit dem spitzen Kurvenverlauf um die Niedrigwasserzeit und den tiefliegenden Wendepunkten (Abb. 2 u. 3).

Dieses Bild wird nun noch stark modifiziert durch die Verdriftung großer Wassermengen über die Pellwormer Plate und durch den Strand hindurch zum nördlich benachbarten Stromgebiet der Süderaue. Dieser Vorgang geht aus dem zeitlichen Verlauf des Flutstromes hervor, der seine nördliche Richtung noch etwa zwei Stunden über Hochwasser hinaus beibehält mit einer nachfolgenden Stillwasserzeit. Bei dem dann verspätet beginnenden Ebbstrom tritt durch die tiefe Verbindungsrinne am Strand ein starker Rückstrom von der Süderaue zur Norderhever hin auf bis etwa eine Stunde über Niedrigwasser hinaus (Abb. 2: „Verdriftertyp a“). Da die beiden Stromgebiete um Niedrigwasser durch trockengefallene Wattrücken getrennt sind und nur Verbindung miteinander durch die Rinne am Strand haben, tritt zwar der genannte starke Rückstrom ein; es verdriften dabei aber keine, mit dem Zustand bei Hochwasser vergleichbaren großen Wassermassen.

Die Ursache dieser Wasserbewegungen liegt vorwiegend in dem größeren Tidehub der Norderhever gegenüber der Süderaue begründet, weil die Norderhever höher aufläuft und tiefer abfällt. Während sich über Hochwasser die Wasserstandsunterschiede weitgehend ausgleichen, beträgt der Spiegelunterschied bei Niedrigwasser für mittlere Tide zwischen den 4,1 km entfernt voneinander liegenden Pegeln Strand — Norderhever und Strand — Süderaue etwa 25 cm.

Auch über den Rocheley Sand hinweg treten zwischen dem alten Bongsieler Außenpriel, der noch stark dem Regime der Norderhever folgt, und dem Schlütt, einem Seitenarm der Süderaue, entsprechende Verdriftungen auf. Seit der Eindeichung des Bongsieler Speicherkooges (Hauke-Haien-Koog, 1957 bis 1959) mit der Verlegung des Bongsieler Kanals von Bongsiel nach Schlüttsiel werden sich die Verhältnisse hier vermutlich wandeln. Die Neuvermessung des Rocheley Sandes von 1961 durch die Vorarbeitenstelle Nordfriesland wird hierüber nähere Aufschlüsse bringen.

Das Strombild im Oberlauf der Süderaue (Abb. 1: Meßposition 3602) wird durch die kräftige Verdriftung von der Norderhever her durch die Rinne am Strand und über die Watten hinweg naturgemäß stark beeinflusst. An sich wäre für die obere Süderaue ein Stromgeschwindigkeitsverlauf nach dem „Prieltyp“ mit kurzen, nach Niedrigwasser hin verschobenen Geschwindigkeitsspitzen zu erwarten, wobei die Geschwindigkeiten selbst dem Betrage nach

wegen des bis zur Hallig Habel hin recht breiten Strombettes nicht allzu groß sein dürften. Die Verdriftung über Hochwasser bewirkt jedoch hier nun ein erstes vorzeitiges Strömungsmaximum für den Ebbstrom der Süderau, dem ein zweites, dem eigentlichen, dem „Prieltyp“ entsprechendes Strömungsmaximum folgt. Beim beginnenden Flutstrom in der Süderau bewirkt der „Sog“ durch den Strand von der tiefer abgefallenen Norderhever her einen analogen, aber schwächer und weniger ausgeprägten Stromgeschwindigkeitsverlauf mit zwei Strömungsmaxima in entgegengesetzter Richtung (Abb. 2: „Verdriftertyp b“).

Auf den Watten im Bereich der Süderau bewirkt die Verdriftung je nach der Lage zur Stromscheide einen verkürzten Flutstrom (Abb. 1: Meßposition O 47), oder einen überhaupt ständig gleichsinnig in Verdriftungsrichtung laufenden Flut- und Ebbstrom (Abb. 1: Meßpositionen W 3, W 4, O 42). Auch das Rummelloch nördlich von Pellworm wird durch die Verdriftung entsprechend beeinflusst.

### c. Verdriftungen Norderaue — Hörnum Tief

Die behandelten Stromverlaufstypen treten auch in den Wattstromgebieten der Norderaue und des Hörnum Tiefs auf. Nach dem Oberlauf zu verzweigt sich die Norderaue mit zahlreichen Rinnen und Prielen in das Wattgebiet zwischen Föhr und dem Festland. In den beiden Hauptarmen querab von Dagebüll und Näsborn (Abb. 1: Meßpositionen 3808 und 3809) folgt der Stromverlauf bereits dem inzwischen bekannten „Prieltyp“, wobei das in Erscheinung tretende Flutstromübergewicht bereits auf eine Verdriftung nach Norden über die Föhrer Schulter hinweg zum Stromgebiet des Hörnum Tiefs hinweist. Im Gebiet des Föhrer Ley wird die Verdriftung dann ganz offensichtlich. Der Stromverlauf folgt je nach Lage zur Wasserscheide den beiden „Verdriftertypen“. Auf der südlichen Seite (Abb. 1: Meßposition 3810) erreicht der nach Nordwesten setzende Flutstrom unmittelbar nach Niedrigwasser eine kurze Geschwindigkeitsspitze und behält dann zwar langsam abnehmend aber bis anderthalb Stunden über Hochwasser hinaus seine nordwestliche Flutstromrichtung bei. Nach einer etwa halbstündigen Stillwasserzeit setzt langsam, gegen Niedrigwasser sich steigernd der Ebbstrom ein, der auch zeitlich verkürzt ist und etwas nachhinkt. Nördlich der Wasserscheide (Abb. 1: Meßposition 3811) im Stromgebiet des Hörnum Tiefs wirkt sich die Verdriftung so aus, daß der Flutstrom vorzeitig, etwa anderthalb Stunden vor Ortshochwasser erlischt und eine etwa einstündige Stillwasserzeit eintritt. Danach verlaufen die Richtung der von Südosten her verdriftenden Wassermassen und die Richtung des einsetzenden Ebbstromes im oberen Hörnum Tief gleichsinnig, so daß das bekannte vorzeitige Ebbstrommaximum entsteht, dem noch das zweite, das eigentliche, gegen Niedrigwasser hin verschobene Ebbstrommaximum folgt.

Gegenüber den Verhältnissen am Strand zwischen Norderhever und Süderau unterscheidet sich der Zustand am Föhrer Ley nur dadurch, daß hier noch keine bei Niedrigwasser offene und durchströmte Rinne besteht. Um Niedrigwasser fällt bei mittleren Tiden die gesamte Föhrer Schulter mit dem höchsten Teil des Föhrer Leys trocken. Dadurch entfällt hier zu dieser Zeit der starke Rückstrom, obwohl ähnlich wie am Strand zwischen den 5,15 km voneinander entfernten Pegeln Föhrer Ley Nord und Süd bei Niedrigwasser ein Wasserstandsunterschied von etwa 45 bis 50 cm bei mittlerer Tide besteht.

Auch auf dem Wattrücken zwischen den Inseln Amrum und Föhr ist eine ähnliche Verdriftung gemessen worden. Dieses Wattgebiet wird überwiegend durch das Amrum Tief, einen Seitenarm der Norderaue, be- und entwässert. Das Gebiet ist nach Norden offen und hat jenseits der topographischen Wasserscheide bei Amrum Odde, wo auch ein Wattenweg zwischen den beiden Inseln bei Niedrigwasser trockenfällt, Verbindung zum Hörnum-/Vortrapp Tief.

Nach dieser Richtung läuft eine entsprechende Verdriftung, die allerdings etwas weniger stark ausgeprägt ist (Abb. 1: Meßpositionen 3806, W 21). Bei Niedrigwasser fällt der Wattrücken trocken, so daß auch hier kein Rückstrom eintritt wie am Strand, obwohl zu dieser Zeit beiderseits des Wattrückens bei mittlerer Tide ein Wasserstandsunterschied von etwa 30 cm besteht. Sollte der Wattrücken zwischen Amrum und Föhr einmal durchgebrochen werden, wird hier eine ähnliche akute Gefahr der Abtrennung vom Föhrer Wattsockel wie am Strand zwischen Pellworm und dem Festland auftreten.

\*

Die beschriebenen Gezeitenbewegungen stehen in enger Wechselwirkung zur Morphologie des Küstenraumes und seiner Veränderungen. Insbesondere die durch objektive Messungen festgestellten Veränderungen und ihre künftige Entwicklungstendenz liefern die notwendigen Grundlagen für die zu treffenden Küstenschutzmaßnahmen.

### 3. Profile und Höhenlinienverschiebungspläne

Eine schon seit langer Zeit praktizierte, sehr einfache und schnelle und daher auch im Prinzip heute noch häufig in der Küsten- und Wattvermessung gehandhabte Methode zur Überwachung der morphologischen Veränderungen basiert auf der bekannten Einmessung von Profilen, die wiederum zu ihrer räumlichen Einordnung gewöhnlich rechtwinklig auf Standlinien bezogen sind mit vermarkten und durch GAUSS-KRÜGER-Koordinaten festgelegten Endpunkten.

Methodisch bieten Profile eigentlich nichts Neues oder Besonderes. Aber es ist erstaunlich, welche weitgehende Erkenntnisse diese im Prinzip (nicht immer in der praktischen Ausführung) einfachen Vermessungen bereits vermitteln können, insbesondere wenn sie weiter ausgewertet und in geeignete Darstellungsformen gebracht werden. Hierzu wird auf nachfolgende Beispiele und Ergebnisse hingewiesen:

#### a. Strandprofile Amrum

Am Sandstrand der Düneninseln haben die verformenden Kräfte des Meeres wegen des losen und wenig gebundenen Zusammenhanges der einzelnen Sandkörner eine besonders günstige Wirkungsmöglichkeit, und sie rufen hier deshalb auch in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen sehr augenfällige Veränderungen hervor. Das hat schon sehr früh zu genauen, durch Messungen objektiv nach Maß und Zahl gesicherten Strandbeobachtungen geführt. Auf der Insel Sylt gehen die nach heutigen Maßstäben zuverlässigen Messungen bis auf das Jahr 1870 zurück, und sie sind bis in die Gegenwart fortgeführt worden. Hierüber liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor.

Für die bedeutsamsten Strandveränderungen auf der Insel Amrum reichen die zuverlässigen Messungen bis 1920 zurück. Der größte Teil der Insel Amrum, der im Westen durch den breiten Kniepsand geschützt wird, liegt daher nicht ganz so exponiert wie die Westküste von Sylt. Der Kniepsand unterliegt zwar auch der ständigen Veränderung, jedoch ist hier die Lage bisher weniger bedrohlich gewesen. Die stärkeren, für den Bestand der Insel ungünstigen Veränderungen sind im Bereich der Nord- und Südspitze der Insel, nämlich bei Amrum Odde und am Südstrand von Wittdün aufgetreten.

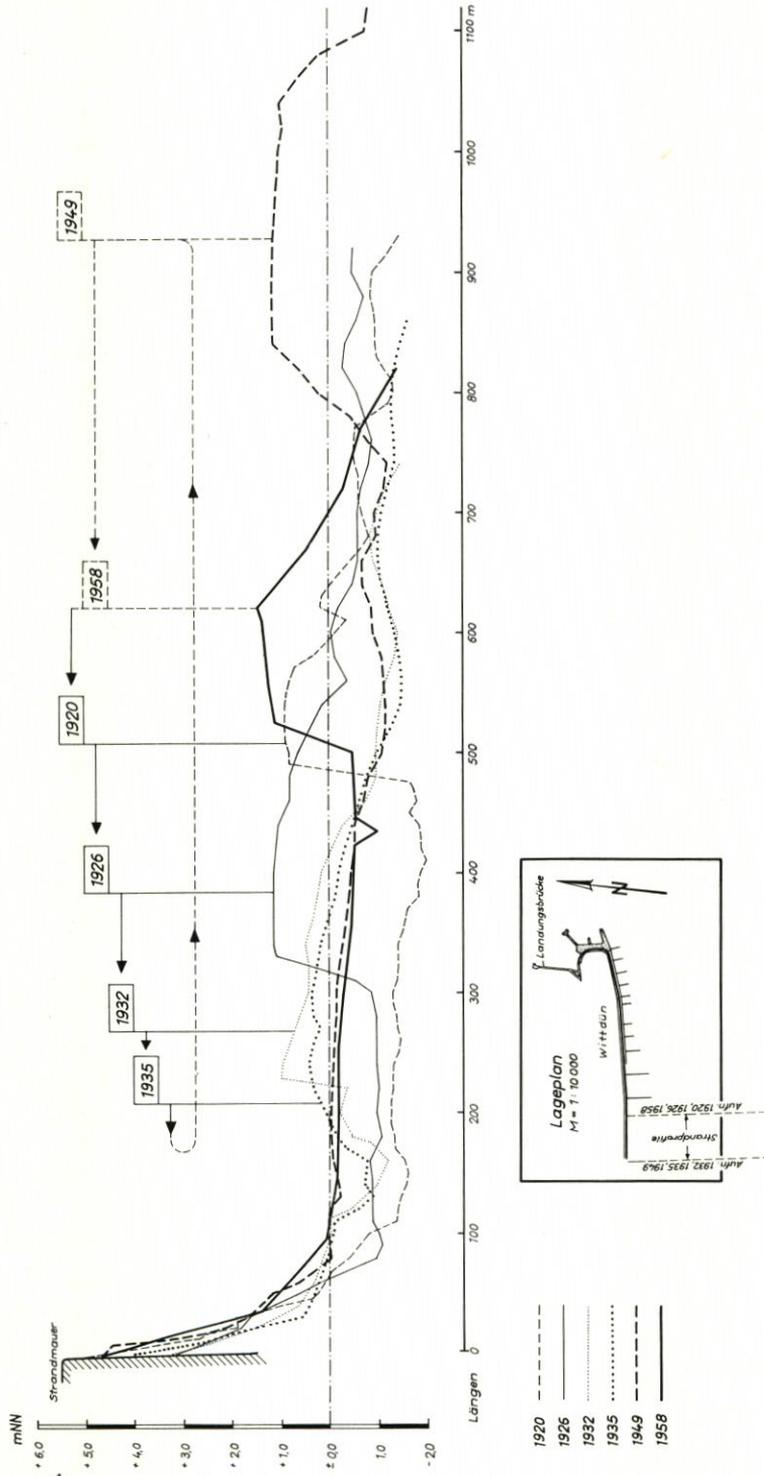


Abb. 4. Strandveränderungen des Südstrandes von Wirtsdün. Heranwandern des Nehrungshakens (s. auch Abb. 5), seine Abflachung und sein neuer Aufbau von See her

Südlich von Wittdün bildet der Kniepsand zeitweilig einen oder mehrere wandernde Nehrungshaken, die sich aber nicht direkt an die Strandmauer oder die Dünen anlegen. Vielmehr bildet sich zwischen dem Nehrungshakensystem und der Strandmauer eine Art „Haff“, eine nach Osten offene Legde, in der das Wasser mit jeder Tide ein- und ausströmt, wobei besonders an der südlichen Strandmauer eine starke Sandabnahme erfolgt. Der Küstenschutz gestaltet sich hier deshalb schwierig, weil der Nehrungshaken — wie alle derartigen Bildungen — seiner Natur nach sehr labil und in einer ständigen Sandwanderung begriffen ist, wobei er zeitweilig fast ganz verschwindet und dann wieder neu von See her aufgebaut wird.

Bereits die einfache Profildarstellung auf Abbildung 4 weist diesen Vorgang sehr deutlich nach. Hier sind in einer Auswahl Strandprofile aus dem Zeitraum von 1920 bis 1958 aufgetragen, um auch ihre Abhängigkeit von der Zeit mit zu erfassen. Denn die Betrachtung

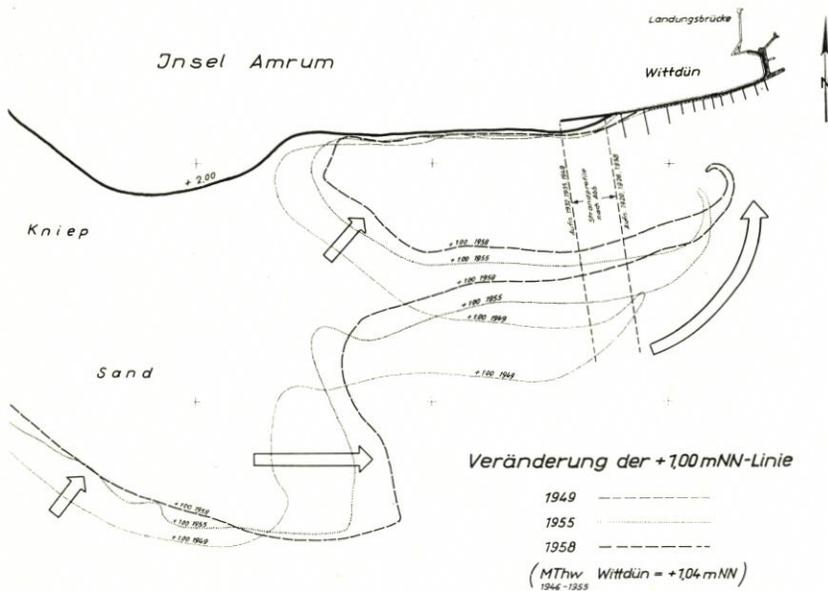


Abb. 5. Wanderung des Nehrungshakens „Der Kapitän“ vor dem Südstrand von Wittdün

morphologischer Veränderungen ist eigentlich ein vierdimensionales Problem: Der Raum muß nach Länge, Breite und Tiefe (Höhe) betrachtet und als vierte Variable die Zeit berücksichtigt werden. So kann die Profildarstellung, welche die Geländeoberfläche naturgemäß in einem vertikalen Schnitt nur zweidimensional wiedergeben kann, noch nicht hinreichend sein, um die erforderliche Betrachtung nach Raum und Zeit zu ermöglichen. Man kann diese jedoch leicht erreichen, wenn man einen zweiten, in horizontaler Ebene liegenden Schnitt führt und einen Höhenlinienverschiebungsplan (Abb. 5) aufstellt. Dieser vermittelt nun die unerläßliche, erweiterte Schau in horizontaler Ebene. Nach der Tiefe gesehen, ist der Höhenlinienverschiebungsplan etwas unvollkommen. Darum muß man erforderlichenfalls weitere Schnitte in tiefer oder höher liegenden horizontalen Ebenen führen, was für die ausführliche Untersuchung des Wittdüner Südstrandes 1959 auch erfolgt ist. Der Vorteil eines solchen, man könnte fast sagen primitiven Höhenlinienverschiebungsplanes liegt in seinem überaus übersichtlichen Darstellungsvermögen und in der Konzentration zum Wesentlichen.

Die Profile (Abb. 4) und der Höhenlinienverschiebungsplan (Abb. 5) legen die eingangs bereits beschriebene natürliche Tendenz der Strandhakenbildung eindeutig fest, und danach

können für den Küstenschutz die notwendigen Schlußfolgerungen gezogen und erforderlichenfalls bautechnische Maßnahmen in funktionell richtiger Weise ergriffen werden. Das durch die Hakenbildung und durch die Strandmauer entstehende Haff füllt sich selbst von Westen her durch Sandflug auf, wenn auch viel langsamer als die nach Osten und Nordosten fortschreitenden Hakenbildungen. In der Auffüllung des Haffs mit Sand liegt für den Wittdüner Südstrand eine sehr positive natürliche Entwicklung, die noch durch den Bau von Buschzäunen und Halm-pflanzungen wirksam unterstützt worden ist. Je kleiner das Fassungsvermögen des Haffs und damit die mit jeder Tide ein- und ausströmende Wassermenge wird, um so geringer werden auch zwischen der Südoststrecke der Strandmauer und der Nase des Nehrungshakens die Stromgeschwindigkeiten, die nach Messungen des Jahres 1958 in der Größenordnung von  $v_{\max} = 50$  bis 70 cm/s liegen und die für den schar liegenden Fuß der Strandmauer verantwortlich sind. Weiter östlich nach der Norderaue hin fällt die Strömung unter Verlangsamung fächerförmig auseinander und bildet hier am nassen Strand mehrere nach Süden (in Ebberichtung der Norderaue) abgebogene weitere Haken, so daß die Sandwanderung einem ständigen Kreislauf zu folgen scheint: vom Kniepsand mit der Ostdrift zum Südstrand von Wittdün und Aufbau der Nehrungshaken, weiter zur Norderaue hin vom Ebbstrom erfaßt und vom Land-Tief wieder zum Kniepsand verfrachtet.

Auch an der Nordspitze der Insel bei Amrum-Odde ist der Westrand stärkeren Veränderungen unterworfen. Sie sind durch eine dichte Folge von Profilen mehrfach aufgemessen worden. Daraus sind die beiden beigegebenen Höhenlinienverschiebungspläne (Abb. 6 u. 7) abgeleitet worden. Methodisch stellen sie insofern eine Erweiterung dar, als hier die horizontalen Schnitte in drei Tiefenlagen (+ 3 m NN, + 1 m NN, - 1 m NN) auf einem Plan gleichzeitig kartiert werden konnten. Mehr als die Höhenlinien dreier Jahre kann man jedoch in übersichtlicher Form auf einem Plan gewöhnlich nicht unterbringen, es sei denn die Veränderungen verlaufen sehr regelmäßig und gleichsinnig, was aber in der Natur nur selten eintritt. Im vorliegenden Falle wurden daher zwei Pläne nebeneinandergestellt, jeweils für die Jahresreihen 1949 — 54 — 56 und 1949 — 56 — 60. Da sich die Höhenlinien in den verschiedenen Zeitabschnitten teilweise nach See zu vorgeschoben haben (Anwachs), danach teilweise wieder rückläufig sind (Abtrag), ist zur Darstellung der jeweiligen Bewegungen eine Signatur mit entsprechend gerichteten Pfeilen gewählt worden. Dadurch wird dem Betrachter eine schnelle optische Erfassung der Veränderungsrichtungen ermöglicht.

Die Analyse der Strandveränderungen nach den Abbildungen 6 und 7 ist sehr aufschlußreich:

Die Strandgestaltung ist Teil eines großräumigen Wechselspiels zwischen dem (Ebbe-) Strom im Hörnum Tief und der vermutlich nördlichen Sanddrift des Kniepsandes.

Von Süden her versuchen sich die Sandmassen des Kniepsandes auf dem trockenen Strand am Dünenfuß nach Nordosten vorzuschieben, worauf die Hakenbildungen in Nordost-Richtung der + 1-m-Linie hinweisen.

Etwa auf der Höhe der Dünenverbauung von 1955 treffen die Ebbeströmungen des Hörnum Tiefs und des Amrum Tiefs, letztere noch verstärkt durch die um Amrum Odde von der Norderaue her verdriftenden Wassermengen, auf den Kniepsand und verhindern seine weitere nördliche Drift. Die Hakenbildungen in Südwest-Richtung der - 1-m-Tiefenlinie machen dies besonders deutlich. Die zahlreichen Überschneidungen von Anwachs und Abtrag auf den Abbildungen 6 und 7 veranschaulichen besonders das Wechselspiel zwischen den Strömungen und der Drift des Kniepsandes. Nimmt man noch Luftbilder zu Hilfe, so erkennt man deutlich am Verlauf der Niedrigwasserlinie eine Vorstrandeinbuchtung vor Amrum Odde sowohl im Jahre 1937 als auch im Jahre 1958. Der Unterwasserstrand bildet hier eine steile Kante. Die Nordgrenze des schützenden Kniepsandes ist etwa auf der Höhe des Dünen-

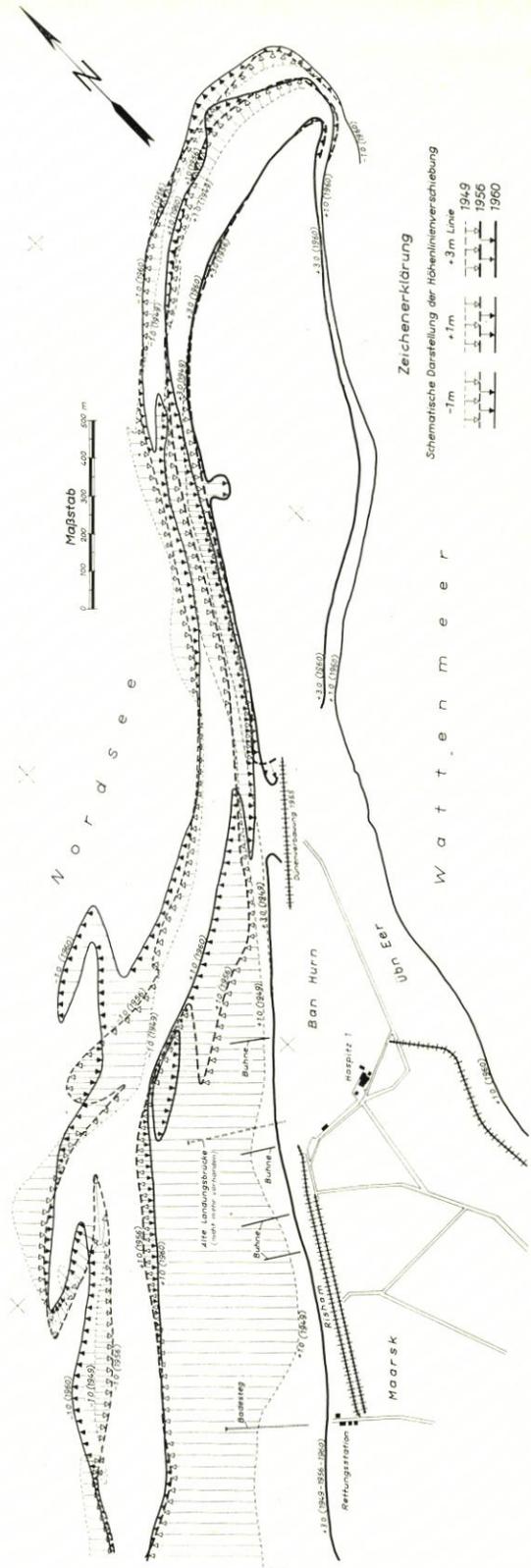
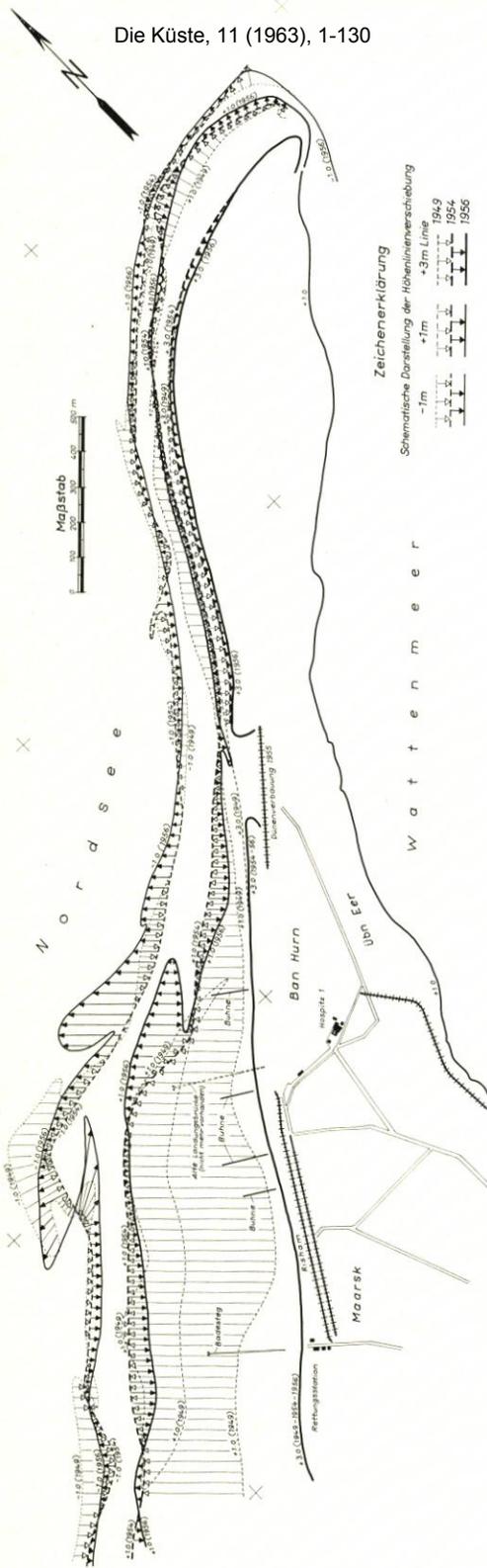


Abb. 6

Abb. 7

Abb. 6 und 7. Amrum Odde — Strandveränderungen

verbaues von 1955 liegengeblieben. Der unmittelbare Fuß des Dünenverbaues ist mit Hilfe von Buschzäunen und Halmpflanzungen noch gut eingesandet. Die anschließende Strecke bis zur Nordspitze von Amrum Odde befindet sich fast durchweg im Abtrag, und etwa auf halbem Wege ist noch ein neuer Düneneinbruch erfolgt. Die äußerste Nordspitze der Insel zeigt die Neigung, sich zu verlängern. Diese Nehrungshakenbildung dürfte jedoch sehr labil sein. Auch wirkt der Verlängerung die dicht unter der Kante verlaufende Stromrinne mit den Verdriftungsströmungen von der Norderaue über das Amrum Tief zum Hörnum Tief entgegen (siehe Abschn. 1). Im Jahre 1960 ist daher hier an einigen Stellen die Strandentwicklung bereits wieder rückläufig.

### b. Wattrückenprofile Wattrücken Festland — Hallig Nordstrandischmoor

Einso wie die Strandprofile liefern auch die methodisch noch sehr einfachen Profilmessungen auf dem Watt bereits sehr aufschlußreiche Ergebnisse und Erkenntnisse. So einfach die fertig aufgetragenen Profile dann auch aussehen mögen, darf nicht übersehen werden, daß es in der Praxis für die Meßtrupps oft recht schwierig und beschwerlich ist, auf dem Watt die genauen Meßdaten zu gewinnen.

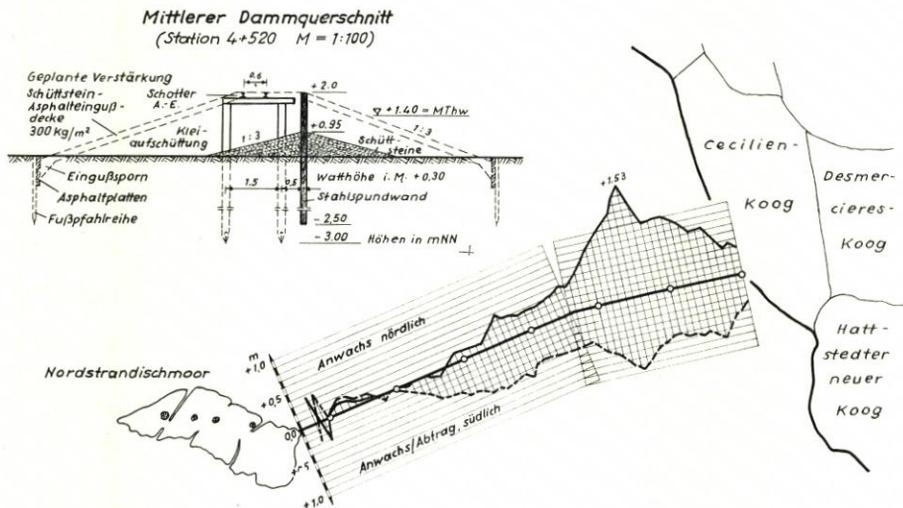


Abb. 8. Anwachs 1933 bis 1958 in 100 m Abstand beiderseits des Dammes Festland — Hallig Nordstrandischmoor

Als Beispiel einer Auswertung seien die Wattvermessungen längs des Dammes Festland — Hallig Nordstrandischmoor behandelt. Aus dem Jahre 1933, unmittelbar vor dem Bau des Dammes, der als Spundwanddamm mit beiderseitiger Steinschüttung an seinem Fuß von 1933 bis 1934 ausgeführt wurde, verfügen wir über eine genaue Erstvermessung. Im Jahre 1958 erfolgte in 100 m Abstand beiderseits des Dammes eine Zweitvermessung, die nun durch Differenzenbildung zur Erstvermessung die Watt Höhenveränderungen im Dammbereich genau festzulegen gestattet.

Die Meßergebnisse sind auf Abbildung 8 im einzelnen dargestellt. Die stabilisierende Wirkung des Dammes auf den Wattrücken zwischen dem Festland und der Hallig durch Trennung

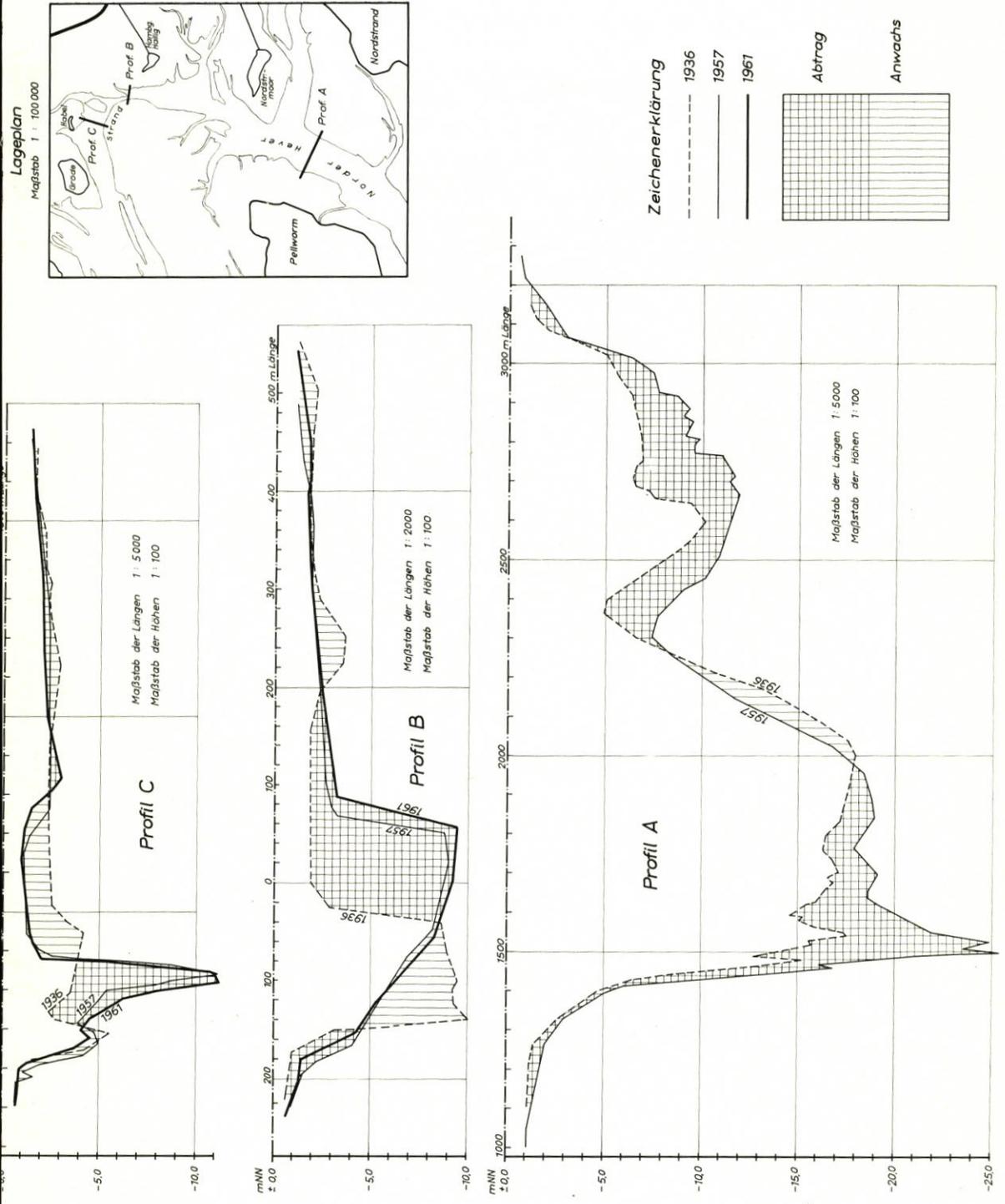


Abb. 9. Veränderungen der Stromrinnen Obere Nordsee — Strand — Obere Südraue 1936 bis 1961

der Hauptprieleysteme der Holmer Fähre und des Butterloches ist unverkennbar. Zugleich bietet der Damm den Landgewinnungswerken in dem Bereich vor dem Festland Basis und Rückhalt. Das Maß der Aufschlickung, das zwar wegen des Verfalls der Lahnungen während des zweiten Weltkrieges und in der Zeit danach teilweise rückläufig war, ist allgemein positiv und auf der südlichen Seite im Durchschnitt etwas größer als auf der nördlichen. Die Höhe des Anwachs nimmt vom Festland zur Hallig hin ab, und unmittelbar vor der Hallig befindet sich auf der Südseite sogar eine kleine Abtragsstrecke.

Die Erscheinung, daß beiderseits der Dämme im Watt der Anwachs besonders kräftig ist, während er zu den Halligen oder Inseln hin geringer wird, folgt einer allgemeingültigen Gesetzmäßigkeit, die auch südlich des Hindenburgdammes durch eine ähnliche Profilmessung nachgewiesen werden konnte (KNOP 1961). Jedoch mit weiter fortschreitender Auflandung erreicht der Anwachs auch die Inseln oder Halligen, wie es z. B. die positive Vorlandentwicklung beiderseits des Dammes zur Hamburger Hallig beweist, der als durchgehende Verbindung seit dem Jahre 1875 besteht.

### c. Stromrinnenprofile Norderhever — Strand — Süderau

Für die Überwachung der Rinnen der Wattströme und der größeren Priele erweisen sich die herkömmlichen einfachen Profile als besonders geeignet und übersichtlich, da hier nicht selten relativ steile Kanten abbrechen bzw. sich verschieben, Vertiefungen oder Auffüllungen größeren Ausmaßes in den Rinnen entstehen, während sich die allgemeine Lage der Strombetten weniger verschiebt, so daß die Darstellung der Veränderungen in Höhenlinienplänen nur eine wesentlich geringere Anschaulichkeit zu vermitteln vermag.

Zur Demonstration hierzu sind mit Abbildung 9 drei ausgewählte Stromrinnenprofile aus dem Gebiet Norderhever — Strand — Süderau wiedergegeben. Hier ist der Wattrücken zwischen dem Festland und Pellworm durchgebrochen, und als Folge der bereits im Abschnitt 1 behandelten Verdriftung von der Norderhever zur Süderau besteht die Gefahr weiterer, sehr nachteiliger morphologischer Veränderungen. Profil A auf Abbildung 9 zeigt, wie die Norderhever unterhalb des Abzweiges der Holmer Fähre ihr Querprofil zwar abgeflacht, aber dabei verbreitert hat. Am Eingang zum Strand zeigt Profil B besonders anschaulich, wie sich der Durchflußquerschnitt von 1936 bis 1961 mehr als verdoppelt hat! Die zwischengeschaltete Profillinie von 1958 weist nach, daß der ungünstige Abbruch des Ostufers der Rinne zeitlich gleichsinnig verlaufen ist. Zuzufolge Profil C ist südlich von Habel eine schmale, aber beträchtliche Vertiefung der Stromrinne von etwa —5 m NN auf —11 m NN eingetreten, die von 1935 — 1954 — 1961 ebenfalls gleichsinnig verlaufen ist.

Die besondere Anschaulichkeit derartiger Querprofile steht außer Zweifel. Um jedoch zu vermeiden, daß durch unvollkommene Auswahl solcher Profile eine subjektive oder verfälschte Tendenz entsteht, müssen derartige Profile für eine wissenschaftliche Bearbeitung verhältnismäßig dicht gelegt oder durch andere, ein flächenhaftes Gesamtbild erzeugende Darstellungen erweitert werden, wie dies z. B. für das Gebiet des Strandes durch die Differenzkarten und ihre eingehenden Auswertungen im Abschnitt 6 erfolgt ist.

#### 4. Mehrfachprofile (dichte Profilverfolgen) Norderoog-Watt

Wie bereits im vorangehenden Abschnitt erwähnt, ist es bei Profildarstellungen und vergleichenden Betrachtungen zur Behandlung der nicht vernachlässigbaren flächenhaften Zusammenhänge notwendig, eine hinreichend dichte Folge von Profilen heranzuziehen.

Im Zusammenhang mit einer Untersuchung zum Schutze der Hallig Norderoog (KNOP 1961) wurde von diesem Verfahren mit Erfolg Gebrauch gemacht. Da die Veränderungen der Halligkante in engem Zusammenhang mit den Umlagerungen des umliegenden Watts stehen, mußte dieses Gebiet mit in die Untersuchung einbezogen werden. Jedoch waren sowohl die Erstvermessung aus dem Jahre 1949 als auch die Zweitvermessung von 1960 verhältnismäßig weitmaschig und teilweise auf unterschiedlichen Stand- und Profillinien erfolgt, so daß kein hinreichend dichtes Netz von Differenzpunkten für die Aufstellung einer an sich wünschenswerten geschlossenen Differenzkarte gewonnen werden konnte (s. Abschn. 6). Um daher einerseits die für eine Differenzkartendarstellung in diesem Falle möglichen Interpolationsfehler zu vermeiden, andererseits aber doch die notwendige räumliche Betrachtung zu ermöglichen, wurde eine Darstellung in Profilverfolgen gewählt, aus der zugleich der Abstand der Profile und somit ein Maß für die Genauigkeit der Untersuchung ersichtlich wird.

Zur Übersicht sind auf Abbildung 10 das die Hallig Norderoog umgebende Wattgebiet mit Norderoogsand und Rummelloch sowie die Lage der Profile dargestellt. Das Maß des Anwachsens und Abtrages ist aus den auf Abbildung 11 vergrößert wiedergegebenen Profilverfolgen ersichtlich.

Diese Meßergebnisse zeigen, daß sich das Watt um Norderoog allgemein aufgehöhrt oder sich zumindest stabil gehalten hat. Diesem günstigen Umstand sowie dem Schutz des im Westen der Hallig liegenden, ausgedehnten Norderoogsandes, eines über +1 m NN, stellenweise auch bis +1,50 m NN ansteigenden Außensandes, wird es zu verdanken sein, daß sich die Hallig Norderoog, die zu keiner Zeit durch wesentliche bautechnische Schutzmaßnahmen gesichert war, überhaupt noch so lange — allerdings unter steten Landverlusten (s. Abschnitt 5) — halten können. Jedoch haben sich im umliegenden Watt einige Priele verlagert oder vertieft. Von besonderem Einfluß ist hierbei ein Priel, der im Süden unmittelbar hinter dem Norderoogsand vom Rummelloch abzweigt und nach Norden verläuft, um zwischen der Hallig und dem Außensand auszulaufen. Dieser Priel wird von den ostwärts driftenden Sandmassen des Norderoogsandes immer mehr in Richtung auf die Hallig hin abgedrängt, so daß die Rinne zwischen Norderoog und dem Norderoogsand zwar schmaler wird, aber gleichzeitig die Tendenz hat, sich zu vertiefen. Dabei schiebt sich die Rinne immer mehr an den Westkopf der Hallig heran und erodiert und gefährdet diesen in besonderem Maße. Das hierbei abgetragene Material wird um den Westkopf herum riffbogenartig nach Nordwesten auf das Watt vor der nördlichen Hälfte der Hallig verfrachtet (Abb. 10 und 11).

#### 5. Umrißveränderungen und Flächenbilanz Norderoog

Kleinere, hydrographisch und morphologisch in sich geschlossene Gebiete eignen sich besonders zu den außerordentlich instruktiven Untersuchungen über die Veränderungen markanter Umrißformen und zu Flächen- oder auch zu Massenbilanzen. Größere Wattgebiete, die nicht eine Art geschlossene „physiographische Einheit“ darstellen, eignen sich hingegen nicht zur Aufstellung solcher Bilanzen, weil sich das Ergebnis je nach Lage der Begrenzung des Gebietes verschiebt (vgl. hierzu Abschnitt 6 a).

Die Hallig Norderoog stellt jedoch eine hydrographisch und morphologisch geschlossene Einheit dar, so daß sich hier in sinnvoller Weise eine Flächenbilanz aufstellen läßt und diese auch in Abhängigkeit von der Zeit betrachtet werden kann.

Die Flächengröße der Hallig Norderoog läßt sich, wenn auch mit gewissen Vorbehalten hinsichtlich der Genauigkeit früherer Messungen und Kartierungen, bis etwa zum Jahre 1800 zurückverfolgen. Damals muß die Hallig etwa die fünffache Größe ihres heutigen Flächeninhalts besessen haben. Die jeweilige Größe der Hallig in verschiedenen nachfolgenden Jahren ist in der folgenden Tabelle 3 angegeben:

Tabelle 3  
Flächengröße der Hallig Norderoog

Jahr	ha	Quellenangabe
1802	45,8	(1) SCHULZ/BRUUN
1859	25,9	(1) SCHULZ/BRUUN
1873	22,72.55	(2) MÜLLER, Kataster
1903	(17)	(2) MÜLLER/ROHWEDER (geschätzt)
1909	(21)	(1) SCHULZ/DIETRICH (geschätzt)
1912	22,18.75	(3) MÜLLER, Atlas, Tafel 12, Planimetrierung Meßtischbl. 1:25 000 der Kgl. Preuß. Landesaufn. 1912
1927	14,32.50	(4) Planimetrierung Top. Grundkarte d. Deutschen Reiches 1:5000, Aufn. 1927 (DINGELDEIN), herausg. 1928
1927	(17)	(1) SCHULZ/MBA HUSUM (etwa)
1947	(11)	(1) SCHULZ/FORSCHUNGSSTELLE WESTKÜSTE (etwa)
1960	9,15.20	(5) Planimetrierung Vorarbeitenstelle Nordfriesland, Neuvermessung 1960, Sondermaßstab 1:5000

Literaturschlüssel:

1. SCHULZ, H.: Norderoog, Geschichte, Schicksal und Verwaltung. — In „50 Jahre Seevogelschutz“, herausg. W. Meise, Verein Jordsand, Hamburg 1957.
2. MÜLLER, F.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste, Erster Teil: Die Halligen, Bd. 2, Reimer, Berlin 1917.
3. MÜLLER, F.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste, Erster Teil: Die Halligen, ATLAS (Kartenmappe), Reimer, Berlin 1917.
4. Topogr. Grundkarte des Deutschen Reiches 1:5000.
5. Marschenbauamt Husum — Vorarbeitenstelle Nordfriesland, Bericht Nr. 19/61: Untersuchungen zum Schutz der Hallig Norderoog, vom 14. 2. 1961.

Aus diesen Zahlen ist die auf Abbildung 12 dargestellte Abhängigkeit der Flächengröße aus der Zeit von 1800 bis 1960 aufgestellt worden. Dieses Diagramm macht in sehr drastischer Weise deutlich, daß die Hallig, die nicht durch wesentliche Schutzbauten zu irgendeiner Zeit gesichert worden ist, einen steten Landverlust aufzuweisen hat. Dabei ist es unwesentlich, daß die tatsächliche Landabnahme in der Natur nicht so stetig erfolgt ist, wie es die Kurve im Diagramm auf Abbildung 12 zeigt, sondern daß das Meer je nach Wasser und Wetter in einem Jahre mehr, im anderen weniger genommen hat. Jedoch ist mit einiger Sicherheit aus dem Diagramm zu erkennen, daß die Hallig Norderoog untergehen wird, wenn nicht besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

Aus den letzten drei Jahrzehnten liegen genauere Vermessungsunterlagen vor, so daß die Veränderungen des Zeitraumes 1927 bis 1960 auch genauer erfaßt werden können. Zwei als

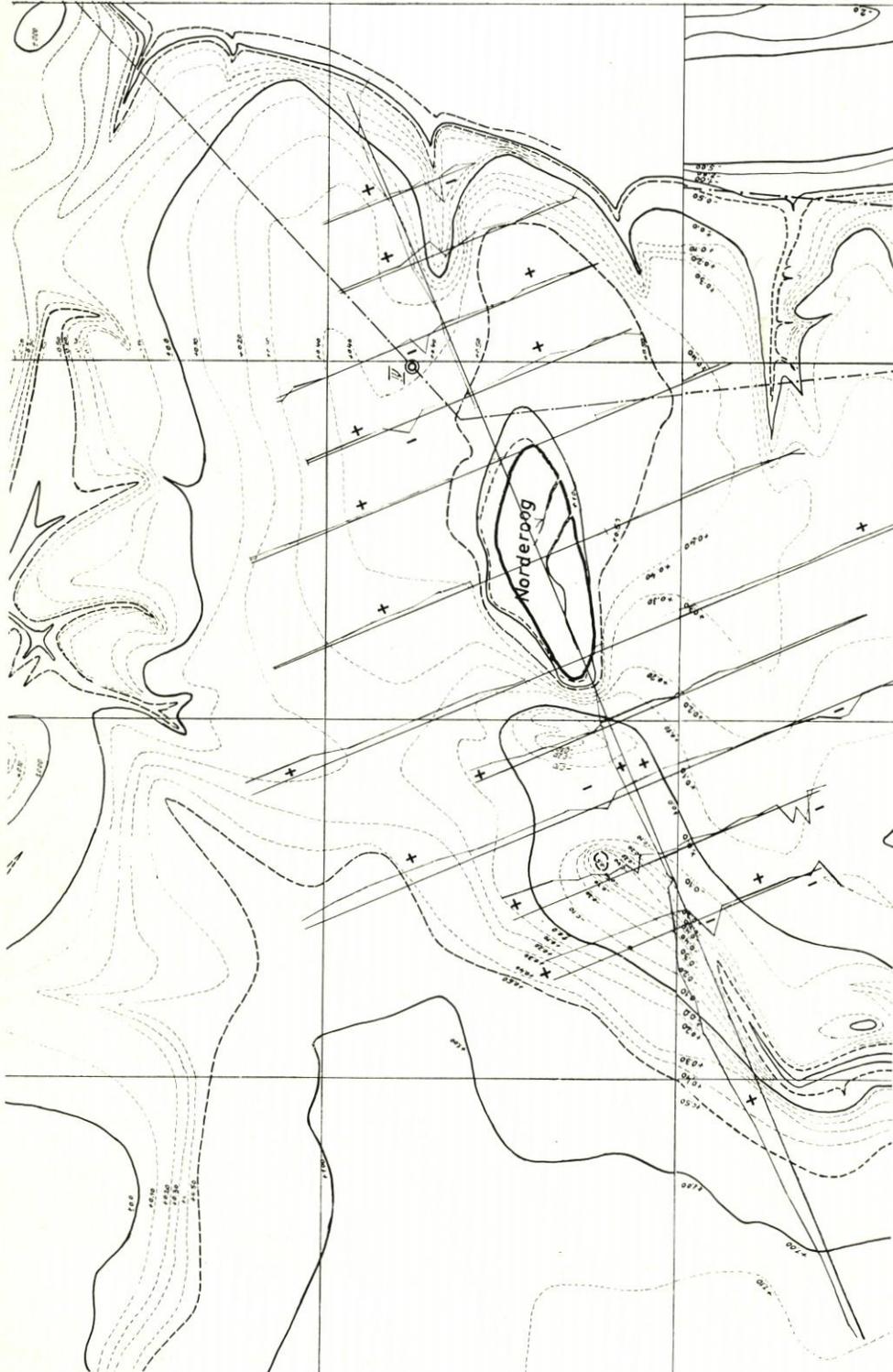


Abb. 11. Norderoog-Watt. Höhenänderungen (Differenzen) 1947 bis 1960 in Mehrfachprofilen aufgetragen

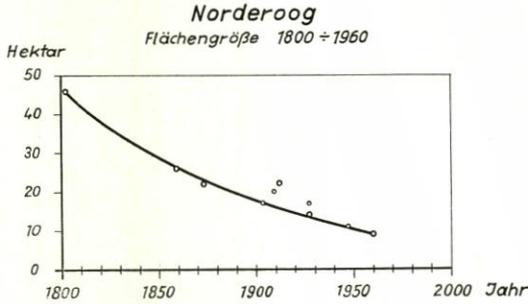


Abb. 12. Veränderung der Flächengröße von Norderoog in Abhängigkeit von der Zeit

Der besonders exponierte Westkopf der Hallig ist am stärksten, in Längsrichtung gemessen um 100 m, zurückgewichen, während die Kante sonst auf der Nordwestseite i. M. 50 m, auf der Südseite i. M. 40 m zurückging (s. Abb. 13).

sehr zuverlässig anzusehende Halligumrisse längs der grünen Kante sind auf Abbildung 13 lagegetreu ineinandergezeichnet worden. Norderoog hatte nach planimetrischer Ermittlung auf den Grundkarten im Maßstab 1:5000 im Jahre 1927 eine Größe von 14 ha 32 ar 50 m<sup>2</sup> und im Jahre 1960 eine Größe von 9 ha 15 ar 20 m<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich für die letzten 33 Jahre ein Landverlust von 5 ha 17 ar 30 m<sup>2</sup>. Dieser Verlust betrifft bis auf ein kurzes, 200 m langes Stück an der Nordostseite fast die ganze Halligkante auf einer heutigen Umrißlänge von 1230 m.

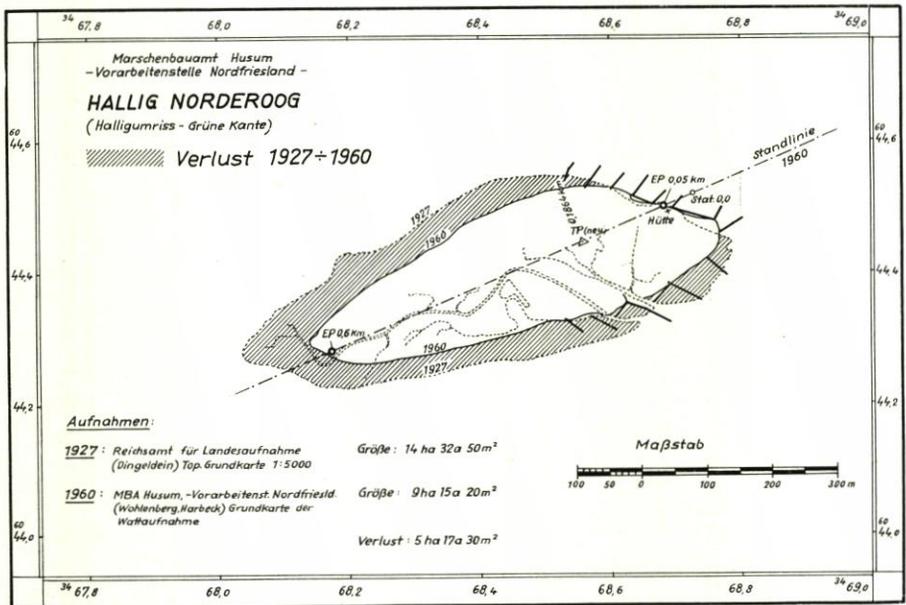


Abb. 13. Veränderungen der grünen Kante von Norderoog

## 6. Differenzkarten

### a. Dem Betrage nach für Anwachs/Abtrag abgestufte Differenzendarstellung Wattgebiet Festland — Pellworm

Die vergleichende Wattvermessung in größeren Zeitabständen bietet eine zwar nachträgliche, aber doch sehr genaue Möglichkeit, die tatsächlich eingetretenen Wathöhenänderungen und damit schlechthin die morphologischen Veränderungen festzustellen. So lassen sich Ge-

fährungen für den Bestand des Wattgebietes objektiv nach Maß und Zahl ermitteln, Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit bautechnischer Eingriffe prüfen und Hinweise für deren Durchführung geben<sup>1)</sup>.

Die in diesem Abschnitt behandelten Methoden zur Feststellung der Wathöhenänderungen und ihre Auswertungen seien nachfolgend am Beispiel des Wattgebietes zwischen dem Festland und Pellworm behandelt, wie es auf den beiden beigegebenen Differenzkarten Abbildung 14<sup>2)</sup> und 15 abgegrenzt wird.

Diese räumliche Begrenzung des Gebietes führt zu einer vorwiegend qualitativen Untersuchungsweise, wie z. B.: Erfassung von Vertiefungen der Stromrinnen, von Kantenabbrüchen, von Prielneubildungen und -verlagerungen sowie flächenhaft differenzierte Darstellung von Anwachs- und Abtragsgebieten.

Für eine vorwiegend quantitative Untersuchungsabsicht hat HUNDT (1958) in Büsum für die Dithmarscher Watten ein spezielles Ermittlungsverfahren entwickelt, bei dem das Untersuchungsgebiet in Rasterflächen  $125 \times 125$  m mit horizontaler mittlerer Höhe aufgeteilt wird. Aus der Summierung der Differenzen der mittleren Höhen zweier Vermessungen für jedes Rasterquadrat läßt sich dann leicht mechanisch rechnerisch eine Massenbilanz für ein bestimmtes Gebiet aufstellen.

Auch das für das Wattgebiet Festland — Pellworm gewählte Differenzenverfahren, bei dem beide Vermessungen nach Art und Genauigkeit in der gleichen Weise durchgeführt worden sind, gestattet an sich eine quantitative Auswertung in Form einer Massenbilanz. Jedoch wäre das Ergebnis so lange ohne sinnvollen Aussagewert, als eine solche Massenbilanz sich nicht auf ein — wenigstens in etwa — abgeschlossenes Gebiet, auf eine Art „physiographische Einheit“ bezieht. Denn sonst kann man durch geeignete Wahl der Abgrenzung des Untersuchungsgebietes jedes beliebige Ergebnis erzielen, indem man durch die Begrenzung einige Anwachsflächen (oder Abtragsflächen) ausklammert oder hinzunimmt und dadurch die Massenbilanz entsprechend verschiebt. Für die Aufstellung einer sinnvollen Massenbilanz für die Wattflächen zwischen dem Festland und der Insel Pellworm müßte das gesamte Stromgebiet der Norderhever und der Süderau herangezogen werden, mindestens aber das Gebiet zwischen dem Festland und der Linie Langeneß—Hooge—Pellworm—Südfall—Nordstrand. Die Einbeziehung einer so großen Fläche würde aber bei weitem die praktischen Möglichkeiten der Vorarbeitenstelle Nordfriesland des Marschenbauamtes Husum überschritten haben.

Das hier gewählte Ermittlungs- und Darstellungsverfahren geht daher von einer weitgehend qualitativen Untersuchungsabsicht aus, die sich in Verbindung mit den in Abschnitt 1 mitgeteilten hydrographischen Zusammenhängen als besonders zweckmäßig und aussagefähig erweist.

Die für das Wattgebiet zwischen Pellworm und dem Festland vorgenommene Ermittlung der Wathöhenänderungen und ihre Darstellung in einer Differenzkarte gehen von den zur Deckung gebrachten Zahlenrissen zweier Wattvermessungen aus. Nach Möglichkeit werden bei jeder Vermessung die gleichen Standlinien und Profile benutzt, so daß zur Bestimmung der Höhendifferenz nur wenig interpoliert werden muß, wodurch auch die Genauigkeit erhöht und der Arbeitsaufwand verringert werden. Können die Profile zweier Vermessungen nicht zur Deckung gebracht werden, so muß auf einem Zahlenriß besonders interpoliert werden. Die so ermittelten Höhendifferenzen werden dann lagegetreu in den Höhenlinienplan der Erstvermessung übertragen und zu Linien gleicher Höhenänderung zusammengefaßt, so daß das „alte“ Gelände mit einer Art Differenzengebirge überlagert wird. Die Bestimmung des Differenzengebirges wird deshalb in einem die ursprüngliche, natürliche Geländeform darstellenden Höhenlinienplan vor-

<sup>1)</sup> Bei der großen Ausdehnung des nordfriesischen Wattgebietes und bei den gelände- und zeitenbedingten Schwierigkeiten der Wattvermessung erlaubte seither die personell und sachlich begrenzte Kapazität der Vorarbeitenstelle Nordfriesland des Marschenbauamtes Husum keine geschlossene Wiederholungsvermessung des Gesamtgebietes. Die Aufstellung der Differenzkarten muß sich daher zunächst auf bestimmte, ausgewählte Teilgebiete beschränken, in denen bedeutende Veränderungen zu erwarten sind.

<sup>2)</sup> Abb. 14: Karte der Wathöhenänderungen 1:25 000 = Faltplan in der Tasche am Schluß des Heftes.

genommen, damit willkürliche Interpolationsfehler beim Zeichnen der Linien gleicher Differenzen vermieden werden, denn die Differenzlinien haben nur Sinn, wenn sie in Zusammenhang mit dem betreffenden Gelände erarbeitet werden, da z. B. bei einem längeren Kantenabbruch oder bei der Auffüllung einer Rinne die Differenzlinien ähnlich verlaufen müssen wie die Höhenlinien der Kanten oder der Rinnen selbst.

Zur Auftragung des Differenzgebirges in den Höhenlinienplan wird bewußt der Plan der Erstvermessung gewählt. Einmal entspricht dies einer logischen zeitlichen Reihenfolge. Dem alten Gelände werden die gemessenen Differenzen überlagert, woraus sich die Form des neuen Geländes ergibt, dessen Höhenlinienplan man dann auch noch überlagern kann, sofern er auf transparenter Folie dargestellt ist. Insbesondere aber würde man zu Fehlschlüssen gelangen, wenn man das Differenzgebirge im Zusammenhang mit dem neuen Gelände (Zweitvermessung) auftragen würde. Wenn sich zum Beispiel auf einer ehemaligen Plate ein Priel völlig neu eingräbt, würde man bei der Darstellung der Differenzlinien auf dem Höhenlinienplan des neuen Geländes (Zweitvermessung) zu dem Fehlschluß kommen, daß sich ein „vorhandener“ Priel vertieft hat. Nur bei der Darstellung der Differenzen auf dem Höhenlinienplan der Erstvermessung kommt man zu dem richtigen Ergebnis, daß sich auf einer Plate, dargestellt durch die Höhenlinien des alten Geländes, ein bisher nicht vorhandener Priel ganz neu gebildet hat, dargestellt durch die negativen Differenzen auf dem Höhenplan des alten Geländes.

Die zeichnerische Darstellung der Wathöhenänderungen in übersichtlicher Form ist nicht ganz einfach. Man könnte zunächst auf den Gedanken kommen, das Differenzensystem für sich allein darstellen zu wollen. Dies ist jedoch deshalb nicht zweckmäßig, weil man z. B. Kantenabbrüche von Prielneu- oder -umbildungen nur schwer unterscheiden könnte. Die Auswertung der Höhenänderungen hat daher nur Sinn, wenn sie in Zusammenhang mit der jeweiligen Geländeform steht.

Nach verschiedenen Versuchen ist daher zur Darstellung der Wathöhenänderungen eine durchsichtige, abgestufte rasterartige Signatur entwickelt worden, die der Geländedarstellung der Erstvermessung überlagert wird. Die gewählte Signatur ist auf der Zeichenerklärung zur Karte der Wathöhenänderungen (Abb. 14)<sup>3)</sup> dargestellt. Zweckmäßigerweise werden für Anwuchs und Abtrag zwei verschiedene Farben gewählt (z. B. Anwachs grün, Abtrag rot).

Die Einteilung des Rasters ist in ungleichen Höhenstufen erfolgt, weil sich bei der Bearbeitung gezeigt hat, daß flächenhaft verbreitete Anwachs- oder Abtragsgebiete gewöhnlich nur Höhenänderungen bis  $\pm 1,0$  m aufweisen, so daß für diesen Bereich eine Unterteilung in 0,2 — 0,6 — 1,0 m erforderlich wird, während sich die größeren Höhenänderungen von 1,0 m bis über 10,0 m allgemein auf die steilen Kanten und Rinnen der Priele und Wattströme beschränken, so daß hier, auch wegen der Größe der Beträge, eine größere Stufenteilung von 1 — 2 — 5 — 10 m hinreichend erscheint. Zwischen den Anwachs- und Abtragsflächen liegt eine Null-Linie. Veränderungen beiderseits dieser Linie bis zum Betrage von  $\pm 0,2$  m bleiben ungerastert. In diesen Zonen geringer Veränderungen liegen auch die auszuklammernden kurzfristigen, zufälligen Höhenänderungen, wie sie z. B. von Strandwällen bekannt sind, die innerhalb einer oder weniger Tiden auf- und abgebaut werden können.

Nach der vorgeschriebenen Methode ist die hier behandelte Differenzkarte (Abb. 14)<sup>4)</sup> des Wattgebietes zwischen dem Festland und Pellworm angefertigt worden. Dieser Untersuchung liegen die Vermessungen der Jahre 1935/37 und 1955/57 zugrunde. Die Höhenänderungen beziehen sich also auf einen rund zwanzigjährigen Zeitraum. Die beigegebene Differenzkarte ist zunächst im Arbeitsmaßstab 1 : 10 000 aufgestellt worden, wobei die Geländedarstellung 1935/37 schwarz, das Raster für Anwachs grün und das für Abtrag rot gezeichnet worden sind. Das Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein hat danach eine fotomechanische Verkleinerung auf den Maßstab 1 : 25 000 und den dreifarbigem Zusammendruck besorgt.

Durch ein eingehendes Studium dieser Differenzkarte läßt sich nun unter Einbeziehung der Gezeitenbewegungen eine Fülle bedeutsamer Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Hydrographie und Morphologie finden:

<sup>3)</sup> Faltplan in der Tasche am Schluß des Heftes.

<sup>4)</sup> Faltplan in der Tasche am Schluß des Heftes.

### Norderhever

Im Oberlauf dieses Wattstromes treten auffallend hohe Beträge von Anwachs und Abtrag in der Größenordnung von  $\pm 1$  bis  $\pm 5$  m (in Einzelfällen bis  $\pm 10$  m) dicht nebeneinander auf. Es handelt sich dabei vor allem um starke Abbrüche an den Kanten des Strombettes, besonders im Tiefenbereich von  $-1$  m NN bis  $-5$  m NN. Unmittelbar daneben erfolgt eine Auffüllung der tiefsten Teile der Rinnen. Auch Unterwasserbänke zwischen zwei oder mehreren Rinnen werden mit diesen nivelliert.

Dies bedeutet, daß die Norderhever ihr Profil in ihrem Oberlauf energisch verbreitert, teilweise unter Abflachung tieferer Rinnen, an anderen Stellen teilweise unter Vertiefung des Strombettes. Dieser Vorgang ist die Folge der in dem vorangegangenen Abschnitt 1 behandelten kräftigen Gezeitenbewegungen in der oberen Norderhever.

### Süderaeue

Ganz im Gegensatz zur Norderhever treten an den Rändern des Bettes der oberen Süderaeue Anlandungen auf, die zum Teil mit dem Anwachs auf der nördlichen Hälfte der Pellwormer Plate in Verbindung stehen. Aber das eigentliche Strombett der oberen Süderaeue wird in großer Breite bis zur Hallig Habel erodiert. Dieses Ergebnis mag zunächst überraschen, wenn man sich daran erinnert, daß die gemessenen Stromgeschwindigkeiten in der oberen Süderaeue wesentlich geringer sind als in der oberen Norderhever. Die Spitzengeschwindigkeiten zwischen Nipp- und Springtide betragen zum Beispiel:

Pos. 3602 (Strand Süderaeue)	rund 55 bis 70 cm/s
Pos. 3605 (Ochsensand Norderhever)	rund 90 bis 115 cm/s

Aber es kommt offenbar wesentlich mehr auf die Form der Geschwindigkeitskurve an, d. h. auf die Zeitdauer der einzelnen Geschwindigkeitsstufen und ihr Verhältnis bei Flut- und Ebbstrom. Die weit ausgreifende, flächenhafte Erosion in der oberen Süderaeue überrascht nicht mehr, wenn man die Geschiebefrachtzahlen multipliziert mit der wirksamen Stromdauer von der Position 3602 (Strand Süderaeue) für Ebbe und Flut einander gegenüberstellt, wobei sich ein Verhältnis Ebbe:Flut = 2:1 ergibt (KNOP 1961).

### Der Strand

Es kann nicht verwundern, daß hier an dem Engpaß, durch den Norderhever und Süderaeue ständig miteinander verbunden sind, um bei Hochwasser verdriftende Wassermassen zur Süderaeue zu führen und um bei Niedrigwasser das umgekehrte starke Gefälle durch einen kräftigen Rückstrom zur Norderhever auszugleichen, eine kräftige Ausräumung stattfindet. Die Verbindungsrinne am Strand hat sich sowohl beträchtlich vertieft als auch verbreitert, besonders an der Innenkante der Krümmung zur Pellwormer Plate hin, wo das Wasser offenbar den kürzesten Weg zwischen Norderhever und Süderaeue sucht.

Am Strand wird infolge der Verbindung der beiden großen Wattströme der Wattssockel von Pellworm mit jeder Tide fortschreitend vom Festland „abgesägt“. Dieser sehr ungünstigen natürlichen Entwicklung kann nur noch durch eine durchgreifende bautechnische Maßnahme zur Trennung der Stromgebiete, d. h. durch den Bau eines Dammes Festland — Pellworm, begegnet werden.

### Rummelloch

Eine weitere Gefährdung des Pellwormer Wattsockels, die sich ähnlich entwickeln kann wie die am Strand, besteht unmittelbar nördlich der Insel im Gebiet des Rummellochs. Der Wattstrom Rummelloch-West tritt von See her zwischen Norder- und Süderoogsand, weiter zwischen Hooge und Pellworm in das Wattgebiet ein und hat über eine topographische Wasserscheide nordwestlich vom Pellwormer Bupheverkoog hinweg Verbindung mit dem Rummelloch-Ost, einem Nebenarm der Norderhever. Infolge des größeren Tidehubs in der Norderhever tritt über Hochwasser eine Verdriftung zum Rummelloch-West und um Niedrigwasser ein Rückstrom zum Rummelloch-Ost ein. Der Rückstrom wird im Gegensatz zu den Verhältnissen am Strand zur Niedrigwasserzeit durch die trocken fallende topographische Wasserscheide unterbrochen, so daß hier die Lage noch nicht so kritisch wie am Strand ist. Immerhin hat sich aber das Rummelloch, wie die Untersuchung der Watthöhenänderungen ausweist, über die Wasserscheide des östlichen und westlichen Armes hinweg durchgehend vertieft, und es muß damit gerechnet werden, daß es einem Zustand wie am Strand, d. h. einer sich vertiefenden und verbreiternden Rinne, die auch bei Niedrigwasser ständig von Wasser durchströmt wird, zustrebt. Dieser ungünstigen Entwicklung kann gleichfalls mit einem Dammbau Festland — Pellworm begegnet werden.

### Rocheley Sand

Die morphologisch sehr nachteiligen Wirkungen der Verdriftungen mit ihrer Neigung zu Durchbrüchen zeigen sich auch im Gebiet des Rocheley Sandes nördlich der Halligen Habel und Gröde. Das östliche Wattgebiet dieses Rückens wird bei Flut vom Bongsieler Loch her mit Wassermassen der Norderhever und der Süderau überstaut. Mit fallendem Wasser verdriften aber die Wassermengen nach Südwesten und fließen teilweise durch eine flache Mulde zwischen Habel und Gröde sowie durch den Schlütt zwischen Gröde und Oland zur Süderau hin ab.

Dieses hat größere, flächenhaft verbreitete Abträge bis zu einem Meter in den Gebieten nördlich und westlich von Habel und Gröde zur Folge. Zugleich wird das erodierende Ebbstromübergewicht im Schlütt und im Oberlauf der Süderau selbst durch die zusätzlichen Ebbstromwassermengen gefördert.

Auch dieser unvorteilhaften Entwicklung kann gleichzeitig bei einem Dammbau Festland-Pellworm entgegengetreten werden, sofern die Linienführung über Habel zum neuen Seedeich vor Fahretoft — Bongsiel gewählt wird, was auch aus verschiedenen anderen, in diesem Zusammenhang nicht zu behandelnden weiteren Gründen als die günstigste Lösung angesehen wird.

### Watrücken Pellwormer Plate

Bereits bei oberflächlicher Betrachtung der Watthöhenänderungen tritt der beängstigende Griff der Norderhever in den Watrücken nordöstlich von Pellworm deutlich hervor. Nahezu sämtliche Priele, die von der Norderhever und dem Rummelloch-Ost her wie gierige Finger in das Watt hineingreifen, haben sich verbreitert, vertieft und verlängert. Daneben haben sich an verschiedenen Stellen, an denen vor zwanzig Jahren noch ein durchgehender Watrücken verlief, einige Priele mit einem beträchtlichen Erosionseinzugsgebiet völlig neu gebildet. Ein neuer Durchbruch von der Norderhever zur Süderau im Gebiet des früheren Beens Ley (etwa in der Linie Nordstrandischmoor — Gröde) zeichnet sich zwar noch nicht mit Sicherheit

ab, doch haben sich hier bereits zwei große Abtragsgebiete von der Norderhever und der Süderau her fast bis zur Berührung genähert.

Generell betrachtet liegt der heverseitige Hang der Pellwormer Plate im Abtrag, während jenseits der topographischen Wasserscheide nach der Süderau hin größere Anwachsflächen zu finden sind, die sich auch über den Strand hinaus bis in das Gebiet südlich von Habel erstrecken. Dies erklärt sich aus dem Verlauf der Gezeitenbewegung. Beim Zusammentreffen der Flutströme von Norderhever und Süderau entsteht über dem Wattrücken ein Stauwassergebiet, das infolge des Übergewichts der Norderhever nach der Süderau hin gedrängt wird, so daß hier der Anwachs durch die im Staugebiet ausfallenden Sinkstoffe gefördert wird. Dabei erfolgt auch eine Verdrängung der Wassermassen in nordöstliche Richtung, so daß sich der süderau-seitige Anwachs bis zum Bongsieler Loch hinzieht.

Auch der landwärtige Teil des Rocheley Sandes, der einer ähnlichen Verdriftung vom Bongsieler Außenpriel zum Schlütt hin unterliegt, zeigt auf der Nordwestseite des Rückens ein mit dem Festland zusammenhängendes Anwachsgebiet.

### Vor dem Festland

Vor der Festlandsdeichlinie zwischen Dagebüll und der Hamburger Hallig liegt ein fast durchgehender Anwachsstreifen — insbesondere in den Landgewinnungswerken — von einigen Dezimetern Höhe. Dieser Anwachs ist jedoch kein eigentlicher Substanzgewinn, da er (zumindest teilweise) erst durch Abtrag anderer Wattgebiete entstanden ist.

\*

Die vorstehende Auswertung der sehr differenzierten Karte der Watthöhenänderungen (Abb. 14) gestattet also, eine Vielzahl wesentlicher Erkenntnisse und Schlußfolgerungen in allen Einzelheiten nachzuweisen. Allerdings ist die angewandte Methode hinsichtlich der Aufbereitung der Meßwerte wie auch hinsichtlich ihrer Darstellung und Vervielfältigung, die in dreifarbigter Form praktisch nur durch einen Druck möglich ist, verhältnismäßig aufwendig. Jedoch ist in einem solchen, wie dem hier vorliegenden Falle des Wattgebietes Festland — Pellworm, das — wie gezeigt — durch zahlreiche ungünstige Umlagerungen bedroht wird, ein derartiger Aufwand immer erforderlich und unter Berücksichtigung der daraus gewonnenen Erkenntnisse mehr als gerechtfertigt und lohnend.

### b. Differenzkarten mit schematischer Darstellung von Anwachs/Abtrag Wattrücken Festland — Föhr — Amrum Odde

Eine vereinfachte Methode zur Darstellung der Watthöhenänderungen bieten die nicht abgestuften, Anwachs und Abtrag lediglich mit getrennten Schwarz-Weiß-Signaturen pauschal darstellenden Differenzkarten. Der Darstellungsaufwand ist hier wesentlich geringer. Naturgemäß geht aber dabei manche Einzelheit verloren. Andererseits wird eine Steigerung der Übersichtlichkeit erreicht. Die besondere Aufgabe besteht dann darin, für die jeweilige Untersuchungsabsicht die am besten geeignete Methode zu wählen.

Für das bereits untersuchte Wattgebiet Festland — Pellworm ist mit Abbildung 15 zum Vergleich mit der abgestuften Differenzkarte noch eine Differenzdarstellung in sche-

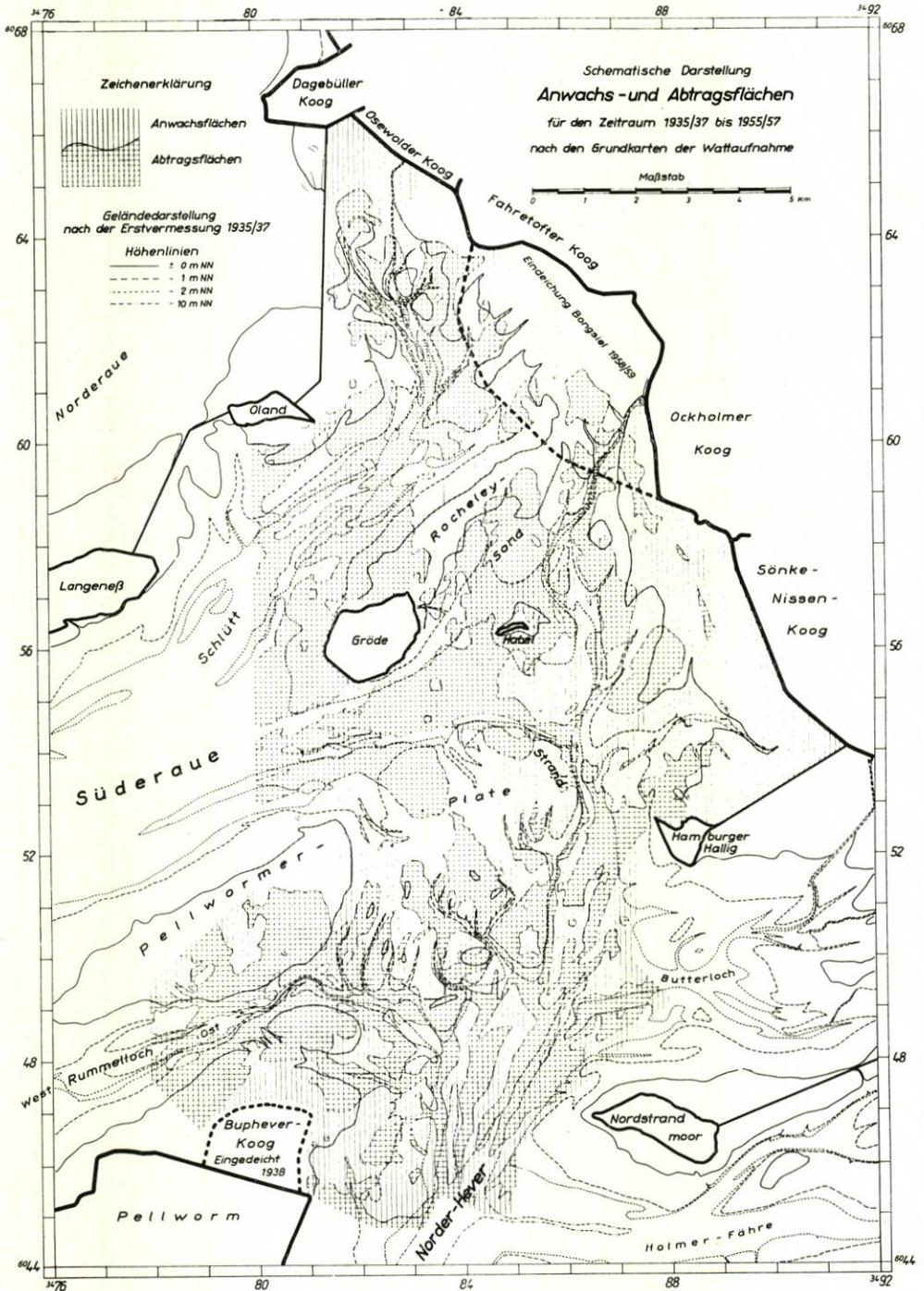


Abb. 15. Veränderungen des Wattgebietes Festland — Pellworm

matischer Form beigegeben. Eine solche Karte hat in diesem Falle weniger den Zweck, Einzelunterlagen darzustellen und damit genaue Nachweise zu führen, als vielmehr die aus der abgestuften Differenzkarte (Abb. 14) bereits gewonnenen Erkenntnisse einem Nachlesenden zu erläutern und übersichtlich zu machen.

Auch für die Wattrücken Festland — Föhr — Amrum Odde sind zwei Differenzkarten in dieser Art (Abb. 16 und 17) durch die Vorarbeitenstelle Nordfriesland des Marschenbauamtes Husum aufgestellt worden. Diese Untersuchungen basieren auf Arbeitsunterlagen im Maßstab 1 : 10 000 (Grundkarten der Wattaufnahme). Die Erstvermessungen erfolgten in den Jahren 1947/49, die Zweitvermessungen für das Wattgebiet Festland — Föhr im Jahre 1959, für den Wattrücken Föhr — Amrum Odde im Jahre 1960. Auf die Wiedergabe von großmaßstäblichen, abgestuften Differenzkarten kann für diese Gebiete verzichtet werden; denn die Wathöhenänderungen schwanken hier in geringeren Grenzen, und die Gebiete sind nicht so stark durch tiefe Stromrinnen und Hauptpriele zergliedert wie im Watt Festland — Pellworm. Dessen ungeachtet gestatten aber auch die beiden hier beigegebenen Differenzkarten (Abb. 16 und 17) mit lediglich schematischer Darstellung von Anwachs und Abtrag eine große Zahl recht bedeutsamer Erkenntnisse über die Entwicklung der Wattgebiete.

Dabei bleibt ständig zu beachten, daß Hydrographie und Morphologie der Wattstromgebiete, hier der Norderaue und des Hörnum Tiefs, in enger gegenseitiger Abhängigkeit stehen (Abschnitt 1). Die Norderaue weist einen größeren Tidehub auf als das Hörnum Tief, so daß allgemein ein „Quergefälle“ über Hochwasser nach dem nördlichen System entsteht, über Niedrigwasser in umgekehrter Richtung, was jedoch wegen der dann trockenfallenden Wattrücken zunächst nur wenig wirksam wird. Im Mittellauf der Wattströme herrschen unter mittleren Verhältnissen mehrere Stunden anhaltende hohe Stromgeschwindigkeiten (Größenordnung etwa 100 bis 140 cm/s, Hörnum Tief 180 cm/s). Dabei sind Flut- und Ebbstrom etwa gleich stark und die Stromrinnen sehr tief, so daß gefolgert werden muß, daß Material sowohl in Richtung Unterlauf als auch in Richtung Oberlauf erodiert und verfrachtet wird. Nach dem Oberlauf und den Hauptpriele hin überwiegt der landwärts gerichtete Strom, soweit diese Erscheinung nicht überlagert wird durch die aus dem genannten „Quergefälle“ resultierenden Verdriftungen von der Norderaue und dem Amrum Tief zum Hörnum Tief über die jeweiligen Wattrücken mit entsprechenden morphologischen Umlagerungen.

#### Wattrücken Festland — Föhr

Beim Vergleich der Anwachs- und Abtragsflächen dieses Gebietes, wie sie auf Abbildung 16 wiedergegeben sind, fällt zunächst auf, daß auf der südöstlichen Hälfte des Wattrückens, also im Bereich des Stromsystems der Norderaue, d. h. im Bereich des stärkeren Stromsystems mit dem größeren Tidehub, von dem die Verdriftungen ausgehen, die Abtragsflächen in größerer Häufigkeit auftreten als jenseits der topographischen Wasserscheide zum Hörnum Tief hin. Die allgemeine Erscheinung der durch die Verdriftung bedingten Verschiebung der Sinkstoffablagerungen, die sonst im Stillwassergebiet (Stromscheide) beim Zusammentreffen zweier gleichartiger Gezeitenwellen ohne Phasenverschiebung auftreten, bestätigt sich auch hier.

Das Maß des Abtrages reicht im allgemeinen bis zur Größenordnung von einem Meter. Die Abtragsflächen liegen, wenn man sie noch generell betrachtet, im Bereich der oberen Norderaue unregelmäßig und systemlos verstreut. Das ist die Auswirkung der starken Verbreiterung des Stromgebietes der oberen Norderaue zwischen Föhr und dem Festland mit einer entsprechenden Verwilderung der Stromrinne, die sonst von Höhe Wittdün bis Wyk zusammengefaßt und eindeutig ausgeprägt verläuft. Dementsprechend werden im Oberlauf der Norderaue

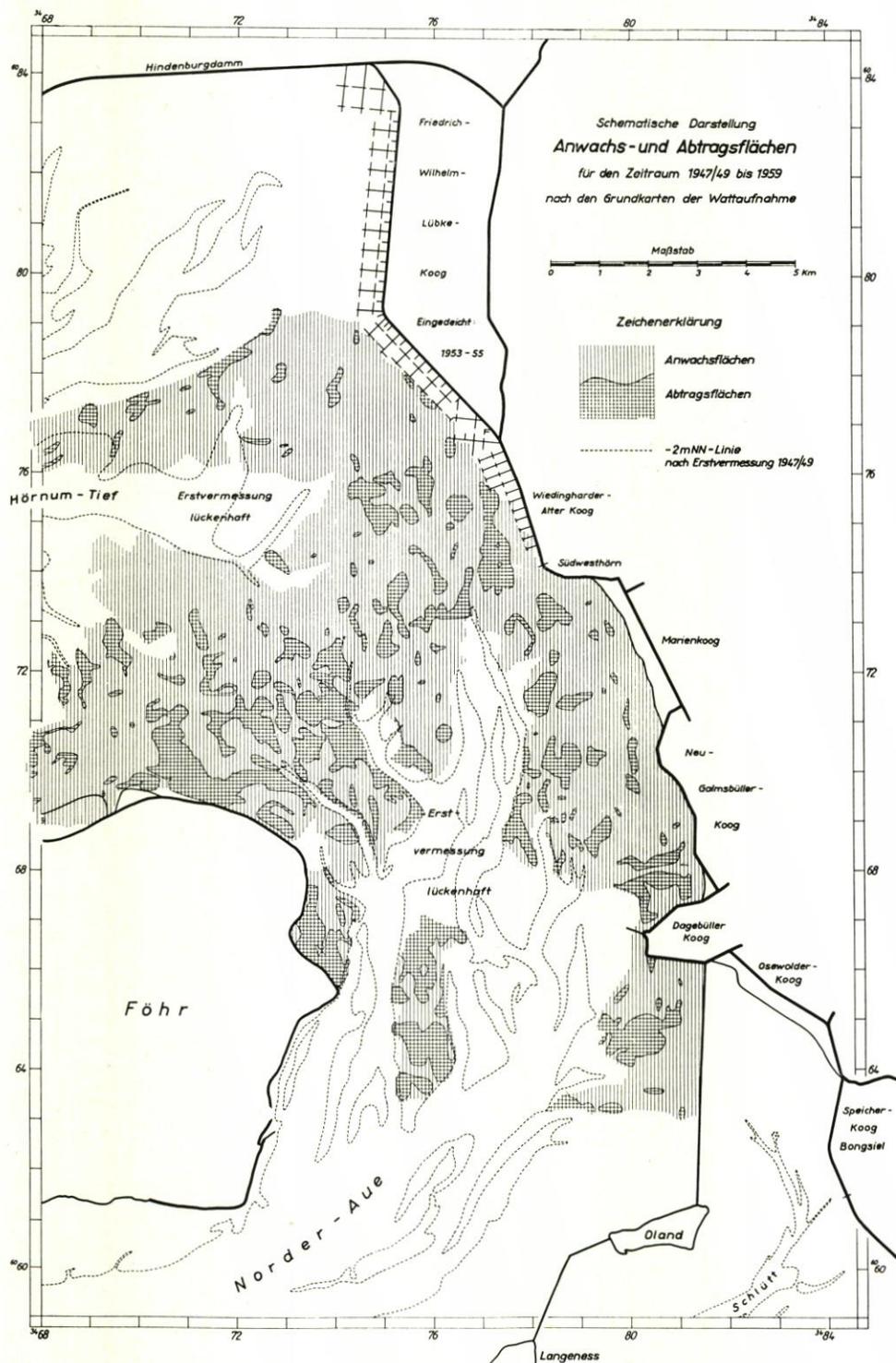


Abb. 16. Veränderungen des Wattgebietes Festland — Föhr

häufigere, zufällige und kurzfristige Veränderungen auftreten, die zwar überwacht werden müssen, die zunächst aber, sofern sie nicht sehr große Flächen einnehmen und die vorhandenen Küstenschutzbauten und Deiche nicht unmittelbar bedrohen, noch hingenommen werden können, um der auslaufenden Flutwelle einen Raum zum Energieverzehr zu belassen.

Ungünstiger hingegen liegen die Verhältnisse in zwei Rinnensystemen nordöstlich von Föhr. Das erste System ist das von der Norderaue her auslaufende Föhrer Ley selbst. Dieses hat sich in seiner südlichen Hälfte durchgehend vertieft und verbreitert mit ausgedehnteren Erosionseinzugsgebieten besonders nach der Föhrer Seite hin. Ein zweites Prielsystem befindet sich zwischen dem Föhrer Ley und der Nordostecke von Föhr. Dieses hat in Form einer kleineren Rinne ebenfalls Verbindung zu den Ausläufern des Hörnum Tiefs. Es besitzt gleichfalls ziemlich durchgehende und ausgedehnte Abtragsflächen, die teilweise bis an die Deiche von Föhr heranreichen. Unterstützt wird die ungünstige Entwicklung noch durch große Baggerlöcher und deren Zufahrtsrinnen, die unmittelbar vor der Deichlinie parallel zu dieser verlaufen. Künftige Zufahrtsrinnen sollten daher vom nächstgelegenen größeren Priel möglichst (recht-)winklig zum Deich an die Entnahmestellen herangeführt werden, um die sich nachteilig auswirkenden Längsströmungen nicht noch künstlich zu fördern.

Diese ungünstigen Wattveränderungen vor der Nordostecke von Föhr zeigen eine sehr ungünstige Entwicklung, die sich zu einer akuten Gefahr ausweiten kann, wenn sie gleichsinnig weiter anhält. Hierzu besteht wegen der einseitigen Verdriftungen von der Norderaue zum Hörnum Tief eine ständige, natürliche Tendenz, so daß es notwendig werden kann, die genannten nachteiligen Wattumlagerungen durchgreifend durch einen Dammbau Festland — Föhr zur Trennung der Wattstromsysteme Norderaue/Hörnum Tief zu unterbinden und eine Stabilisierung der Watten im Oberlauf der Wattströme zu erreichen.

Die Notwendigkeit hierzu kann sich schon in relativ kurzer Zeit ergeben, wenn man bedenkt, daß sich die jetzt festgestellten negativen Veränderungen nur auf den verhältnismäßig kurzen Zeitraum der letzten zehn Jahre beziehen. Dieses Gebiet wird deshalb zumindest der besonderen Überwachung bedürfen.

#### Wattrücken Föhr — Amrum Odde

Dieses Wattgebiet ist gekennzeichnet durch weitverbreitete, zusammenhängende Abtragsflächen, die Abbildung 17 deutlich wiedergibt. Die Abtragsflächen überwiegen offensichtlich. Wenn das Maß des Abtrags zunächst auch allgemein nur im Dezimeterbereich bis zur Größenordnung von einem Meter liegt, so schafft doch das Ausmaß der Verbreitung einen bedenklichen Zustand, zumal auch hier mit einer einseitig ungünstigen Weiterentwicklung wegen der Verdriftung vom Amrum Tief zum Hörnum Tief gerechnet werden muß. Ebenso umfaßt der beobachtete Zeitraum nur die verhältnismäßig kurze Zeitspanne der letzten zehn Jahre, so daß eine relativ schnelle weitere nachteilige Entwicklung eintreten kann.

Das Amrum Tief gabelt sich in seinem Oberlauf in zwei Arme. Der eine verläuft hinter und um Amrum Odde zum Hörnum Tief mit einem ausgedehnten Erosionseinzugsgebiet, das bis an die Dünen von Amrum Odde heranreicht, die selbst nur einen labilen Nehrungshaken darstellen. Der zweite Arm verläuft weit nach Norden ausgreifend längs der Westküste von Föhr mit verbreiteten Abtragsflächen bis unmittelbar an die Deiche bzw. Steilkante im Westen und Südwesten von Föhr.

Dieses bedeutet eine besonders ungünstige Entwicklung und auch eine Gefahr für die West- und Südwestküste von Föhr. Ferner liegt das gesamte Watt zwischen Amrum Odde und Föhr, wie dargestellt, weitgehend im Abtrag, so daß die Gefahr eines Durchbruchs Amrum Tief —

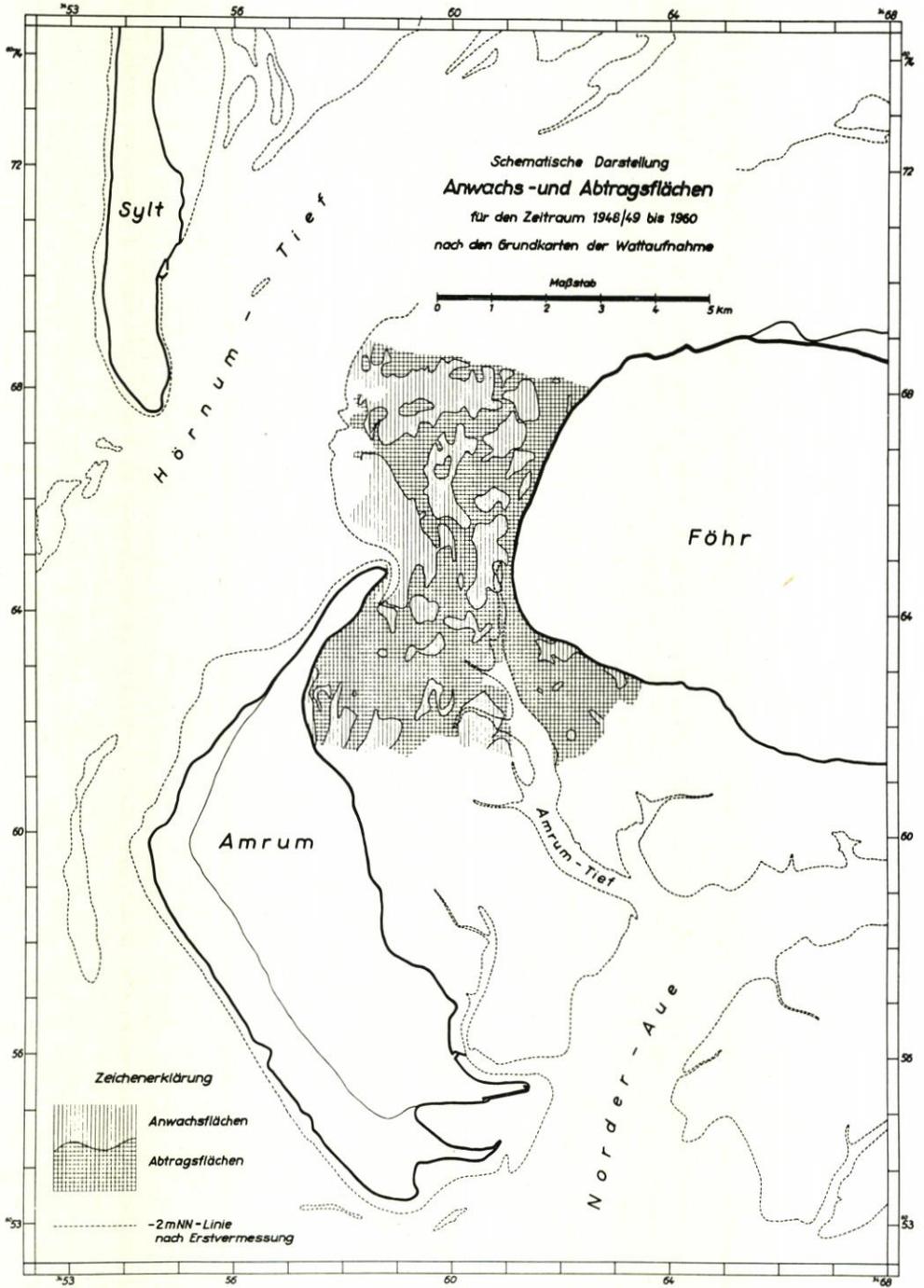


Abb. 17. Veränderungen des Wattgebietes Föhr — Amrum Odde

Hörnum Tief gegeben ist. Die notwendige, durchgreifende Verbesserung dieser ungünstigen Situation muß durch einen Dammbau herbeigeführt werden, der das weitere Vordringen des Amrum Tiefs in seinem Oberlauf und wegen der ständigen Verdriftung einen Durchbruch zum Hörnum Tief verhindert und der ferner nach Trennung und Beruhigung der Stromsysteme eine Stabilisierung des Watts längs des Dammes bewirkt. Darüber hinaus würde ein solcher Damm auch die westlichen Teile der Föhrer Südküste, einer Steilküste, die seit Jahren beträchtliche Kantenabbrüche aufweist, in gewissem Umfange mit schützen, da bei Nordwestwindlagen diese Bereiche auf der geschützten Leeseite des Dammes liegen würden (KNOP 1961).

\*

Vergleicht man die in diesem Kapitel durch Differenzkarten näher untersuchten Watt-  
rücken: Festland — Pellworm, Festland — Föhr sowie Föhr — Amrum Odde hinsichtlich des  
Ausmaßes der ungünstigen Veränderungen, um derentwillen diese Gebiete auch besonders einer  
näheren Untersuchung unterzogen worden sind, so läßt sich feststellen, daß der Watt-  
rücken zwischen dem Festland und Pellworm bereits am stärksten angegriffen und durch die Durch-  
brüche am Strand und am Rummelloch gefährdet wird. Die nächst ungünstige Situation findet  
sich zwischen Föhr und Amrum Odde wegen der Erosionen vor der Südwestküste von Föhr  
und wegen der Gefahr des Durchbruches des Amrum Tiefs zum Hörnum Tief, wodurch dann  
wegen des mehrere Dezimeter betragenden Wasserstandsunterschiedes der beiden Wattströme  
in kurzer Zeit eine ständig offene, Föhr und Amrum trennende tiefe Rinne wie am Strand ent-  
stehen würde. Und schließlich unterliegt auch der Watt-  
rücken Festland — Föhr einer ungün-  
stigen Entwicklung, besonders durch die starken Abträge nordöstlich von Föhr und durch die  
Neigung verschiedener Rinnen, den Watt-  
rücken zu durchbrechen. Die Differenzkarten liefern  
die entsprechenden objektiv gemessenen Nachweise.

## 7. Überwachungsprofile 1960 bis 1962 in den Wattstromrinnen

Während die Oberflächengestalt der trockenfallenden Watt-  
rücken, der Priele und teilweise  
der Oberläufe der Wattströme durch genaue Vermessungen (Grundkarten der Wattaufnahme  
1:10000) festgelegt worden sind, fehlten seither, wenn man von den Vermessungen des Deut-  
schen Hydrographischen Instituts für die Herstellung der Seekarten für die Schifffahrt absieht,  
genauere Vermessungen für die Überwachung der morphologischen Veränderungen in den  
Wattströmen, besonders in ihren Mittel- und Unterläufen. Aus den Untersuchungen über die  
Gezeitenbewegungen hat sich nun aber ergeben, daß auch hier große Kräfte mit entsprechenden  
Umlagerungen am Werke sind. Grundsätzlich herrschen folgende Verhältnisse:

Im Unterlauf der Wattströme besondere Flutstromrinnen und Ebbstromrinnen mit zwi-  
schenliegenden Barren (s. auch VAN VEEN 1951), teilweise stark verwildert und kurzfristig  
sich umlagernd.

Im Mittellauf der Wattströme besonders tiefe Erosionsrinnen (— 10 bis — 30 m NN) mit  
Sedimenttransport sowohl in Flut- als auch in Ebberichtung als Folge der nach beiden Rich-  
tungen anhaltend hohen Gezeitenströmungen.

Nach dem Oberlauf hin überwiegend landwärts gerichteter Strom mit entsprechend land-  
wärtiger Materialtransporttendenz.

In den Verdriftungsgebieten Überlagerungen und Verschiebungen in Verdriftungsrichtung.  
Tendenz zu Durchbrüchen durch Watt-  
rücken und Abtrennung der Wattsockel von Inseln  
und Halligen vom Festland.

Danach ist es unumgänglich, auch die Veränderungen der Wattstromrinnen möglichst genau zu überwachen. Zugleich werden dadurch auch die notwendigen großräumigen Zusammenhänge sichtbar. Da beispielsweise auch zweifach durchgeführte Luftbildvermessungen, die für die trockenfallenden Wattgebiete außerordentlich aufschlußreich waren, die unter Wasser liegenden Umlagerungen in den Stromrinnen nicht mit erfassen konnten, wurde deren Erfassung nächst der Überwachung der gefährdeten Wattrücken besonders dringlich. Eine Auslotung der Wattströme mit einer der übrigen Wattvermessung entsprechenden Genauigkeit über die gesamte Fläche der Wattströme war wegen der nun einmal begrenzten personellen und sachlichen Kapazität der Vorarbeitenstelle Nordfriesland des Marschenbauamtes Husum nicht möglich. Um aber doch möglichst schnell über Messungen mit hoher Genauigkeit, die auch die Ermittlung geringer Differenzen zuläßt, verfügen zu können, wurde durch die Wattströme zunächst ein System von Querprofilen gelegt und aufgemessen. Diese Profile wurden so gelegt, daß sie insbesondere die Umlagerungen ausweisen können, die nach den vorgenannten grundsätzlichen Zusammenhängen zwischen Gezeitenbewegung und Morphologie zu erwarten sind. Sie sind nach auffälligen Landmarken oder EP (Eisenschraubpfählen) ausgerichtet, so daß sie schnell und genau für die späteren Wiederholungsvermessungen wiederhergestellt werden können. Die Profile sind nach dem entsprechenden Wattstrom und dann jeweils nach einer entsprechenden Quermarke bezeichnet (Abb. 18):

Hever:	Süderoog — Westerhever Porrenrönnel
Norderhever:	Pellworm Hafen Nordstrandischmoor Strand Süd (mehrere Profile) Strand Bongsieler Loch
Rummelloch-West:	Norderoog Nord Norderoog Süd Jens Wand
Süderau:	Hooge Langeneß SW Gröde Strand Nord (mehrere Profile)
Norderau:	Wittdün Mittellochs Knob Oldenhörn Süd Oldenhörn Ost Näshörn
Hörnum Tief:	Hörnum Odde Nord Hörnum Odde Süd Liin Sand Steenack

Diese Profile wurden 1960 bis 1962 genau vermessen. Damit ist eine erste Grundlage geschaffen, auch die Umlagerungen in den Wattströmen noch genauer erfassen zu können. Erst durch spätere Wiederholungsmessungen werden diese Profile in vollem Umfange Früchte tragen, ähnlich wie die Erstvermessungen der übrigen Wattgebiete, die inzwischen mehrfach aufgenommen werden konnten und die damit die Ergebnisse, die in den vorangegangenen Abschnitten mitgeteilt werden konnten, erst ermöglichen.

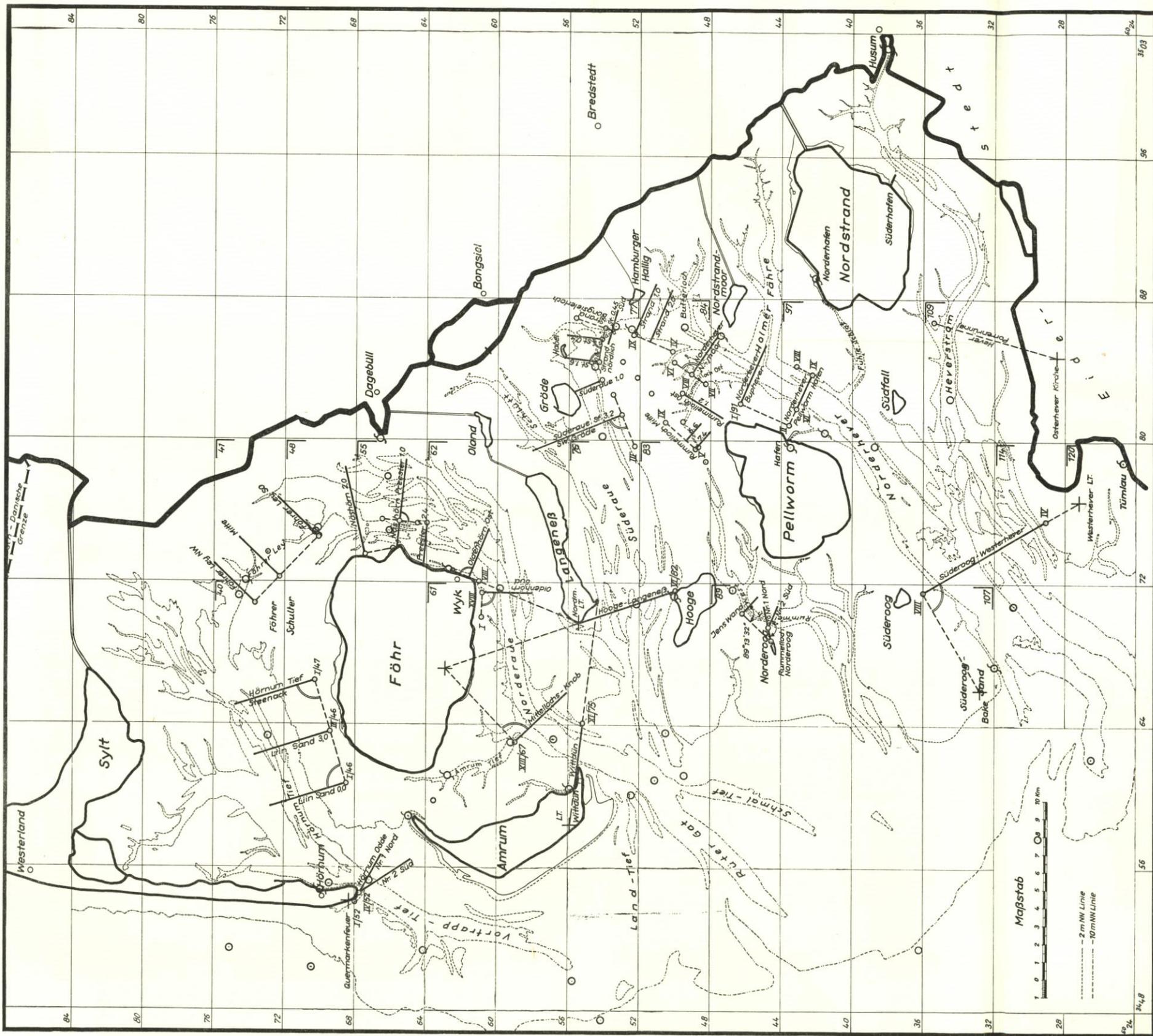


Abb. 18. Neue Überwachungsprofile 1960 bis 1962 in den Wattströmen Nordfrieslands

So soll auch dieser Bericht mit dazu beitragen, den seit Generationen betriebenen Küstenschutz in Nordfriesland weiter zu verbessern, immer umfassender zu gestalten und folgerichtig fortsetzen zu können.

### 8. Schriftenverzeichnis

- HUNDT, C.: Das „Rasterverfahren“ zur Bestimmung von Höhen- und Raumveränderungen im Wattenmeer. Marschenbauamt Heide — Pegelaußenstelle Büsum, Studie 1/58. Büsum, 18. 3. 1958. Unveröffentlicht.
- KNOP, F.: Bericht über die Veränderungen des Südstrandes von Wittdün/Amrum. Marschenbauamt Husum — Vorarbeitenstelle Nordfriesland, Bericht Nr. 17/59. Husum, 10. 6. 1959. Unveröffentlicht.
- KNOP, F.: Untersuchungen zum Schutze der Hallig Norderoog. Marschenbauamt Husum — Vorarbeitenstelle Nordfriesland, Bericht Nr. 19/61. Husum, 14. 2. 1961. Unveröffentlicht.
- KNOP, F.: Untersuchungen und Vorarbeiten für die Dammbauten Festland—Föhr—Amrum. Marschenbauamt Husum — Vorarbeitenstelle Nordfriesland, Bericht Nr. 20/61. Husum, 20. 6. 1961. Unveröffentlicht.
- KNOP, F.: Untersuchungen über Gezeitenbewegung und morphologische Veränderungen im nordfriesischen Wattgebiet als Vorarbeiten für Dammbauten. Mitt. Leichtweiß-Inst. f. Wasserbau u. Grundbau der Techn. Hochschule Braunschweig, H. 1, 1961.
- LAMPRECHT, H.-O.: Brandung und Uferveränderungen an der Westküste von Sylt (Nordsee). Mitt. Hannov. Versuchsanst. f. Grundbau u. Wasserbau, Franzius-Institut H. 8, 1955.
- LAMPRECHT, H.-O.: Uferveränderungen auf Sylt. Die Küste 6, H. 2, 1957.
- NEUMANN, H.: Über die Bearbeitung von Strombeobachtungen von mehr als fünfzehn Tagen Dauer. Dtsch. Hydrogr. Z. 13, H. 5, 1960.
- VAN VEEN, J.: Eb- en vloed-schaar-systemen in de Nederlandse getijwateren. Waddensymposium. 's-Gravenhage 1951. (Übersetzung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee: Die Systeme der Ebbe- und Flutrinnen in den holländischen Tidegewässern.)
- WALTHER, F.: Grundlagen für die Entwicklung der Meeresströmungen in den Seegaten und Wattgebieten der ostfriesischen Küste. Wasserwirtsch. 40, H. 1 u. 2, 1949.



die sich auch in Art und Menge bestimmter Elemente im Niederschlagswasser und in der Luft erkennen lassen (CAUER über Helgoland). Klima und Boden stehen hier in enger Wechselbeziehung und bleiben die begrenzenden Standortfaktoren landwirtschaftlicher Bodennutzung.

## 2. Durchführung der Untersuchungen

In enger Zusammenarbeit zwischen der Marschversuchsstation für Niedersachsen in Infeld und der agrarmeteorologischen Abteilung des Wetteramtes Bremen wurde ein Untersuchungsprogramm entwickelt, um die Qualität der Niederschläge in diesen küstennahen Nieder-

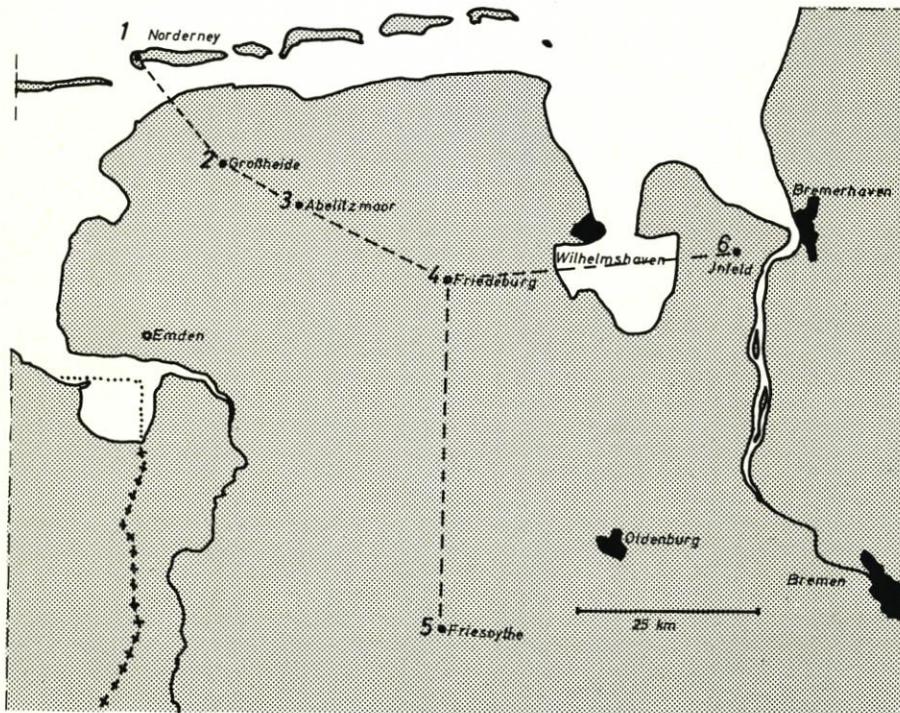


Abb. 1. Die geographische Lage der Meßstellen

rungsgebieten einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Es kam dabei weniger darauf an, zu der Fülle bereits vorhandener Angaben über den Gehalt an Pflanzennährstoffen weitere Daten zu liefern, als vielmehr festzustellen,

1. welche meteorologischen Faktoren diese wechselnde Qualität des Niederschlagswassers in Meeresnähe bedingen;
2. ob aus der wechselnden Qualität der Niederschläge bodenstrukturstörende Einflüsse zu erwarten sind.

Diesem Bericht liegt nunmehr ein Untersuchungszeitraum von zwei Jahren zugrunde (November 1960 bis November 1962). In diese Zeit fallen recht extreme Großwetterlagen, z. B. die Sturmflut vom 16. Februar 1962. Die Fülle des zu untersuchenden Materials erzwingt eine zeitliche Begrenzung, verlangt dann aber gleichzeitig eine entsprechende Beschränkung bei Aus-

sagen für langfristige Beobachtungen. Daher sollen unter Hinweis auf diese Einschränkungen die im Küstengebiet beobachteten klimatischen Besonderheiten der Einflüsse des Niederschlagswassers auf den Marschboden aufgezeigt werden.

Bei der Auswahl der Meßstellen im dichten Netz meteorologischer Beobachtungsstellen des Wetteramtes Bremen (Regenmeßstellen) konnte die Nähe von Industrie- und Bahnanlagen sowie dichtbesiedelter Gebiete gemieden werden, um die von dort aus mögliche Ausbreitung von Rauchgasimmissionen auszuschalten. Aus Untersuchungen STRATMANN'S (1955) ist bekannt geworden, daß Konzentrationserhöhungen von  $\text{SO}_2$  in der Luft im Windschatten von Immissionsquellen bei Schornsteinhöhen von 80 bis 100 m je nach den meteorologischen Verhältnissen bis etwa 6 km reichen. Mit zunehmender Entfernung findet ein gleichmäßiger Massenaustausch statt, der dann keine extrem hohen Verunreinigungen in der Luft und im Niederschlagswasser mehr erwarten läßt. Im relativ dünn besiedelten industriearmen Ostfriesland war diese Forderung am leichtesten zu erfüllen, so daß ohne nahe Störquellen die eigentlichen meteorologischen Ursachen für einen wechselnden Gehalt an Na, Cl, Mg, Ca, S usw. im Niederschlagswasser in unterschiedlicher Entfernung von der Meeresküste erfaßt werden konnten. Die Meßstellen waren folgende:

	kürzeste Entfernung zur Küste in km
1. Norderney, Kreis Norden/Ostfriesland	0,1
2. Großheide, Kreis Norden/Ostfriesland	9
3. Abelitzmoor, Kreis Aurich/Ostfriesland	18
4. Friedeburg, Kreis Wittmund/Ostfriesland	28
5. Friesoythe, Kreis Cloppenburg/Oldenburg	75
6. Infeld, Kreis Wesermarsch/Oldenburg	7

Die Meßstellen 1 bis 5 stellen eine in Richtung Nordwest-Südost verlaufende Beobachtungskette unterschiedlicher Entfernung zur Küste dar. Die Meßstelle 6, durch Wesermündung, Außenweser und Jadebusen dreiseitig von Wasser umgeben, gibt — dazu noch relativ nahe zum Industriegebiet Nordenhams (4 km) — weniger klare Beziehungen. Sie ist für die Versuchsfelder der Marschversuchsstation Infeld eingerichtet und hier zur Vervollständigung mit aufgeführt.

Jede Meßstelle erhielt neben dem Regenmesser (nach HELLMANN) zusätzlich eine größere Auffangwanne (70×45 cm), die es ermöglichte, sogar bei kleinsten Tagesniederschlägen (bis zu 0,1 mm) genügend Niederschlagswasser für die vorgesehenen Analysen zu gewinnen. Die Auffangwanne (Abb. 2) ist aus glasfaserverstärktem Polyesterharz angefertigt und wurde auf 60 cm hohe Holzpfosten montiert. Dies und die Höhe der Wandung (10 cm) sollten Spritztropfen von der umgebenden Bodenoberfläche abhalten. Das Gerät stand jeweils auf einer Rasenfläche. Eine leichte Schräge läßt das Niederschlagswasser schnell auf dem sehr glatten Kunststoffboden zu einem in einer der Ecken eingelassenen Ablaufstutzen fließen. Damit wird der Verdunstungsverlust (= Konzentrationserhöhungen!) minimal gehalten. Der Ablaufstutzen mündet in einen Glastrichter, der auf einer 5-l-Glasflasche fest angebracht ist. Im Glastrichter wurde wöchentlich die zum Filtrieren des zwangsläufig mit aufgefangenen Staubes eingelegte Watte erneuert. Wasserlösliche Anteile des Staubes wurden auf diese Weise mit erfaßt. Das Bedienungspersonal wurde angehalten, vor allem nach längeren Trok-



Abb. 2. Auffanggerät für niederschlagschemische Untersuchungen. Im Hintergrund der Windmesser

Das Gerät stand jeweils auf einer Rasenfläche. Eine leichte Schräge läßt das Niederschlagswasser schnell auf dem sehr glatten Kunststoffboden zu einem in einer der Ecken eingelassenen Ablaufstutzen fließen. Damit wird der Verdunstungsverlust (= Konzentrationserhöhungen!) minimal gehalten. Der Ablaufstutzen mündet in einen Glastrichter, der auf einer 5-l-Glasflasche fest angebracht ist. Im Glastrichter wurde wöchentlich die zum Filtrieren des zwangsläufig mit aufgefangenen Staubes eingelegte Watte erneuert. Wasserlösliche Anteile des Staubes wurden auf diese Weise mit erfaßt. Das Bedienungspersonal wurde angehalten, vor allem nach längeren Trok-

kenperioden die Auffangwanne zu reinigen. Exkremete von Vögeln ließen sich leicht fernhalten, indem die Wanne mit einem engmaschigen Polystyrolnetz bespannt wurde. Dadurch vermieden es Vögel, sich auf den Wannrand zu setzen. Auch das Laub und ähnliches konnte ferngehalten werden. Die Niederschläge jedes Regentages wurden zusammen mit der üblichen Morgenablesung der übrigen Geräte aus der großen Auffangflasche nach kräftigem Durchschütteln in 500-ml-Polyäthylenflaschen abgefüllt. Der Rest wurde verworfen. Zum Monatsende wurden die gut verschlossen und nummeriert aufbewahrten Wasserproben eingesammelt und anschließend zentral in der Marschversuchsstation untersucht. Durchschnittlich 12 bis 15 Regentage je Monat ergaben jährlich 130 bis 180 Wasseranalysen je Beobachtungsstation. Folgende Analysen wurden durchgeführt:

1. Ca	}	flammenphotometrisch			
2. Na					
3. K					
4. Mg	}	kolorimetrisch	mit Titangelb	} bzw. durch Destillation	
5. NO <sub>3</sub>			mit Natriumsalicylat		} nach KJELDAHL
6. NH <sub>3</sub>			mit Neßlers Reagenz		
7. SO <sub>3</sub>		gravimetrisch	mit BaCl <sub>2</sub>		
8. Cl		maßanalytisch	mit $\frac{n}{50}$ AgNO <sub>3</sub>		
9. pH		mittels Glaselektrode			
10. Leitfähigkeit		mittels Platinelektrode			

Die gefallenen Niederschlagsmengen wurden an allen Stationen mit dem normalen Regenmesser gemessen. In Norderney und Infeld erfolgte zusätzlich eine laufende Registrierung der Windstärke und Windrichtung<sup>1)</sup>.

### 3. Ergebnisse der Untersuchungen nach landwirtschaftlich-bodenkundlichen Gesichtspunkten

Zur Besprechung der nunmehr vorliegenden, umfangreichen Analysen wird zunächst eine tabellarische Übersicht vorangestellt. Durch Multiplikation der Niederschlagsmenge jedes Regentages mit der jeweils gemessenen Konzentration der verschiedenen Anionen und Kationen wurde die jeweilige Menge in g bzw. kg/ha festgestellt. Durch Summieren dieser täglichen Regenmenge ist ein genaueres Ergebnis der Endsumme eines Monats oder Jahres zu erzielen als beim Sammeln der Niederschläge in kleineren Auffanggeräten und Analysieren des Monatsdurchschnittes. So können z. B. die Niederschläge einer bestimmten Wetterlage getrennt erfaßt werden, und letztlich ist diese Arbeitsweise überhaupt die Voraussetzung für ein Erkennen der meteorologischen Einflüsse auf die wechselnde Menge und Qualität der Niederschlagsbeimengungen, worüber im Abschnitt 4 berichtet wird.

Für landwirtschaftliche Fragestellungen ist zunächst die Summe und Art der in den Niederschlägen dem Boden zugeführten Anionen und Kationen, allenfalls deren jahreszeitliche Verteilung von Bedeutung. In dem diesem Bericht zugrunde liegenden Zeitraum fielen im Durchschnitt aller Meßstationen 48% der Niederschlagsmengen in den Wintermonaten Oktober bis März und 52% in den Sommermonaten April bis September. In diesen nahezu gleichmäßig über das Jahr verteilten Niederschlagsmengen sind jedoch bei dem dem Einfluß der Küstennähe stark unterliegenden Na<sub>2</sub>O- und MgO-Gehalt 60% der Mengen in den Winterniederschlägen enthalten, während sich z. B. der auf Küstennähe weniger stark reagierende CaO-Gehalt des Niederschlagswassers mit 51% der Mengen in den Wintermonaten der Mengenverteilung des Regens anpaßt.

<sup>1)</sup> Allen an dieser Untersuchung beteiligten Mitarbeitern sei an dieser Stelle besonders gedankt.

In der Tabelle 1 sind zum Vergleich die Angaben anderer Autoren über die insgesamt jährlich dem Boden zugeführten Mengen an verschiedenen Elementen mit aufgeführt. Darin erkennt man erhebliche Abweichungen zu den Ergebnissen der Verfasser. Zu einem wesentlichen Teil dürften dafür unterschiedliche Niederschlagsmengen, wechselnde industriennahe Lage, einjährige oder Durchschnitt aus mehrjährigen Ergebnissen sowie meßmethodische Unterschiede verantwortlich gemacht werden. Die Angaben von NEUWIRTH (1957)<sup>2)</sup> und RIEHM und QUELLMALZ (1959) sind insofern bedeutungsvoll, als sie mitteleuropäische Durchschnitte enthalten. Demgegenüber findet man in den Niederschlägen des Küstengebietes der Nordsee stets ein deutliches Mehr bei  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Cl und  $\text{NH}_4$ . ERIKSON (1959) gibt für küstennahe Lagen, insbesondere bei Cl noch wesentlich höhere Werte an, und bemerkenswert ist dabei die Mitteilung, daß etwa dreimal soviel Meeressalz durch die Luft als durch die Niederschläge herantransportiert wird. Versprühen des Meerwassers aus Gischt und Brandung sind als die Quellen der

Tabelle 1  
Durch Niederschläge dem Boden zugeführte Nährstoffe in kg/ha Jahr

	1	2	3	4	5	6	a	b	c	d	e	f
CaO	36,7	18,8	14,9	13,3	15,2	24,7			11,0—22,1			11,2—22,4
$\text{Na}_2\text{O}$	204,0	63,2	55,5	53,7	19,5	63,9			4,7— 5,5			2,2— 5,4
MgO	17,5	5,0	4,9	4,7	2,9	3,7	2,5—33,2		2,0— 4,8			2,6— 5,2
$\text{K}_2\text{O}$	21,5	18,4	19,2	19,5	n. b.	18,1		11,6	2,2— 2,5	2,1	< 10	1,9— 4,8
$\text{SO}_3$	138,0	n. b.*	n. b.	85,8	n. b.	88,3	75	285	22,8—36,2		94—323	
Cl	338,6	70,5	53,1	48,6	n. b.	67,3	3—600		5,0— 7,3			4 — 8
$\text{NO}_3\text{-N}$	3,7	n. b.	n. b.	3,3	n. b.	3,0				4,1		1,6— 4,0
$\text{NH}_4\text{-N}$	14,8	n. b.	n. b.	15,6	n. b.	13,0				5,7		1,6— 4,0
Gesamt-N	18,5	n. b.	n. b.	18,9	n. b.	16,0	20	28	4,4— 6,1	9,8	12,7—49,2	3,2— 8,0
1 = Norderney			a = ERIKSON (1959)									
2 = Großheide			b = SCHARRER und FAST (1951)									
3 = Abelitzmoor			c = NEUWIRTH (1957)									
4 = Friedeburg			d = KRZYSCZ (1958)									
5 = Friesoythe			e = GERICKE und KURMIES									
6 = Infeld			f = RIEHM und QUELLMALZ (1959) umgerechnet auf Oxyde und 800 mm Jahresniederschlag									

\* n. b. = nicht bestimmt.

Salzanreicherung der Luft anzusehen.  $\text{SO}_3$  wird zum Teil von den industrienahen, binnenländischen Meßstellen höher angegeben (GERICKE und KURMIES 1957). CaO, MgO halten sich mit Ausnahme der aus dem Niederschlagswasser auf der Insel Norderney ermittelten Werte im vergleichbaren Rahmen, ebenso  $\text{NO}_3$ .

Besser vergleichbare Daten erhält man aus der Gegenüberstellung der in den Niederschlagswässern gemessenen Konzentrationen an Anionen und Kationen. Das ist in Tabelle 2 mit den Jahresdurchschnittswerten in mg/l im Vergleich mit den neuesten mitteleuropäischen Angaben nach RIEHM (1961) nachgewiesen. Die ungleich höheren Konzentrationen einzelner Elemente im Niederschlagswasser unter Einfluß der Meeresnähe zeigt erst eine Umrechnung nach dem Vielfachen gegenüber den von RIEHM (1961) angegebenen Durchschnittswerten in Tabelle 3. Danach beurteilt, gewinnen S, Na, Cl,  $\text{NH}_4$  und K besondere Bedeutung im Niederschlagswasser der Küstenlandschaft. Abhängigkeiten zur Küstennähe werden aber in den Extremwerten der sechs unterschiedlich vom Meere entfernten Meßstationen eher sichtbar als in

<sup>2)</sup> = c und f in Tabelle 1.

den Durchschnittangaben. Je stärker diese voneinander abweichen, um so größer ist der meteorologische Einfluß der Küstennähe und damit des Meereswassers. Setzt man den Minimalwert (Station Friesoythe) = 1 und den Maximalwert (Station Norderney) als ein Vielfaches davon, so ergibt sich eine völlig andere Rangordnung, nämlich

Mg	1:8,6	S	1:1,9
Cl	1:7,7	K	1:1,4
Na	1:4,8	NO <sub>3</sub>	1:1,2
Ca	1:2,2	NH <sub>4</sub>	1:1,0

Tabelle 2

Kationen- und Anionenkonzentration im Niederschlagswasser

	mg/l (Jahresdurchschnitt)						Ø Mitteleuropa nach RIEHM (1961)
	1	2	3	4	5	6	
Ca	2,2	1,6	1,2	1,1	1,2	2,3	1,0
Na	18,4	5,5	4,3	4,4	3,9	6,2	0,2
Mg	2,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2
K	2,2	1,8	1,7	1,6	n. b.	1,9	0,2
S	6,8	n. b.	n. b.	3,6	n. b.	4,6	0,1
Cl	41,4	8,2	5,6	5,4	n. b.	8,8	0,5
NO <sub>3</sub>	2,0	n. b.	n. b.	1,6	n. b.	1,8	0,3
NH <sub>4</sub>	2,3	n. b.	n. b.	2,2	n. b.	2,2	0,2

- 1 = Norderney  
2 = Großheide  
3 = Abelitzmoor  
4 = Friedeburg  
5 = Friesoythe  
6 = Infeld

Tabelle 3

Das Mehrfache an Konzentrationen von einigen Anionen und Kationen im Niederschlagswasser sechs küstennaher Meßstationen gegenüber dem mitteleuropäischen Durchschnitt

Element	S	vom 36,4fachen	bis zum 67,5fachen	im Mittel	das 50fache
Na	19,4	92,0	40		
Cl	10,8	82,8	28		
NH <sub>4</sub> -N	11,0	11,3	11		
K	8,2	11,8	10		
NO <sub>3</sub> -N	5,3	6,6	6		
Mg	1,3	11,0	4		
Ca	1,1	2,3	2		

Auf Grund dieser Feststellung wurde im folgenden das Schwergewicht der Aussagen auf die Kationen Mg, Na, Ca gelegt, zumal diese analytisch leicht aus kleinsten Substanzmengen bestimmt werden können.

Man kann damit einer amerikanischen Auswertungsmethodik (US SAL. LAB. STAFF 1959) folgen, die zur Kontrolle über den Wert des Berieselungs- und Beregnungswassers in allerdings ariden Gebieten bestimmt ist. Man befürchtet dort, daß an Na-Ionen reiche, aber an Ca- und Mg-Ionen arme Wässer nachhaltig die Struktur der behandelten Böden schädigen können. CZERATZKI (1961) hat darüber kürzlich ein Beispiel für das deutsche Schrifttum geliefert. Der Wert des Beregnungswassers wird dabei durch zwei analytisch leicht und schnell bestimmbare Größen ermittelt.

a) Das Verhältnis von  $Mg^{++}$  und  $Ca^{++}$  zu  $Na^+$  wird durch das sogenannte Natriumadsorptionsverhältnis (NaAV) in einer Zahl angegeben:  $NaAV = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$

Mit zunehmendem Überschuß an Natriumionen gegenüber  $Mg^{++}$ - und  $Ca^{++}$ -Ionen in einer wäßrigen Lösung steigt die Eintauschfähigkeit des  $Na^+$  an der Bodenkolloidoberfläche. Je größer das Natriumadsorptionsverhältnis (NaAV), um so stärker ist auch die Eintauschkraft des  $Na^+$ , um so mehr steigt vor allem für den  $Ca^{++}$ -armen Boden die Gefahr eines zunehmenden Austausches gegen  $Na^+$ . Die sich dann vergrößernden Hydrathüllen zunehmend mit  $Na^+$  belegter Sorptionskomplexe bedingen die bekannten ungünstigen Struktureigenschaften kolloidhaltiger Böden (Verschlammungen — Einzelkornstruktur — Verkrustungen).

b) Durch Messen der Leitfähigkeit können alle in einer Lösung befindlichen Anionen und Kationen in einer Größenordnung in ihren Wirkungen zum Ausdruck gebracht werden. Je höher damit die allgemeine Salzkonzentration — wobei Chloride und Sulfate im küstennahen Niederschlagswasser überwiegen —, um so größer ist die Gefahr, daß die bekannten Schäden an Böden und Pflanzen in Erscheinung treten.

a) und b) können aus einer beigegebenen Graphik zu Bereichen niedriger — mittlerer — hoher Gefährdung geordnet werden, z. B. Natriumgefährdung:

niedrig	NaAV	< 10
mittel	NaAV	10—18
hoch	NaAV	> 18

und Salzgefährdung:

niedrig	< 250 $\mu$ S
mittel	250—750 $\mu$ S
hoch	> 750 $\mu$ S

Nicht immer stimmen Natriumgefährdungsbereich und Salzgefährdungsbereich völlig überein.

In der folgenden Tabelle 4 sind für den Meßzeitraum September 1961 bis September 1962 Salz- und Natriumgefährdung aus Niederschlagswässern mit den in diesem Zeitraum erfaßten Regentagen aufgeschlüsselt.

Tabelle 4

Anzahl Regentage unterschiedlicher Salz- und Natriumgefährdung

Meßstelle	Norderney	Großheide	Infeld	Friedeburg	Friesoythe
<b>Salzgefährdung</b>					
niedrig	110	162	149	126	147
mittel	47	16	7	2	3
hoch	19	3	3	2	—
<b>Natriumgefährdung</b>					
niedrig	118	168	153	124	148
mittel	34	8	3	5	2
hoch	24	5	3	1	—

Mit zunehmender Entfernung von der Küste nehmen Salzgefährdung und Natriumgefährdung ab. Schon die Tatsache, daß im Küstengebiet durchschnittlich fünf bis sieben Regentage eines Jahres Niederschlagswässer anliefern, deren Salzgehalt bzw. Natriumgehalt eine große Gefahr für die Struktur der Böden darstellen, könnte ein wertvoller Hinweis dafür sein, weshalb besonders die in Ackernutzung liegenden küstennahen Marschböden, bei der für dieses

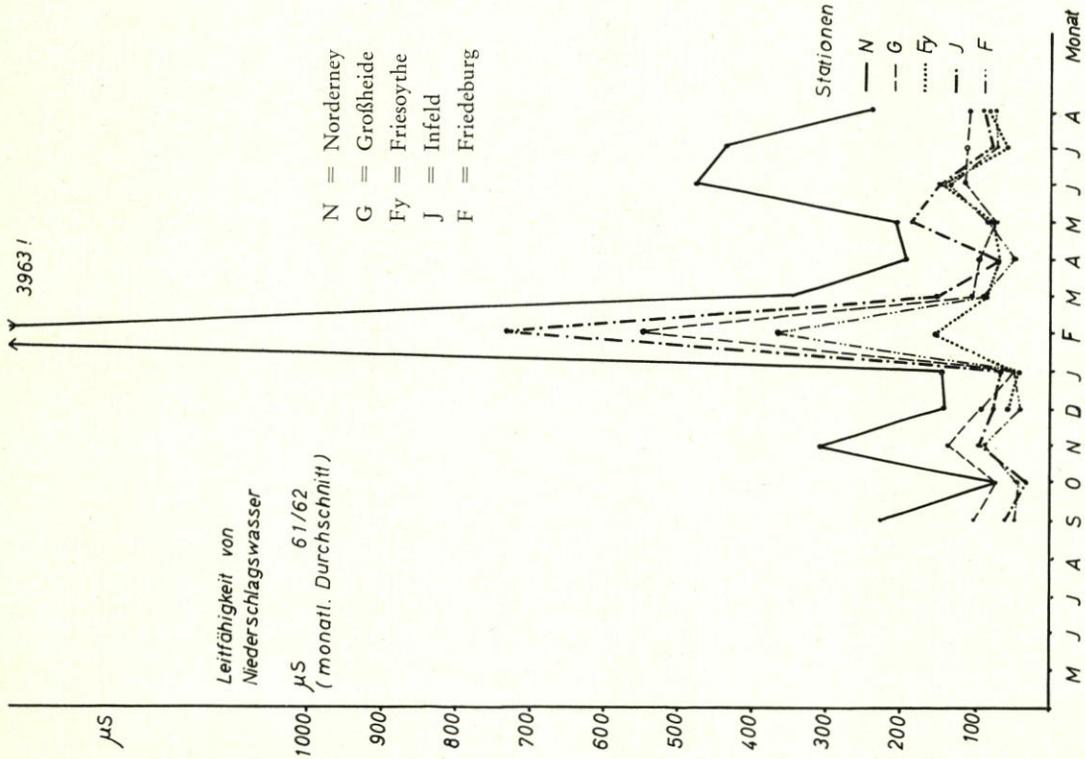


Abb. 3. Monatliche Durchschnittswerte der elektrischen Leitfähigkeit des Niederschlagswassers

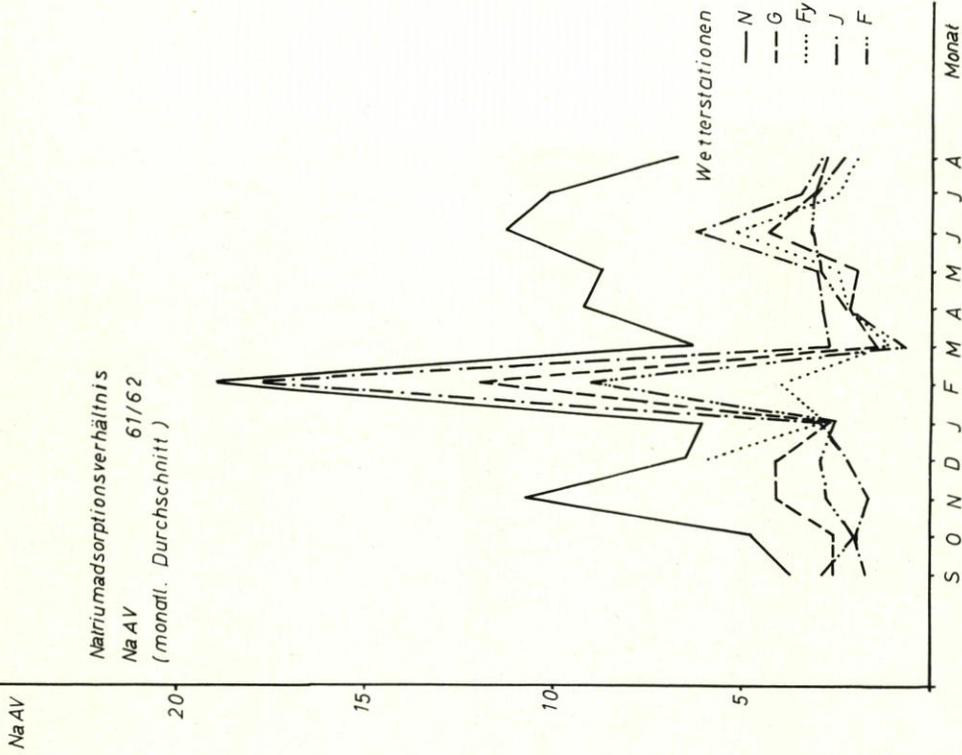


Abb. 4. Monatliche Durchschnittswerte des Natriumadsorptionsverhältnisses (Abkürzungen siehe Erläuterungen zu Abb. 3)

Gebiet im allgemeinen geringen Niederschlagsdichte (Regenintensität selten  $> 1-2$  mm/h), trotz erheblicher Aufwendungen für Kalk, Humus- und Phosphatzufuhr zum schnellen Strukturverlust durch Verschlämmen neigen. Allerdings muß abschwächend erwähnt werden, daß die Tage mit in dieser Hinsicht gefährlichen Niederschlägen im allgemeinen die geringeren Niederschlagsmengen (s. auch Abschn. 4. c) liefern. Eine Aufgliederung in die einzelnen Monate läßt diese vorzugsweise in der vegetationslosen Zeit auftreffen. Eine in den Abbildungen 3 und 4 gewählte Darstellungsform des jeweiligen Monatsmittels der Salz- und Natriumgefährdung läßt dies deutlich erkennen. Neben der in dieser Darstellung durch die Februarsturmflut 1962 deutlichen Spitze in den für fünf Stationen aufgezeichneten Ganglinien sind noch zwei kleinere Zunahmen der Salz- und Natriumgefährdung im Spätherbstmonat November 1961 und im Frühsommermonat Juni 1962 — beides Monate mit stürmischen Wetterlagen — zu erkennen. Die Abbildungen zeigen, daß die monatlichen Durchschnittswerte bei den Festlandstationen  $< 5$  NaAV und  $< 250 \mu S$  liegen. Großwetterlagen wie die Sturmflut-tage im Februar 1962, lassen diese Werte sehr stark in einen mittleren bis hohen Gefahrenbereich anschwellen, der sonst allein in der Inselstation Norderney zu finden ist. In dem Reagieren auf solche Witterungsumstände zeigt sich eine deutliche Abstufung der Meßstationen nach der Entfernung zur Küste. Die am weitesten entfernte Meßstelle bei Friesoythe läßt nur noch einen sehr geringen Meereseinfluß erkennen.

Die in den Beregnungsgebieten bewährte Methodik der vorbeugenden Untersuchung des zu verwendenden Wassers soll abschließend durch zwei Versuchsreihen mit einem gegen Verschlammung empfindlichen Marschboden überprüft werden.

1. Durchlaufversuch
2. Spülversuch

Zur Durchführung des Durchlaufversuchs wurden Glasröhrchen, 45 cm lang, 15 mm Durchmesser, von unten mit Diolengaze verschlossen, mit 25 g natürlichen, luftgetrockneten Krümel eines Seebrackmarschbodens, 2 bis 3 mm Durchmesser, locker gefüllt. In wiederholten Gaben wurden jeweils 100 ml wäßriger Lösungen verschiedener NaCl-Konzentrationen (0 g/l, 0,2 g/l, 0,4 g/l, 0,8 g/l) zur Perkolation dieser künstlichen Bodensäulen verwendet. Der Versuch wurde in vierfacher Wiederholung für jede oben angegebene Konzentration der Lösungen angesetzt. Mittels angebrachter Marken konnte die beim Durchlauf wechselnde Höhe der dabei überstehenden Wassersäule im Glasröhrchen abgestoppt und dadurch die Durchlässigkeit bei wechselnder Druckhöhe nach der Formel:

$$k = 2,3 \cdot \frac{L \cdot f}{\Delta t \cdot F} \cdot \log \frac{h_1}{h_2} \text{ cm/s}$$

errechnet werden. Zwischen jeder Durchlaufmessung wurden mehrstündige bis mehrtägige Pausen eingelegt. Während dieser Zeit blieben die künstlichen Bodensäulen mit dem Perkolat in kapillarer Verbindung. Das Ergebnis ist in Tabelle 5 aufgeführt.

Die luftgetrockneten Krümel saugen beim ersten Durchlauf begierig das Perkolationswasser auf. Dabei setzen Quellungsvorgänge ein, die ein teilweises Zerfallen der Krümel und engeres Aneinanderpassen im Glasröhrchen bedingen. Beim zweiten Durchlauf ist die anfangs recht große Durchlaufgeschwindigkeit dadurch erheblich, prozentual bei allen mit Salzlösungen behandelten Bodensäulen stärker als bei Verwendung destillierten Wassers, verringert worden. Im weiteren Verlauf des Versuchs kommt es zu einer Annäherung der Ergebnisse. Erst nach längerer Versuchsdauer lassen sich wieder größere Differenzen der Durchlaufgeschwindigkeiten erkennen. Versucht man die unterschiedliche Lagerungsweise der Bodenkrümel in den Perkulationsröhrchen dadurch zu eliminieren, daß die jeweils zuerst gemessene Durchlässigkeit als Bezugsbasis für die prozentuale Veränderung der Permeabilität gewählt wird, gleichen sich diese in der Tabelle

Tabelle 5  
Durchlaufgeschwindigkeit in cm/s (K)  
bei verschiedenen konzentrierten Salzlösungen (NaCl)

Zeit in h seit Beginn des Ver- suches	Konzentrationen in g/l				Niederschlags- wasser vom 16./17. 2. 1962
	0	0,2	0,4	0,8	
0	4,22	4,05	4,03	4,90	4,63
19	2,10	1,40	1,22	1,31	1,44
47	0,67	0,72	0,61	0,82	0,71
144	0,59	0,58	0,63	0,70	0,59
239	0,57	0,54	0,58	0,64	0,61
334	0,57	0,51	0,53	0,53	0,51

sichtbaren Unterschiede weitgehend aus. Die hierzu verwendeten NaCl-Lösungen sind gegenüber dem Niederschlagswasser einseitig  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Cl}^-$ -Ionen führende Lösungen. Das NaAV ist daher unendlich groß. Während die Leitfähigkeit bei 0 g/l NaCl =  $10 \mu\text{S}$ ,  $400 \mu\text{S}$  bei 0,2 g/l NaCl,  $1000 \mu\text{S}$  bei 0,4 g/l NaCl und  $2000 \mu\text{S}$  bei 0,8 g/l NaCl zeigt und das Niederschlagswasser der Sturmfluttag in Infeld  $750 \mu\text{S}$  hatte, ist die dadurch ausgedrückte Salzgefährdung mittel bis hoch zu nennen. Rechnet man den Durchlauf von  $2 \times 100 \text{ ml}$  auf einer Querschnittsfläche von  $1,76 \text{ cm}^2$  auf mm Niederschlagshöhe um, so entspräche dies 114 mm. 114 mm mit 0,4 g/l NaCl ergeben 156 kg NaCl je Hektar, eine Größenordnung, die unter den beschriebenen Verhältnissen im Küstengebiet im Laufe eines Jahres durchaus als Mittelwert aus den Niederschlägen gewonnen werden kann. Bei 800 mm Jahresniederschlag müßte dafür eine mittlere Salzkonzentration von 19,5 mg/l NaCl bzw. 7,7 mg/l Na gemessen werden, wenn alle Na-Ionen nur mit  $\text{Cl}^-$ -Ionen im Niederschlagswasser Salze bilden würden. Die gleichzeitig im Niederschlagswasser gegebenen Mg- und Ca-Salze dürften die hier theoretisch entwickelte Gefährdung der Bodenstruktur unter natürlichen Verhältnissen erheblich abschwächen, zumal die Niederschläge mit hohem NaAV und hoher Leitfähigkeit mengen- und zahlenmäßig gering bleiben. Im Rahmen dieser Betrachtung muß der Faktor Zeit auch bei geringeren Konzentrationen schärfer beurteilt werden. Zumindest ist aber damit die Sonderstellung der unter solchen Niederschlagsverhältnissen liegenden, ohnehin strukturlabilen Marschböden eindeutig aufgezeigt. Zur Erklärung dieser Ergebnisse wurde eine weitere Untersuchungsmethodik angewendet.

Im Spülversuch wurden ebenfalls 10 g natürliche, lufttrockene Krümel (1 bis 2 mm) zunächst in Petrischalen mit jeweils 7,5 ml der oben genannten Lösungen steigender NaCl-Konzentration a) 72 Stunden und b) zwei Stunden bei  $20^\circ \text{C}$  bebrütet und in einer von NEUHAUS (1962) entwickelten Spülapparatur dem Druck und Abrieb in strömendem Leitungswasser ausgesetzt. Anschließend wurde nach dem Klarspülen der Rest bei  $105^\circ \text{C}$  getrocknet und die nach nochmaligem trockenen Sieben verbleibenden Anteile an 2 bis 3 mm großen Krümeln bestimmt. Daraus errechnet sich der Prozentsatz der Aggregatstabilität.

Die nach 72stündiger Einwirkungszeit des Wassers auf die Krümel verbleibende durchschnittliche Stabilität beträgt 36 % gegenüber 62 % bei nur zweistündiger Einwirkungszeit. Die zusätzliche Wirkung steigender NaCl-Konzentrationen des Vorbereitungswassers ist nach kurzer Einwirkungszeit von nur zwei Stunden nicht zu erkennen, ja, es ist sogar eine leichte, jedoch nicht wesentliche Verbesserung der Strukturstabilität zu bemerken. Bei 72stündiger Einwirkung ist von 0,2 bis 0,4 g/l NaCl ebenfalls eine, jedoch nicht wesentliche Verminderung der Aggregatstabilität zu beobachten. Die Dauer der Einwirkung des Wassers ist demnach von stär-

kerem Einfluß auf die Aggregatstabilität als die mögliche Salzkonzentration. Die Vergleichsmessungen mit destilliertem Wasser haben den Nachteil, daß hierbei Austauschvorgänge (Boden  $\rightarrow$  dest. Wasser) die Stabilität der Krümel nachhaltig negativ beeinflussen, weshalb nach KULLMANN und KOITZSCH (1961) Leitungswasser  $> 10^0$  DH vorzuziehen ist, denn bestimmte Konzentrationsverhältnisse in der Bodenlösung müssen zum Erhalten einer stabilen Krümelstruktur vorliegen. So betrachtet, dürfte der kurzfristige Einfluß der salzhaltigen Niederschläge im Küstengebiet auf die Bodenstruktur weniger kritisch zu beurteilen sein. Die von CZERATZKI (1961) berichteten und selbst durchgeführten Versuche mit Na-haltigem Beregnungswasser auf Löß bringen hinsichtlich der gemessenen Bodenstrukturschäden zum Teil wesentlich bedeutsamere Ergebnisse. Unterstellt man jedoch die über Jahrhunderte anhaltende Beeinflussung der Marschböden mit Na-haltigem Niederschlagswasser und auch höheren NaAV, so dürften die bodenphysikalischen Eigenschaften dieser Böden im humiden Seeklima und bei Grundwassernähe zum Teil auch durch die Qualität des Niederschlagswassers ihre Erklärung finden. Die recht wechselnden Konzentrationen an in dieser Hinsicht negativ oder positiv wirkenden Elementen finden in meteorologischen Untersuchungen ihre Erklärung.

#### 4. Zusammenhang mit meteorologischen Faktoren

An den sechs eingerichteten Beobachtungsstellen waren wesentliche Unterschiede in den Salzkonzentrationen gefunden worden, die sich in ihrer Höhe bei den einzelnen Elementen zudem erheblich unterscheiden. Schon dadurch ist ein Hinweis auf die Hauptquellen dieser Bestandteile gegeben. Ein noch deutlicheres Bild über die Herkunft der Salze läßt sich aber gewinnen, wenn die Konzentrationen mit der an den Meßtagen herrschenden Witterung in Zusammenhang gebracht werden. Gerade der Einfluß der Meeresnähe, auf den es bei der vorliegenden Untersuchung besonders ankam, wird sich beispielsweise dann am besten herausstellen lassen, wenn man die Meßergebnisse in Abhängigkeit von der jeweiligen Richtung der Luftströmungen betrachtet. Daher wurde das gesamte Material nach den verschiedenen Windrichtungen aufgeteilt, außerdem nach der Windstärke und nach den gefallenem Niederschlagsmengen. Schließlich wurden noch die Verhältnisse bei einigen besonderen Witterungserscheinungen untersucht.

##### a. Abhängigkeit von der Windrichtung

Zur Charakterisierung der Strömungsverhältnisse während der Meßperiode stand die Windrichtung von Norderney zur Verfügung. Für jeden Tag wurde eine Hauptwindrichtung ermittelt (jeweils von 7 Uhr bis 7 Uhr des folgenden Tages entsprechend dem Zeitraum der Niederschlagsmessungen). Damit erfolgte eine Einteilung des Materials in vier Windrichtungsgruppen, die unter dem Gesichtspunkt ausgewählt wurden, in erster Linie den Einfluß des Meeres herauszufinden. Bei Winden von West bis Nordost wird in Norderney die Luft eindeutig von der See her herangeführt. Diese Gruppe wird mit „Nordwestsektor“ bezeichnet. Demgegenüber steht der „Südsektor“ mit Winden aus Südost und Süd, die hier nur die kürzeste Entfernung über das Watt zurückgelegt haben. Winde um Südwest und von der anderen Seite um Ost wehen dagegen etwa parallel zum allgemeinen Küstenverlauf; ihr Weg über Wasser oder Land ist daher nicht so genau zu bestimmen. Für diese Fälle wurden die Gruppen „Südwest“ und „Ost“ gebildet.

Bei den im Binnenland gelegenen Stationen hat diese Einteilung die gleiche Gültigkeit. Winde aus dem „Nordwestsektor“ lassen den stärksten Einfluß des Meeres erwarten. Zusätzlich kann hier eine nochmalige Unterteilung die Verhältnisse weiter verdeutlichen, denn nur Nord-

west- und Nordwinde erreichen von der offenen See her die Binnenlandstationen auf dem kürzesten Wege gegenüber den eigentlichen Westwinden. Dem war auch durch Auswahl der Meßstellen, die etwa in einer Reihe von Nordwest nach Südost liegen (Ausnahme Infeld), Rechnung getragen worden. Im „Südsektor“ kann kaum ein Einfluß des Meerwassers vorhanden sein, und in den beiden übrigen Sektoren sind die Voraussetzungen wieder etwas weniger einheitlich, da hier je nach Lage der Station die Wesermündung und der Jadebusen sowie auf der anderen Seite der Dollart von Bedeutung sein können.

Alle vorhandenen Beobachtungstage wurden nach den oben genannten vier Windrichtungsgruppen unterteilt und für die dann zusammengehörenden Fälle die Mittelwerte der Konzentrationen gebildet. Die Ergebnisse enthält Tabelle 6, der die nachfolgenden Zusammenhänge zu entnehmen sind.

Tabelle 6

Mittlere Konzentration (mg/l) der Beimengungen im Niederschlagswasser bei Winden aus verschiedenen Sektoren

	Nordwest	Südwest	Ost	Süd	Nordwest	Südwest	Ost	Süd
	a) Na <sub>2</sub> O (Mai 1961 bis August 1962)				b) CaO (Mai 1961 bis August 1962)			
Norderney	101,0	20,3	31,2	8,7	12,8	4,5	5,0	6,0
Großheide	24,4	7,6	8,4	4,7	5,1	3,1	5,3	3,1
Abelitzmoor	9,2	5,9	8,5	4,0	2,2	2,1	2,5	4,7
Friedeburg	11,8	6,6	6,5	5,3	3,0	2,6	5,1	2,4
Friesoythe	11,8	5,3	5,9	6,4	2,6	2,6	3,8	2,1
Infeld	23,5	7,9	6,8	4,7	3,8	3,3	5,4	9,3
	c) K <sub>2</sub> O (Mai bis August 1961)				d) MgO (Okt. 1961 bis Aug. 1962)			
Norderney	5,6	2,1	1,4	1,9	8,68	1,78	2,15	1,35
Großheide	2,6	2,2	(8,6)	1,7	1,21	0,62	0,40	0,54
Friedeburg	2,8	3,5	3,1	2,5	0,81	0,49	0,73	0,50
Friesoythe	2,5	1,9	3,8	1,8	0,68	0,53	0,47	0,37
Infeld	2,0	2,9	3,6	1,8	1,08	0,45	0,49	0,36
	e) SO <sub>3</sub> (Mai bis Dezember 1961)				f) NH <sub>4</sub> (Juli bis Dezember 1961)			
Norderney	27,3	10,8	—	14,3				
Friedeburg	9,3	14,4	8,9	12,4				
Infeld	13,9	7,7	19,4	23,2	2,2	2,3	3,0	2,1

Beim Natrium (Tab. 6a) läßt die Aufteilung nach den verschiedenen Windrichtungen ganz besonders gut den vorherrschenden Einfluß des Meerwassers erkennen. In Norderney ist der Gehalt an Na<sub>2</sub>O bei Winden aus dem Nordwestsektor überaus hoch; bei Südwinden geht die Konzentration auf weniger als  $\frac{1}{10}$  dieses Wertes zurück, Südwest- und Ostwinde enthalten etwa  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$ . Weiter binnenwärts nehmen im Nordwestsektor die Werte entsprechend der Entfernung von der Küste ab, so z. B. in Infeld und Großheide auf etwa  $\frac{1}{4}$ , in Friedeburg, Abelitzmoor und Friesoythe auf etwa  $\frac{1}{10}$  desjenigen von Norderney. Der stärkste Rückgang der Konzentrationen ist also in einer etwa 30 km breiten Zone von der Küstenlinie her erfolgt (bis Friedeburg); weiter südlich ändern sich die Werte nur noch wenig. Abelitzmoor mit einer geringeren Küstenentfernung weist nur deshalb einen kleineren Wert als Friedeburg auf, weil dort die Beobachtungsreihe früher abgebrochen werden mußte und daher die Wintermonate mit den hohen Konzentrationen fehlen.

Bei Winden aus dem Südsektor zeigen sich andere Verhältnisse. Alle vier Binnenlandstationen haben fast den gleichen Wert, unabhängig von der Entfernung zur Küste, und sogar Norderney erreicht noch nicht einmal das Doppelte davon. Bei solchen Windrichtungen von

Land her ist also bis dicht an die Küstenlinie heran kein Unterschied in der Natriumkonzentration vorhanden. Bei den übrigen, etwa küstenparallelen Windrichtungen steigen demgegenüber die Werte an den im Binnenland gelegenen Stationen wieder geringfügig an, in Norderney selbst naturgemäß schon etwas stärker. Als Hauptquelle für das Natrium sind damit die Natrium-Salze des Meerwassers offensichtlich angezeigt.

Die Verteilung des Calcium (Tab. 6b) führt zu einem ganz anderen Bild. Zwar hat auch hier noch Norderney den höchsten Wert bei Winden von See her, aber an allen übrigen Stationen zeigt die Konzentration keine einheitliche Abhängigkeit von der Windrichtung mehr, insbesondere keine Bevorzugung des Nordwestsektors, wie es beim Natrium vorhanden war. Auch für Norderney bringen schon die Südwest- und Ostwinde keine Erhöhung der Konzentration gegenüber den reinen Landwinden mehr. An diesen Verhältnissen zeigt sich, daß das Calcium im Niederschlagswasser nicht in erster Linie dem Meerwasser entstammt, sondern von anderen Quellen her in die Luft gelangen muß.

Für das Kalium gilt ähnliches.  $K_2O$  wurde nur in den vier Monaten von Mai bis August 1961 untersucht. Wegen der geringeren Anzahl der Meßtage streuen einzelne Werte etwas stärker (Tab. 6c), aber es ist gut erkennbar, daß gerade im Binnenland die Windrichtung keine Rolle spielt. Das deutet auch beim Kalium darauf hin, daß die Hauptquelle für dieses Element nicht das Meerwasser ist.

Tabelle 6d enthält die Angaben für Magnesium. Hier ist wiederum eine wesentlich stärkere Abhängigkeit von der Meeresnähe festzustellen. Der Einfluß der Windrichtung ist deutlich ausgeprägt. Norderney hat bei Winden aus Nordwest 6- bis 7mal soviel  $MgO$  als bei Südwind. Auch bei den übrigen Stationen im Binnenland ist der Anteil an Magnesium bei Winden aus dem Nordwestsektor merklich höher als bei den übrigen Windrichtungen. Diese Abhängigkeit der Konzentration von den See- bzw. Landwinden weist beim Magnesium wieder auf die Herkunft aus dem Meerwasser hin.

Aus einigen Monaten des Beobachtungszeitraums liegen noch Untersuchungen des Schwefels und des Stickstoffs für Norderney, Friedeburg und Infeld vor. Auch bei diesen Elementen wurde nach einer Abhängigkeit von der Windrichtung gesucht (Tab. 6e und 6f). Beim Stickstoff weichen die Werte für alle vier Windrichtungsgruppen wenig voneinander ab. Beim Schwefel hat Infeld die höchsten Konzentrationen im Süd- und Ostsektor, nur Norderney im Nordwestsektor. Ein Zusammenhang mit den Luftströmungen von See her scheint hier im Binnenland nicht vorzuherrschen, vielmehr kommen als Quellen eher Industrieanlagen in Betracht, z. B. diejenigen Nordenhams, und die wechselnden Konzentrationen sind dann unter anderem durch die jeweiligen Winde bedingt, die diese Bestandteile mit sich führen.

Wie schon erwähnt wurde, erreichen von allen Winden des Nordwestsektors, also des Seesektors, nur diejenigen die Binnenlandstationen auf kürzestem Wege, die unmittelbar aus Nordwest bis Nord kommen. Um nachzuprüfen, ob sich bei diesen besonderen Windverhältnissen die hohen Konzentrationen noch besonders häufen, wurde dieser Sektor für das Element Natrium nochmals unterteilt (Tab. 7). Es zeigt sich, daß bei diesen auf kürzestem Wege ins Binnenland eindringenden Luftströmungen eine weitere Erhöhung der Natriumkonzentration gegenüber dem allgemeinen Mittel aus dem Seesektor vorhanden ist. Bei solchen meteorologischen Bedingungen gibt es auch im Binnenland die in Abschnitt 3 genannten Tage mit hoher Natrium- bzw. Salzgefährdung.

#### b. Einfluß der Windstärke

Als zweiter meteorologischer Parameter wurde die Windstärke in ihrem Einfluß auf die Salzkonzentration untersucht. Wie eben erwähnt, schien gerade bei denjenigen Elementen, die

Tabelle 7  
Konzentration von Na<sub>2</sub>O bei Unterteilung des Nordwestsektors

	Winde zwischen Nordwest und Nord mg/l	übrige Winde mg/l
Norderney	254,0	59,8
Großheide	41,5	18,0
Abelitzmoor	12,5	6,8
Friedeburg	24,7	7,7
Friesoythe	26,5	8,5
Infeld	57,1	11,5

eine starke Abhängigkeit von der Küstenentfernung zeigten, der verschieden schnelle Herantransport der Luftmassen einen solchen Zusammenhang wahrscheinlich zu machen. Wegen des vorherrschenden Einflusses der Windrichtung, zumindest bei einigen Elementen, konnte diese Untersuchung nur innerhalb der einzelnen Windrichtungsgruppen durchgeführt werden. In Tabelle 8 sind für Na<sub>2</sub>O und CaO die Ergebnisse des Nordwest- und des Südsektors einander gegenübergestellt. Entsprechend dem Tagesmittel der Windstärke von Norderney wurden die Beobachtungen nach drei verschiedenen Stärkestufen unterteilt.

Tabelle 8  
Abhängigkeit der Na<sub>2</sub>O- und CaO-Konzentration in mg/l von der Windstärke  
Stufe 1 = 0—2,4 Bft., Stufe 2 = 2,5—4,9 Bft., Stufe 3 = mehr als 5 Bft.

	Winde aus dem Nordwestsektor			Winde aus dem Südsektor		
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
a) Na <sub>2</sub> O						
Norderney	71,7	95,5	135,1	(84,5)	12,4	5,9
Großheide	8,2	16,8	30,5	(13,1)	4,6	3,4
Friedeburg	6,6	8,5	13,8	5,4	4,8	6,2
Friesoythe	7,0	9,4	12,9	3,4	4,8	5,6
Infeld	7,4	18,9	31,0	4,8	4,9	4,3
b) CaO						
Norderney	12,4	12,1	13,3	(19,2)	5,6	3,4
Großheide	4,4	5,2	4,7	(19,0)	3,3	1,5
Friedeburg	4,7	2,9	2,5	3,3	2,7	1,6
Friesoythe	3,0	2,5	2,3	1,9	3,7	1,8
Infeld	1,3	4,8	3,0	2,7	8,0	9,3

Bei Winden aus dem Nordwestsektor wächst die Konzentration von Na<sub>2</sub>O mit zunehmender Windstärke ganz beachtlich an. Das trifft sowohl für Norderney zu als noch mehr für die weiter im Binnenland gelegenen Stationen. Während von der niedrigsten zur höchsten Windstärkestufe die Konzentration in Norderney auf etwa das Doppelte ansteigt, macht diese Zunahme an den meisten übrigen Orten sogar ein Mehrfaches des niedrigsten Wertes aus. Das mag auf zwei Ursachen hinweisen. Bei einer größeren Windstärke wird erheblich mehr Wasser von der Meeresoberfläche als Gischt verspritzt, und auf diese Weise gelangen auch mehr Salzpartikelchen in die Luft. Daher ist in jedem Falle ein höherer Salzgehalt der Luft bei größeren Windstärken zu erwarten, sowohl dicht am Meer als auch in größerer Entfernung. Für die Orte im Binnenland kommt außer dieser größeren Salzanreicherung noch hinzu, daß bei stärkeren Winden die Luft in kürzerer Zeit größere Entfernungen zurücklegt und daher auch aus diesem Grunde am jeweiligen Beobachtungsort mit einer höheren Konzentration ankommen

kann als bei einer langsamen Luftbewegung, bei der die Möglichkeit vorherigen Ausregens viel größer ist.

Es erscheint sehr aufschlußreich, daß bei Winden aus dem Südsektor, bei denen die Entfernung zur Küste nicht gleichbedeutend mit dem Weg der Beimengungen von deren Quelle her ist, keine erhöhte Konzentration mit zunehmender Windstärke beobachtet wird. Es hat eher den Anschein, als wenn niedrigere Windstärken mit einem etwas größeren Salzgehalt gekoppelt sind. Das kommt noch deutlicher zum Ausdruck beim Element Calcium. Der Gehalt an CaO steigt auch im Nordwestsektor mit zunehmender Windstärke nicht an, sondern hier sind an den meisten Orten die Werte bei starken Winden sogar am niedrigsten. (Eingeklammerte Werte beruhen nur auf wenigen Einzelmessungen und streuen daher stärker.)

Dieses verschiedenartige Verhalten von  $\text{Na}_2\text{O}$  und CaO weist darauf hin, daß die aus dem Meerwassers kommenden Bestandteile besonders bei starken Winden in die Luft gelangen und dann auch gegebenenfalls am schnellsten ins Binnenland transportiert werden, während anderen Quellen entstammende Beimengungen eher bei schwachen Winden in höherer Konzentration vorhanden sind. Auch letzteres ist verständlich, denn gerade die von der Industrie an die Luft abgegebenen Verunreinigungen bleiben bei einer schwachen, ruhigen Luftbewegung länger in der Umgebung erhalten als bei einer starken, turbulenten Strömung, bei der sie schnell in größere Höhen verteilt werden.

#### c. Zusammenhang der Konzentration mit der Niederschlagsmenge

Es ist von besonderer Bedeutung, die Abhängigkeit der Salzkonzentration von der jeweils gefallenen Niederschlagsmenge zu kennen. Erst dann lassen sich die dem Boden mit dem Regenwasser zugeführten Stoffe in ihrer Quantität ermitteln und damit deren positive oder negative Auswirkungen abschätzen. Für alle untersuchten Elemente wurde ein Zusammenhang zwischen ihrer Konzentration im mg je Liter Regenwasser und der tatsächlich gefallenen Niederschlagsmenge gefunden. Das Ergebnis enthält Tabelle 9. Die vorliegenden Meßwerte sind in folgende vier Gruppen verschiedener Niederschlagsintensität (Tagessummen) unterteilt worden: 0,1 bis 1,0 mm, 1,1 bis 5,0 mm, 5,1 bis 10,0 mm, über 10 mm. Wegen der starken Abhängigkeit von der Windrichtung wurden bei  $\text{Na}_2\text{O}$  und MgO nur die Tage mit Winden aus dem Nordwestsektor herangezogen, bei den übrigen Elementen dagegen alle Beobachtungswerte benutzt.

Es ergibt sich eindeutig, und zwar für alle untersuchten Elemente, daß bei größeren Niederschlagsmengen die Konzentrationen in mg/l merklich abnehmen. Hohe Konzentrationen treten nur bei kleineren Regenmengen auf. Das ist verständlich, denn die jeweils in der Luft vorhandene Menge an Bestandteilen verteilt sich beim Auswaschen im Falle starker Niederschläge auf eben diese größere Wassermenge. In der Auswirkung hat diese Tatsache insofern besondere Bedeutung, als bei geringen Niederschlagsmengen vor allem die Oberflächen des Bodens und auch der Pflanzen benetzt werden, diese also höheren Salzkonzentrationen ausgesetzt sind. Für die Gesamtmenge der dem Boden zugeführten Stoffe ist dagegen nur das Produkt aus Konzentration und Niederschlagsmenge maßgebend, in dem bei Ansteigen des einen Faktors der andere kleiner wird.

#### d. Auswirkungen besonderer Wetterlagen

Die am stärksten herausfallende Wetterlage im ganzen Beobachtungszeitraum waren die Tage der Sturmflut im Februar 1962. Außer während der eigentlichen Flutkatastrophe am 16. und 17. Februar herrschte schon tagelang vorher stürmischer Nordwestwind. Sowohl von

Tabelle 9

Abhängigkeit der Konzentrationen in mg/l von der Niederschlagsmenge

	Regenmenge 0,1—1,0	1,1—5,0	5,1—10,0	über 10 mm
a) Na <sub>2</sub> O	(nur bei Winden aus dem Nordwestsektor)			
Norderney	150,6	69,2	34,2	(72,3)
Großheide	38,4	14,2	8,2	(15,3)
Friedeburg	10,2	15,6	8,8	5,8
Friesoythe	14,0	10,5	5,6	6,5
Infeld	70,5	18,2	6,2	6,6
b) CaO	(bei allen Windrichtungen)			
Norderney	18,7	7,4	3,7	3,9
Großheide	10,4	3,2	2,0	1,7
Friedeburg	4,2	3,1	1,7	1,1
Friesoythe	5,3	2,7	1,6	1,1
Infeld	10,4	5,6	2,7	2,4
c) MgO	(nur bei Winden aus dem Nordwestsektor)			
Norderney	9,43	8,50	3,22	4,35
Großheide	1,92	1,45	0,48	1,55
Friedeburg	0,92	1,18	0,52	0,36
Friesoythe	2,54	0,81	0,34	0,68
Infeld	1,50	1,22	0,63	0,43
d) K <sub>2</sub> O	(bei allen Windrichtungen, Mai bis August 1961)			
Norderney	7,5	4,8	2,6	1,3
Großheide	4,6	2,6	2,0	1,7
Friedeburg	3,4	2,9	4,2	1,7
Friesoythe	5,0	2,5	2,0	1,5
Infeld	4,6	2,1	1,9	1,4
e) SO <sub>3</sub>	(bei allen Windrichtungen, Mai bis Dezember 1961)			
Norderney	36,6	25,8	15,2	7,0
Friedeburg	10,9	12,7	7,8	7,4
Infeld	34,7	16,3	9,0	10,0

der Windrichtung als auch von der Windstärke her waren also alle Voraussetzungen dafür gegeben, daß die Luft und damit das Niederschlagswasser in dieser Zeit eine überaus hohe Konzentration zumindest derjenigen Bestandteile enthielt, die dem Meerwasser entstammen. So weist der Februar 1962 die höchsten Monatsmittelwerte des Beobachtungszeitraumes auf (Abb. 3 und 4). Wenn man die aus den einzelnen Tagesproben ermittelten Konzentrationen mit den in Tabelle 7 enthaltenen, an sich schon hohen Durchschnittswerten für Nordwest- bis Nordwinde vergleicht (Na<sub>2</sub>O), ergeben sich vor und während der Sturmflut fünf Tage mit Niederschlag, an denen diese sonst für stürmische Nordwestwetterlagen gültigen Durchschnittswerte erheblich überschritten wurden. Die höchsten Konzentrationen waren am 17., 18. und 19. Februar vorhanden und sind in Tabelle 10 angegeben.

Es zeigt sich, daß an diesen Tagen bei Na<sub>2</sub>O und MgO vielfach das 15- bis 20fache oder mehr derjenigen Menge gefunden wurde, die sonst als Durchschnitt bei Winden aus dem Nordwestsektor gilt. Auch bei CaO sind zwar die Werte erhöht; es ist aber bezeichnend, daß bei dieser nicht in erster Linie dem Meerwasser entstammenden Beimengung die Erhöhung mit Ausnahme von Norderney nur das 4- bis 7fache beträgt.

Für die Abschätzung der Auswirkungen dieser an den Sturmfluttagen vorhandenen besonders hohen Salzkonzentration ist zu beachten, daß die gefallenen Niederschlagsmengen verhältnismäßig gering waren. Die im Regenwasser enthaltenen Bestandteile sind daher in erster

Tabelle 10

Höchste während der Sturmflutwetterlage gemessene Konzentration (a)  
im Vergleich zu den Durchschnittswerten bei Winden aus dem Nordwestsektor (b);  
Verhältnis beider Werte (c)

		(a)	(b)	(c)
Na <sub>2</sub> O	Norderney	> 2000 mg/l	101,0 mg/l	> 20fach
	Großheide	399,0	24,4	16
	Friedeburg	230,1	11,8	20
	Friesoythe	107,3	11,8	9
	Infeld	773,5	23,5	33
MgO	Norderney	> 625	8,68	> 72
	Großheide	45,5	1,21	38
	Friedeburg	19,5	0,81	24
	Friesoythe	11,2	0,68	16
	Infeld	15,9	1,08	15
CaO	Norderney	190,0	12,8	15
	Großheide	24,0	5,1	5
	Friedeburg	21,0	3,0	7
	Friesoythe	10,0	2,6	4
	Infeld	28,0	3,8	7

Linie auf die Bodenoberfläche gelangt, weniger in die tieferen Schichten, und außerdem auf die Pflanzenbestände selbst. Hier waren zudem nicht nur die aus der Benetzung mit dem Niederschlag zurückbleibenden Salze entscheidend, sondern die unmittelbar aus der Luft stammenden Mengen müssen mindestens gleichbedeutend gewesen sein. Bei dem überaus hohen Salzgehalt der Luft, der zwar hier nicht gemessen wurde, für den die im Niederschlagswasser gefundenen Mengen aber als Maßstab dienen können, haben sich besonders an der dem starken Wind zugekehrten Seite der Pflanzen auf den Blättern und Nadeln hochkonzentrierte Salzlösungen gebildet, deren Auswirkungen bei Nadelbäumen und Obstkulturen WEISSENBORN (1962) ausführlich beschreibt. Die Tatsache, daß dabei die Niederschlagsmengen nur gering waren, hat deshalb eine besondere Bedeutung, da andernfalls die Salze viel schneller wieder abgewaschen worden wären. Die nächsten vier Tage nach der Sturmflut blieben völlig niederschlagsfrei und in den darauffolgenden vierzehn Tagen gab es nur geringen Schneefall. In dieser ganzen Zeit kann also kein Abwaschen der Salze erfolgt sein. Die hierbei entstandenen Schäden waren besonders an immergrünen Pflanzen charakteristisch.

So nimmt die Sturmflutwetterlage im Februar 1962 auch bezüglich des Salzgehaltes der Luft und des Niederschlagswassers eine Ausnahmestellung ein, die sich durch ganz besonders hohe Konzentrationen und die dadurch bedingte Einwirkung auf Boden und Pflanze auszeichnet. Suchte man dagegen in den Meßergebnissen nach weiteren Zusammenhängen zwischen der Menge der chemischen Beimengungen im Niederschlagswasser und anderen als den genannten Witterungserscheinungen, beispielsweise Gewitter, Nebel oder Schneefall, so ließe sich keine eindeutige Beziehung mehr finden. Wohl gab es besonders bei den Elementen Calcium und Schwefel noch einige Tage mit herausfallend hohen Werten; diese konnten aber nicht mit einem Witterungsereignis in Zusammenhang gebracht werden, sondern sind vermutlich durch die verschieden hohe Abgabe industrieller Abgase bedingt. Bei den dem Meerwasser entstammenden Salzen hängt deren Menge vorherrschend von der Gewalt des Windes ab, der das Wasser von der Meeresoberfläche in die Luft spritzt, sowie von Richtung und Stärke der Luftströmungen, die sie ins Binnenland hineinragen. Demgegenüber treten andere Witterungsfaktoren in ihrer Bedeutung ganz zurück.

## 5. Zusammenfassung

An sechs im oldenburgisch-ostfriesischen Nordseeküstengebiet mit unterschiedlicher Entfernung zur Küste angelegten Meßstellen wurde die Qualität der in diesem Raum fallenden Niederschläge untersucht. Die chemischen Untersuchungen erstrecken sich auf Ca, Mg, Na, K,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$  und elektrische Leitfähigkeit. Im Vergleich zu Angaben aus dem Binnenland werden bis zur fünfzigfachen Menge der genannten Anionen und Kationen im Niederschlagswasser des Küstenraums festgestellt. Im Natriumadsorptionsverhältnis und durch die elektrische Leitfähigkeit ausgewertet, ergibt sich für die hier vorliegenden besonders strukturrempfindlichen Marschböden eine zusätzliche Belastung durch eine Natrium- bzw. allgemeine Salzgefährdung. Eine deutliche Abhängigkeit des Salzgehaltes des Regenwassers zur Küstennähe, Windrichtung, Windstärke und Niederschlagsmenge konnte durch statistische Auswertung ermittelt werden. Die Bedeutung extremer Witterungsverhältnisse wird am Beispiel der Untersuchungsergebnisse zur Zeit der Sturmflut im Februar 1962 unterstrichen.

## 6. Schriftenverzeichnis

- CAUER, H.: Über das Jod der Luft, Chemismus und bioklimatische Bedeutung. Ztschr. f. d. gesamte physikalische Therapie 43, 1932.
- CZERATZKI, W.: Der Einfluß natriumhaltigen Beregnungswassers auf die Bodenstruktur, dargestellt am Beispiel eines Lehmbodens (Löß). Z. f. Kulturtechnik 2, 217, 1961.
- EGNÉR, H.: Die Bedeutung der Nährstoffzufuhr durch Luft und Niederschläge für die Bodenfruchtbarkeit. Landw. Forschung, Sonderh. 7, 90, 1956.
- ERIKSON, E.: Composition of atmospheric precipitation, I and II. Tellus 4, 215, 280, 1952.
- ERIKSON, E.: Die Zufuhr von Pflanzennährstoffen durch die Luft. Växtnäringsnytt 15, 1, 1959.
- GERICKE, S. und KURMIES, B.: Pflanzennährstoffe in den atmosphärischen Niederschlägen. Die Phosphorsäure 17, 279, 1957.
- HASELHOFF, E.: Versuche über den Stickstoffhaushalt im Ackerboden. Landw. Versuchsstationen 102, 89, 1924.
- KRZYSCH, G.: Der N-P-K-Gehalt der Niederschläge in Dahlem. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 82, 138, 1958.
- KULLMANN, A. und KOITZSCH, R.: Über Einfluß der Beschaffenheit des Leitungswassers auf die Stabilitätszahl von Bodenaggregaten. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 94, 163, 1961.
- LEMMERMANN, O. und EINICKE, A.: Weitere Beiträge zur Frage der Stickstoffassimilation des weißen Senfs. Landw. Versuchsstationen 73, 425, 1910.
- NEUHAUS, H.: Strukturschwankungen von Marschböden unter Einfluß von Klima und Meliorationsmaßnahmen. Diss. Göttingen 1962.
- NEUWIRTH, R.: Ergebnisse neuerer Luft- und niederschlagschemischer Untersuchungen und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 128, 147, 1957.
- PFÄFF, C.: Über Lysimeterversuche. Der Forschungsdienst, Sonderh. 6, 102, 1937.
- RIEHM, H. und QUELLMALZ, E.: Die Bestimmung der Pflanzennährstoffe im Regenwasser und in der Luft und ihre Bedeutung für die Landwirtschaft. Staatl. Landw. Versuchs- u. Forschungsanst. Augustenberg, Festschr. S. 171 ff., 1959.
- RIEHM, H.: Die Bestimmung der Pflanzennährstoffe im Regenwasser und in der Luft unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffverbindungen. Agrochimica (Pisa) 5, 174, 1961.
- SCHARRER, K. und SCHRÖPP, W.: Über den Stickstoffgehalt der Niederschläge. Der Forschungsdienst 5, 409, 1938.
- SCHARRER, K. und FAST, H.: Untersuchungen über die dem Boden zugeführten Pflanzennährstoffe. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 55 (100), 97, 1951.
- STRATMANN, H.: Untersuchungen über den Schwefeldioxydgehalt bodennaher Luftschichten in der Umgebung von Steinkohlen-Kraftwerken. Mitt. Vereinig. Großkesselbesitzer H. 37, 705, 1955.
- US SAL. LAB. STAFF: Diagnosis and Improvement of saline and alkali Soils. USDA Agric. Handbook 60, Wash. 25 DC 1954.
- WEISSENBORN, K.: Ein wenig bekannter Folgeschaden der Februar-Stürme 1962. Mitt. d. Obstbauversuchsringes des Alten Landes 17, 208, 1962.

# Der Deichbruch des Ülvesbüll Kooges in der Februar-Sturmflut 1962

## Versalzung – Übersandung – Rekultivierung

Von Erich Wohlenberg

### Inhalt:

I. Einleitende Vorbemerkungen	
1. Der Anwachs vor Ülvesbüll und seine Bedeichung . . . . .	52
2. Der junge Seedeich von 1935 während der Oktober-Sturmfluten 1936 . . . . .	55
II. Deich und Koog während der Februar-Sturmflut 1962	
1. Die Deichschäden . . . . .	57
2. Der Deichbruch und die Überflutung des Kooges . . . . .	59
III. Salzhaushalt, Salzbewegung, Saat und Ernte 1962	
1. Die Versalzung von Acker und Weide unmittelbar nach dem Deichbruch . . . . .	62
2. Die erste Beratung der bäuerlichen Betriebe . . . . .	67
3. Die Salzbewegung im allgemeinen . . . . .	69
4. Die Salzbewegung im Raps-Acker . . . . .	73
IV. Die Übersandung des Kooges im Bereich des Durchbruchs	
1. Deichbruch und Wehle . . . . .	77
2. Die Übersandung . . . . .	79
V. Der Wasserhaushalt der Wehle nach dem Trockenfallen des Kooges . . . . .	80
VI. Die Beseitigung der Wehle und ihre Folgen . . . . .	82
1. Der Salzhaushalt im Füllboden der Wehle und im benachbarten ungestörten Koogsboden . . . . .	84
VII. Bodenkundliche Erkenntnisse und Empfehlungen . . . . .	87
VIII. Schlußbemerkung . . . . .	88
IX. Zusammenfassung . . . . .	88
X. Schriftenverzeichnis . . . . .	89

### I. Einleitende Vorbemerkungen

#### 1. Der Anwachs vor Ülvesbüll und seine Bedeichung

Der Ülvesbüller Koog liegt an der Nordküste der Halbinsel Eiderstedt gegenüber der Insel Nordstrand etwa 15 km von Husum entfernt (Abb. 1). Die Vorbedingungen für seine Entstehung gehen auf die Eindeichungen des späten Mittelalters zurück.

Als in den Jahren 1576 bis 1579 auf Veranlassung des Herzogs ADOLF das „Niewerk zu Ülvesbüll“ (später Adolfskoog genannt) nach vielen Fehlschlägen eingedeicht wurde, trat für die benachbarten, für die Deichunterhaltung damals allein verantwortlichen Gemeinden Ülvesbüll, Koldenbüttel, Simonsberg und Witzwort eine seit langem angestrebte Entlastung ein. Die Gemeinde Ülvesbüll hatte bis dahin nämlich zwei Fronten zu halten, westwärts gegen die Hever und nordwärts gegen das Mündungsgebiet der sogenannten „Nordereider“. Noch heute zeugen auf einer Deichstrecke von knapp 500 m vier große und tiefe Wehlen von den Deichbrüchen früherer Jahrhunderte, durch die das östliche Eiderstedt im 14., 15. und 16. Jahrhundert immer wieder überflutet wurde. Aus der Chronik des IWEN KNUTZEN aus Wobbenbüll vom Jahre 1588 sowie der zeitgenössischen Karte des Husumer Kartographen JOHANNES MEJER aus dem Jahre 1648 ist zu entnehmen, wie schwierig die Bedeichungen der großen Tiefen mit

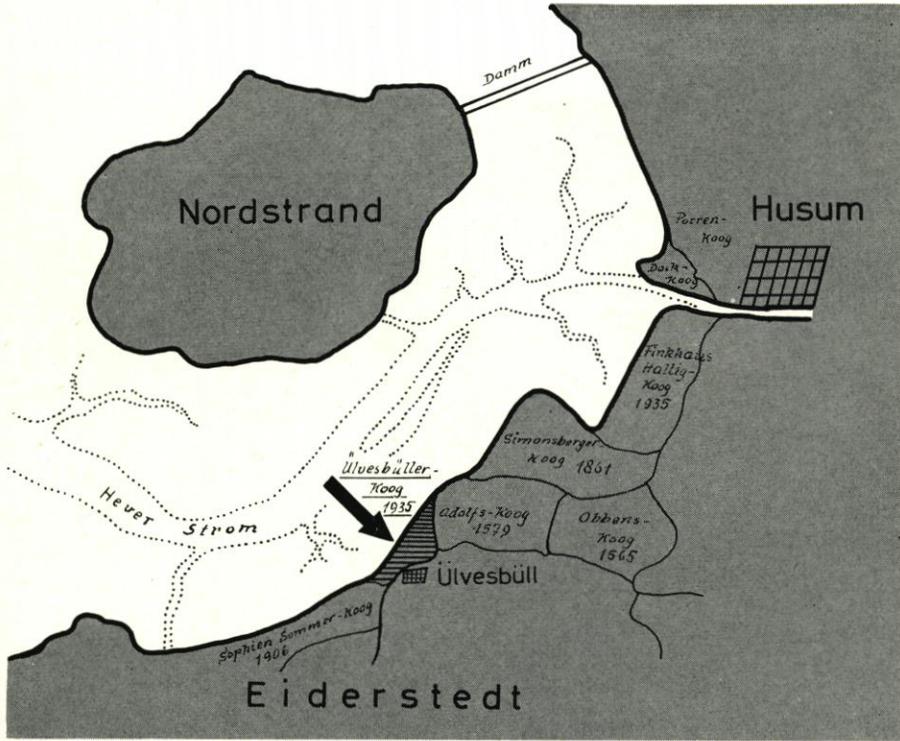


Abb. 1. Die geographische Lage des Ulvesbüller Kooges an der Nordküste der Halbinsel Eiderstedt

den damaligen Mitteln gewesen sind. Nicht nur die Wehlen sind im Landschaftsbild erhalten geblieben, sondern auch der Lauf der „Nordereider“ ist in den nacheinander bedeihten Kögen so zu verfolgen, wie es die Karte von 1648 zeigt (Abb. 2).

Mit der Eindeichung des Adolfskooges im Jahre 1579 war der Weg für neuen Anwachs zwar frei, aber die Mündungsarme der „Nordereider“ bestimmten zunächst noch die tiefe Lage des Watts, und es hat lange gedauert, bis die Tiefen durch die Sedimente der Hever aufgefüllt wurden.

Zum erstenmal ist auf einer Karte des III. Deichbandes vom Jahre 1806 (Tafel 63 bei FISCHER 1956) ein junges Vorland verzeichnet.

Pläne zur Intensivierung der Landgewinnung und Verbesserung der Vorländer im allgemeinen gehen mit der Gründung des „Domänendirectorats“ auf die fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück (FISCHER 1956, S. 274). Diese Pläne befaßten sich nach dem Gutachten des Deichinspektors v. CARSTENSEN besonders mit der „Simonsberger- und Tomlauer-Bucht“. Das kleine Anwachsgebiet im Ulvesbüller Winkel bot damals jedoch keinen Anreiz für eine planmäßige Landgewinnung. Das änderte sich erst um die Jahrhundertwende. Nach etwa zwanzigjähriger intensiver Grüppelarbeit, verbunden mit dem Lahnungsbau der Preußischen Domänenverwaltung, war die Bucht verlandet. Abbildung 3 gibt eine genaue Vermessung des Ulvesbüller Anwachs für das Jahr 1928 wieder.

In diesem Zustand etwa erfolgte in den Jahren 1934/35 die Bedeihtung (Abb. 4). Das bedeihte Gebiet erhielt den Namen „Ulvesbüller Koog“. Er ist mit einer Nutzfläche von nur 105 ha der kleinste jener neun Köge, die in den Jahren 1934 bis 1939 an der schleswig-holsteinischen Westküste bedeiht wurden (PFEIFFER 1938, WOHLBERG 1939). Die Öffentlichkeit

nahm seinerzeit kaum Notiz von diesem Deichbau; auch gab es keine Einweihungsfeier, und die Namensgebung erfolgte stillschweigend, eigentlich nur auf der sachlichen Ebene fiskalischer Akten. Der Hauptgrund für diese Bedeckungsmaßnahme war nicht die Gewinnung neuen Landes für bäuerliche Siedlungen, sondern einerseits eine zeitgemäße Arbeitsbeschaffung und andererseits die Verkürzung der bisher im rechten Winkel zueinander verlaufenden Deichlinien

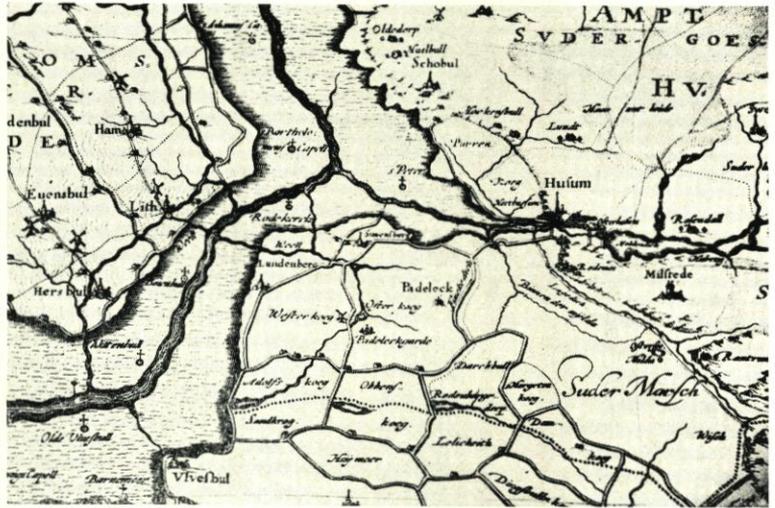


Abb. 2.  
Die Küste bei Ulvesbüll  
um 1648. Ausschnitt  
aus der Karte des Husumer  
Kartographen JOHANNES  
MEJER (nach DANCK-  
WERTH 1652)

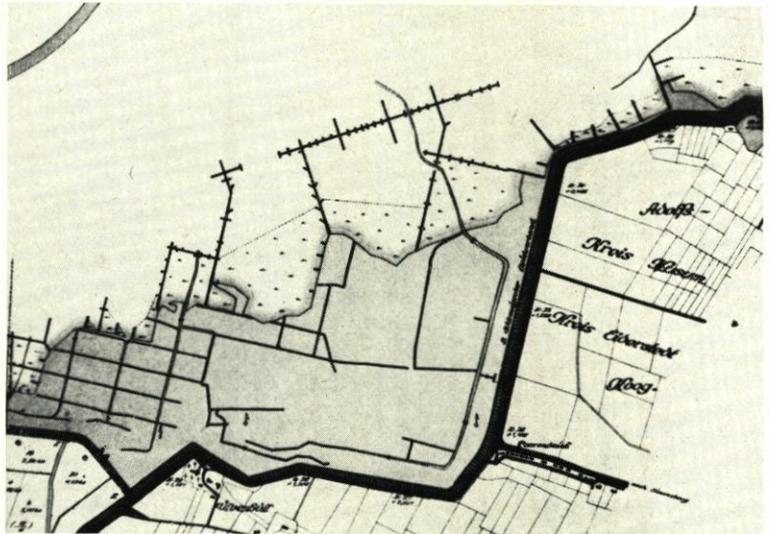


Abb. 3.  
Der bis dahin der natür-  
lichen Verlandung  
überlassen gebliebene  
Anwachs wurde nach  
dem ersten Weltkrieg in  
die staatlichen Land-  
gewinnungsarbeiten  
einbezogen  
Stand der Arbeiten 1928

zwischen Adolfskoog und Ulvesbüll (Verkürzung um etwa 35 v.H.). Vier bäuerliche Siedlungen und zwei Landarbeiterstellen wurden errichtet. Der Koog wurde durch ein kleines Schöpfwerk mit einer Förderleistung von 150 l/s zur Hever hin entwässert und mit einem chausseierten Wegenetz versehen. Während in den rückwärts liegenden Kögen des späten Mittelalters (Adolfskoog 1579, Obbenskoog 1565 und Leglichkeitskoog 1548) noch heute der ehemalige Lauf der „Nordereider“ im Gelände zu verfolgen ist (Abb. 2), sind im kleinen Ulvesbüller Koog keine Spuren jener Vorgeschichte mehr zu entdecken. Die jungen Sedimente haben das alte Flußbett aufgefüllt und zugedeckt. Auf ihnen pflügt seit 1935 der Bauer. Vor dem

neuen Seedeich wächst seit 1935 mit Hilfe planmäßiger Landgewinnungsarbeiten bereits wieder eine neuer Anwachs heran, ein Vorgang, wie er sich bereits früher vor dem Deich des Adolfskooges anbahnte und wie er für eine positive, heute von Landgewinnungsmaßnahmen gesteuerte Küstenentwicklung bezeichnend ist.

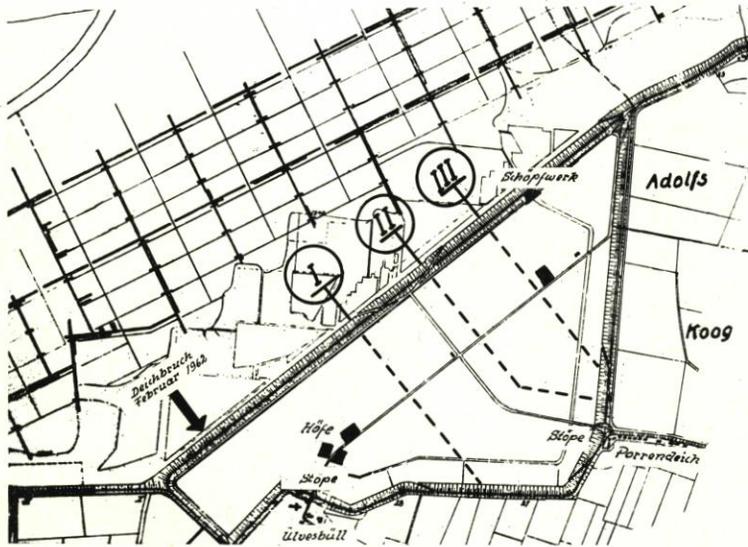


Abb. 4. Die Bedeichung des Anwachs im Jahre 1935 verkürzt die Seedeichlinie Adolfskoog-Ülvesbüll um ein Drittel. Vor dem Deich neue Landgewinnungswerke. Die drei gestrichelten Linien (I, II und III) geben die Lage der Untersuchungsprofile im überflutet gewesenen Koog an (vgl. Tabelle 5 bis 7 und Abb. 23)

## 2. Der junge Seedeich von 1935 während der Oktober-Sturmfluten 1936

Bereits während der Sturmfluten im Herbst des Jahres 1936, ein Jahr nach der Bedeichung, konnten am Ülvesbüll Seedeich Erscheinungen festgestellt werden, die den Bruch des Deiches in der Februar-Sturmflut 1962 begünstigt haben werden.

Während dieser beiden Sturmfluten zeigte sich, daß einerseits die frische Sodendecke dem Angriff der See noch nicht gewachsen war, andererseits aber sowohl der Deichkern als auch seine „Klei“-Abdeckung aus einem Boden aufgebaut waren, der wegen seiner Korngrößenzusammensetzung bei Wasseranreicherung instabil wurde.

Während der eigentliche Deichkern aus Schluff und Feinsand, also aus feinstem Korngefüge bestand, die man aus dem Vorland und den darunterliegenden Wattablagerungen gewonnen hatte, war auch die „tonige“ Abdeckung des Deichkerns den örtlichen Sedimentationsverhältnissen entsprechend zu mager ausgefallen. Aber örtlich stand nichts Besseres zur Verfügung. Die bodenmäßige Bindung des Deichkerns ist infolgedessen nur schwach ausgebildet. Das Verhältnis der hier vornehmlich vorliegenden Korngrößen (Feinsand-Mehlsand-Schluff) ist nicht geeignet, dem Deichinnern eine ausreichende Konsistenz zu verleihen. Bei eintretender Wasserübersättigung bricht das ohnehin nur schwach ausgebildete Gefüge zusammen und läuft formlos auseinander. So waren in der Nachbarschaft der Sturmflutschäden 1936 die allzu sandigen Erdmassen infolge Wasserübersättigung unterhalb (!) der Sodendecke buchstäblich ins Schwimmen und damit in Bewegung geraten und hatten sich derart verlagert, daß die Berme

das dem Deich beim Bau zuge dachte Profil stellenweise einbüßte und eine bis dahin im Deichbau unbekannte, örtlich begrenzte Aufwölbung und daneben einen entsprechenden Schwund in der Deichsubstanz zeigte (Abb. 5).

Beim Deichbau unseres Jahrhunderts wurde entlang der ganzen Küste für die Seedeiche bisher bekanntlich eine durchweg einheitliche Profilstaltung angewendet. Die eigenartigen Schäden des Jahres 1936 am Ülvesbüller Deich ließen jedoch erkennen, daß es für das Deichbestick keine überall anwendbare Norm gibt. Eine Norm gibt es nur, solange die für den Deichbau verwendete Erdmasse in ihrer Kornzusammensetzung mit den Böschungsverhältnissen und der Höhenlage über MThw im Einklang steht. Mit anderen Worten: Bei einem Seedeich mit einer wirklich tonreichen Abdeckung oder – wie es bei unseren historischen Deichen der



Abb. 5.  
Seedeich Ülvesbüll: Aufwölbung der Grasnarbe in der Sturmflut vom 27. Oktober 1936. Die feinsandige, unter der Sodendecke liegende Deicherde war durch Wasserübersättigung in Bewegung geraten  
Aufn. E. Wohlenberg

Fall ist — mit einem Innenkörper aus fettem Klei, können Profilstaltung und Bermenlage anders (hier: sparsamer) ausfallen als bei den leichten Seedeichen im nördlichen Eiderstedt, wo sich der junge Anwachs im Bereich der Hever und damit das Deichbaumaterial durch einen großen Gehalt an Feinsand und Schluff auszeichnen<sup>1)</sup>.

Hiermit in engem Zusammenhang steht die biotechnische Komponente, d. h. die Abwehrkraft der Pflanzendecke gegen die Erosionskräfte der Sturmflutwellen. Während sich auf einem Kleideich oder einem mit einer tonreichen Deckschicht gesicherten Seedeich (Lübke-Koog, 1954 und Hauke-Haien-Koog, 1958/59) im Laufe der Jahre eine Gräsergesellschaft einstellt, die der bekannten Dauerweide (= *Lolium-Cynosuretum*, TÜXEN 1937) entspricht und von den Schafen gern und intensiv beweidet wird, stellen sich auf den leichten Deichen minderwertigere Gräser und Moose ein.

Dies war auch in den vergangenen drei Jahrzehnten an der Pflanzendecke des Ülvesbüller Seedeiches zu beobachten. Hier enthält die Vegetation des Deiches einen hohen Anteil an der rhizomführenden Salzquecke (*Agropyron littorale*). Der Bestand war so allgemein und vor-

<sup>1)</sup> Nach der Sturmflut 1962 wird bei der Wiederherstellung der Deichprofile endlich eine Deichreform erkennbar (vgl. SUHR 1962), und auch die Arbeitsgruppe „Küstenschutzwerke“ im Küstenausschuß Nord- und Ostsee erhebt mit den 1962 veröffentlichten „Empfehlungen“ erstmalig die Forderung nach einer auf die Eigenschaften der verwendeten Deicherde abgestimmten Profilstaltung. Das sind Anzeichen dafür, daß der bisher gültige Schematismus im Deichbau allmählich abgebaut und den übrigen, nicht weniger wichtigen Faktoren (Korngröße, Pflanzendecke, Exposition, Bermenhöhe u. a.) der ihnen so lange vorenthalte Platz eingeräumt wird.

Einen wesentlichen Bestandteil dieser Reformpläne bilden die Projekte der Küstenbegradigung [= Verkürzung der Seedeichstrecken] (SUHR 1962, BOTHMANN 1960).

herrschend, daß die Schafe den Deich nur unter Zwang beweideten. Jeder Bauer weiß, daß ein von Unlust getragener Weideakt keine abwehrbereite Grasnarbe erzeugen kann. Die Folgen davon sind ein hoher horstiger Graswuchs, eine zwar tiefreichende, aber unter der Oberfläche schlechte Wurzelbildung (Abb. 6), das Ausbleiben des täglich wiederholten Vertritts durch die Weidetiere, das Fehlen der Sekundärbestockung in der Vertrittspur sowie die Begünstigung der wühlenden Tiere wie Maulwürfe und Mäuse, wovon die letztgenannten im hohen Grasbestand vorzügliche Deckung ihrer oberirdisch verlaufenden Wechsel finden, noch dazu vollkommen ungestört vom Weidetrtritt der Schafe.

Um dem Ülvesbüller Deich eine festere Narbe und den Tieren einen Anreiz zur besseren Beweidung zu geben, mußte der Seedeich entgegen den Gepflogenheiten mehrfach gemäht werden. Der allgemeine Zustand hatte sich durch planmäßige Pflege in den letzten Jahren zwar gebessert, aber Pflege und künstliche Düngung oder Kalkung allein können nicht die Vorbedingungen für die richtigen Gräser schaffen. Ton und Humus gehören zu den fundamentalen Grundstoffen eines Seedeiches. Zwar kann durch Änderung der Böschungsverhältnisse ein gewisser Ausgleich herbeigeführt werden, weil flachere Böschungen die Beweidung begünstigen, aber ein Deich aus dem genannten feinsandigen Material bleibt immer anfälliger als ein Kleideich<sup>2)</sup>.



Abb. 6. Die fädigen Wurzeln von *Agropyron littorale* dringen einzeln 2 m tief in den nährstoffarmen sandig-schluffigen Deichkern, aber die Grasnarbe an der Böschung des Deiches ist schlecht und besitzt keine Abwehrkraft gegenüber dem Wasser  
Aufn. E. Wohlenberg

## II. Deich und Koog während der Februar-Sturmflut 1962

### 1. Die Deichschäden

Naturgemäß beginnt jeder Sturmflutschaden an der Außenböschung eines Deiches mit einem Vegetationsschaden. Je nach der Böschungsneigung, je nach der artlichen Zusammensetzung der Grasnarbe, der Härte des Wellenaufschlags und der vorhandenen Bodenart kommt es an jedem Deich zu mehr oder weniger umfangreichen Schadstellen. Wie im vorangegangenen

<sup>2)</sup> Hinsichtlich der Bewirtschaftung unserer Seedeiche dürfte es im übrigen an der Zeit sein, sich von der domänenfiskalischen Gepflogenheit, die Weidenutzung unserer Seedeiche gegen Zahlung eines Pachtzinses an den Meistbietenden zu vergeben, zu lösen! Dies gilt nicht allein für den Ülvesbüller Seedeich. Der Begriff der Weidenutzung muß in Zukunft — wollen wir unsere Seedeiche in optimaler Abwehrbereitschaft erhalten — durch den der Weideleistung ersetzt werden.

Es sei an dieser Stelle ergänzend auf den Aufsatz von LAFREZ (1957) verwiesen.

Abschnitt allgemein angedeutet, unterliegen diejenigen Stellen eines Deiches, die einen vorherrschenden Bestand an Hartgras tragen (so nennen die Küstenbewohner die salzliebende Queckenart *Agropyron littorale*), als erste der Ausräumung durch die Sturmflutwellen.

Das Wurzelsystem unter einer *Agropyron*-Decke ist zwar lang, aber nicht dicht. Man erkennt auf der Abbildung 6, daß die Wurzelsubstanz je Raumeinheit außerordentlich spärlich ist. Die von den Queckenrhizomen ausgehenden Nebenwurzeln erreichen zwar eine Länge von mehreren Metern, aber ihre bodenhaltende Kraft ist nur gering zu bewerten, weil sie allzu



Abb. 7.  
Seedeich Ülvesbüll nach der  
Februar-Sturmflut 1962. Ein  
Teil der Deichkrone stürzt in  
den steilwandigen Einbruch.  
Erosionsbasis fast waagrecht  
Aufn. E. Wohlenberg

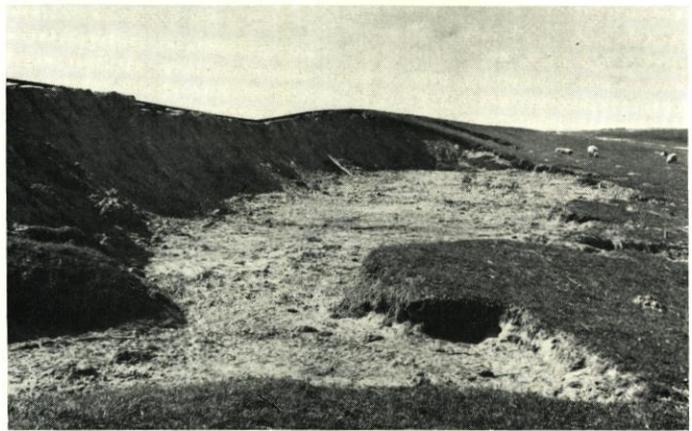


Abb. 8.  
Seedeich Ülvesbüll nach der  
Februar-Sturmflut 1962. Ein-  
bruch am Nordende des Kooges  
mit fortgeräumter Böschung  
und Deichkrone. Erosionsbasis  
in voller Ausdehnung fast  
horizontal. Die freigewordene  
Deicherde ist von den Sturm-  
wellen restlos verdriftet  
Aufn. E. Wohlenberg

vereinzelt die feinsandige Tiefe durchdringen. Im Mittelgrund der Abbildung 7 reiht sich hinter dem schweren Einbruch im Vordergrund eine lange Kette von beginnenden Einbrüchen. Diese liegen nicht etwa allein wegen der ansteigenden Böschung gerade in dieser Linie, sondern auch deswegen, weil in dieser Zone (Ablageplatz früherer Spülsäume aus sandigem und organischem Material) die Salzquecke bestandbildend war. So wurde dieser Böschungsbereich sehr schnell und vorzugsweise zur Ausgangslinie der frontal gegen den Deichkörper fortschreitenden Erosion.

Die Abbildung 8 vermittelt nicht nur einen Eindruck von der Ausdehnung einer einzigen Schadstelle, sondern auch von den auftretenden Erosionsformen und der fast horizontal ausgebildeten Erosionsebene. Alle Merkmale an diesem sandigen Deichkörper unterscheiden sich

grundsätzlich von denen eines Kleideiches unter gleichen Angriffskräften. Die genannte Schadsstelle lag am Nordende des Kooges kurz vor dem Übergang in den alten Deich des Adolfskooges. Nicht allein die ganze Außenböschung war dem Frontalangriff zum Opfer gefallen, sondern auch die Deichkrone und sogar der obere Abschnitt der Innenböschung. Angesichts der Fließbereitschaft des Deichkerns haben hier also nur wenige Brecher bis zum Durchbruch gefehlt. Dieser fand zur gleichen Zeit in etwa 1000 m Entfernung am südlichen Abschnitt des Kooges statt (vgl. Pfeil auf Abb. 4).

## 2. Der Deichbruch<sup>3)</sup> und die Überflutung des Kooges

In der Nacht vom 16. zum 17. Februar 1962 stand der Sturm nahezu rechtwinklig auf die Deiche der nördlichen Eiderstedter Küste. Während am Deich des nordöstlich gelegenen Finkhauskooges die große Gefahr durch überschlagende Wellen entstand, erlag der Ülvesbüller See-  
deich dem Frontalangriff der See. Die Heftigkeit der Böen peitschte das Wasser zu örtlich unterschiedlich großen Höhen.

Der Deich stand während des Sturmes bis kurz vor dem Durchbruch unter ständiger Kontrolle der örtlich verantwortlichen Deichediger (Deichgeschworenen). Die Schadenstellen entlang der ganzen Deichstrecke vermehrten sich ständig. Alle Koogsbewohner wurden schon am frühen Abend zum Verlassen von Haus und Hof aufgefordert und das Vieh ebenfalls evakuiert. Am schwersten und umfangreichsten wurde der Deich am Südende des Kooges unweit der Ülvesbüller Kirche geschwächt (Abb. 7).

Da an Hilfsmaßnahmen für eine provisorische Sicherung des in seiner ganzen Länge in schwerem Angriff liegenden Deiches nicht zu denken war, die Zerstörung des Deichprofils in schnellem Tempo von Minute zu Minute bis in die Deichkrone hinein fortschritt und die Gefahr des Durchbruchs an mehreren Stellen zugleich gegeben war (Abb. 7 und 8), sah sich die Deichaufsicht gezwungen, die Deichwachen kurz nach 22 Uhr vom Außendeich zurückzurufen, denn selbst für den einzelnen Menschen bot der Deich keine Sicherheit mehr. Kurz darauf, um 22.45 Uhr, wurde die Deichkrone am Südende des Kooges durchgebrochen und das Meer ergoß sich durch die zuerst noch enge Einbruchspforte in den fast 4 m tiefer liegenden Koog (Abb. 10, 11 und 12). Die herunterstürzenden Wassermassen vergrößerten die Einbruchsstelle schnell. Immer neue Deichmassen wurden von den Seiten des Durchbruchs mit in die Tiefe gerissen und mit dem gewaltigen Strom über den Koog verteilt. Nach rund eineinhalb Stunden war der Koog gefüllt. Draußen begann das Wasser wieder langsam zu fallen (Abb. 9 und 18), aber im Koog lief noch hohe Brandung gegen die während der Nacht bis 1,70 m tief im Meerwasser liegenden Höfe (Abb. 16). Bis zum folgenden Morgen hatte sich das Einbruchstor auf 80 m Breite erweitert (Abb. 10, 11 und 15). Unter dem wogenden Meer ruhten die grünenden Wintersaaten der Bauern, Raps, Gerste und Weizen<sup>4)</sup>.

<sup>3)</sup> Einzelheiten nach Augenzeugenberichten.

<sup>4)</sup> Die Koogsbewohner selbst waren bis auf zwei alte Leute, den Wärter des Schöpfwerkes und den in einer einsamen Hütte nächtigenden Schäfer rechtzeitig in Sicherheit gebracht worden. Die beiden Alten hatten sich trotz mehrfacher und persönlicher Aufforderung durch ihren Bürgermeister geweigert, ihr Haus zu verlassen. Sie vertrauten dem Deich. Der alte Schäfer hatte sich auf dem Mitteldeich des Adolfskooges in Sicherheit gebracht, während die übrigen drei auf dem Dachboden ihres Hauses die kalte Februarnacht verbringen mußten, bis sie am nächsten Morgen nach Einsatz eines Pioniersturmsbootes geholt werden konnten.

Was von den Viehbeständen des Kooges nicht mehr rechtzeitig entfernt werden konnte, wurde ein Opfer der Flut, darunter 200 Schweine und 35 Schafe, die gerade zur rettenden Stöpe bei der Ülvesbüller Kirche getrieben wurden; aber 100 m vor der Stöpe wurden sie von der gewaltigen, wie eine dunkle Mauer heranrasenden Flutwelle erfaßt und abgetrieben (Abb. 17).

Abb. 9.  
Seedeich Ülvesbüll am Morgen  
nach der Sturmflut. Links der  
überflutete Koog, rechts das  
noch sturmbewegte Watten-  
meer an der Deichböschung  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 10.  
Blick vom überfluteten Koog  
seewärts auf die 80 m breite  
Bruchstelle  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 11.  
Der Deichbruch am Morgen  
nach der Sturmflut. Links die  
See, rechts der Koog  
Aufn. E. Wohlenberg



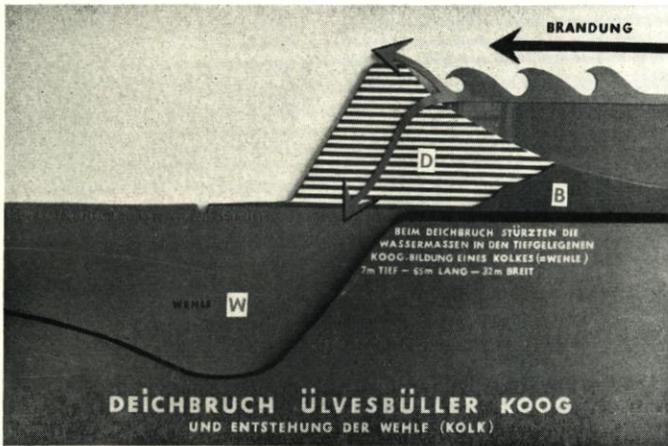


Abb. 12.  
Schematische Darstellung des Ülvesbüller Deichbruchs mit ausgekolkter Wehle (nach einem farbigen Relief in der Sturmflutausstellung im Nissenhaus, Husum)  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 13.  
Blick auf die Wehle im Ülvesbüller Koog. Im Hintergrund der Schlafdeich als zweite Deichlinie mit der Kirche Ülvesbüll  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 14.  
Erosionsform an der südlichen Flanke des Durchbruchs. Rechts die See, links der überflutete Koog  
Aufn. E. Wohlenberg

Zur alten Marsch hin ist der Ülvesbüller Koog durch zwei Stöpen verkehrsmäßig angeschlossen (Abb. 4 auf Seite 55). Beide Durchlässe durch die rückwärtige Deichlinie waren in der Nacht rechtzeitig geschlossen worden, so daß die Gefahr der Überflutung der tiefer gelegenen alten Eiderstedter Marsch gebannt war (vgl. S. 52)<sup>5)</sup>.

Mit der fortschreitenden Ebbe strömten durch die Bruchstelle des Deiches die ersten Wassermassen aus dem überfluteten Koog langsam wieder seewärts ab, allerdings nur soweit, wie es der immer noch überhöhte Wasserstand der freien See gestattete. Das erste Hochwasser nach dem Durchbruch lag am 17. Februar noch rund 2 m über MThw. Diesen Zustand geben die Abbildungen 9 bis 11 wieder.

Das erste Gebot hieß jetzt, das Meerwasser auf dem schnellsten Wege aus dem Koog zurück ins Meer zu befördern, damit der Deichbruch wieder geschlossen, Haus und Hof wieder instandgesetzt und das Eindringen des für die Ackergewächse giftigen Meerwassers in tiefere Bodenschichten möglichst verhindert werden konnten. Aus dieser Aufgabe erwuchs die wissenschaftliche Fragestellung nach dem Grad der Versalzung und die damit unmittelbar zusammenhängende Frage nach der baldigen Wiederinkulturnahme des von der See überfluteten Kulturlandes, eine Frage, deren Beantwortung begrifflicherweise die betroffenen Bauern des Kooges mit Sorge erwarteten. So kam die dienstliche Abordnung des Verfassers an die Deiche und in die Köge gleich in den frühen Morgenstunden nach der Sturmnacht den weiteren Untersuchungen insofern zustatten, als der schwer betroffene Koog vom ersten, überhaupt möglichen Augenblick an Gegenstand bodenkundlicher Untersuchungen und diese die Grundlage für praktische landwirtschaftliche Beratung bilden konnten.

Über diese bodenkundlichen Untersuchungen, zu denen sich im Bereich der deutschen Küste zum erstenmal Gelegenheit bot, soll im folgenden berichtet werden.

### III. Salzhaushalt, Salzbewegung, Saat und Ernte 1962

#### 1. Die Versalzung von Acker und Weide unmittelbar nach dem Deichbruch

Obwohl der überflutete Koog zu den kleinsten der Westküste gehört, vergingen fast drei Wochen, bis alles Meerwasser, soweit es sichtbar war, aus dem Koog wieder entfernt war. Hierbei leistete das kleine Schöpfwerk erst in der letzten Phase Dienste, denn das Maschinenhaus stand über eine Woche lang unter Wasser. So bot zunächst allein die Bruchstelle selbst die Möglichkeit für das Trockenfallen des Kooges. Dieser Vorgang wurde jedoch erheblich dadurch verzögert, daß der untere und mittlere Teil der Deichberme durch das in der Sturmnacht über der Berme liegende 2 bis 3 m mächtige Wasserpolster beim eigentlichen Bruch des Deiches fast ganz unversehrt geblieben waren. Auf diese Weise bildeten die Reste der unteren Böschung und Berme für das aus dem Koog wieder abfließende Wasser eine Schwelle und damit ein Hindernis, so daß nur ein Teil des Überflutungswassers ins Meer zurückfließen konnte. Die Abbildungen 18 und 19 veranschaulichen die Funktion der Schwelle.

<sup>5)</sup> Am nächsten Morgen, dem 17. Februar, wurde dem Verfasser der Meldedienst von den Deichen des Finkhaus-, Simonsberger-, Adolfs- und Ülvesbüller Kooges sowie die Beobachtung des örtlichen Verlaufs der abklingenden Sturmflut mit laufenden Meldungen an das Marschenbauamt Husum übertragen, denn vor den überall schwer angeschlagenen Deichen stand zur Zeit des auf die eigentliche Sturmflut der Nacht folgenden Hochwassers um 11 Uhr immer noch die Brandung in halber Deichhöhe (Abb. 9, 10 und 11). Niemand konnte zur Stunde wissen, wozu sich der Nord-Nordweststurm erneut entwickeln würde. Der Alarmzustand wurde aufrechterhalten. Als die Sonne die schwere Wolkendecke durchbrach, leuchteten im überfluteten Koog die weißen Wellenkämme um die roten Mauern und Dächer der Höfe (Abb. 16).



Abb. 15.  
Blick von der Seeseite in den  
überfluteten Koog am Morgen  
nach dem Durchbruch. Hinten  
die Kirche von Ülvesbüll  
Aufn. E. Wohlenberg

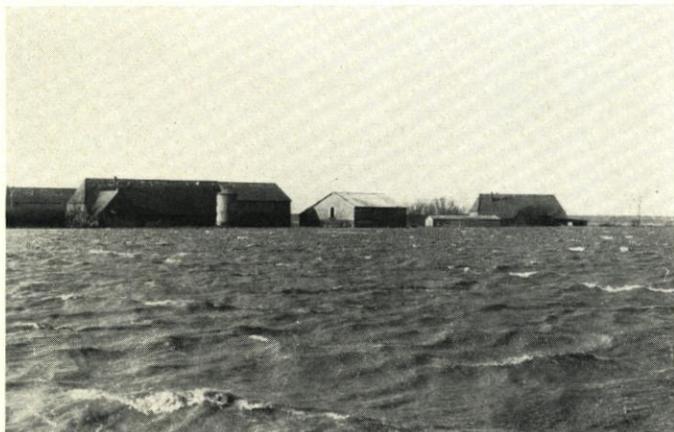


Abb. 16.  
Blick in den überfluteten Koog  
mit den bäuerlichen Siedlungen  
am Morgen nach dem  
Durchbruch. Die Böen der  
Nacht haben nachgelassen,  
aber der Wind weht noch  
mit Sturmstärke  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 17.  
Spülsaum an der zweiten  
Deichlinie am Morgen nach  
dem Deichbruch. Links der  
überflutete Koog  
Aufn. E. Wohlenberg

Die Bauern des Kooges beobachteten diese Verzögerung mit wachsender Sorge, und deshalb entschloß sich der Bürgermeister, in der stehengebliebenen Berme Entlastungsrinnen ausheben zu lassen. Die hierdurch erreichte Beschleunigung des Abflusses wurde zwar sogleich spürbar, aber sie vermochte nicht, den Koog vollkommen trocken-zulegen.

Am fünften Tag nach dem Einbruch der See wurden eine Hofstelle und auch die höher gelegenen Äcker wieder frei. Abbildung 20 zeigt das Auftauchen des am höchsten gelegenen Ackers. Von dem im Herbst 1961 ausgezeichnet aufgelaufenen Winterraps erkennt man die

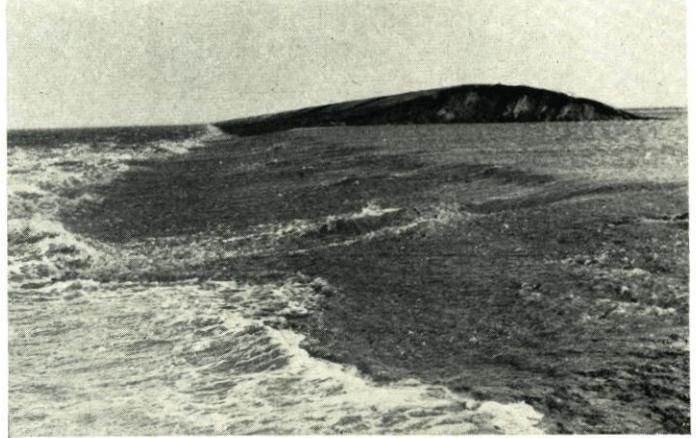


Abb. 18.  
Während die See am Morgen nach der Flut noch fast in halber Deichhöhe brandet, fließt das erste Wasser bereits aus dem Koog ins Meer zurück  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 19.  
Das Meer (links) ist inzwischen zurückgetreten, der Koog noch überflutet. Die beim Durchbruch in voller Breite erhalten gebliebene Berme des Deiches hält das abfließende Wasser im Koog zurück  
Aufn. E. Wohlenberg

äußerlich unverändert aussehenden Drillreihen, während im Vordergrund der Abbildung noch Überflutungswasser steht. Zu diesem Zeitpunkt konnten die ersten Wasser- und Bodenproben im Gelände entnommen (Abb. 21) und sogleich auf ihren Salzgehalt untersucht werden (Abb. 22).

Während die Landstraße des Kooges noch unter Wasser stand, die Seitengräben bis zum Rand voll Seewasser waren und der größere, tiefer gelegene Teil des Kooges noch überflutet war, tauchten der Raps und auch die daneben befindliche Dauerweide grün und anscheinend vom Meerwasser unangetastet wieder auf. Aber dieses Bild trug. Schon am zweiten Tag nach dem Auftauchen hatte sich das Chlorophyll der Rapsblätter sichtbar verändert. Die Pflanzen brachen zusammen. Die kurze Überflutungsdauer mit vollsalzigem Meerwasser hatte die Wintersaaten vernichtet. Die entnommenen Proben aus dem Überflutungswasser ergaben noch am 23. Februar einen Salzwert von über 25 ‰ NaCl (vgl. Kopf der Tabelle Nr. 1).

Nach dem Abfließen des Meerwassers blieb die Oberfläche des Pfluglandes zunächst noch einige Tage im wassergesättigten Zustand. Nicht nur die feinsandig-schluffigen Parzellen, sondern auch die bereits jahrelang in guter Krümelstruktur befindlichen Böden machten einen stark verschlammten Eindruck. Abbildung 21 zeigt sowohl den noch aufrechtstehenden, aber bereits abgestorbenen Raps als auch vor allem den Grad der Verschlämmung.

Mit Vorbedacht wurden die ersten Bodenproben so bald wie möglich, d. h. unmittelbar nach dem ersten Auftauchen der höheren Parzellen entnommen und untersucht. Je früher nämlich die ersten Analysen die Verteilung der Salzwerte in den Kulturböden erkennen ließen, um so eher konnten die Maßnahmen ergriffen werden, welche die Rekultivierung einleiten und vielleicht noch im gleichen Jahr, d. h. in der beginnenden Vegetationsperiode ermöglichen würden<sup>6)</sup>.

Im Vergleich mit den holländischen Ergebnissen konnte der mutmaßliche Grad der Versalzung des Ülvesbüller Kooges von vornherein günstiger beurteilt werden, da die Überflutung hier nur wenige Tage dauerte. Die in Tabelle 1 zusammengestellten, für eine erste Orientierung gewonnenen Analysenergebnisse bestätigen diese Vermutung.

Tabelle 1

Das Eindringen des Salzes in den Kulturboden während der Überflutung der höchstgelegenen Parzellen des Kooges vom 17. bis 23. Februar 1962  
Salzgehalt des Überflutungswassers am 23. Februar = 25,48 ‰ NaCl

## Bodenproben:

1. Acker mit Winterapps (vgl. Abb. 20 u. 21)		2. Dauerweide	
Station a hoch gelegener Teil		6 Tage unter Seewasser:	
6 Tage unter Seewasser:	0— 5 cm 10,19 ‰	0— 5 cm	9,04 ‰
	20 cm 2,58 ‰	20 cm	0,63 ‰
	40 cm 0,10 ‰	40 cm	0,51 ‰
Station b hoch gelegener Teil			
6 Tage unter Seewasser:	0— 5 cm 9,87 ‰		
	20 cm 0,57 ‰		
	40 cm 1,77 ‰		
Station c 40 cm tiefer gelegener Teil			
7 Tage unter Seewasser:	0— 5 cm 14,74 ‰		
	20 cm 2,70 ‰		
	40 cm 0,70 ‰		

Lediglich die oberen Zentimeter der Ackerkrume zeigten eine Versalzung, aber bereits in 20 cm Tiefe unter der Oberfläche des Rapsackers (Abb. 20 und 21) wurden die Salzwerte bedeutungslos. Sie fielen von 10 bis 14 ‰ in der Bodenzone 0 bis 5 cm Tiefe auf 0,57 bis 2,7 ‰ in 20 cm und in 40 cm sogar bis auf 0,10 ‰. Das graphische Bild der Abbildung 22 verwandelte somit alle Sorge in Zuversicht. Dasselbe Bild zeigten die Bodenproben aus der gleichzeitig trockengefallenen Dauerweide. Hier fiel der Oberflächenwert in 0 bis 5 cm von 9,04 ‰ auf 0,51 ‰ in 40 cm Tiefe (punktierte Kurve in Abb. 22).

<sup>6)</sup> Durch die in Holland nach dem letzten Krieg in großem Maßstab durchgeführten Salzuntersuchungen (40 000 Analysen nach VERHOEVEN) ist besonders der verderbliche Einfluß einer langen Überflutungsdauer bekannt geworden. Die holländische Insel Walcheren stand länger als ein Jahr unter vollsalzigem Meerwasser, die Insel Schouwen-Duiveland mehrere Monate (VERHOEVEN 1953, BAKKER 1950).

Abb. 20.  
Der Koog beginnt nach dem fünften Tag trockenzufallen. Teile des verhältnismäßig hoch gelegenen Ackerlandes, hier mit der Winterfrucht Raps, tauchen zuerst wieder auf. Im Vordergrund noch Überflutungswasser. Im Hintergrund die zweite Deichlinie  
Aufn. E. Wohlenberg

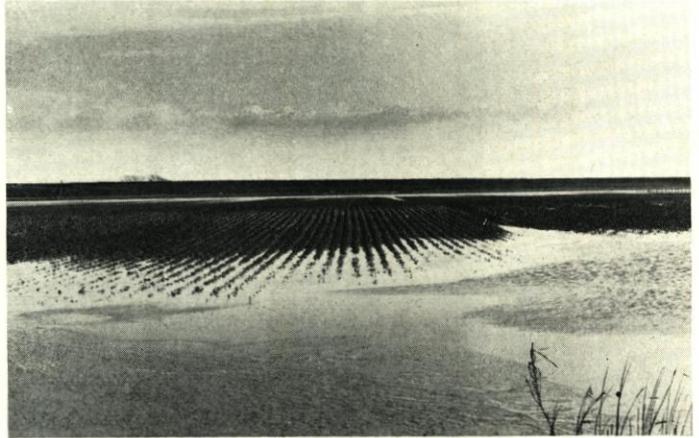
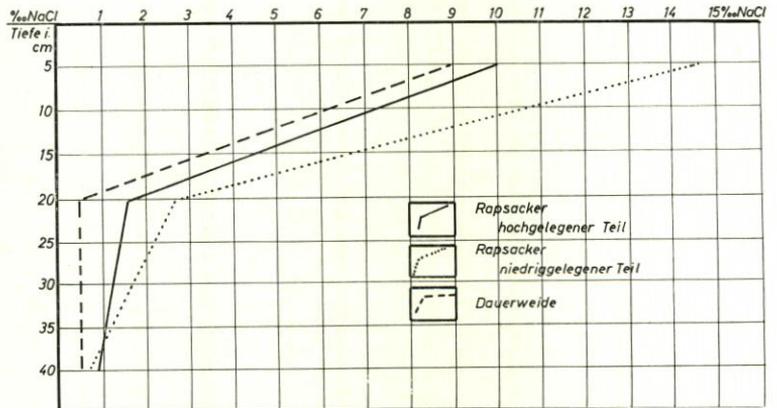


Abb. 21.  
Die erste Entnahme von Bodenproben nach dem Abfließen des Meerwassers. Die Rapspflanzen sind dem Salz erlegen, der Ackerboden ist stark verschlammmt  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 22.  
Die Verteilung des Salzgehalts im soeben trockenengefallenen Ackerboden. Die Versalzung reicht über 10 cm unterhalb der Oberfläche kaum hinab. Bereits in 20 cm Tiefe sind die Salzwerte im Ackerland wie in der Dauerweide bedeutungslos



Der Ülvesbüller Salzspiegel zeigte also einen Gang, der im Vergleich mit den holländischen Werten entgegengesetzt zu verlaufen schien. Während die Werte der holländischen Polder (VERHOEVEN) ein Ansteigen des Salzgehaltes von der Oberfläche zur Tiefe erkennen lassen, zeigen die Ülvesbüller Werte (Tabelle 1 und Abb. 22) eine Abnahme der Salzwerte mit wachsender Tiefe. Dieses unterschiedliche Verhalten findet leicht seine Erklärung, wenn der Zeitpunkt des Trockenfallens mit dem der Untersuchung verglichen wird. Während die Ülvesbüller Bestimmung der Chloride sozusagen im Augenblick des Abfließens des Meerwassers durchgeführt wurde, d. h. noch vollkommen unbeeinflusst von der Atmosphäre (Besonnung, Wind, Verdunstung, Regen usw.), hatten die holländischen Böden im Augenblick der Bodenprobeentnahme bereits eine mehr oder weniger lange klimatische und terrestrische Phase hinter sich. Während dieser Zeit war der Salzgehalt mittlerweile durch Niederschläge in die Tiefe geleitet worden, aber auch umgekehrt, die Verdunstung hatte das Salz aus der Tiefe wieder an die Oberfläche befördert. Das letzte geht aus Tabelle 1 bei BAKKER (1950) hervor, der im Bevelandpolder Salzwerte von 43 g NaCl in 0 bis 5 cm Tiefe und 26 g NaCl in 5 bis 20 cm Tiefe nachweist. Ursprünglich war die Salzgehaltsverteilung auf den überflutet gewesenen holländischen Inseln natürlich die gleiche wie in Ülvesbüll, nämlich zunächst hohe Werte in der oberen Bodenzone und geringere in der Tiefe. Das ist einer frühen Analyse auf der Insel Schouwen-Duiveland vom 1. November 1945 (Tabelle 6 auf Seite 18 bei VERHOEVEN und Tabelle 32 bei VAN DER MOLEN 1958) zu entnehmen. Leider wird der genaue Zeitpunkt des Trockenfallens nicht erwähnt. Hier fielen die Werte im November 1945 von 20,1 g NaCl an der Oberfläche auf 8,8 in 80 cm Tiefe; mithin in der Tendenz den Ülvesbüller Werten entsprechend. Trotzdem sind diese holländischen Werte mit den ersten Analysen im Ülvesbüller Koog nicht vergleichbar, weil sie von Sekundäreinflüssen nach dem Trockenfallen verändert worden sind. Die holländische Insel Beveland fiel z. B. im Juni 1946 trocken, aber die Bodenproben wurden erst im Oktober entnommen. Die terrestrische Phase war also bereits vier Monate lang wirksam gewesen, bevor die erste Analyse erfolgte.

Bei der kritischen Erörterung der Ülvesbüller Werte ist der Tabelle 1 und der Abbildung 22 zu entnehmen, daß sich der schädliche Einfluß des Meerwassers nur im oberen Wurzelhorizont auswirken konnte. Die Winterfrucht erlag zwar dieser Versalzung, aber schon von 20 cm Tiefe an war der Salzgehalt so gering, daß ihm in bodenkundlicher, vor allem aber in landwirtschaftlicher Hinsicht keine wesentliche Bedeutung beigemessen zu werden brauchte. Es war also für die bäuerlichen Belange ein besonders glücklicher Umstand, daß die Überflutungsdauer so kurz war. Dem Meerwasser hatte nicht die Zeit zur Durchdringung der tieferen Bodenschichten zur Verfügung gestanden. Es hatte sich also kein größerer Salzvorrat bilden können.

Hierfür allerdings den Zeitfaktor allein verantwortlich machen zu wollen, genügt nicht. Noch ein anderer, wohl bedeutsamerer Umstand kam den Bauern zur Hilfe, nämlich der nasse Herbst des Jahres 1961. Die anhaltenden Regenfälle im Herbst 1961 dauerten bis weit in den Winter hinein. Noch im Dezember und Januar fielen im Gebiet 83,4 mm bzw. 89,9 mm Niederschläge. Sie waren ungewöhnlich hoch und hatten eine völlige Durchfeuchtung bis zur Sättigung der Koogböden bewirkt. Als dann das Meer am 16. Februar 1962 in den Koog einbrach, fand das Meerwasser schwer Zugang in den Boden, denn er war nicht mehr aufnahmefähig.

Mit der Aufdeckung dieser beiden Faktoren, kurze Überflutungsdauer einerseits und vorangegangene Wassersättigung des Bodens durch anhaltende Regenfälle andererseits, standen die Maßnahmen zur Rekultivierung des Kooges von vornherein unter einem guten Vorzeichen.

## 2. Die erste Beratung der bäuerlichen Betriebe

Nach dem Abfließen des Meerwassers gingen die Bauern sogleich an die Wiederinstandsetzung ihrer Höfe. Da die Bruchstelle im Deich noch offen war, durften die Wohnungen zunächst noch nicht wieder bezogen, vor allem nicht darin genächtigt werden. Die Schließung der Bruchstelle wurde dem Marschenbauamt Heide als technischer Aufsichtsbehörde für den

III. Schleswig-Holsteinischen Deichband übertragen. Sobald die Bruchstelle bei gleichzeitiger Anwendung eines wesentlich verstärkten Deichprofils und abgeänderten Deichbesticks bis zu halber Deichhöhe wieder geschlossen war (Abb. 27 auf Seite 78), konnten die Höfe — soweit möglich — wieder bewohnt und das Vieh aus der Evakuierung zurückgeholt und aufgestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt setzte die bodenkundlich ausgerichtete Beratung der Betriebe ein.

Ausgangspunkt für diese Beratung waren in erster Linie die ersten, im vorigen Abschnitt mitgeteilten Salzanalysen aus dem Überflutungsgebiet (Abb. 22 und Tabelle 1), die allerdings unterbaut wurden durch jahrzehntelange Salzuntersuchungen der Forschungsstelle Westküste in den neubedeichten Kögen, wie Dieksander-, Tümlauer- und Finkhauskoog (1934/37) und in den jüngsten Bedeichungen Nordfrieslands wie Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog am Hindenburgdamm (1954/55) und Hauke-Haien-Koog bei Bongsiel (1959/62). Aus diesen Kögen standen einige Tausend Salzanalysen zur Verfügung. Hiervon waren insonderheit jene Salzwerte von großem Wert, die IWERSEN (1953) durch seine eingehenden Versuche im Finkhauskoog und der Verfasser durch mehrjährige Versuche im Lübke-Koog (WOHLENBERG 1954/56) auf den Versuchspartellen mit dem Verhalten verschiedener Kulturgewächse in kausale Beziehung setzen konnten. Angesichts der besonders in diesen Kögen gewonnenen Erfahrungen über Salzhaushalt und Ackerbau war es möglich, die im Ülvesbüller Koog zu erwartenden Salzsäden vor Überbewertung und Dramatisierung zu bewahren. Bodenkundlich und landwirtschaftlich betrachtet besteht nämlich ein großer Unterschied, ob in einem bereits in Kultur befindlichen Koog nur der obere Wurzelhorizont durch Chloride vergiftet ist (Ülvesbüll 1962, Abb. 22), oder ob das ganze Bodenprofil von der Oberfläche bis in zwei Meter Tiefe einen Salzgehalt aufweist, der dem des Meerwassers gleichkommt oder diesen durch klimatische Einflüsse zeitweilig sogar übersteigt (Neubedeichung).

Die vom Verfasser gemeinsam mit dem Leiter der Landwirtschaftsschule Garding (Direktor HAMMERICH) durchgeführte Beratung der Bauern begann in einer Versammlung am 11. April 1962 im Ülvesbüller Kirchspielkrug. Das Schwergewicht der Beratung durch den Verfasser lag in der Empfehlung: „In erster Linie bodenpflegerische Maßnahmen durchzuführen, d. h. diesen die größere Bedeutung vor einem etwaigen Erntereinertrag 1962 zuzumessen.“ In der Empfehlung heißt es weiter: „die in den Bodenschichten noch vorhandenen Salzwerte können nur noch durch zwei Umstände für die neu einzubringenden Ackerfrüchte schädlich werden, nämlich

- a) durch zu tiefes Pflügen und
- b) durch eine extreme, langandauernde Trockenzeit.“

Die praktische Empfehlung an die Bauern lautete:

1. „flach pflügen oder besser mit Kultivator 10 cm tief durchreißen, um das Saatbett zu schaffen und
2. Ansaaten 1962 weniger unter dem Gesichtspunkt eines möglichst hohen Ernteertrages vornehmen, als vielmehr unter dem Gesichtspunkt einer sorgfältig durchdachten Bodenpflege:
  - a) Beschattung des Bodens,
  - b) Verwendung von Tiefwurzlern (Sommerraps),
  - c) Einsaat und Ernte möglichst so handhaben, daß Winterraps für 1962 möglich ist.“

In der genannten Stellungnahme heißt es abschließend:

„Wenn auch Normalerträge 1962 nicht erwartet werden dürfen, so werden absolute Fehlschläge in den Sommerungen wahrscheinlich nur nesterweise auftreten. Obenan steht in den ersten beiden Jahren nach der Überflutung die Forderung nach einer planvollen Bodenpflege.“

Dem Beratungstag voraus ging eine Periode leichter Regenfälle, die der Entsalzung des Kooges sehr zustatten kamen. An fünfzehn Tagen, vom 28. März bis zum 11. April 1962, fielen 58,4 mm Regen (vgl. Zeile 2 in der Tabelle 3). Infolgedessen fielen die Salzwerte schlagartig;

Tabelle 2

Niederschlagswerte Eiderstedt  
Februar bis September 1962  
Monatswerte

Februar	51,3 mm
März	28,2 mm
April	42,0 mm
Mai	39,9 mm
Juni	37,0 mm
Juli	75,4 mm
August	94,6 mm
September	89,5 mm

die Tabellen 5 bis 7 zeigen den Verlauf. Zum Beispiel wurden im Maximum durch diesen Regen folgende Entsalzungen festgestellt:

von 15 430 mg NaCl/l Bodenwasser auf 2300 mg (Tab. 6, Stat. 1)

von 8 960 mg NaCl/l Bodenwasser auf 850 mg (Tab. 7, Stat. 5)

von 14 720 mg NaCl/l Bodenwasser auf 960 mg (Tab. 5, Stat. 6)

Diese erst nach der Beratung festgestellten Werte zeigen, daß die seinerzeit an die Bauern weitergegebenen Empfehlungen berechtigt waren.

Tabelle 3  
Niederschlagswerte Eiderstedt  
Trockene und feuchte Zeitintervalle vom Februar bis Juli 1962<sup>7)</sup>

Zeile	Zeitintervalle	Tage	mm
1	28. 2. bis 27. 3.	28	13,2
2	28. 3. bis 11. 4.	15	58,4
3	12. 4. bis 6. 5.	25	5,4
4	(16. 4. bis 6. 5.	21	0,0)
5	7. 5. bis 31. 5.	25	39,4
6	1. 6. bis 19. 6.	20	3,6
7	20. 6. bis 30. 6.	11	33,4
8	20. 6. u. 21. 6.	2	17,1
9	5. 7. bis 19. 7.	15	18,8
10	15. 7. bis 19. 8.	5	0,0
11	4. 7.	1	13,6
12	27. 7.	1	21,7

### 3. Die Salzbewegung im allgemeinen

Die erste größere Meliorationsmaßnahme, die den ganzen Koog umfaßte, war die Räumung der durch die Überflutung verschlammten Vorfluter und der Parzellengräben. Natürlich wurden auch die Drains kontrolliert und ihre Mündungen in die Vorfluter wieder freigelegt. Auch das von den Drains geführte Wasser wurde auf seinen Salzgehalt untersucht. Die Werte

Tabelle 4  
Der Salzgehalt im Drainwasser des Ülvesbüller Kooges nach der Überflutung

Drain	Probennahme	Probennahme
	am 13. März 1962	am 11. April 1962
	‰ NaCl	‰ NaCl
Nr. 1	2,58	2,45
Nr. 2	2,65	2,47
Nr. 3	2,23	4,20
Nr. 4	3,55	3,71
Nr. 5	2,21	3,68

<sup>7)</sup> Bei der Auswertung der meteorologischen Daten, die das Wetteramt Schleswig dankenswerterweise zur Verfügung stellte, zeigte sich, daß für die in diesem Aufsatz behandelte bodenkundlich detaillierte Fragestellung die Monatswerte allein kein befriedigendes Belegmaterial zu bieten vermögen. Aus diesem Grunde wurden aus den einzelnen Tageswerten „Intervall“-Werte zusammengestellt, die — wie weiter unten nachgewiesen wird — eine außerordentlich aufschlußreiche Aussagekraft besitzen, hier im besonderen, soweit es sich um die Erklärung der Salzbewegung handelt.

schwankten zwischen 2,2 und 4,2 g NaCl/l (Tabelle 4) und bestätigten die nach dem ersten Trockenfallen des Kooges bereits gemachte Aussage, daß das Salz während der Überflutung die tieferen Bodenschichten gar nicht erreicht hatte. Um die hier gefundenen Salzwerte hinsichtlich ihrer Harmlosigkeit richtig einschätzen zu können, darf auf einige Drainwasseranalysen im Finkhauskoog (IWERSEN 1953)<sup>8)</sup> zum Vergleich hingewiesen werden sowie auf entsprechende Untersuchungen des Verfassers im Lübke-Koog in den Jahren 1954/58.

Die Drainwasserwerte im Lübke-Koog lagen im Jahre 1958, vier Jahre (!) nach der Eindeichung zwischen 5 und 14 g NaCl/l, und dabei stand auf diesen Äckern eine fast normale Ernte (WOHLENBERG 1963). Da die Überflutung des Ülvesbüller Kooges Gelegenheit bot, den Weg des neu zugeführten Salzes und dessen Einfluß auf den Kulturzustand der Böden zu erkunden, wurden drei Untersuchungsprofile über den Koog verteilt. Ihre Lage (I, II und III) ist der Abbildung 4 auf Seite 55 zu entnehmen. Sie verlaufen alle drei vom Schlafdeich (Adolfskoog) bis an den Seedeich. Auf jedem Profil wurden in Abständen von etwa 100 m sechs bzw. fünf Stationen zum Zweck der Bodenprobenentnahme festgelegt. Die Bodenproben wurden in folgenden Tiefen entnommen: 0 bis 5 cm, 20 cm, 50 cm und 100 cm. Den Zeitpunkt bestimmten nicht der Kalender, sondern die jeweilige Wetterlage sowie der jeweilige Saatenstand. Auf diese Weise wurde ein starres Schema vermieden, dagegen aber eine beweisfähige Aussage angestrebt. Die Salzanalysen wurden vom März 1962 an durchgeführt. Die in den verschiedenen Tiefen angetroffenen Salzwerte geben die drei Tabellen 5 bis 7 wieder. Einige wenige Hauptmerkmale der Salzverteilung mögen hier anhand dieser Tabellen kurz diskutiert werden.

Tabelle 5

Salzkonzentration (‰ NaCl) in der Bodenfeuchte von 0 bis 100 cm Tiefe  
in der Zeit von März 1962 bis September 1963  
Profil I, Station 1 bis 6 (vgl. Lageplan, Abb. 4)

Zeit der Entnahme:		13. 3. 62	11.4. 62	16. 5. 62	19. 7. 62	6. 9. 62	10. 4. 63	5. 6. 63	24. 9. 63
Station	Entnahme- tiefe in cm	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl
1	0— 5	7,79	0,66	3,71	7,40	1,85	0,73	1,01	0,85
	20	4,29	4,40	8,08	9,15	4,70	1,10	1,09	0,71
	50	6,85	2,21	8,50	5,14	9,27	1,59	0,61	0,77
	100	0,88	6,49	2,72	4,07	5,21	4,33	4,45	1,07
2	0— 5	8,78	1,72	4,06	5,72	3,33	0,68	1,09	1,29
	20	6,58	6,53	8,13	2,03	4,99	2,21	0,85	1,16
	50	1,68	0,83	3,13	1,22	5,52	3,57	2,11	2,48
	100	0,98	0,94	1,96	2,09	1,68	4,55	2,48	2,38
3	0— 5	10,23	1,27	3,28	8,50	2,56	0,55	1,77	1,20
	20	11,40	4,92	4,22	4,22	3,01	1,61	1,98	1,10
	50	8,26	1,40	1,01	1,72	3,01	2,20	3,44	1,46
	100	1,16	1,03	0,98	2,67	1,49	1,66	1,40	1,49

<sup>8)</sup> IWERSEN (1953, S. 61) konnte im Drainwasser Salzwerte zwischen 7 und 14 g NaCl nachweisen, und zwar zwei Jahre (!) nach der Eindeichung des Kooges. In seiner Drainwassertabelle auf Seite 75 lag der Höchstwert sogar über 22 g NaCl je Liter Bodenwasser.

Fortsetzung Tabelle 5

4	0—	5	8,04	1,24	2,39	5,43	1,16	0,81	0,79	1,24
		20	1,24	2,36	2,74	3,78	2,36	1,07	1,20	1,00
		50	2,05	1,03	2,76	1,31	4,81	2,27	1,44	1,51
		100	1,00	1,26	1,33	1,09	1,18	0,66	1,42	2,34
5	0—	5	6,51	0,92	8,12	8,01	1,79	0,61	1,05	0,68
		20	9,15	4,54	7,41	7,20	7,20	0,96	0,71	0,85
		50	6,44	1,42	6,60	2,11	5,55	2,50	1,91	1,74
		100	0,87	0,90	1,07	0,92	2,72	1,74	2,88	3,75
6	0—	5	14,72	0,96	9,22	6,85	3,89	0,48	1,39	1,14
		20	3,71	9,00	6,08	3,46	6,40	0,96	0,96	1,14
		50	2,12	4,87	2,16	1,61	6,33	3,33	2,12	0,85
		100	0,71	1,37	0,10	1,16	0,75	1,42	4,22	2,67

Tabelle 6

Salzkonzentration (‰ NaCl) in der Bodenfeuchte von 0 bis 100 cm Tiefe  
in der Zeit von März 1962 bis September 1963  
Profil II, Station 1 bis 6 (vgl. Lageplan, Abb. 4)

Zeit der Entnahme:		13. 3. 62	11.4. 62	16. 5. 62	19. 7. 62	6. 9. 62	10. 4. 63	5. 6. 63	24. 9. 63	
Station	Entnahme- tiefe in cm	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	
1	0—	5	15,43	2,30	6,40	31,31	10,39	0,64	1,10	1,48
		20	12,85	5,35	7,56	15,30	9,20	0,79	1,33	1,03
		50	3,57	3,48	2,85	2,20	5,17	3,17	2,43	1,05
		100	5,39	1,27	1,91	5,86	1,27	2,97	4,47	4,76
2	0—	5	7,41	1,93	5,52	6,91	1,29	0,79	1,16	1,18
		20	12,12	7,57	5,64	6,65	5,17	1,85	1,27	0,71
		50	4,65	1,65	6,17	6,13	9,15	4,40	2,23	1,94
		100	1,66	1,00	4,76	3,04	4,63	3,32	1,65	6,62
3	0—	5	3,08	0,87	2,88	5,97	2,18	0,87	0,75	1,29
		20	8,48	5,70	5,64	7,86	4,78	0,85	0,96	0,81
		50	1,77	1,81	3,84	3,21	6,91	2,97	1,76	1,39
		100	1,35	1,31	1,46	3,08	3,60	5,37	3,17	3,62
4	0—	5	6,09	1,29	1,42	5,54	1,79	0,94	1,07	1,24
		20	4,40	7,32	4,69	4,83	4,90	1,14	2,07	0,85
		50	3,35	9,02	4,20	4,94	5,01	4,47	3,86	2,36
		100	1,01	1,01	1,53	1,35	2,45	1,01	5,57	5,05
5	0—	5	9,65	2,50	5,28	5,88	2,70	0,92	1,00	2,30
		20	1,01	9,49	5,28	6,51	2,95	1,29	1,89	2,21
		50	1,89	3,78	1,53	7,16	3,91	4,70	3,64	4,42
		100	1,42	0,81	1,09	5,05	1,89	1,42	1,89	4,51
6	0—	5	8,39	0,92	1,66	4,76	1,40	0,88	0,71	1,22
		20	5,50	8,77	9,63	8,39	2,20	1,35	0,59	1,39
		50	6,02	0,68	0,71	2,14	4,34	1,51	1,31	1,65
		100	1,01	0,79	0,79	0,57	2,29	1,26	2,11	3,42

Tabelle 7  
Salzkonzentration (‰ NaCl) in der Bodenfeuchte von 0 bis 100 cm Tiefe  
in der Zeit von März 1962 bis September 1963  
Profil III, Station 1 bis 5 (vgl. Lageplan, Abb. 4)

Zeit der Entnahme:		13. 3. 62	11.4. 62	16. 5. 62	19. 7. 62	6. 9. 62	10. 4. 63	5. 6. 63	24. 9. 63
Station	Entnahme- tiefe in cm	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl	‰/NaCl
1	0— 5	9,27	3,59	2,97	7,77	2,02	1,20	0,77	1,09
	20	4,34	4,52	7,25	6,02	4,22	1,03	1,07	1,16
	50	0,81	1,51	2,50	3,42	8,10	1,49	1,18	1,07
	100	0,64	1,14	1,98	1,74	4,40	1,46	2,70	1,74
2	0— 5	7,18	1,85	1,81	8,21	1,01	0,83	1,05	1,16
	20	3,95	2,20	5,70	5,28	1,12	0,51	1,55	1,09
	50	0,70	1,03	2,09	1,37	2,21	2,68	1,84	0,71
	100	0,92	0,68	0,61	1,81	1,26	0,90	1,18	1,46
3	0— 5	9,15	1,93	8,06	16,33	1,26	1,00	2,39	1,37
	20	7,07	5,93	1,94	3,44	2,56	0,98	2,02	1,85
	50	0,83	1,26	1,57	1,29	3,82	2,61	2,99	2,00
	100	1,00	0,96	0,79	3,68	0,70	2,21	2,45	2,67
4	0— 5	8,82	1,59	3,46	5,37	0,83	0,70	6,00	1,57
	20	4,18	3,91	6,19	6,24	3,82	1,53	6,51	1,81
	50	4,63	3,60	1,94	4,09	4,90	3,44	5,57	3,05
	100	1,16	8,93	1,51	1,57	3,19	2,03	5,72	3,41
5	0— 5	8,96	0,85	19,54	9,09	4,81	1,03	0,75	8,08
	20	2,77	7,61	7,23	6,47	8,28	2,41	1,53	8,03
	50	0,53	2,36	3,98	5,32	8,06	5,25	4,56	5,73
	100	0,83	1,01	3,80	8,04	1,18	1,85	3,64	4,83

Die drei Profile zeigen auf allen sechs bzw. fünf Stationen der ersten Salzsäule, Entnahme am 13. März 1962, also bald nach dem Trockenfallen des Kooges — wie oben bereits durch orientierende Stichproben am 23. Februar (Abb. 22) dargelegt wurde — in den beiden oberen Schichten verhältnismäßig hohe, in den unteren Schichten bedeutend niedrigere Salzwerte oder nur Spuren von Salz.

Bei der zweiten Entnahme, die nach den ersten Niederschlägen erfolgte, zeigen alle drei Profile eine erhebliche Verringerung der Salzkonzentration in der obersten Schicht (0 bis 5 cm), aber durchgehend eine Erhöhung der Salzwerte in der zweiten Schicht (20 cm). Die dritte Entnahme (16. Mai 1962) läßt den Einfluß der Trockenwetterlage auf allen Stationen deutlich erkennen. Die im April zunächst gefallen Salzwerte erhöhen sich wieder infolge des kapillar erfolgten Aufstiegs salzreicher Bodenfeuchte.

Diese Zunahme der Salzkonzentration wird im Hochsommer noch einmal verschärft. Die entsprechende Untersuchungsreihe vom 19. Juli 1962 zeigt Salzwerte, die nahezu die Ausgangskonzentration der Überflutungszeit wieder erreichen, sie in zwei Fällen (Profil II, Station 1 und Profil III, Station 3) sogar wesentlich übertreffen.

Nicht ausschließlich, aber doch in großen Zügen, ergibt sich bei einer weiteren Betrachtung der Tabellenwerte, daß die während der Überflutung nur in die oberste Schicht (0 bis 5 cm) eingedrungenen Salzmengen bis zum September des folgenden Jahres in die Tiefe abgewandert sind. Diese Abwanderung ist in den leichteren Böden nahe dem Seedeich besonders deutlich nachzuweisen. In diesen feinsandigen Ablagerungen geht das Eindringen des Regenwassers, das

beim Versickern in den Boden die Chloride mit sich führt, störungsfrei vor sich. Das sind die Stationen 4, 5 und 6 der Profile I und II und die Station 4 des Profils III, während Station 5 mit einem erneuten Anstieg auf 8 g NaCl die Regel nicht bestätigt und unerklärlich bleibt.

Die letzte Spalte (September 1963) der Tabellen 5 bis 6 zeigt außerdem, daß die Salzwerte nunmehr so weit abgeklungen sind, daß eine Beeinträchtigung weiterer Ernten durch Salzkonzentration nicht mehr befürchtet zu werden braucht.

#### 4. Die Salzbewegung im Raps-Acker

Die Bauern erhielten für die ersten Maßnahmen in ihrem Koog Empfehlungen, keine Anweisungen. Dennoch ergab sich trotz der allgemeinen Versalzung, die sie alle betroffen hatte, und der darauf abgestimmten Empfehlung ein buntes Bild. Der eine säte — wie empfohlen — Sommerraps, ein anderer Hafer, ein dritter pflanzte Kohl, Runkeln oder Steckrüben. Die drei letztgenannten Früchte schlugen (erwartungsgemäß) vollkommen fehl, anders dagegen Sommerraps und Hafer.

Die Salzbewegung im Sommerraps möge hier im einzelnen erörtert werden.

Der als Winterfrucht überflutet gewesene Weizen wurde durch Sommerraps ersetzt. Entsprechend der Empfehlung wurde das Feld nicht gepflügt, sondern lediglich mit dem Kultivator mehrmals bearbeitet. Auf diese Weise blieb die in 20 cm Tiefe liegende, inzwischen mit Salz angereicherte Bodenschicht unangetastet. Das Saatbett machte nach der Bearbeitung, als die Einsaat erfolgte, einen ausgezeichneten Eindruck. Wochen vergingen, aber der Raps lief nicht auf! Das Keimblatt war längst überfällig. Der Bauer fühlte sich falsch beraten und war drauf und dran, den ganzen Schlag erneut zu brechen, diesmal aber mit dem Pflug und dann in „gehöriger“ Tiefe.

An dieser Stelle möge das Kurvenbild (Abb. 23) eingeschaltet und zusammen mit den meteorologischen Daten (Tabellen 2 und 3 und Abb. 24) und dem Saatenstand diskutiert werden. Die ausgezogene Linie gibt die Salzkonzentration in der obersten Bodenschicht (0 bis 5 cm) wieder, die gestrichelte enthält die Salzwerte in 20 cm Tiefe. Zunächst seien die Oberflächenwerte besprochen.

Nach dem Trockenfallen des Kooges war der Salzwert bis zur Entnahme der Bodenproben am 13. März 1962 bereits auf 5,5 g NaCl je Liter Bodenfeuchtigkeit heruntergegangen. Aber erst die in den ersten zehn Tagen des Monats April fallenden Niederschläge ließen den Salzgehalt weiter absinken bis auf 1,4 g NaCl am 11. April. Diese Bodenproben wurden am damaligen Beratungstag entnommen. An jenem Tag fiel ein milder Landregen, in den Tagen davor — 28. 3. bis 11. 4. 1962 (Tabelle 3) — waren in 15 Tagen 58,4 mm Regen gefallen, wodurch sich der niedrige Salzwert vom 11. April erklärt.

Als die Äcker wieder abgetrocknet waren, begann die Beackerung mit gleich nachfolgender Einsaat. Unglücklicherweise wiederholte sich der Regen nicht, es begann eine Trockenperiode mit Wind und starker Besonnung. In den anschließenden 25 Tagen fielen nur 5,4 mm Regen (Tabelle 3, Zeile 3). Von diesen 25 Tagen fiel in den letzten 21 (!) Tagen überhaupt kein Regen (Zeile 4 in Tabelle 3). Da der Boden zu diesem Zeitpunkt noch vollkommen ungedeckt dalag, stieg das Salz infolge der Verdunstung auf kapillarem Wege wieder in die oberen Schichten auf und rief im Keimbett Konzentrationen hervor, die jeder Kulturpflanze zum Verhängnis werden mußten. So wurde bei einer Zwischenuntersuchung (nicht aufgeführt in den Tabellen 1 bis 3) am 30. April 1962 eine Konzentration von über 12 g NaCl im Liter gemessen (Spitzenwert der ausgezogenen Kurve auf Abb. 23). An einigen Stellen des Rapsackers zeigte sich

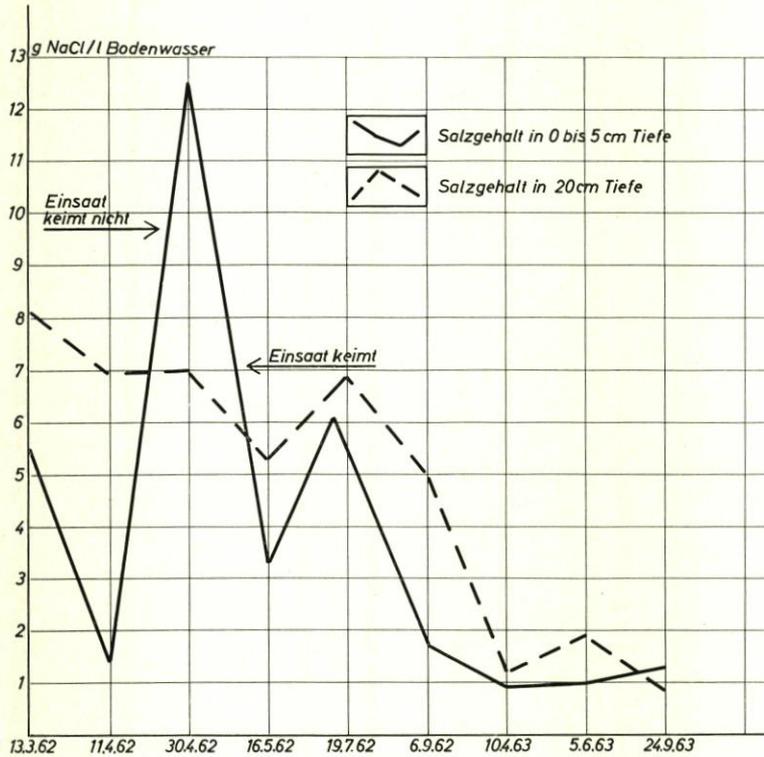


Abb. 23. Der Gang der Salzwerte im Boden der Neuansaat im Sommer 1962 (Acker mit Sommerrap) (Acker mit Sommerrap)



Abb. 24. Niederschlagswerte Eiderstedt. Monatswerte Februar bis September 1962

sogar ein mit bloßem Auge erkennbarer bläulicher Schimmer. Das war ausblühendes Salz! Die Rapssaat lag still und fest geschlossen in der Drillfurche. Bei dieser hohen Salzlage war das ein glücklicher Umstand. Hätte die Trockenzeit und damit der hohe Salzwert die Saat in ihrem ersten Keimstadium getroffen, wäre alles Leben ausgelöscht worden, und der Acker hätte aufs neue angesät werden müssen. Aber das Salz im Boden kann nur vom Regen, nicht vom Pflug unwirksam gemacht werden. Etwas Regen fiel im Mai (Tabelle 3, Zeile 5), die Salzkonzentration verringerte sich bis zur nächstfolgenden Entnahme am 16. Mai in einem Fall von

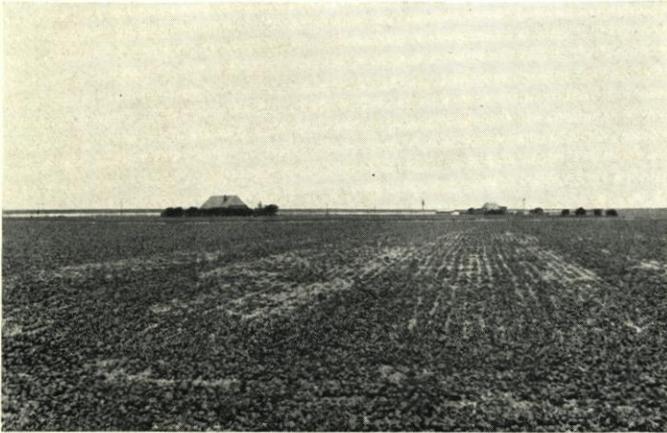


Abb. 25.  
Stand der Neuansaat am  
21. Juni 1962. Bis auf einige  
Salznester schließt sich der  
Acker

Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 26.  
Derselbe Standort wie  
Abbildung 30 während der  
Rapsblüte. Der Bestand über-  
traf die Erwartungen. Salz-  
nester sind jedoch noch  
erkennbar

Aufn. E. Wohlenberg

12500 mg auf 3300 mg NaCl im Liter. Schlagartig zeigten sich grüne Bänder in den Drillfurchen und schnell bildete der Raps eine nahezu geschlossene Vegetationsdecke. Abbildung 25 zeigt die zur Erörterung stehende Rapsparzelle am 21. Juni 1962. Der Raps bemüht sich — offensichtlich gehemmt und zögernd — den Bestand zu schließen. Das Bild zeigt aber auch Lücken und vegetationsarme Stellen. Das sind die Salznester, auf die bereits in der Beratung am 11. April als mögliche Erscheinung vorsorglich hingewiesen wurde. Der langsame Fortgang der Begrünung findet seine Erklärung in Zeile 6 der Tabelle 3. In einem Zeitraum von zwanzig Tagen, vom 1. bis 19. Juni, waren nur 3,6 mm Regen gefallen.

Wie sehr die Monate April, Mai und Juni im Hinblick auf Niederschläge überhaupt im Minimum lagen, zeigt das Kurvenbild auf Abbildung 24. Mit aller Deutlichkeit veranschaulicht

die Kurve, wie sehr die allgemeine Wetterlage den Rekultivierungsbemühungen im Ülvesbüller Koog tatsächlich entgegenstand. Sie hätte sich kaum ungünstiger entwickeln können. Und es ist schwer zu begreifen, wie es der Raps bei den vorliegenden Salzwerten und den geradezu dürftigen Regenwerten im April und Mai sowie bei nur 37 mm Niederschlag im Monat Juni überhaupt fertigbringen konnte, den Boden annähernd zu bedecken.

Gleich danach aber fiel die Entscheidung über das weitere Gelingen der Ansaat, denn die beiden Tage 20. und 21. Juni brachten 17,1 mm Regen (Zeile 8 in Tabelle 3). Mit diesen beiden Tagen war die Salzproblematik überwunden. Diesem Saatenstand konnte der noch einmal wieder ansteigende Wert am 19. Juli 1962 mit 6100 mg Salz nichts mehr anhaben. Diese Erhöhung war dadurch entstanden, daß an den letzten fünf Tagen vor der Probennahme, vom 15. bis 19. Juli, kein Regen gefallen war. Hochsommerliche Temperaturen und starke Sonnenstrahlung hatten den Salzwert auf über 6 g anschwellen lassen. Aber dann sorgten weitere, in Zwischenräumen fallende Niederschläge für ein durchgängiges Abfallen der Konzentrationen, wie es vom Kurvenbild abgelesen werden kann. Der hohe Regenwert vom 27. Juli (Zeile 12 in Tabelle 3) war willkommen wegen der Schotenfüllung, aber kaum noch von entscheidender Bedeutung. Abbildung 26 zeigt denselben Rapsacker am gleichen Standort wie auf Abbildung 25 Ende Juli 1962. Der Gesamteindruck war überraschend, aber man erkennt deutlich, daß der Raps das sich im Juni bereits abzeichnende Salznest nicht ganz überwinden konnte. Nach dem Winter 1962/63 lag der Salzwert nur noch bei 1000 mg (Abb. 23) und hatte damit jede negative Bedeutung für das Gedeihen von Kulturpflanzen verloren.

Die gestrichelte Kurve auf Abbildung 23 bezieht sich auf die Salzwerte in 20 cm Tiefe. Diese Schicht belieferte zwar die Bodenoberfläche in Trockenzeiten durch kapillar aufsteigendes Verdunstungswasser mit salziger Feuchte, aber das eigentliche Keimbett der Einsaat reicht zunächst nicht in diese Tiefe hinab. Diese Bodenzone wird durch den darüber liegenden Boden (20 cm) gegen unmittelbare Verdunstung abgeschirmt, sofern es sich nicht gerade um eine extreme und langdauernde Trockenlage handelt. Den Stand der Abschirmung belegt das Kurvenbild (gestrichelte Kurve auf Abb. 23). Es verläuft ruhig, d. h. ohne bemerkenswerte Spitzen und läuft schließlich nach dem Winter 1962/63 weiter abnehmend mit der Oberflächenkurve zusammen. Die hier ermittelten Salzwerte haben keine schädigende Bedeutung mehr<sup>9)</sup>.

Abschließend sei noch ein Wort über die weitere Entwicklung des Sommerrapses gesagt. Nach früheren Untersuchungen im Finkhauskoog (IWERSEN 1953) und im Lübke-Koog (WOHLLENBERG 1963) wächst die Salzresistenz der Rapspflanzen mit zunehmender Größe und Reife. Zwar waren im genannten Schlag einige Stellen festzustellen, wo der Wuchs durch Salzeinfluß zurück- oder ausgeblieben war, aber im großen und ganzen war der Bestand einheitlich und geschlossen. Abbildung 26 zeigt den Rapsacker während der Blüte Ende Juli 1962. Das Bild soll uns jedoch nicht blenden. Wir haben dabei die obengenannten Fehlschläge mit anderen Ackerfrüchten im Gedächtnis. Das Druschergebnis dieses Schlages Sommerrapses war jedenfalls überraschend, es fehlten nur 3 oder 4 dz je ha an einer normalen Ernte. Vom Haferacker kann das gleiche berichtet werden.

Trotz dieser erfreulichen Ergebnisse kann noch nicht von einer Überwindung der Folgen des Deichbruchs gesprochen werden, denn weniger sichtbar als der Saatenstand könnten die möglichen strukturellen Veränderungen des Bodens sein. Es ist durchaus möglich, daß die Bodenkrümelung durch die Anreicherung von Natrium-Ionen (aus dem Überflutungswasser)

<sup>9)</sup> Der Verlauf der gestrichelten Kurve (Salz in 20 cm Tiefe) legt einen Vergleich mit der monatlichen Niederschlagskurve auf Abbildung 24 nahe. Beide Kurven entsprechen einander spiegelbildlich. Sie kennzeichnen beide das allgemeine Bild treffend, jedoch nicht das besondere. Dieses ist nur mit der ausgezogenen Kurve zusammen mit der Tabelle der Intervallwerte (Tabelle 3 auf Seite 69) deutbar.

eine Einbuße erlitten hat. Hätte die Überflutung monatelang gedauert und die Versalzung des Kooges hohe Werte gezeitigt, wäre die Anwendung einer Gips-Düngung zwecks Bindung der Na-Ionen notwendig gewesen, aber angesichts der so kurz dauernden Überflutung und der entsprechend niedrigen Salzwerte wurde darauf verzichtet. Bodenpflegerische Maßnahmen liegen in der Hand der Bauern; sie werden auch diese kleinen Schäden überwinden, wenn sie wirklich eingetreten sein sollten.

Abschließend sei hervorgehoben, daß der Koog bereits im Sommer des Überflutungsjahres 1962 durch den besonderen Einsatz der Bauern, verbunden mit Umsicht und Geduld, zurückgewonnen werden konnte.

#### IV. Die Übersandung des Kooges im Bereich des Durchbruchs

##### 1. Deichbruch und Wehle

In diesem Abschnitt soll noch einmal der Deichbruch mit seinen unmittelbaren Folgeerscheinungen in eine engere Betrachtung gezogen werden, soweit sie in landschaftskundlicher und landwirtschaftlicher Hinsicht neue Erkenntnisse vermitteln.

Wenn die Überflutung eines Kooges der deutschen Marschen zum erstenmal Gelegenheit bot, diesem Ereignis bodenkundliche Untersuchungen mit praktischen Beratungen sogleich folgen zu lassen, so gilt das auch von dem Entstehen und von der Funktion einer Wehle.

Überall entlang der Küste befinden sich an den alten Deichen Wehlen als Zeugen früherer Deichbrüche. Heute sind das historische Landschaftsformen, von deren Entstehung rückblickend im einzelnen wenig bekannt ist. Der Chronist nennt sie zwar mit Namen und schildert die mit ihrer Entstehung für die betreffenden Bewohner der Marsch durch die Jahrhunderte immer wieder eingetretenen Notlagen, aber das Naturphänomen als solches blieb unangesprochen. Wir erfahren zwar menschliche Dinge, aber keine geologischen und morphogenetischen Tatsachen. Das Ereignis vom 16. Februar 1962 hat uns einen Einblick in die gewaltigen, auf engstem Raum für die Dauer von Minuten konzentrierten Kräfte der marinen Erosion gegeben.

Zwar ist der Augenblick des eigentlichen Deichbruchs ohne unmittelbare Zeugen gewesen, aber einer der Ülvesbüller Deichediger hat berichtet, was dem Einbruch der See vorausging, nämlich die Bildung einer senkrecht abfallenden Deichwand (etwa wie bei Abb. 7 und 8) sowie die Durchfeuchtung und das Instabilwerden der Deichkrone. Wenn man sich den Korngrößen- aufbau in dieser Deichregion vergegenwärtigt (etwa wie in Tabelle 8), wird die Umwandlung des festen „Aggregatzustandes“ infolge der Wasserübersättigung der feinsandig-schluffigen Erdmassen und der gewaltigen Erschütterung durch die auf den Deich pausenlos wuchtende Brandung verständlich und es scheint keine Übertreibung zu sein, wenn in dieser letzten Phase vor dem Durchbruch sozusagen von einer „Verflüssigung“ der Deichkrone gesprochen wird.

Die bis zum Augenblick des Durchbruchs intakt gebliebene Grasnarbe der Deichinnenböschung wird schon nach wenigen Augenblicken der Wucht der in den Koog hinabschießenden Wassermassen erlegen gewesen sein. Der Abbau der Deichsubstanz ging alsdann in die Tiefe und gleichzeitig nach beiden Seiten der Bruchstelle vor sich. Die von der Höhe der Deichkrone nunmehr unaufhaltsam herabstürzenden Wassermassen fraßen sich tief in den Koogboden ein. Die alten Verlandungsschichten (Abb. 27 und 28) waren schnell forterodiert und die darunter liegenden, tonig kaum gebundenen Wattsedimente wurden in wenigen Minuten bis zu einer Tiefe von knapp 7 m aus ihrem Schichtverband gelöst, mit dem koogwärts strömenden Wasser mitgerissen und im Koog abgelagert (Abb. 28 und 30). Als das geschah, war die Wehle natürlich als solche nicht erkennbar (Abb. 11). Ihre Umriss wurden erst nach dem Abfließen

Abb. 27.  
Die Wehle an ihrer tiefsten  
Stelle. Sie beginnt seeseitig  
halbkreisförmig mit steilem  
Abfall in die Tiefe. Links der  
Verbau der Bruchstelle  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 28.  
Die Wehle an ihrer flachsten  
Stelle. Sie endet koogseitig mit  
einem bewegten Böschungs-  
relief. Die Schichten der  
ehemaligen Verlandungszone  
wurden vom heftig strömenden  
Wasser freipräpariert  
Aufn. E. Wohlenberg

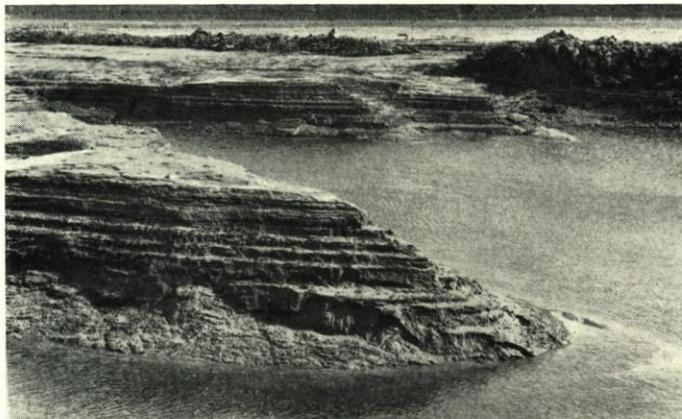


Abb. 29.  
Die Auslotung der Wehle vor  
ihrer Verfüllung und  
Einplanierung  
Aufn. E. Wohlenberg



des Wassers sichtbar. Nach dem Trockenfallen des Kooges blieb sie bis zum Rand mit Seewasser gefüllt. Die in diesem Zustand erfolgte Auslotung (Abb. 29) vermittelte eine Vorstellung vom Relief eines von einem Deichbruch herrührenden Kolkes (Abb. 27 bis 29). Die Maße wurden durch Quer- und Längslotung festgestellt und betragen: Länge 65 m, Breite 34 m, Tiefe bis 7 m.

Der tiefste Punkt lag etwa dort, wo die Innenböschung des Deiches in die Innenberme übergeht (Abb. 27). Im weiteren Verlauf der Sturmflut hatte sich die Einbruchspforte nur noch seitwärts vergrößert, bis sie eine Breite von etwa 80 m erreicht hatte. So öffnete sich der kleine wassergefüllte Koog mit einem breiten Tor zur See hin (Abb. 10, 11 und 15).

## 2. Die Übersandung

Die Ackerparzelle, in welche die Wehle eingerissen war, wurde hierdurch in dreifacher Hinsicht bezüglich der späteren landwirtschaftlichen Nutzung betroffen, zunächst durch die bis zu sieben Meter tiefe Auskolkung, ferner durch Abrasion des alten Mutterbodens im Bereich der Hauptstoßrichtung des Wassers und schließlich durch eine flächenhafte Übersandung (Abb. 30)<sup>10)</sup>. Der vom Deichkörper und aus der Tiefe der Wehle herrührende Sand hatte eine Fläche von ungefähr 10 ha Größe mehr oder weniger stark überdeckt. Abbildung 30 zeigt diesen Zustand. Die das Bild kennzeichnenden Rippelmarken gehen auf die Zeit vor dem Wiederabfließen des Meerwassers zurück. Bei dieser Sandablagerung handelt es sich um ausgewaschenen, durch die starke Wasserbewegung von den tonigen und schluffigen Bestandteilen befreiten Sand, also um ein steriles wertloses Sediment. Da die Übersandung zum Teil mehr als 20 cm Stärke erreichte, der darunterliegende Koogsboden ohnehin nicht als schwer anzusprechen war und somit ein Unterpflügen der Sandauflage als etwaige zusätzliche Magerungsmaßnahme nicht ratsam schien, wurden die übersandeten Flächen in die Meliorationsplanung einbezogen. Um hierfür eine praktisch brauchbare Unterlage zu bekommen, wurde das betroffene Gebiet bodenmäßig kartiert, und zwar in erster Linie hinsichtlich der Ausräumung des Mutterbodens und zweitens bezüglich der Verteilung der Übersandungsstärken. Das Ergebnis dieser Kartierung wird mit der Abbildung 31 vorgelegt. Die Kartierungsabstufungen wurden so gewählt, daß sie eine Grundlage für die notwendige Meliorationsmaßnahme bieten konnten, sei es nun durch Forträumung oder auch — bei geringerer Mächtigkeit — Einbeziehung und Vermischung des Sandes mit dem alten Koogsboden durch Unterpflügen.

Der fortgespülte Mutterboden umfaßte eine Fläche von 0,6 ha. Die Übersandung von 10 cm Stärke bedeckte eine Fläche von 3,0 ha, bis 20 cm etwa 2,5 ha und über 20 cm 0,6 ha. Die mit weniger als 10 cm Sandauflage bedeckten Flächen blieben unberücksichtigt, da diese im normalen Wirtschaftsbetrieb vom Hofe aus melioriert werden konnten<sup>11)</sup>.

Zur Entlastung des betroffenen Betriebs wurden alle Sandstärken über 10 cm Stärke durch Planierdrauen abgeräumt. Den fortgespülten Mutterboden konnte man nicht ersetzen<sup>12)</sup>.

<sup>10)</sup> Der Versalzungsfaktor sei an dieser Stelle noch nicht genannt. Seine Behandlung ist weiterhin Gegenstand eingehender Untersuchungen.

<sup>11)</sup> Meinen Mitarbeitern, den Herren OLTHOFF, HANSEN und SCHRÖDER, danke ich für technische Hilfeleistungen im Gelände, Labor und am Zeichentisch.

<sup>12)</sup> Die Kultivierung dieser Wehlenparzelle wird weiter unten behandelt, Seite 82.



Aufn. E. Wohlenberg  
 Abb. 30. Der übersandete Koog. In dieser Gegend ist der Mutterboden mit einer über 20 cm mächtigen sterilen Sandschicht bedeckt

## V. Der Wasserhaushalt der Wehle nach dem Trockenfallen des Kooges

Der Verfasser hat im Laufe der Jahre verschiedene „historische“ Wehlen auf ihren Wasserhaushalt untersucht. Die hier zur Erörterung stehende Wehle vom 16. Februar 1962 konnte aus deichbautechnischen Gründen nicht erhalten bleiben, sondern sollte schon bald wieder aufgefüllt und damit beseitigt werden. Daher war Eile geboten, ihre Hydrographie wenigstens in den Grundzügen noch vor ihrem Verschwinden zu erfahren. Als die Wehle bei der Auslotung von den benachbarten Baumaßnahmen noch „unberührt“ war, wurde das in ihr befindliche Wasser (Abb. 29) in allen Tiefen von der Oberfläche bis zum Boden auf seinen Salzgehalt untersucht.

Dabei ergab sich ein überraschendes Bild. Hydrographisch betrachtet war der Wasserkörper nämlich durchaus nicht homogen. Die schematische Abbildung 32 vermittelt eine Vorstellung von der vorgefundenen Salzgehaltsverteilung. Was in der marinen Hydrographie und auch in der Limnologie als „Sprungschicht“ bezeichnet wird und in physikalischer wie biologischer Hinsicht stets eine besondere Beachtung erfährt, das war auch in diesem eng begrenzten Wasserraum nicht nur

auffallend deutlich nachweisbar, sondern in seinen Wertigkeiten sogar bedeutend extremer, gespannter, als es von natürlichen, ausgereiften Wasserkörpern bekannt ist. Der Salzsprung (Sprungschicht) lag etwa 150 cm unter der Oberfläche. Die Werte des Überflutungswassers der Sturmflut hatten bei 25 ‰ NaCl gelegen (vgl. Seite 65). Die oberen Wassermassen der Wehle zwischen Oberfläche und 150 cm Tiefe hatten aber nur einen Salzwert von 9,20 ‰ NaCl. Bei 200 cm Tiefe wurden 20 ‰ festgestellt und von 300 cm an bis zum Wehlengrund 24 ‰. Diese unerwartete Wasserschichtung kann nur so erklärt werden, daß zwischen dem Zeitpunkt des Deichbruchs, durch den die Wehle mit Meerwasser gefüllt wurde (16. Februar 1962), und dem Zeitpunkt der Probenentnahme für die Wasseranalyse (16. April 1962) Regenwasser aus dem Koog zugeflossen ist. Im einzelnen mögen folgende Betrachtungen den Zustand in der Wehle erklären.

Beim Trockenfallen wurden zunächst nur die Ränder des Kolkes sichtbar. Als dann der Ringschlot (Entwässerungsgraben hinter dem Seedeich) geräumt wurde, konnten die oberen Dezimeter aus der Wehle zum Schöpfwerk abfließen. Das war im ganzen gesehen nur ein Bruchteil vom Gesamtvolumen, so daß die Wehle praktisch mit Meerwasser gefüllt blieb. Aus dem übrigen, inzwischen ebenfalls geräumten Grabensystem des südlichen Koogsteiles aber floß das von den Äckern abgeleitete Niederschlagswasser stetig der Wehle zu. Dieses im April zugeflossene Wasser war nicht nur salzfrei, sondern hatte gegenüber dem Meerwasser vom Februar natürlich auch eine höhere Temperatur. Es konnte wegen seines geringeren spezifischen

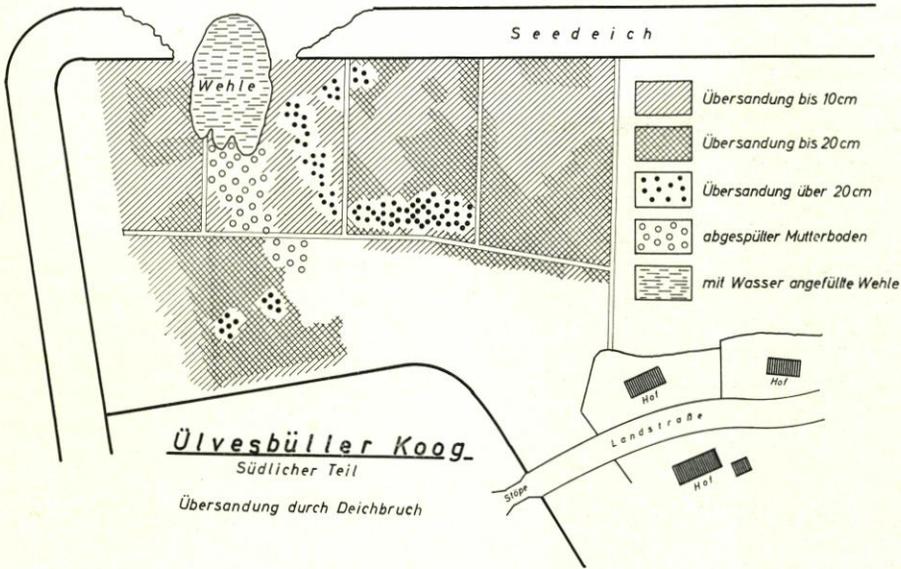


Abb. 31. Die Verteilung der verschiedenen Übersandungstärken und das Gebiet des fortgeschwemmten Mutterbodens

Gewichtes nicht in die Tiefe dringen, sondern vermischte sich nur mit dem salzigen Oberflächenwasser der Wehle und ermäßigte dadurch dessen ursprünglich vollmarinen Salzwert von 25 ‰ auf 9 ‰ NaCl. Es sind also zwei Eigenschaften, welche die spezifische Schwere der beiden Wasserarten bestimmen und die Schichtung nach bekannten Gesetzen herbeigeführt haben: In der Tiefe das durch höheren Salzgehalt und tiefere Temperatur schwere Wasser, an der

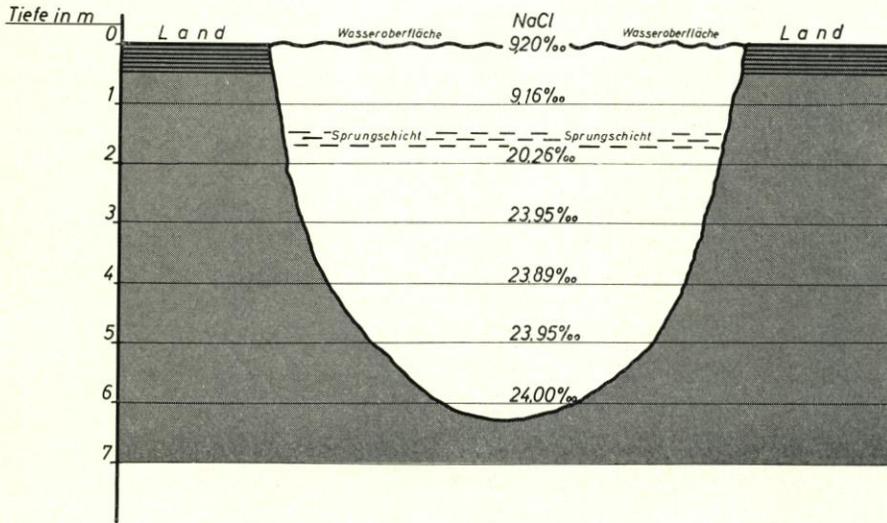


Abb. 32. Die Hydrographie der Wehle (schematisch). Die Verteilung des Salzgehaltes im Wasserkörper der Wehle am 16. April 1962, zwei Monate nach dem Deichbruch mit einer scharf ausgeprägten Sprungschicht in 150 cm Tiefe

Oberfläche das durch geringen Salzgehalt und höhere Temperatur leichte Wasser. Da die Wehle einen rundherum geschlossenen Raum darstellte, mithin in ihrem Wasser keinerlei Strömung bzw. Durchflußbewegung vorhanden war, konnte sich diese für hydrographische Verhältnisse ungewöhnlich scharf ausgeprägte Sprungschicht ungestört, d. h. allein nach dem Gesetz der Schwere herausbilden.

„Leider“ schritten die Deichbaumaßnahmen mit der Schließung der Deichlücke mit Rücksicht auf die Sicherheit der Koogbewohner so schnell voran (Abb. 27), daß der Wehle nur ein kurzes Dasein beschieden war. Sie ist eingeebnet worden. So konnten weitere hydrographische Daten nicht gewonnen werden. Diese hydrographische „Momentaufnahme“ muß genügen.

Bei diesen Erörterungen geht es nicht um die Schilderung eines hydrographischen Kuriosums, sondern um die Aufklärung von besonderen Zusammenhängen, deren Auswirkung der Bauer nicht nur jetzt, sondern auch in Zukunft in seinen Ernteträgen spüren wird. Darüber soll im folgenden Absatz auf bodenkundlicher und landwirtschaftlicher Ebene berichtet werden.

## VI. Die Beseitigung der Wehle und ihre Folgen

Der Seedeich des Ülvesbüller Kooges ist als Sicherheitsmaßnahme nach der Sturmflut in den Jahren 1962 und 1963 wesentlich verbreitert und um etwa 150 cm erhöht worden. Da die Außenberme bestehen blieb, mußte die erhöhte Deichkrone zwangsläufig weiter nach innen, also koogwärts verlagert werden. So kommt es, daß im Bereich der Deichlücke die neue Deichkrone als höchster Teil des neuen Seedeiches nunmehr über dem tiefsten Teil der Wehle liegt. Die Abbildungen 27 und 33 zeigen einen Teil des Verfüllungsvorgangs. Von der Wehle ist lediglich noch der flachere, koogseitige Abschnitt vorhanden und mit Wasser gefüllt. Der see-seitige Teil mit dem 7 m tiefen Kolk liegt jetzt unter dem neuen Deich. Der auf dem Bild (Abb. 33) noch erkennbare Rest mußte — da die abgeschobene Übersandung längst nicht zum Verfüllen des Kolkes gereicht hatte — mit Wattsedimenten aus der Anwachszone vor dem Seedeich aufgefüllt werden (Korngrößenaufbau vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8

Korngrößenzusammensetzung des Wattbodens, mit dem die Wehle wieder aufgefüllt wurde (vgl. Abb. 34)

> 0,25 mm	0,25—0,12 mm	0,12—0,06 mm	< 0,06 mm
2,35 %	3,25 %	59,40 %	35,00 %

Als die Auffüllungsarbeit begann, wurde das Wasser durch ein transportables Pumpenaggregat aus der Wehle in den Ringschlot als Vorfluter gepumpt, jedoch verging bis zum Verfüllen der Wehle so viel Zeit, daß sich der Kolk erneut mit Wasser aus der vorher mit Seewasser infiltrierten Umgebung und aus dem Untergrund füllte. Dieses Wasser wurde nicht wieder entfernt, sondern durch laufend hineingestürzte Erdmassen aus dem Watt auf dem einfachen Wege der „Verdrängung“ in den Vorfluter gedrückt, soweit es nicht an das Sediment gebunden wurde und somit im Bereich der allmählich aufgefüllten Wehle verblieb.

Mit der Schließung der Deichlücke und dem Verfüllen der Wehle ist zwar ein bedeutsamer Punkt erreicht, aber es ist damit zunächst nur eine deichbautechnische Aufgabe gelöst. Der bäuerliche Acker wurde im engeren und weiteren Bereich des Durchbruchs tief verwandelt und der ehemals gewachsene Boden strukturell verändert. Diese Verwandlung zieht verständlicher-



Abb. 33.  
Die Wehle wird mit  
feinsandigem Boden  
aus dem seawärts  
gelegenen Anwachs  
und Watt aufgefüllt  
Aufn. E. Wohlenberg

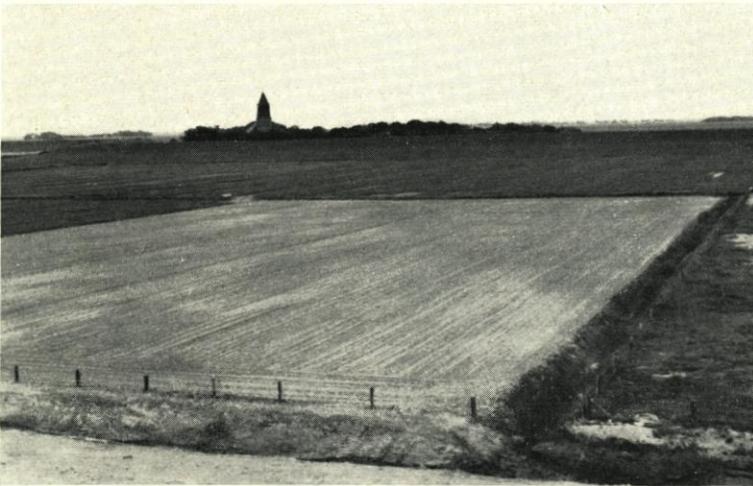


Abb. 34.  
Blick auf die inzwischen  
bearbeitete Wehlen-  
parzelle vom selben  
Standort wie  
Abbildung 33  
Aufn. E. Wohlenberg



Abb. 35.  
Blick auf die mit  
Futterrunkeln bestellte  
Wehlenparzelle vom  
gleichen Standort wie  
auf den Abbildungen 33  
und 34. Die Umrise der  
ehemaligen Wehle sind  
identisch mit Abbil-  
dung 33. Der Salzgehalt  
im Füllboden der Wehle  
hat alle Pflanzen  
abgetötet  
Aufn. E. Wohlenberg

weise bodenkundliche und landwirtschaftliche Erscheinungen praktischer und grundsätzlicher Art nach sich.

### 1. Der Salzhaushalt im Füllboden der Wehle und im benachbarten ungestörten Koogsboden

Nach den Planierungsarbeiten setzte die bäuerliche Kultivierung der „wiederhergestellten“ Wehlenparzelle ein. Abbildung 34 zeigt den Zustand am 3. Juli 1963. Äußerlich war nichts mehr zu erkennen, was auf die jüngste Geschichte dieser Parzelle hinweisen könnte, wenn man nicht die helle, von der Übersandung herrührende Färbung des sauber gepflügten und gegegneten Bodens als ungewöhnlich empfinden würde.

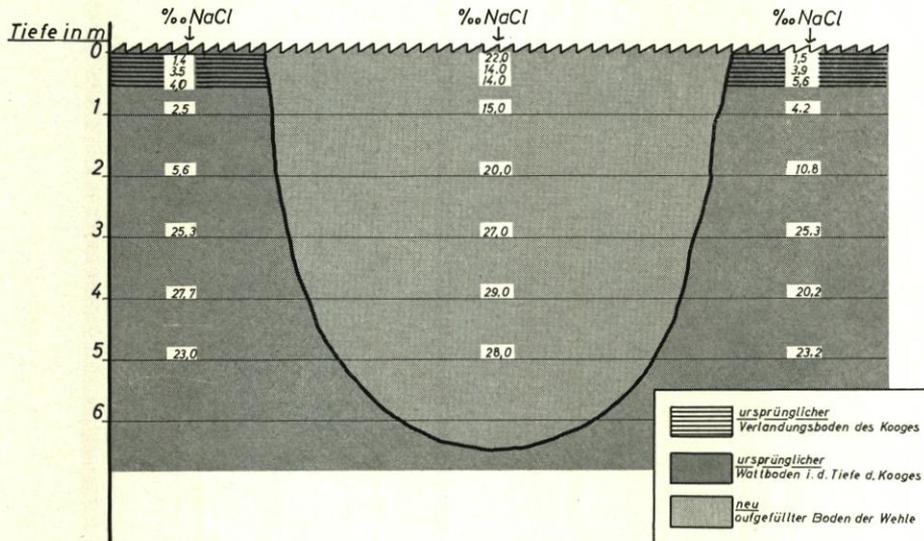


Abb. 36. Die Verteilung des Salzgehaltes im Füllboden der Wehle (Mitte) und im ungestörten, gewachsenen Boden (links und rechts von der Wehle)

Während der Verfasser mit der Entnahme neuer Bodenproben beschäftigt war, bepflanzte der Bauer seine Wehlenparzelle gerade mit Runkelrüben. Den Rat, das engere Gebiet der verfüllten Wehle nicht mit Rüben zu bepflanzen, da sie in diesem Jahr vermutlich wegen eines zu hohen Salzgehaltes doch nicht wachsen könnten, nahm er nur so weit zur Kenntnis, als er auf seinen großen Vorrat an Pflanzgut hinwies und meinte, man könnte es doch versuchen.

Es verstrich keine Woche, als sich der Mißerfolg bereits abzeichnete. Während alle Pflanzen außerhalb des engeren Wehlenbereichs aufrecht standen und angewachsen waren, kamen die innerhalb der Grenzen der Wehle eingesetzten Pflanzen über den Versuch des Anwachsens nicht hinaus, sie waren in einigen Tagen darauf vollständig kollabiert.

Wenn für den Eingeweihten auch kein Zweifel bestand, daß die Ursache hierfür allein im viel zu hohen Salzgehalt im Füllgut der Wehle zu suchen war, so bedurfte es doch aus verschiedenen Gründen des kausalen Nachweises.

In der schematischen Abbildung 36 ist das bodenkundliche Untersuchungsergebnis der Pflanzzeit wiedergegeben. Während die hohen Salzkonzentrationen im Bereich der Wehle bis an die Oberfläche, d. h. bis in den Wurzelhorizont des Pflanzgutes hineinreichen, treten die entsprechenden Werte in der Umgebung der Wehle, also im gewachsenen Boden, erst in grö-

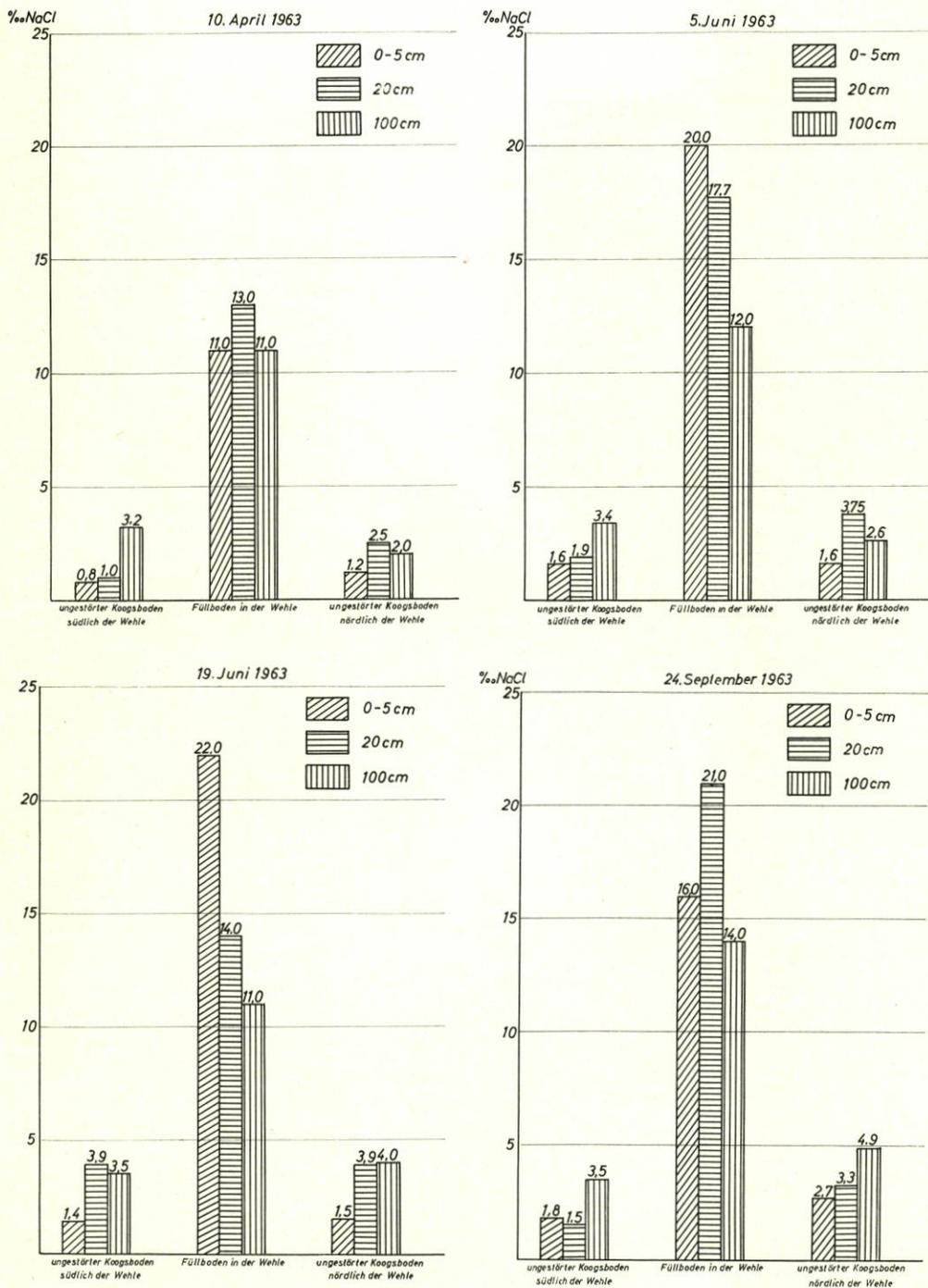


Abb. 37. Vier Salzdiagramme im Bereich der einplanierten Wehle von April bis September 1963. Die in der Mitte der Diagramme stehenden Kolonnen beziehen sich jeweils auf den Füllboden, die Kolonnen seitlich davon auf den ungestörten, gewachsenen Boden

ßerer Tiefe auf. Dort also kommt es nicht zu einer Salzvergiftung des Wurzelbettes. Abbildung 35 zeigt nicht nur die unterschiedliche Begrünung der Wehlenparzelle, sondern markiert eindeutig die ehemaligen Grenzen der Wehle durch den absoluten Ausfall der dem Salz erlegenen Rübenpflanzen. Was durch Planierraupe, Pflug und Egge restlos verwischt war (Abb. 34), kommt jetzt durch biogenes Versagen wieder ans Tageslicht (Abb. 35).

Unter Hinweis auf diesen Befund und auf die Abbildung 36 könnte der Einwand, dies sei nur ein Augenblicksbefund, das Problem der verfüllten Wehle als unbedeutend hinstellen; wirtschaftlich gewiß, denn der in die Ackerparzelle einbezogene Rest der Wehle zählt nicht nach Hektaren. Die Fläche selbst spielt für den betroffenen Bauern wirtschaftlich keine Rolle. Hier geht es aber um ein bodenkundliches Phänomen, das bisher nicht bekannt sein konnte, weil an der Küste bisher keine Wehle im Entstehen bekannt war. Aus diesen Gründen blieb die Wehlenparzelle weiter im Untersuchungsprogramm.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist in Abbildung 37 dargestellt. Mit Hilfe von vier Diagrammgruppen, deren Salzwerte auf je einen Zeitpunkt zurückgehen, wird die Bewegung — oder auch das Stagnieren — des Salzspiegels bildhaft und zahlenmäßig dargestellt. Zum besseren Verständnis der Entnahmestellen sei auf die vorhergehende schematische Abbildung 36 auf Seite 84 hingewiesen. Die auf ihren Salzgehalt zu analysierenden Bodenproben sind stets in gleicher Weise entnommen, nämlich einerseits aus dem Füllboden der ehemaligen Wehle, andererseits aber aus dem ungestörten Bereich des gewachsenen Bodens zu beiden Seiten der Wehle. Die Anordnung der Kolumnen in Abbildung 37 entspricht der Lage im Gelände. Die Wehlenwerte stehen stets in der Mitte des graphischen Bildes. Die Entnahme der Bodenproben erfolgte im April, Juni und September des Jahres 1963. Die aufgetragenen Werte sind Mittelwerte aus jeweils drei Bohrungen.

Als Gesamtbild ähnelt eine Gruppe der andern. Zwar sind die Sommerwerte, verglichen mit den Aprilwerten, erheblich angestiegen, aber der Typus ist der gleiche geblieben. Das trifft grundsätzlich für alle vier Diagramme zu. Extreme Schwankungen gab es nur im Füllboden und hier nur in den beiden oberen Bodenzonen (0 bis 5 cm und in 20 cm Tiefe), wo die Werte im Juni bis auf 22 g NaCl je Liter Bodenwasser anstiegen. Dagegen waren die gleichzeitigen Salzwerte im gewachsenen Boden links und rechts neben der Wehle nicht allein wesentlich niedriger, sondern blieben bemerkenswerterweise über die Monate hin weit stabiler und außerdem durchweg in der gleichen, für sie typischen Größenordnung (unter 5 g NaCl).

Da die Diagramme der Abbildung 37 einen aufschlußreichen Einblick in die Wechselvorgänge der Entsalzung und Versalzung vermitteln, mögen noch einige spezielle Betrachtungen folgen.

Naturgemäß spielt das Einkorngefüge des schluffig-sandigen Füllbodens der Wehle die entscheidende Rolle für das Wirksamwerden der Kapillarkräfte. Besonders eindrucksvoll werden die Wechselbeziehungen zwischen Boden, Klima und Salzgehalt, wenn Tabelle 3 auf Seite 69 zur Diskussion herangezogen wird.

Die Auswirkungen des oben schon einmal angezogenen Intervalls vom 28. März bis zum 11. April mit 58,4 mm Niederschlag in fünfzehn Tagen sind auf dem ersten Diagramm deutlich sichtbar, nämlich in den verhältnismäßig niedrigen und in allen drei Entnahmetiefen etwa gleichen Salzwerten.

Im Hochsommer ändert sich das Bild. Das zweite Diagramm (Abb. 37 rechts oben) zeigt die am 5. Juni festgestellten Werte. Mit Ausnahme des Salzgehaltes in 100 cm Tiefe sind die beiden oberen Schichten mit 20 beziehungsweise 17,7 g NaCl ungewöhnlich in die Höhe geschwollen. Starke Besonnung, hohe Temperaturen einerseits und das Ausbleiben der Niederschläge andererseits erklären das graphische Bild. Von den ersten zwanzig Tagen des Monats Juni waren fünfzehn ohne jeden Niederschlag verstrichen.

Das gleiche gilt vom dritten Diagramm, das sich auf den 19. Juni bezieht. In der oberen Bodenzone, 0 bis 5 cm, ist der Salzwert sogar noch weiter angestiegen, aber in der zweiten, in 20 cm Tiefe, ist der Wert von 17,7 auf 14,0 g NaCl gefallen. Diesen Abfall zu erklären, reichen die entnommenen Bodenproben leider nicht aus. Dagegen bewegt sich der Salzwert in der Tiefe (100 cm) in der bekannten Größe. Die Kapillarkräfte sind in diesem tiefen Bodenhorizont nicht mehr wirksam geworden.

Ein ganz anderes Bild liefert das Herbstdiagramm unten rechts auf Abbildung 37. Am 24. September ist der Salzwert der Oberschicht von 22 auf 16 g NaCl abgefallen, derjenige der zweiten Bodenzone (20 cm) aber von 14 auf 21,0 g NaCl angestiegen. Die dritte Kolumne liegt mit 14 g NaCl wieder auf der alten Ebene. Der Wert in der zweiten Bodenzone übersteigt zum erstenmal während der Dauer der Untersuchungen den Oberflächenwert um 5 g NaCl. Diese Abweichung vom sommerlichen Verhalten wird durch das Eindringen des Regenwassers verständlich, wodurch das Salz der Oberfläche in die zweite Bodenschicht geleitet wurde. In diesem Stadium wurden die Bodenproben am 24. September mit dem hohen Salzgehalt in 20 cm Tiefe entnommen.

Fassen wir das Ergebnis der vier Diagramme zusammen, so läßt sich der Salzgehalt im Füllboden der Wehle als sehr hoch und vollkommen instabil und der des gewachsenen Bodens zu beiden Seiten der Wehle als ausgesprochen niedrig und stabil kennzeichnen.

Die landwirtschaftliche Nutzung dieser Parzelle wird also so lange problematisch bleiben, wie der Salzhaushalt im Füllboden seine Instabilität nicht verloren hat.

## VII. Bodenkundliche Erkenntnisse und Empfehlungen

Welche Erkenntnisse und Folgerungen sind aus dem vorangegangenen Abschnitt für die landwirtschaftliche Praxis zu ziehen?

1. Der Füllboden, mit dem die Wehle einplaniert worden ist, stellt zur Zeit und auch in Zukunft ein Salzdepot dar. Das hier gespeicherte Salz ist von zweierlei Herkunft:
  - a) das in der Wehle beim Verfüllen verbliebene Meerwasser und
  - b) der standortgemäße Salzgehalt in dem zum Verfüllen verwendeten Watt- und Vorlandboden.
2. Durch das für die Schließung der Wehle verwendete Verfahren der „Wasserverdrängung“ haben sich die ohnehin schon salzhaltigen Sedimente des Vorlandes beim Einbringen in den Kolk weiterhin mit Salzwasser angereichert und damit ein in Einzelkornstruktur befindliches wassergesättigtes System geschaffen. Die Korngrößenzusammensetzung des Füllbodens zeigt Tabelle 8. Diese Ausbildung des Gefüges im Füllboden leistet der bis an die Oberfläche kontinuierlich aktiven Kapillarwirkung in einer Weise Vorschub, daß die Sommerwerte infolge starker Verdunstung zwangsläufig in die Höhe schnellen müssen. Das zeigen besonders die Juni-Werte mit 20 ‰ NaCl im Vergleich zu den April-Werten. Daß die Rübenpflanzen mit solchen Salzwerten nicht fertig wurden (Abb. 35), ist jetzt verständlich.
3. Wenn dieser Zustand als gegeben, gleichsam als aufgezwungenes Nachbleibsel der Sturmflut 1962 hingenommen und nichts dagegen unternommen wird, dann bleibt er bestehen, das heißt, es wird je nach Wetterlage immer wieder Salz aus dem „Tiefendepot“ an die Oberfläche aufsteigen und das Wachstum unterbinden. Um diesen Zustand nicht zu verewigen<sup>13)</sup>, bedarf es grundlegender meliorierender Gegenmaßnahmen. Diese müßten heißen:

<sup>13)</sup> Im benachbarten Adolfskoog ist der Salzgehalt des im Laufe der Jahrhunderte hinter dem Deich abgspäteten Bodens sowie im alten Bett der „Nordereider“ (vgl. Seite 53 und Abb. 2) durch 400 Jahre (!) erhalten geblieben. Dort wachsen in unveränderter Weise nur Salzpflanzen.

1. Drainage a) nicht flacher als 100 cm,  
b) mit engerem Strangabschnitt als üblich.
2. Humusanreicherung.
3. Schatten- und garespenderer Anbau.

### VIII. Schlußbemerkung

Bei den hier empfohlenen Maßnahmen handelt es sich nicht um einen Koog, sondern nur um eine Parzelle. Daher dürfte die Verwirklichung dieser bodenkundlich begründeten Empfehlungen nicht schwierig sein. Allerdings muß die Lösung des Humusproblems in Zukunft gleichrangig neben dem der Drainage stehen. So klein an Umfang die zu meliorierende Parzelle auch sein mag, so intensiv ausdauernd und planmäßig müssen die angedeuteten bodenpflegerischen Maßnahmen dennoch angepackt werden, wenn der Deichbruch auch landwirtschaftlich überwunden werden soll. Wer die Problematik feinsandig-schluffiger, noch dazu im Einzelkorngefüge befindlicher Marschböden sowie die Launen des in der Tiefe vorhandenen Salzes kennt, wird ohnehin nicht erwarten, daß die Wehlenparzelle nach fünf Jahren etwa nicht wiederzuerkennen sei. Für jede Art echter Bodenpflege ist Geduld und Ausdauer erforderlich. Bodenpflege ist ein Dienst am Boden, dessen Früchte in der Zukunft liegen.

Damit sei die Untersuchung über den Ülvesbüller Deichbruch und seine Folgen bodenkundlicher und landwirtschaftlicher Art abgeschlossen. Was die historischen Deichbrüche auf der Ebene wissenschaftlicher und praktischer Probleme der Nachwelt schuldig bleiben mußten, dürfte mit dem vorliegenden Bericht als einem kleinen Beitrag zum Sturmflutgeschehen im Februar 1962 wenigstens im Grundsätzlichen nachgeholt sein.

### IX. Zusammenfassung

1. Einleitend wird die Vorgeschichte des Kooges besprochen.
2. Die in den Oktober-Sturmfluten des Jahres 1936 und in der Februar-Sturmflut des Jahres 1962 entstandenen Deichschäden, der Deichbruch und die Überflutung am 16. Februar 1962 werden geschildert und durch Bilddokumente belegt.
3. Die ersten Salzanalysen im Boden unmittelbar nach dem Abfließen des Meerwassers ließen bereits erkennen, daß das vollsalzige Meerwasser nur wenig in den Kulturboden eingedrungen war. Nach diesen ersten bodenkundlichen Ergebnissen erfolgte eine orientierende praktische Beratung der bäuerlichen Betriebe.
4. Die nach dem Trockenfallen des Kooges im Boden einsetzende Salzbewegung wurde an zahlreichen, über den ganzen Koog verteilten Dauerstationen zwei Jahre lang untersucht. Die Versalzung der überflutet gewesenen Koogsböden ist als außergewöhnlich gering zu bezeichnen. Die Schwankungen in der Salzkonzentration sind eng an die Niederschläge gebunden. Das Salz ist im Laufe des ersten Jahres in tiefere Bodenschichten abgewandert, so daß im Salzgefälle eine Umkehr eingetreten ist.
5. Stand und Entwicklung der zwei Monate nach dem Deichbruch erfolgten Einsaat werden zu den Salzwerten in Beziehung gebracht.
6. Der Deichbruch und die Entstehung der Wehle werden eingehend dargestellt. Die mit dem Deichbruch verbundene Übersandung des Kooges wird kartiert. Das Kartenbild dient als Grundlage für die Durchführung der Meliorationsmaßnahmen.
7. Nach dem Abfließen des Meerwassers behält die Wehle ihren eigenen Wasserhaushalt. In ihrem Wasserkörper konnte eine extrem ausgebildete „Sprungschicht“ zwischen rund 9 und 24 ‰ NaCl nachgewiesen werden.
8. Die Wehle wird durch Einbringung von außendeichs liegenden Watt- und Anwachssedimenten aufgefüllt und damit optisch beseitigt. Der Salzgehalt des Füllbodens ist Gegenstand eingehender Untersuchungen. Wertigkeit und Bewegung der Salzkonzentration verlaufen anders

als in den der Wehle unmittelbar benachbarten, aber vom Deichbruch in ihrer gewachsenen Lagerung und Schichtung unbeeinflusst gebliebenen Koogsböden. Die im Füllboden festgestellten hohen Salzkonzentrationen finden durch das absolute Fehlschlagen der bäuerlichen Pflanzung ihre sichtbare Bestätigung.

9. Zum Abschluß werden auf der Grundlage der bodenkundlich gewonnenen Einblicke Empfehlungen für die landwirtschaftliche Überwindung des Deichbruchs ausgesprochen.

## X. Schriftenverzeichnis

- BAKKER, D.: De Flora en Fauna van Walcheren en andere inundatiegebieden tijdens en na de inundatie. Versl. Landbouwk. Onderz. **56**, 17, 1950.
- BERG VAN DEN, C.: De reaktie van landbouwgewassen op het zoutgehalte van de bodem. Versl. Landbouwk. Onderz. **56**, 16, 1950.
- BOTHMANN, W.: Die Meldorfer Bucht, Entstehung und Entwicklung bis zum „Speicherkoog Dithmarschen“. Ztschr. Dithmarschen **4**, 1960.
- DANCKWERTH, C.: Neue Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswig und Holstein. Husum 1652.
- FISCHER, O.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Westküste. Teil III, Eiderstedt. Berlin 1956.
- HANSEN, R.: Iven Knutzens Karten von der Marsch zwischen Husum und der Eider. S. H. Geschichte **26**, 1896.
- IWERSEN, J.: Das Problem der Kultivierung eingedeichter Watten. Die Küste **2**, H. 1, 1953.
- KOOP, R.: Eiderstedter Heimatbuch. Garding 1936.
- Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Arbeitsgruppe Küstenschutz: Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962. Die Küste **10**, H. 1, 1962.
- LAFRENZ, P.: Über die Pflege und Nutzung des Anwachsens und der Deiche an der Dithmarscher Küste. Die Küste **6**, H. 2, 1957.
- MOLEN VAN DER, H. W.: The exchangeable cations in soils flooded with sea water. 's-Gravenhage 1958.
- o. V.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar an der Schleswig-Holsteinischen Westküste. Die Küste **10**, H. 1, 1962.
- PFEIFFER, H.: Die Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste seit 1933. Westküste **1**, H. 1, 1938.
- SUHR, H.: Welche Forderungen zieht das Land Schleswig-Holstein für seinen Hochwasserschutz aus den Erfahrungen mit der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962. Wasser und Boden **14**, H. 8, 1962.
- TÜXEN, R.: Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Beih. Naturhistor. Ges. Hannover, 1937.
- VERHOEVEN, B.: Over de Zout- en Vochthuishouding van geïnundeerde Gronden. 's-Gravenhage 1953.
- VERHOEVEN, B.: Ontziltling van gronden die met zout water overstroemd zijn geweest. Natuurkundige Voordrachten, N. R. **32**, 1954.
- WOHLENBERG, E.: Unsere jungen Köge. L. Meyns schlesw.-holst. Hauskalender, Heide 1939.
- WOHLENBERG, E.: Die Versalzung im Gotteskoog (Nordfriesland) nach biologischen und chemischen Untersuchungen. Die Küste **5**, 1956.
- WOHLENBERG, E.: Sediment und Boden. Das Problem der „Deichreife“ im Rahmen der Landgewinnung in Schleswig-Holstein. Ber. Dtsch. Landeskd. **27**, H. 2, 1961.
- WOHLENBERG, E.: Die Leistung der Drainage für Bodenreifung und Entsalzung in neu eingedeichten Kögen (Manuskript 1963).
- WOHLENBERG, E.: Deichpflege auf biologischer Grundlage (Manuskript 1953).
- ZUUR, A. I.: Het in cultuur brengen van drooggevalen Gronden. Directie van de Wieringermeer, Kampen 1959.

# Deiche der Nordseeküste als besonderer Lebensraum

## Ökologische Untersuchungen über die Arthropoden-Besiedlung

Von Berndt Heydemann\*)

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	90
2. Untersuchungsort und -zeit . . . . .	92
3. Methodik . . . . .	92
4. Zusammenarbeit . . . . .	92
5. Edaphische Faktoren und Ökoklima der Deiche . . . . .	95
a. Salzgehalt . . . . .	95
b. Bodenfeuchtigkeit . . . . .	95
c. Wind . . . . .	96
d. Temperatur . . . . .	96
e. Relative Luftfeuchtigkeit . . . . .	98
6. Vegetation . . . . .	100
7. Übersicht des untersuchten Tiermaterials . . . . .	100
8. Erläuterungen zur Zusammensetzung der Fauna . . . . .	100
9. Artenliste . . . . .	101
10. Erläuterungen zur Artenliste . . . . .	104
11. Entwicklung der Artenzahl . . . . .	105
12. Zonierung der Artenzahl und Artendichte . . . . .	107
13. Entwicklung (Sukzession) und Zonierung der Individuendichte (Abundanz) . . . . .	109
14. Populationsverteilung der häufigeren Arten am drei- bis fünfjährigen Seedeich und am Schlafdeich . . . . .	112
I. Laufkäufer — Carabidae . . . . .	112
II. Kurzflügler — Staphylinidae . . . . .	114
III. Übrige Käferfamilien . . . . .	115
IV. Spinnen — Araneae . . . . .	116
V. Weberknechte — Opiliones . . . . .	118
VI. Asseln — Isopoda . . . . .	119
VII. Tausendfüßer — Diplopoda . . . . .	119
VIII. Hundertfüßer — Chilopoda . . . . .	125
15. Zur Frage der Überwinterung . . . . .	125
16. Zur Frage der Schädlichkeit und Nützlichkeit der Deichfauna . . . . .	126
17. Läßt sich durch bestimmte Bauweisen und Pflegemaßnahmen die biologische Vitalität der Deiche vergrößern? . . . . .	128
18. Zusammenfassung . . . . .	128
19. Schriftenverzeichnis . . . . .	129
20. Erklärung zoologischer Fachausdrücke . . . . .	129

### 1. Einleitung

Deiche sind nicht nur Werke menschlicher Technik. Namentlich der sichere Fortbestand hängt neben bautechnischer Pflege von ihrer biologischen Konstitution ab (vgl. WOHLBERG 1949). Das ist eine Erkenntnis, die sich gerade in jüngster Zeit bereits erfolgversprechend in

\*) Aus dem Zoologischen Institut der Universität Kiel, Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. A. REMANE.

der Auswahl der Vegetationsbekleidung der Deiche (vgl. WOHLBERG u. SNUIS 1955) durchgesetzt hat. Die floristische Zusammensetzung eines Standortes ist eng verknüpft mit ihrer Fauna. Eine relativ monoton zusammengesetzte Gras-Vegetation wie die der Deiche begünstigt normalerweise leicht das Aufkommen von Schädlingskalamitäten oder zumindest doch eine Instabilität der Lebensgemeinschaft. Damit besitzt die Kenntnis der ökologischen Zusammen-

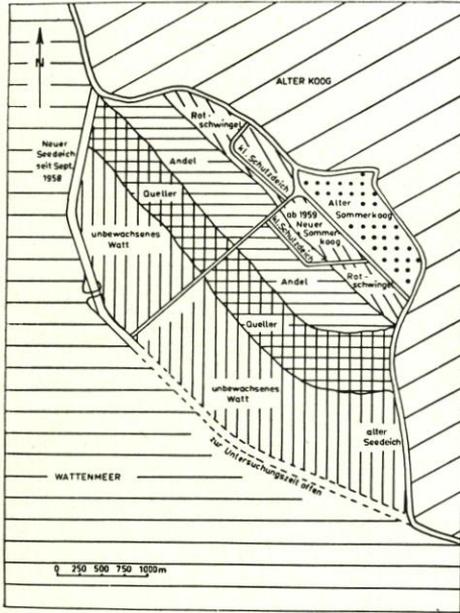


Abb. 1. Untersuchungsgebiet Hauke-Haien-Koog mit den verschiedenen Deichen und ehemaligen und rezenten Anlandungszonen. Stand Oktober 1958 (nach Karte Marschenbauamt Husum)

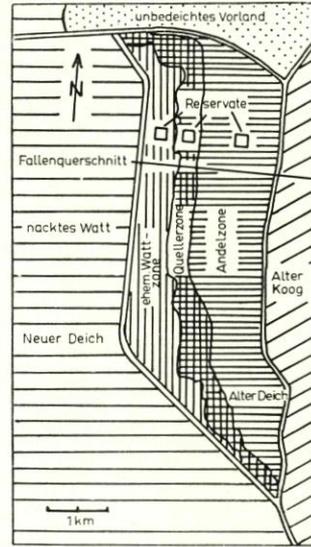


Abb. 2. Untersuchungsgebiet Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog mit den verschiedenen Anlandungen und ehemaligen Anlandungszonen (nach WOHLBERG und SNUIS 1955). Der eingezeichnete „Fallenquerschnitt“ gibt die Linie der Fallenaufstellung an

hänge der Tierbesiedlung unserer Deiche auch ein wirtschaftliches Interesse. Bis auf einige Schädlingsberichte liegen aber nahezu keine Untersuchungen über die Deichfauna vor.

Diese Arbeit soll zunächst die Käfer (*Coleoptera*) und Spinnen (*Araneae*), die zu den wesentlichsten Tiergruppen in diesem Raum gehören, die Weberknechte (*Opiliones*), Asseln (*Isopoda*), Tausendfüßer (*Diplopoda*) und Hundertfüßer (*Chilopoda*) behandeln.

Dabei kommt es besonders auf das Verteilungsbild der einzelnen Arten, die Abhängigkeit der Besiedlung der Deiche von der Lage, der Böschungsneigung und vom Hinterland (Koog) an. Eine besondere Rolle spielt das Alter der Deiche. Welche Entwicklungen in der Tierbesiedlung (Sukzessionen) vollziehen sich hier, sowohl vom Gesichtspunkt der Populationsverteilung der einzelnen Arten als auch im Hinblick auf die Gesamtmenge der Fauna (Individuendichte)? Wie wirken sich die ökoklimatischen Unterschiede in den einzelnen Zonen des Deiches (Außenböschung, Deichkrone, Innenböschung) aus? Durch gleichzeitig laufende Untersuchungen der Koogfauna kann die Besonderheit der Deichbesiedlung klarer herausgestellt werden.

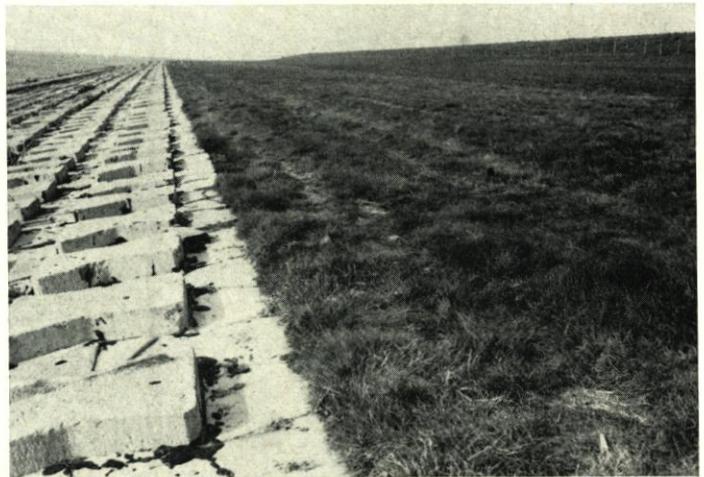
## 2. Untersuchungsort und -zeit

In fünf Jahren (1957 bis 1961) wurden in Schleswig-Holstein der Seedeich am Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog im Kreis Südtondern (erbaut 1954), der zurückliegende alte Deich („Schlafdeich“; bis 1954 Seedeich des Neuen Wiedingharder Kooges) und in vier Jahren (1958 bis 1961) der im Bau begriffene und 1958/1959 fertiggestellte Seedeich vor dem jetzigen Hauke-Haien-Koog bei Bongsiel/Kreis Husum untersucht (vgl. Abb. 1 bis 6). Die Untersuchungen wurden fortlaufend im Sommer und Winter durchgeführt.

## 3. Methodik

Im wesentlichen wurde die Bodenoberflächenfauna erfasst, die in diesem Lebensraum auch arten- und individuenmäßig größte Bedeutung hat. Dazu diente die Formalinfallen-Methode (vgl. Abb. 7, 8, 9), deren genaue Ausführung bereits dargestellt wurde (HEYDEMANN 1960 u. a.). Die automatische Fangmethode wurde durch ständige Freilandbeobachtungen und Handfänge in zahlreichen Exkursionen ergänzt. Anhaltspunkte über die ökoklimatischen Charaktere der Deiche

Abb. 3.  
Der neue Seedeich am Hauke-Haien-Koog grenzt an seiner Außenböschung nicht mit der Rotschwengelzone sondern mit einem mehrere Meter breiten Betonplatten-Streifen an das freie Watt. Das Anspüllicht liegt auf Beton-Untergrund und seine Lebensgemeinschaft kommt nur unvollkommen zur Ausbildung



gaben wiederholte Messungen des Salzgehaltes der Bodenoberfläche (untersucht im Labor der Forschungsstelle Westküste, Leitung Dr. WOHLBERG — Titrationsmethode), des Wassergehaltes der Bodenoberfläche (Trocknung der Bodenproben im Thermostaten bei 100° C), der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse (Aspirations-Psychrometer) und des Windeinflusses (Schalen-Kreuz-Anemometer).

## 4. Zusammenarbeit

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1957 bis 1960 von der Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz dank der Vermittlung von Herrn Professor Dr. REMANE großzügig unterstützt. Ebenso erfuhr der Verfasser 1960/1961 finanzielle Förderung durch das Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein in Kiel, wofür auch hier gedankt sei. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft stellte dankenswerterweise ein stereoskopisches Binokularmikroskop zur Verfügung. Die Arbeiten erfuhr weiterhin Unterstützung durch Salzgehaltsuntersuchungen von Bodenproben, Zurverfügungstellung eigener Salzgehaltsmessungen und mancherlei andere Hilfe seitens Herrn Dr. WOHLBERG, Marschenbauamt Husum, Forschungsstelle Westküste, durch Hilfe bei Exkursionen durch Herrn Dr. NOODT, durch Fang, Sortierung u. a. von den Herren Dr. WEIDEMANN und cand. rer. nat. MOSSAKOWSKI, durch mancherlei Hinweise



Abb. 4.  
Der dreißig Jahre alte Binnen-  
deich am Lübke-Koog ist im  
Gegensatz zum Seedeich meist  
mit sehr langer, beiderseitig bis  
zum Fuß reichender Süßgras-  
vegetation besetzt. Auf der  
Bodenoberfläche tritt im Ge-  
gensatz zum Seedeich eine  
dickere Schicht von Bestandes-  
abfall auf, die eine reiche  
Tierwelt besitzt

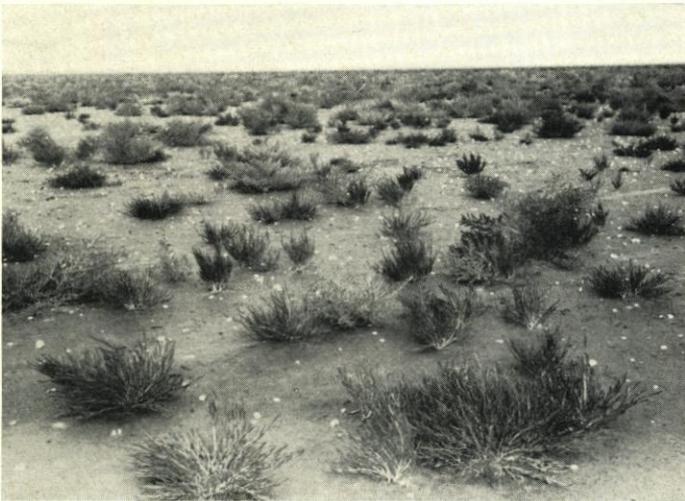


Abb. 5.  
An den jungen Seedeich am  
Hauke-Haien-Koog grenzt im  
Speicherbecken-Bereich eine  
sehr schütter mit *Suaeda* und  
*Salicornia* bewachsene Zone,  
die im Sommer sehr reich, aber  
im Winter besonders arm be-  
siedelt ist. Für diese Zone  
dient der Seedeich als Über-  
winterungsraum namentlich für  
Laufkäfer, Kurzflügelkäfer und  
Spinnen



Abb. 6.  
Am Seedeich des Lübke-Kooges  
liegt stattdessen an der Basis  
der Innenberme ein Sielzug  
oder Deichgraben mit Brack-  
wasser zwischen 5 und 25 ‰  
NaCl. An diese Zone ziehen  
sich in trockenen Sommern  
zahlreiche feuchtigkeitsliebende  
Deicharten zurück. Dieser Ne-  
bensielzug stellt also eine we-  
sentliche ökologische Ergänzung  
zum Seedeich dar

Abb. 7.  
In den Boden eingesenkte Formalin-Falle von 56 mm innerem Öffnungsdurchmesser zur Erfassung der aktiven Tierwelt der Bodenoberfläche (über etwa 0,5 mm Größe) (BARBER-STAMMER-Prinzip). Das umgebende Erdreich ist direkt an den Fallenrand herangeformt



Abb. 8.  
Eine Glasscheibe wird mit Füßchen etwa 3 bis 4 cm über den oberen Fallenrand gesetzt, um Regen abzuhalten



Abb. 9.  
In stark beweideten Zonen müssen 4 bis 5 starke Eisenbügel die Fallen gegen Zerstörung durch das Vieh schützen. Eine mindestens ebenso große Gefahr stellen allerdings für die Fallenstellung Neugier und Zerstörungslust mancher Deichbesucher dar. Darum ist die Glasscheibe hier durch Gras getarnt, während die Eisenbügel meist von weitem für die normalen Bügel zur Verhinderung des Wegetritts der Schafe gehalten werden



seitens Herrn Dr. KÖNIG, vor allem auch durch Überprüfung oder Determination einer Reihe von Käfern durch die Herren Dr. LOHSE, Hamburg (*Longitarsus*, verschiedene *Curculionidae*), Dr. BENICK, Lübeck (Atheta), und KORGE, Berlin (*Oxypoda*, *Quedius simplicifrons*) und nicht zuletzt durch Herrn Dr. WIEHLE, Dessau (Überprüfung einiger Spinnen).

## 5. Edaphische Faktoren und Ökoclimate der Deiche

An anderer Stelle wurde bereits auf den besonderen ökologischen Charakter der Deiche näher eingegangen (HEYDEMANN 1961 a u. 1962 a) und hervorgehoben, daß sich Deiche in ihrem Standortklima und den Bodenfaktoren wesentlich von den angrenzenden Kögen unterscheiden. Die Inklination der Hangseiten bewirkt eine starke Sonnen- aber auch Wind-Exponierung, ebenso wie einen stärkeren Schattenfall bei schrägem Sonnenstand bzw. eine starke Ausprägung von Luv- und Leeseite. Die Neigungen der Außen- und Innenböschungen der Deiche führen zu einem schnellen Abfließen des Niederschlagswassers, zum Teil verbunden mit erosionsartigen Erscheinungen, besonders auf der steilen Innenböschung bei nicht lückenlos deckender Vegetation. Die Wasserhaltekraft der modernen Deiche mit Sandkern ist gering, zudem ist die 1 m bzw. 50 cm dicke Kleischicht durch den Sandkern mehr oder minder vom Grundwasser abgeschnitten. Die Bodenoberfläche ist also im Durchschnitt viel trockener, als sie sonst in der gesamten Marsch auf Klei-Boden zu sein pflegt. Die durch Schafbeweidung vielfach extrem kurze Vegetation ergibt in Bodennähe keinen hohen Verdunstungsschutz für das aufsteigende Kapillarwasser, so daß der trockene Charakter besonders der Seedeiche noch stärker betont wird. Durch das angrenzende Wattenmeer auf der einen Seite, den angrenzenden Koog auf der anderen, durch Böschungen und Krone, ist trotz dieses schmalen 50 bis 120 m breiten Landstreifens eine auffallend starke ökologische Zonierung gegeben, die hier bezüglich der einzelnen Faktoren kurz besprochen sein soll.

### a. Salzgehalt

Hierüber ist bereits eine kurze Darstellung gegeben worden (HEYDEMANN 1960 a u. 1962 a.). Eine Anwurfzone, die mit höherer Flut in Berührung kommt und an das mit Queller (*Salicornia stricta*) bewachsene Watt angrenzt, zeigt einen Salzgehalt zwischen 5 und 35 ‰, ihr folgt eine Sprühzone, die meist nur durch Wellenspritzer mit dem Meerwasser in Berührung kommt, mit 2 bis 10 ‰ NaCl. Beide Zonen zusammen erreichen eine durchschnittliche Breite von etwa 15 m. Der übrige Deich besitzt in seiner oberen Bodenzone (5 bis 6 cm Tiefe) einen Salzgehalt etwa zwischen 0 und 3 ‰. An der Innenberme kann es allerdings infolge durchdrückenden salzigen Grundwassers wieder zu einer stärkeren Erhöhung des Salzgehaltes an der Bodenoberfläche kommen.

### b. Bodenfeuchtigkeit

Über den unterschiedlichen Wassergehalt der einzelnen Deichzonen wurde ebenfalls bereits eine kurze Zusammenstellung gegeben (HEYDEMANN 1960 a). In der Anwurf- und Sprühzone kann der Wassergehalt des Bodens auf das Doppelte und Dreifache von dem der Deichkrone steigen; normalerweise zeigen Außen- und Innenberme des Deiches einen etwa 30 ‰ höheren Gehalt an Bodenfeuchtigkeit als die höher gelegenen Deichzonen. Vom äußeren und inneren Deichfuß zur Krone nimmt also der Wassergehalt der oberen Bodenschichten kontinuierlich ab. Schon wenige Tage nach einem ausgiebigen Niederschlag wird diese Situation wieder deutlich.

## c. Wind

Die meisten Deiche an der schleswig-holsteinischen Westküste sind mit ihrer Längsachse in Nord-Südrichtung ausgerichtet. Damit ist die Außenberme zumeist die West- und die Innenberme die Ostseite. Da in den Sommermonaten Westwindlagen an 70 % der Tage vorherrschend sind, ist die Außenböschung auch zugleich die Luvseite, auf die der Wind mit unverminderter Geschwindigkeit aufprallt. Hier ist eine besonders starke Verdunstung gegeben, andererseits auch eine starke Berührung mit stark feuchtigkeitsgesättigter Meeresluft, die offenbar zum Teil die geringe Bodenfeuchtigkeit für viele Arten kompensieren kann.

Die nur 1 bis 2 km landeinwärts liegenden Schlafdeiche unterscheiden sich in ihren Windverhältnissen oft wesentlich von den Seedeichen, wie aus Abbildung 10 hervorgeht. In der Zone 2 m über dem Boden verliert der Wind durch den Seedeich 10 bis 30 % seiner Geschwindigkeit; dies wirkt sich an den Schlafdeichen bereits erheblich aus. Dabei ist aber vielfach der Seedeich an der Leeseite windärmer als der Schlafdeich. Dies hängt offensichtlich mit unterschiedlichen Konvektionsströmungen des Windes zusammen, die wiederum durch den verschiedenen Neigungsgrad der Außenböschung von Seedeich und Schlafdeich bedingt sind. 10 cm über dem Boden, also in der bodennahen Zone, die für die Bodenoberflächenfauna (Epigäion) von Bedeutung ist, weist der Seedeich größere Windgeschwindigkeiten auf als der Schlafdeich. Dies hängt zu einem großen Teil mit der Vegetation am Schlafdeich zusammen, die höher als 10 cm aufwächst, während sie am Seedeich meist unter 10 cm bleibt (Unterschied Kuh- und Schafbeweidung!). Selbst bei Windgeschwindigkeiten von 15 m/s (Windstärke 7 nach 12teiliger Beaufort-Skala) in 2 m Höhe über dem Boden erfolgt bereits an der Außenböschung des Seedeiches in 10 cm Höhe über dem Boden eine Erniedrigung um 60 % auf 6 m/s, an der Innenberme des Seedeiches auf 1,5 m/s (Windstärke 1) bis schließlich der Wind unmittelbar an der Bodenoberfläche zwischen der dichten Vegetation kaum noch registrierbar ist (Abb. 11). Was die direkte Windeinwirkung anbelangt, kommt natürlich nur der bodennahe Wind für die epigäische Fauna in Betracht; für die Verbreitung der Individuen und insbesondere die Erstbesiedlung spielen aber die Windverhältnisse in den Zonen über der Vegetation eine wichtige Rolle. Besonders aber hat der Wind einen großen Einfluß auf die Schichtung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit in den bodennahen Zonen. In diesem indirekten Einfluß ist seine Hauptwirkung auf die Zusammensetzung der Fauna zu suchen. Im übrigen haben die Seedeiche für den gesamten anschließenden Koog eine bedeutende Windbremswirkung, die sich in einer Herabsetzung der Windgeschwindigkeit 2 m über dem Boden um 50 bis 70 % bemerkbar macht (Abb. 11).

## d. Temperatur

Die Temperaturschichtung zeigt zwischen Seedeich und Schlafdeich (mit höherer Vegetation) und deren verschiedenen Zonen auffallende Unterschiede (Abb. 12). Bei nahezu gleicher Temperatur 2 m über dem Boden zeigt der Seedeich an der Außenböschung in 10 cm Höhe über dem Boden oft geringere Erwärmung als der Schlafdeich (Windeinfluß), dagegen liegt auf der Innenböschung der umgekehrte Fall vor (niedrigere Vegetation des Seedeiches bedingt größere Sonneneinstrahlung, und größere Bodentrockenheit vermeidet stärkere Transpirationssäule). Am Boden zeigt der sechsjährige Seedeich dann zumeist über alle Zonen hinweg eine höhere Temperatur als der entsprechende Schlafdeich bei sonnigem Wetter. Die Temperaturdifferenzen sind beispielsweise mit 3° C im April bei gleichem Bodentyp und gleicher Inklination immerhin beträchtlich. Zu der leichten Erwärmbarkeit der Hangseiten kommt dann noch die große Wärmeabsorptionskraft des dunklen Kleibodens. Das findet seinen Ausdruck in

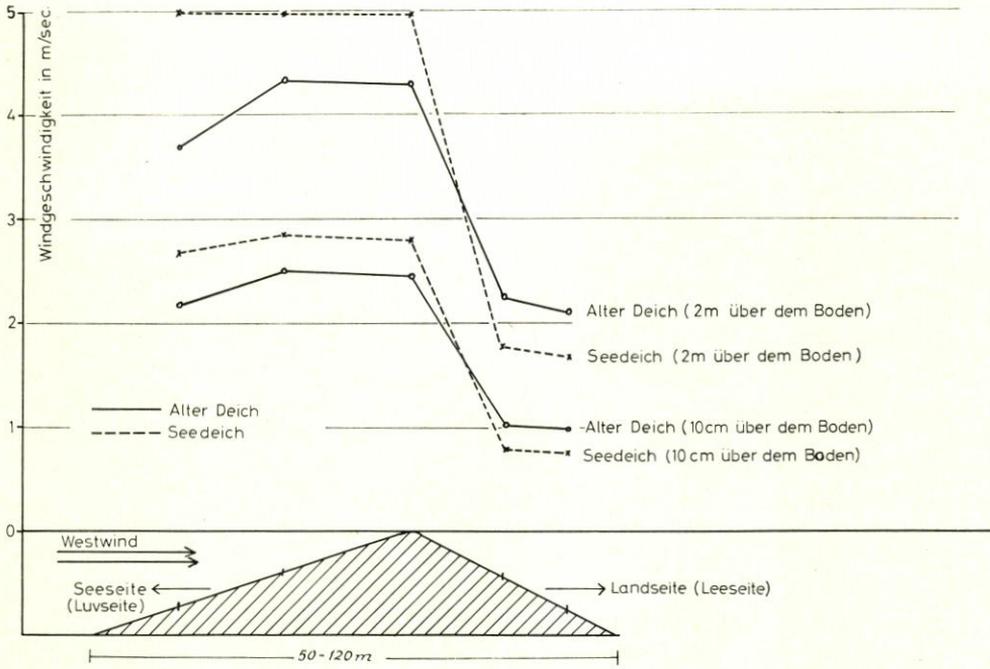


Abb. 10. Die Verteilung der Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Bodenhöhen im Vergleich von Seedeich und 2 km zurückliegendem Schlafdeich

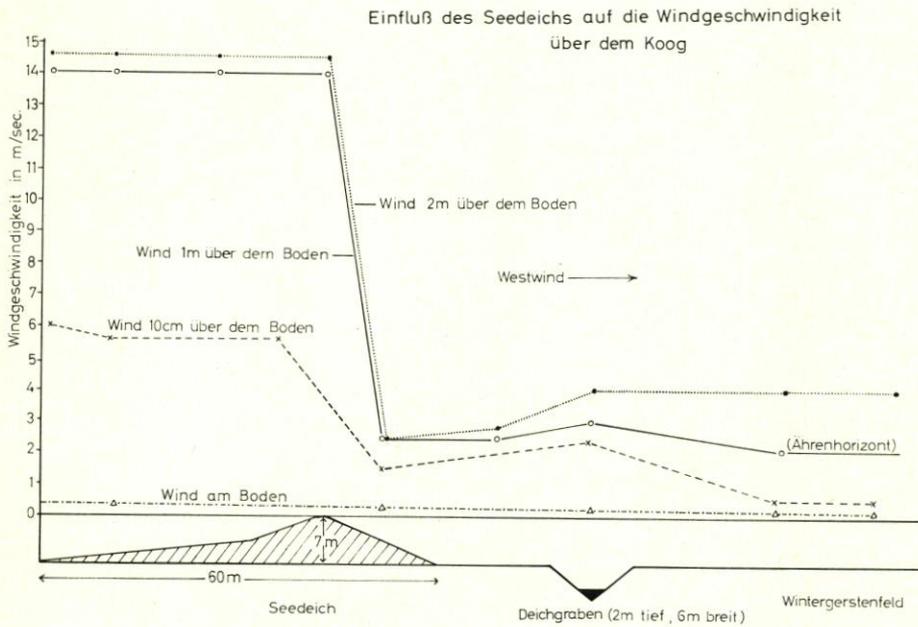


Abb. 11. Der Einfluß des Seedeiches auf die Windgeschwindigkeit über dem Koog in verschiedenen Höhen über dem Boden (Lübke-Koog)

einem Vergleich der absoluten Temperaturmaxima zwischen der Zone 2 m über dem Boden und 2 cm im Boden in der Marsch (Abb. 13). Die Bodenoberfläche erreicht dabei oft um 12°C höhere Maxima als die Luftschicht in 2 m Höhe.

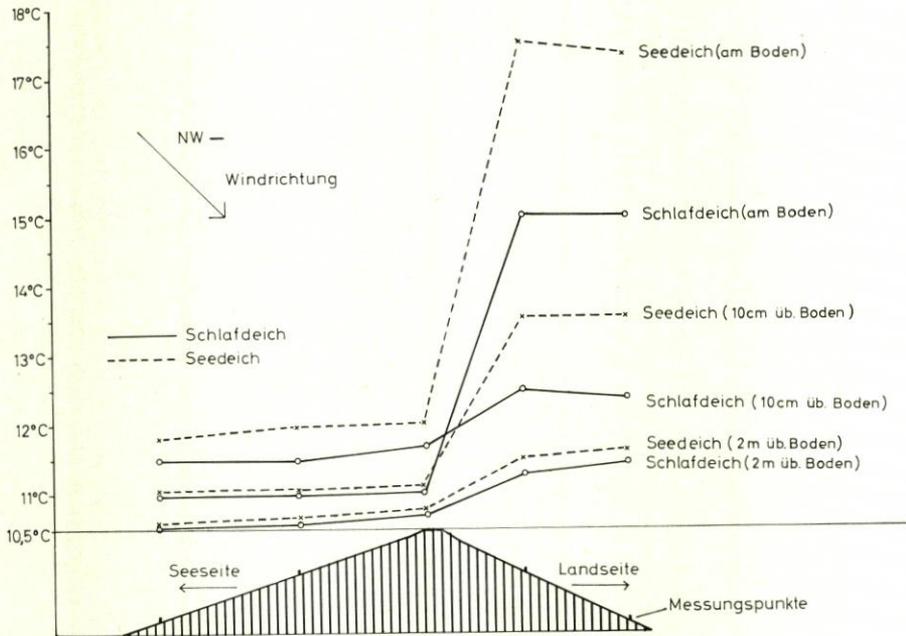


Abb. 12. Die Temperaturverteilung in verschiedenen Höhen über dem Boden im Vergleich vom Seedeich mit dem 2 km zurückliegenden Schlafdeich (Messung 2. 4. 1960 im Lübke-Koog, 12.30 bis 13.15 Uhr). NW-Wind, 4 bis 5 m/s 2 m über dem Boden, sonnig, Boden trocken, Vegetation 3 bis 5 cm hoch, grünend

#### e. Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit weist ebenfalls erhebliche Differenzen zwischen Seedeich und Schlafdeich auf (Abb. 14). Bei gleicher relativer Luftfeuchtigkeit 2 m über dem Boden und 10 cm über dem Boden an der Außenböschung der beiden Deichtypen, kommt es bereits in diesem Horizont (10 cm über dem Boden) auf der Innenböschung zu starken Unterschieden. Dabei liegt der drei- bis fünfjährige Seedeich oft 10 % und mehr in der Luftfeuchtigkeit niedriger als der Schlafdeich (Auswirkung der niedrigeren Vegetation und des geringeren Wassergehaltes des Bodens). Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede unmittelbar an der Bodenoberfläche. Hier liegt an der Außenböschung der junge Seedeich meist 5 bis 10 % niedriger in der Luftfeuchtigkeit als der landeinwärts befindliche Schlafdeich, auf der Innenböschung (Leeseite) kommt es sogar zu Differenzen von 30 % und mehr zuungunsten des Seedeichs. Am Schlafdeich unterbindet dichte Vegetation eine stärkere Zonierung der relativen Luftfeuchtigkeit am Boden, am Seedeich steht die Außenböschung ganz unter dem Einfluß der feuchten Meeresluft, auf der Innenböschung macht sich der offene, trockene Boden bemerkbar. Die Trockenheit des Bodens auf den Deichen wird auch noch durch die relativ geringe Niederschlagsmenge, die den Raum Westküste kennzeichnet, unterstützt.

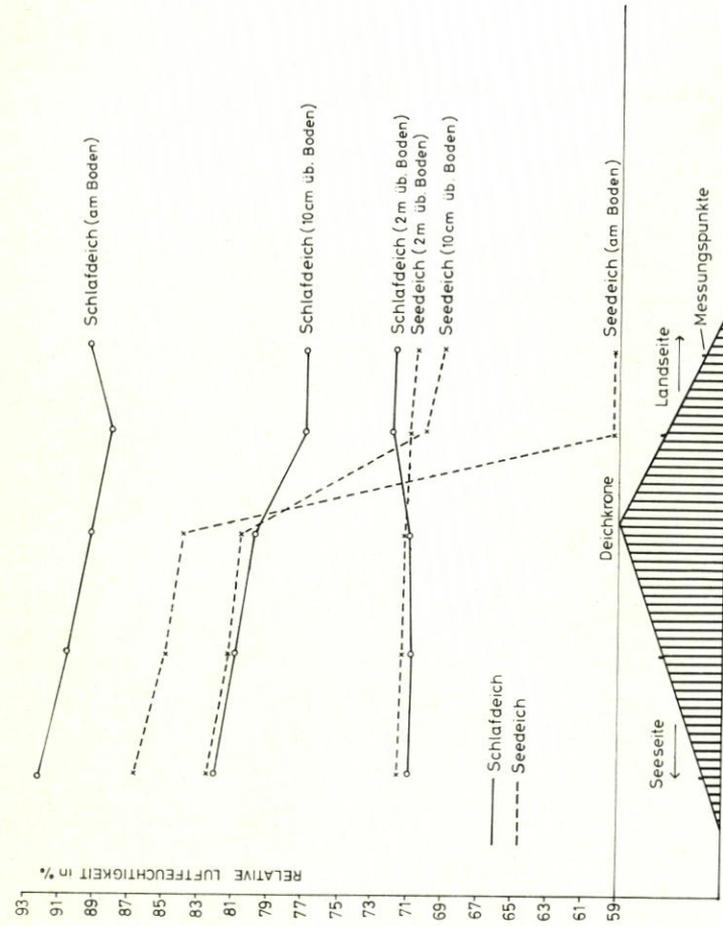


Abb. 14. Verteilung der relativen Luftfeuchtigkeit in verschiedenen Höhen über dem Boden im Vergleich von Seedeich mit Schlafdeich (Messung Lübke-Koog 2. 4. 1960, 12.30 bis 13.15 Uhr). Wind 4 bis 5 m/s 2 m über dem Boden, sonnig, Boden trocken, Vegetation 3 bis 5 cm hoch, grünend

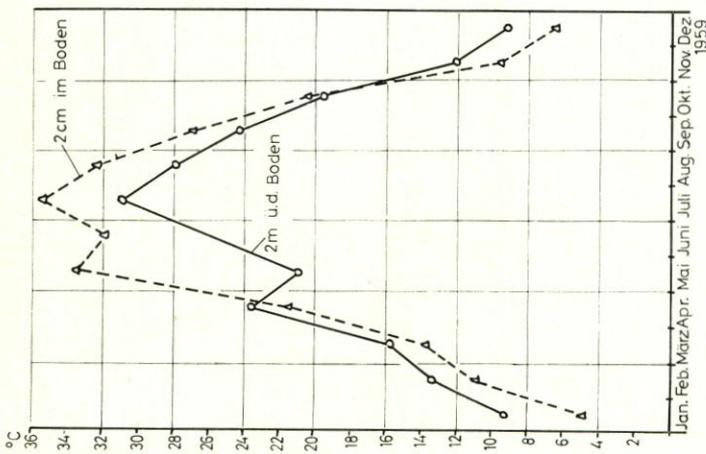


Abb. 13. Absolute Temperaturmaxima je Monat im Jahre 1959 in der Flußmarsch bei Husum  
 1. 2 m über dem Boden  
 2. 2 cm im Boden  
 nach Witterungsberichten des Wetteramtes Schleswig

## 6. Vegetation

Die eigentliche „Salzwiesenzone“ bekleidet an einem Seedeich nur etwa 15 m Breite des Deichfußes an der Außenberme, im wesentlichen wächst hier Rotschwingel (*Festuca rubra litoralis*) (Besodung) mit seinen Begleitarten wie Grasnelke (*Armeria maritima*), Meerstrandmilchkraut (*Glaux maritima*) u. a. (Zone bis 1,50 m über MThw). Die übrigen Deichzonen sind mit Süßgräsern besodet bzw. besät, unter denen das deutsche Weidelgras (*Lolium perenne*) vorherrscht. Die Zusammensetzung der Flora ist ausgesprochen monoton, auf den jungen Seedeichen im übrigen viel einförmiger aus Gräsern zusammengesetzt als auf den weniger intensiv beweideten alten Deichen. Offensichtlich ziehen die Schafe den Weidegang auf der schwächer geneigten Außenböschung dem auf der stark abfallenden Innenböschung vor, so daß sich hier ein längerer Graswuchs, wenn auch sehr viel weniger deckend, hält als auf der Seeseite der Seedeiche und Schlafdeiche. Im übrigen bildet das Weidelgras bald lange, harte Blütenstengel, die dann nicht mehr abgefressen werden und auf diese Weise der Süßgraszone gegenüber der Rotschwingelzone ein physiognomisch durchaus unterschiedliches Bild verschaffen. Der Anteil von zweikeimblättrigen Wiesenpflanzen ist auf den trockenen, jungen Seedeichen im Gegensatz zu den Schlafdeichen ausgesprochen gering.

7. Übersicht des untersuchten Tiermaterials  
(nur von Deichen, Vergleichsmaterial der Köge nicht inbegriffen)

Gesamte Artenzahl:	267
Gesamte Individuenzahl:	19859
Davon Coleopteren-Larven:	1714

Dieses Material gliedert sich folgendermaßen in die einzelnen Gruppen auf:

I. Laufkäfer - Carabidae	IV. Spinnen - Araneae
1. Artenzahl: 48	1. Artenzahl: 43
2. Individuenzahl:	2. Individuenzahl: 7246
a) Larven: 812	V. Weberknechte - Opiliones
b) Imagines: 5245	1. Artenzahl: 6
II. Kurzflügelkäfer - Staphylinidae	2. Individuenzahl: 437
1. Artenzahl: 65	VI. Asseln - Isopoda
2. Individuenzahl:	1. Artenzahl: 6
a) Larven: 553	2. Individuenzahl: 45
b) Imagines: 2497	VII. Tausendfüßler - Diplopoda
III. Übrige Käfer	1. Artenzahl: 5
1. Artenzahl: 90	2. Individuenzahl: 85
2. Individuenzahl:	VIII. Hundertfüßler - Chilopoda
a) Larven: 349	1. Artenzahl: 4
b) Imagines: 2431	2. Individuenzahl: 159

## 8. Erläuterungen zur Zusammensetzung der Fauna

Von den untersuchten Gruppen stehen die Käfer mit zusammen 203 Arten und 11887 Imagines und Larven an der Spitze. Unter ihnen sind wiederum die Laufkäfer individuenmäßig besonders reich vertreten, mit 6057 Individuen (Larven + Imagines), das sind 53 % der

Käfer, gefolgt von den Kurzflügelkäfern mit 3050 Individuen (= 26 %). Die übrigen 21 % der Individuen entfallen auf alle anderen Käferfamilien zusammen. Das Verhältnis von 10173 Imagines zu 1714 Larven (Relation 5,9 : 1) beruht auf der andersartigen Lebensweise der meisten Larven, die das Bodeninnere oder die Streuschicht bevorzugen bzw. eine weitaus geringere Aktivität besitzen, so daß sie durch die Fallen in viel geringerem Maße erfaßt werden.

Auch die Spinnen sind auffallend reich vertreten. Von ihnen stellt die Familie der Zwergspinnen (Micryphantidae) mit 5148 Exemplaren 71 % aller gefangenen Spinnen (bei einem Artenanteil von fast 50 % an der Spinnenfauna). Es folgen die Baldachinspinnen (Linyphiidae) mit 977 Individuen (= 14 %) und die Wolfsspinnen (Lycosidae) mit 843 Individuen (= 12 %). Die übrigen drei Familien treten nur mit 228 Individuen (= 3 %) in Erscheinung. Die meisten dieser Formen sind nur fakultative Netzbauer.

Weberknechte (Opiliones) können kurzfristig (Spätsommer- bis Herbstmonate) namentlich auf den Altdeichen mit hoher Vegetation eine größere Rolle spielen. Asseln treten nicht besonders in Erscheinung, im wesentlichen handelt es sich dabei um eine Art (*Tracheoniscus rathkei*); Tausendfüßer (Diplopoda) treten auch nur mit einer Art in größerem Umfang auf, Hundertfüßer (Chilopoda) sind individuenreicher vertreten (zwei häufige Arten).

### 9. Artenliste

#### Fam. Carabidae

1. <i>Carabus granulatus</i> L. . . . .	2	35. <i>Amara fulva</i> DEG. . . . .	1
2. <i>Nebria brevicollis</i> F. . . . .	2098	36. <i>Amara convexiuscula</i> MRSH. . . . .	6
3. <i>Nebria salina</i> F. . . . .	104	37. <i>Pterostichus cupreus</i> L. . . . .	1
4. <i>Notiophilus substriatus</i> WAT. . . . .	37	38. <i>Pterostichus vernalis</i> PANZ. . . . .	5
5. <i>Lorocera pilicornis</i> F. . . . .	44	39. <i>Pterostichus niger</i> SCHALL. . . . .	306
6. <i>Clivina fossor</i> L. . . . .	79	40. <i>Pterostichus vulgaris</i> L. . . . .	835
7. <i>Dyschirius salinus</i> SCHAUM. . . . .	3	41. <i>Pterostichus strenuus</i> PANZ. . . . .	31
8. <i>Dyschirius globosus</i> HBST. . . . .	7	42. <i>Pterostichus diligens</i> STRM. . . . .	1
9. <i>Brosicus cephalotes</i> PANZ. . . . .	1	43. <i>Calathus melanocephalus</i> L. . . . .	110
10. <i>Bembidion lampros</i> HBST. . . . .	6	44. <i>Calathus fuscipes</i> GZE. . . . .	1
11. <i>Bembidion properans</i> STEPH. . . . .	15	45. <i>Calathus erratus</i> SAHLB. . . . .	2
12. <i>Bembidion varium</i> OL. . . . .	5	46. <i>Olisthopus rotundatus</i> PAYK. . . . .	1
13. <i>Bembidion lunatum</i> DFT. . . . .	44	47. <i>Agonum mülleri</i> HBST. . . . .	1
14. <i>Bembidion ustulatum</i> L. . . . .	13	48. <i>Agonum dorsale</i> PONT. . . . .	5
15. <i>Bembidion minimum</i> F. . . . .	340		
16. <i>Bembidion obtusum</i> SERV. . . . .	205	Individuenzahl: 5245	
17. <i>Bembidion aeneum</i> GERM. . . . .	209	Fam. Staphylinidae - Kurzflügelkäfer	
18. <i>Trechus quadristriatus</i> SCHRK. . . . .	191	1. <i>Micropeplus porcatus</i> F. . . . .	1
19. <i>Trechus discus</i> F. . . . .	68	2. <i>Omalium excavatum</i> STEPH. . . . .	2
20. <i>Pogonus luridipennis</i> GERM. . . . .	2	3. <i>Trogophloeus schneideri</i> GNGLB. . . . .	3
21. <i>Pogonus chalcus</i> MRSH. . . . .	1	4. <i>Oxytelus rugosus</i> F. . . . .	19
22. <i>Harpalus pubescens</i> MÜLL. . . . .	186	5. <i>Oxytelus inustus</i> GRAV. . . . .	14
23. <i>Harpalus aeneus</i> F. . . . .	182	6. <i>Oxytelus tetracarinated</i> BLOCK. . . . .	4
24. <i>Acupalpus meridianus</i> L. . . . .	2	7. <i>Platystethus cornutus</i> GRAV. . . . .	1
25. <i>Bradycellus collaris</i> PAYK. . . . .	1	8. <i>Bledius tricornis</i> HBST. (vgl. Abb. 29)	1
26. <i>Dichirotrichus pubescens</i> MÜLL. . . . .	136	9. <i>Stenus clavicornis</i> SCOP. . . . .	1
27. <i>Amara plebeja</i> GYLL. . . . .	72	10. <i>Stenus canaliculatus</i> GYLL. . . . .	4
28. <i>Amara similata</i> GYLL. . . . .	1	11. <i>Stenus declaratus</i> ER. . . . .	11
29. <i>Amara nitida</i> STRM. . . . .	2	12. <i>Stenus brunnipes</i> STEPH. . . . .	1
30. <i>Amara communis</i> PANZ. . . . .	9	13. <i>Euaesthetus bipunctatus</i> LJUNGH. . . . .	2
31. <i>Amara aenea</i> DEG. . . . .	12	14. <i>Lathrobium geminum</i> KR. . . . .	3
32. <i>Amara familiaris</i> DFT. . . . .	4	15. <i>Lathrobium fulvipenne</i> GRAV. . . . .	70
33. <i>Amara bifrons</i> GYLL. . . . .	2	16. <i>Lathrobium filiforme</i> GRAV. . . . .	2
34. <i>Amara apricaria</i> PAYK. . . . .	38	17. <i>Lathrobium longulum</i> GRAV. . . . .	2

18. <i>Xantholinus angustatus</i> STEPH. . . . .	29	Fam. Hydrophilidae - Wasserkäfer	
19. <i>Xantholinus linearis</i> OL. (vgl. Abb. 28)	99	4. <i>Helophorus aquaticus</i> L. . . . .	51
20. <i>Xantholinus longiventris</i> HEER. . . . .	7	5. <i>Helophorus brevipalpis</i> BEDEL . . . . .	720
21. <i>Philonthus sanguinolentus</i> GRAV. . . . .	1	6. <i>Helophorus nubilus</i> F. . . . .	69
22. <i>Philonthus fuscipennis</i> MANNH. . . . .	10	7. <i>Sphaeridium scarabaeoides</i> L. . . . .	2
23. <i>Philonthus varius</i> GYLL. . . . .	37	8. <i>Sphaeridium lunatum</i> . . . . .	1
24. <i>Philonthus varians</i> PAYK. . . . .	1	9. <i>Cercyon haemorrhoidalis</i> F. . . . .	2
25. <i>Gabrius pennatus</i> SHP. . . . .	4	10. <i>Cercyon melanocephalus</i> L. . . . .	9
26. <i>Gabrius subnigrirutilus</i> REITT. . . . .	6	11. <i>Cercyon pygmaeus</i> ILLIG. . . . .	3
27. <i>Cafius xantholoma</i> GRAV. . . . .	15	12. <i>Cercyon lateralis</i> MRSH. . . . .	5
28. <i>Staphylinus aeneocephalus</i> DEG. . . . .	67	13. <i>Cercyon analis</i> PAYK. . . . .	1
29. <i>Quedius tristis</i> GRAV. . . . .	1	14. <i>Megasternum boletophagum</i> MARSH. . . . .	200
30. <i>Quedius simplicifrons</i> FAIRM. . . . .	41	15. <i>Enochrus bicolor</i> F. . . . .	1
31. <i>Quedius boops</i> GRAV. . . . .	4	Fam. Silphidae - Aaskäfer	
32. <i>Mycetoporus hellieseni</i> STRAND. . . . .	1	16. <i>Necrophorus vespillo</i> L. . . . .	1
33. <i>Mycetoporus splendidus</i> GRAV. . . . .	6	Fam. Catopidae	
34. <i>Bryocharis analis</i> PAYK. . . . .	1	17. <i>Catops morio</i> F. . . . .	10
35. <i>Conosoma testaceum</i> F. . . . .	1	Fam. Liodidae	
36. <i>Tachyporus nitidulus</i> F. . . . .	23	18. <i>Liodes dubia</i> KUG. . . . .	23
37. <i>Tachyporus pusillus</i> GRAV. . . . .	114	Fam. Orthoperidae	
38. <i>Tachyporus chrysomelinus</i> L. . . . .	29	19. <i>Orthoperus brunripes</i> GYLL. . . . .	1
39. <i>Tachyporus hypnorum</i> F. . . . .	164	20. <i>Orthoperus atomus</i> GYLL. . . . .	4
40. <i>Tachyporus solutus</i> ER. . . . .	4	Fam. Ptiliidae - Federflügler	
41. <i>Tachinus rufipes</i> DEG. . . . .	9	21. <i>Ptenidium pusillum</i> GYLL. . . . .	15
42. <i>Tachinus corticinus</i> GRAV. . . . .	12	Fam. Cantharidae - Weichkäfer	
43. <i>Hypocyrtus laeviusculus</i> MANNH. . . . .	12	22. <i>Cantharis fusca</i> L. . . . .	186
44. <i>Oligota inflata</i> MANNH. . . . .	2	23. <i>Cantharis livida</i> L. . . . .	1
45. <i>Oligota atomaria</i> ER. . . . .	29	24. <i>Cantharis darwiniana</i> SHARP. . . . .	4
46. <i>Amischa analis</i> GRAV. . . . .	80	25. <i>Cantharis lateralis</i> L. . . . .	1
47. <i>Amischa decipiens</i> SHP. . . . .	8	Fam. Elateridae - Schnellkäfer	
48. <i>Atheta gregaria</i> ER. . . . .	101	26. <i>Hypnoidus quadripustulatus</i> F. . . . .	13
49. <i>Atheta elongatula</i> GRAV. . . . .	2	27. <i>Agriotes lineatus</i> L. . . . .	7
50. <i>Atheta melanocera</i> THOMB. . . . .	6	28. <i>Agriotes obscurus</i> L. . . . .	1
51. <i>Atheta marina</i> MULS. REY. . . . .	43	29. <i>Athous niger</i> L. . . . .	1
52. <i>Atheta angustula</i> GYLL. . . . .	17	Fam. Heteroceridae	
53. <i>Atheta graminicola</i> GRAV. . . . .	2	30. <i>Heterocerus flexuosus</i> STEPH. . . . .	3
54. <i>Atheta vestita</i> GRAV. . . . .	15	31. <i>Heterocerus fuscus</i> KIESW. . . . .	3
55. <i>Atheta fungi</i> GRAV. . . . .	119	Fam. Nitidulidae - Glanzkäfer	
56. <i>Astilbus canaliculatus</i> F. . . . .	282	32. <i>Meligethes aeneus</i> F. . . . .	9
57. <i>Chilopora rubicunda</i> ER. . . . .	4	Fam. Byrrhidae - Pillenkäfer	
58. <i>Oxypoda lividipennis</i> MANNH. . . . .	1	33. <i>Simpliocaria semistriata</i> F. . . . .	41
59. <i>Oxypoda opaca</i> GRAV. . . . .	1	34. <i>Byrrhus fasciatus</i> FORST. . . . .	3
60. <i>Oxypoda haemorrhoea</i> MANNH. . . . .	15	Fam. Rhizophagidae	
61. <i>Oxypoda hiitleri</i> SCHEERP. . . . .	155	35. <i>Rhizophagus bipustulatus</i> F. . . . .	1
62. <i>Oxypoda brachyptera</i> STEPH. . . . .	762	Fam. Cryptophagidae - Moderkäfer	
63. <i>Aleochara lanuginosa</i> GRAV. . . . .	2	36. <i>Cryptophagus pseudodentatus</i> BRUCE . . . . .	5
64. <i>Aleochara bilineata</i> GYLL. . . . .	3	37. <i>Atomaria mesomelaena</i> HBST. . . . .	3
65. <i>Aleochara bipustulata</i> L. . . . .	5		

Individuenzahl: 2497

## Fam. Dytiscidae - Schwimmkäfer

- 1.
- Agabus bipustulatus*
- L. . . . . 4

## Fam. Hydraenidae

- 2.
- Ochthebius auriculatus*
- REY. . . . . 9
- 
- 3.
- Ochthebius marinus*
- PAYK. . . . . 3

38. <i>Atomaria fuscata</i> SCHÖNH. . . . .	54
39. <i>Atomaria atricapilla</i> STEPH. . . . .	10
40. <i>Atomaria berolinensis</i> KR. . . . .	25
41. <i>Atomaria ruficornis</i> MARSH. . . . .	8
42. <i>Atomaria linearis</i> STEPH. . . . .	5
43. <i>Ephistemus globulus</i> PAYK. . . . .	2

## Fam. Phalacridae - Kahnkäfer

44. <i>Stilbus testaceus</i> PANZ. . . . .	8
--	---

## Fam. Lathridiidae - Schimmelkäfer

45. <i>Lathridius lardarius</i> DEG. . . . .	7
46. <i>Lathridius nodifer</i> WESTW. . . . .	2
47. <i>Enicmus transversus</i> OL. . . . .	70
48. <i>Cartodere ruficollis</i> MARSH. . . . .	1
49. <i>Cartodere filum</i> AUBÉ . . . . .	2
50. <i>Corticaria impressa</i> OL. . . . .	2
51. <i>Corticaria fuscata</i> GYLL. . . . .	118

## Fam. Mycetophagidae - Pilzkäfer

52. <i>Typhaea stercoraria</i> L. . . . .	3
---	---

## Fam. Coccinellidae - Marienkäfer

53. <i>Coccidula rufa</i> HBST. . . . .	11
54. <i>Tytthaspis sedecimpunctata</i> L. . . . .	15
55. <i>Coccinella septempunctata</i> L. . . . .	49
56. <i>Coccinella quinquepunctata</i> L. . . . .	1
57. <i>Coccinella undecimpunctata</i> L. . . . .	54

## Fam. Anthicidae - Blütenkäfer

58. <i>Anthicus antherinus</i> L. . . . .	2
---	---

## Fam. Scarabaeidae - Blatthornkäfer

59. <i>Aphodius fimetarius</i> L. . . . .	1
60. <i>Aphodius conputus</i> CREUTZ. . . . .	1
61. <i>Aphodius rufipes</i> L. . . . .	2
62. <i>Aphodius sphaelatus</i> PANZ. . . . .	10
63. <i>Aphodius plagiatus</i> L. . . . .	1

## Fam. Chrysomelidae - Blattkäfer

64. <i>Chrysomela staphylea</i> L. . . . .	13
65. <i>Gastroidea polygoni</i> L. . . . .	2
66. <i>Phaedon concinnus</i> STEPH. . . . .	6
67. <i>Phyllotreta undulata</i> KUTSCH. . . . .	10
68. <i>Longitarsus succineus</i> FONDR. . . . .	27
69. <i>Longitarsus melanocephalus</i> DEG. . . . .	3
70. <i>Longitarsus pratensis</i> PANZ. . . . .	268
71. <i>Longitarsus atricillus</i> L. . . . .	5
72. <i>Longitarsus suturellus</i> DFT. . . . .	33
73. <i>Longitarsus luridus</i> SCOP. . . . .	11
74. <i>Crepidodera ferruginea</i> SCOP. . . . .	35
75. <i>Mantura rustica</i> KOCH. . . . .	8
76. <i>Chaetocnema concinna</i> MARSH. . . . .	9
77. <i>Chaetocnema hortensis</i> WEISE . . . . .	43

## Fam. Curculionidae - Rüsselkäfer

78. <i>Apion virens</i> HBST. . . . .	1
79. <i>Apion carduorum</i> KIRBY . . . . .	3
80. <i>Otiorrhynchus raucus</i> FBR. . . . .	2

81. <i>Otiorrhynchus ovatus</i> L. . . . .	1
82. <i>Sitona griseus</i> F. . . . .	1
83. <i>Sitona lineatus</i> L. . . . .	4
84. <i>Sitona flavescens</i> MARSH. . . . .	13
85. <i>Phytonomus runicis</i> L. . . . .	2
86. <i>Phytonomus arator</i> L. . . . .	2
87. <i>Phytobius zumpti</i> WEGN. . . . .	59
88. <i>Phyllobius piri</i> L. . . . .	7
89. <i>Ceutorrhynchus erysimi</i> F. . . . .	5
90. <i>Ceutorrhynchus chalybaeus</i> GERM. . . . .	3

Individuenzahl: 2431

## IV. Spinnen - Araneae

## Fam. Wolfsspinnen - Lycosidae

1. <i>Pardosa</i> (= <i>Lycosa</i> ) <i>agrestis</i> WESTR. . . . .	9
2. <i>Pardosa amentata</i> (CLERCK) (= <i>saccata</i> L.) . . . . .	29
3. <i>Pardosa monticola</i> (CLERCK) . . . . .	4
4. <i>Pardosa palustris</i> (L.) (= <i>tarsalis</i> THORELL) . . . . .	5
5. <i>Pardosa pullata</i> (CLERCK) . . . . .	2
6. <i>Pardosa purbeckensis</i> (CAMBR.) . . . . .	764
7. <i>Trochosa ruricola</i> (DE GEER) . . . . .	18
8. <i>Trochosina</i> (= <i>Trochosa</i> ) <i>terricola</i> (THORELL) . . . . .	12

## Fam. Radnetzspinnen - Araneidae

9. <i>Aranea foliata</i> FOURCROY (= <i>cornuta</i> CLERCK) . . . . .	4
--	---

## Fam. Kieferspinnen - Tetragnathidae

10. <i>Pachygnatha clercki</i> (SUNDEVALL) . . . . .	73
11. <i>Pachygnatha degeeri</i> (SUNDEVALL) . . . . .	222

## Fam. Zwergspinnen - Micryphantidae

12. <i>Pelecopsis parallela</i> (WIDER) . . . . .	1
13. <i>Ceratinella brevipes</i> (WESTRING) . . . . .	1
14. <i>Trachynella nudipalpis</i> (WESTRING) . . . . .	3
15. <i>Dicymbium nigrum</i> (BLACKWALL) . . . . .	118
16. <i>Araconcus humilis</i> (BLACKWALL) . . . . .	6
17. <i>Silometopus reussi</i> (THORELL) . . . . .	27
18. <i>Silometopus curtus</i> (SIMON) . . . . .	52
19. <i>Enidia</i> (= <i>Hypomma</i> ) <i>bituberculata</i> (WIDER) . . . . .	23
20. <i>Gnathonarium dentatum</i> (WIDER) . . . . .	3
21. <i>Pocadicnemis pumila</i> (BLACKWALL) . . . . .	1
22. <i>Tiso vagans</i> (BLACKWALL) . . . . .	1
23. <i>Oedothorax apicatus</i> (BLACKWALL) . . . . .	522
24. <i>Oedothorax retusus</i> (WESTRING) . . . . .	120
25. <i>Oedothorax fuscus</i> (BLACKWALL) . . . . .	1762
26. <i>Diplocephalus cristatus</i> (BLACKWALL) . . . . .	9
27. <i>Savignya frontata</i> (BLACKWALL) . . . . .	12
28. <i>Erigone vagans</i> (AUDOUIN) <i>var. spi-</i> <i>nosa</i> (CAMBRIDGE) . . . . .	3
29. <i>Erigone dentipalpis</i> (WIDER) . . . . .	624
30. <i>Erigone atra</i> (BLACKWALL) . . . . .	896
31. <i>Erigone longipalpis</i> (SUNDEVALL) . . . . .	737
32. <i>Erigone arctica maritima</i> (KULCZYNSKI) . . . . .	227

## Fam. Baldachinspinnen - Linyphiidae

33. <i>Leptorhoptrum robustum</i> (WESTRING) . . . . .	62
34. <i>Centromerita bicolor</i> (BLACKWALL) . . . . .	185
35. <i>Meioneta rurestris</i> (L. KOCH) . . . . .	62
36. <i>Lepthyphantes insignis</i> (CAMBRIDGE) . . . . .	7
37. <i>Lepthyphantes tenuis</i> (BLACKWALL) . . . . .	86
38. <i>Porrhomma pygmaeum</i> (BLACKWALL) . . . . .	42
39. <i>Bathyphantes gracilis</i> (BLACKWALL) . . . . .	501
40. <i>Stylophora concolor</i> (WIDER) . . . . .	27
41. <i>Stemonyphantes lineatus</i> (L.) . . . . .	4
42. <i>Mengea scopigera</i> (GRUBE) . . . . .	1

## Fam. Krabbenspinnen - Thomisidae

43. <i>Xysticus cristatus</i> (CLERCK)	
(= <i>viaticus</i> LINNÉ) . . . . .	6

Individuenzahl: 7246

## V. Weberknechte - Opiliones

1. <i>Mitopus morio</i> (FABR.) . . . . .	9
2. <i>Oligolophus agrestis</i> (MEADE) . . . . .	2
3. <i>Oligolophus tridens</i> (C. L. KOCH) . . . . .	5
4. <i>Lacinius ephippiatus</i> (C. L. KOCH) . . . . .	4

5. <i>Phalangium opilio</i> L. . . . .	139
6. <i>Opilio parietinus</i> (DEG.) . . . . .	278

## VI. Asseln - Isopoda

1. <i>Trichoniscus pusillus</i> BRANDT . . . . .	4
2. <i>Oniscus asellus</i> (L.) . . . . .	6
3. <i>Porcellio scaber</i> LATR. . . . .	8
4. <i>Tracheoniscus rathkei</i> (BRANDT) . . . . .	21
5. <i>Armadillidium vulgare</i> LATR. . . . .	2
6. <i>Philoscia muscorum</i> (SCOP.) . . . . .	4

## VII. Tausendfüßer - Diplopoda

1. <i>Craspedosoma simile</i> (VERH.) . . . . .	1
2. <i>Polydesmus denticulatus</i> C. L. KOCH . . . . .	74
3. <i>Polydesmus inconstans</i> LATZEL . . . . .	2
4. <i>Brachyiulus littoralis</i> VERH. . . . .	3
5. <i>Schizophyllum sabulosum</i> (L.) . . . . .	5

## VIII. Hundertfüßer - Chilopoda

1. <i>Pachymerium ferrugineum</i>	
(C. L. KOCH) . . . . .	2
2. <i>Lithobius forficatus</i> (L.) . . . . .	65
3. <i>Lithobius microps</i> MEIN. . . . .	4
4. <i>Lamyctes</i> (= <i>Henicops</i> ) <i>fulvicornis</i>	
MEIN. . . . .	88

## 10. Erläuterungen zur Artenliste

Auch die nur mit wenigen Individuen vertretenen Arten wurden berücksichtigt, weil sich nur dadurch ein Bild über die Vielseitigkeit einer Biozönose gewinnen läßt. Außerdem ist es bei Sukzessionsuntersuchungen wie auch für den Vergleich mit anderen Untersuchungen aus populationsdynamischen und anderen ökologischen Gründen wichtig zu wissen, ob bestimmte Arten überhaupt anwesend waren und zahlenmäßig gering bleiben oder dem ganzen Gebiet fehlen.

Die 203 Käferarten verteilen sich auf 25 Familien, von denen die Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) mit 65 Arten (= 32 % der Käferarten) die artenreichste Gruppe darstellen, gefolgt von den Laufkäfern mit 48 Arten (= 24 %).

Überragend stark ist mit 2098 Individuen bei den Carabiden die Art *Nebria brevicollis* vertreten, die allein 40 % der gesamten Individuenzahl besitzt und auch den größten Anteil an der Larvenzahl hat. Zwölf Arten (= 25 % der Laufkäfer-Arten) vereinigen allein auf sich 4902 Individuen, das sind 93,4 % aller Laufkäfer-Imagines. Bei den Staphyliniden ragt die kleine, 3 mm lange Art *Oxypoda brachyptera* individuenmäßig sehr hervor (762 Individuen = 30 % der Kurzflügler-Imagines). Die zwölf häufigsten (dominanten) Arten stellen 2013 Individuen (= 83 % der Staphyliniden-Imagines).

Während bei den Carabiden der größte Anteil der Individuen gerade auf die zwölf größten Arten entfällt, nämlich 3765 (= 71 %), ist es bei den Kurzflügelkäfern umgekehrt; hier stellen die zwölf größten Arten (über 6 mm Körperlänge) nur 389 Individuen (= 16 %). Wenn an sich schon die normale Laufkäfergröße beträchtlich über der der Staphyliniden liegt, so macht sich dieser Faktor des unterschiedlichen Anteils der einzelnen Größenklassen bei den verschiedenen Käfergruppen natürlich weitgehender bei der Zusammensetzung der Biomasse bemerkbar, als der Anteil der Individuenmengen an der Gesamtkäfermenge vermuten läßt.

Bei den übrigen 23 Käferfamilien spielen die terrestrischen Arten der Wasserkäfer individuenmäßig die größte Rolle. Auf sie kommen mit 1064 Individuen (bei 12 Arten) = 43 % der Exemplare dieser Käfergruppen.

Bei den Weberknechten haben nur zwei Arten auf Deichen eine größere Bedeutung (*Phalangium opilio* und *Opilio parietinus*). Die übrigen erwähnten vier Arten sind aber in den Kooggebieten häufig.

Bei den Asseln ist nur *Tracheoniscus rathkei* als eigentliche Deichart anzusprechen, *Trichoniscus pusillus* und *Philoscia muscorum* tauchen mehr in Grabennähe auf, und die übrigen Arten (*Porcellio scaber*, *Armadillium vulgare* und *Oniscus asellus*) sind hier vorwiegend an menschliche Siedlungen gebunden.

Den Tausendfüßern (Diplopoda) fehlt auf den Deichen die notwendige Bodenfeuchtigkeit bzw. ein Streuschicht. Allein *Polydesmus denticulatus* ist gegenüber der Feuchtigkeit anspruchslos genug, um regelmäßig — besonders auf Altdeichen — vorzukommen.

Bei den Hundertfüßern (Chilopoda) ragen zwei Arten in der Individuendichte hervor: *Lamyctes fulvicornis* und *Lithobius forficatus* (vgl. Abb. 47), beides Arten unter den epigäischen Chilopoden, die auch auf Feldern des Binnenlandes zu den häufigsten Formen gehören (HEYDEMANN 1953).

## 11. Entwicklung der Artenzahl

Im Gegensatz zu denjenigen Kooggebieten, die vor der Eindeichung dem freien Watt oder der Queller-(*Salicornia*-)Region angehörten, muß bei den neugebauten Seedeichen die Besiedlung nicht vom „biozönotischen Nullpunkt“ an beginnen, sondern durch das Belegen der Außenböschung mit Rotschwengel- und Süßgrassoden von nahegelegenen Koogstandorten oder Schlafdeichen wird schon ein größerer Anteil von Arten mit „verpflanzt“. So verwundert es nicht, wenn der ein- bis zweijährige Seedeich schon gleich mit einer relativ hohen Artenzahl aufwartet, z. B. aus den Gruppen der Laufkäfer (Abb. 15) und der Spinnen (Abb. 16). Natürlich

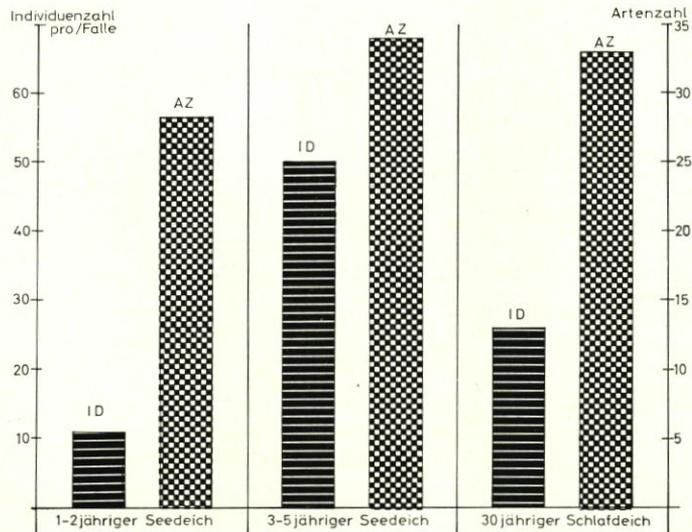


Abb. 15. Die Veränderungen in der Individuendichte (ID) und der absoluten Artenzahl (AZ) der Carabiden in der Entwicklung vom ein- bis zweijährigen Seedeich über den drei- bis fünfjährigen Seedeich bis zum dreißigjährigen Schlafdeich

- Durchschnittliche Individuendichte je Falle/vier Wochen Standzeit im Durchschnitt von mindestens zwölf Monaten
- Die im Laufe der Untersuchungszeit aufgetretene Artenzahl

wandert auch ein nicht unbeträchtlicher Anteil an trockenheitsliebenden Arten zu, die in den Salzwiesen beziehungsweise normalen Süßwiesen wegen zu starker Bodennässe nicht lebensfähig sind, z. B. *Calathus*-Arten und viele *Amara*-Arten unter den Laufkäfern — *Pardosa*

*agrestis*, *P. monticola*, *Leptyphantus insignis*, *Xysticus cristatus* u. a. unter den Spinnen. Den mitverfrachteten Arten bleibt nur die Aufgabe, sich über den nichtbesetzten, sondern angesäten Teil des Deiches (Deichkrone, Innenberme) auszubreiten.

Der ein- bis zweijährige, junge Seedeich erreicht bereits in der Artenzahl der Laufkäfer den dreißigjährigen Schlafdeich bis auf 83 %. Schon der drei- bis fünfjährige Seedeich hat die volle Artenzahl erreicht, wenn auch nicht die endgültige Artengarnitur des Altdeiches, der mit dem Meer keine Berührung mehr hat.

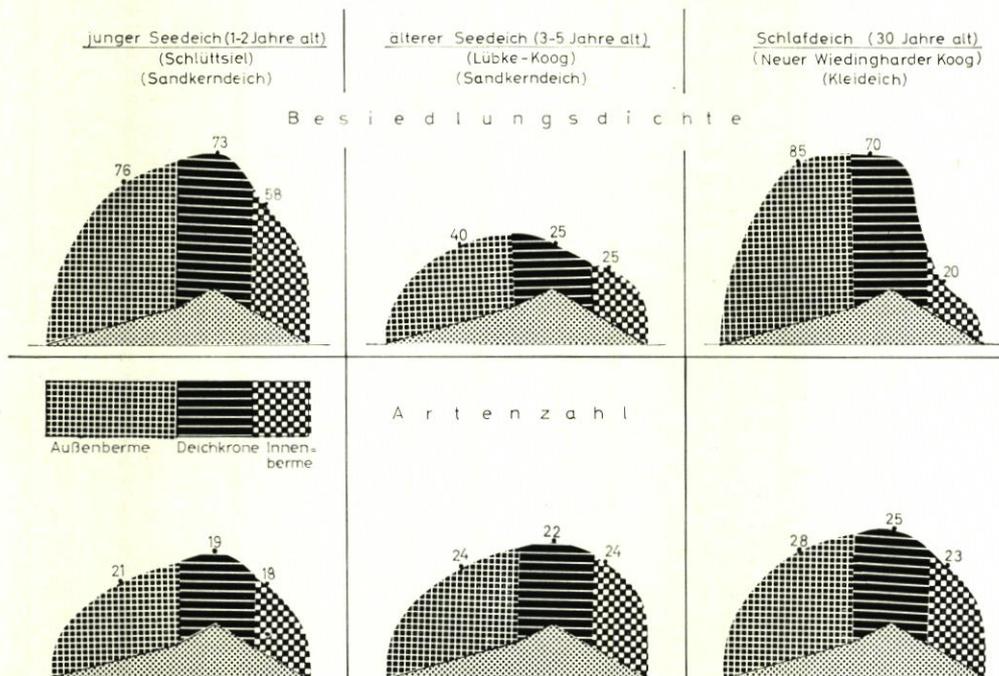


Abb. 16. Die Entwicklung (Sukzession) und Zonierung der durchschnittlichen Besiedlungsdichte (Aktivitätsdichte = Individuenzahl je Falle/vier Wochen Standzeit) und der absoluten Artenzahl der Spinnen im Vergleich der verschiedenen alten Deichtypen

Nach der Abschneidung vom Meer vollziehen sich im Arteninventar des zum Schlafdeich gewordenen Deiches des Hinterlandes erhebliche Veränderungen. Vor allem fallen halophile und halobionte Arten der Außenberme aus; salzfeindliche (haloxene) Arten, die aber zugleich hygrobiont sind und daher nicht auf die Deichkronen ausweichen können, siedeln sich am Deichfuß an. Auf die Artenzusammensetzung wirkt sich also sehr der Salzgehalt der Bodenoberfläche aus.

Auch bei den Spinnen ist schon auf dem ein bis zwei Jahre alten Seedeich (Hauke-Haien-Koog) eine Artenzahl von 19 (Durchschnitt aller Deichzonen) erreicht, im Gegensatz zu 23 auf dem drei- bis fünfjährigen Seedeich und zu 25 Arten auf dem dreißigjährigen alten Deich, d. h., daß ein bis zwei Jahre nach dem Deichneubau bereits 77 % der Artenzahl des dreißigjährigen Schlafdeiches vorhanden sind. Darunter sind bereits sämtliche jemals in den Sukzessionsprozessen der Deiche dominanten Arten. Gleiches gilt auch für sämtliche anderen untersuchten Arten aus den übrigen Gruppen, vielleicht mit Ausnahme des Kurzflüglers *Astilbus canaliculatus*, der bisher nur auf Schlaf-

deichen gefunden wurde, hier aber ausgesprochen häufig sein kann. Die Entwicklung des Arteninventars verläuft also auf Deichen in völlig anderer Art als in der ehemaligen Watt- und Quellerzone in neuen Kögen. Dort findet innerhalb der ersten vier Jahre nach der Eindeichung eine geradezu stürmische Besiedlung durch neue Arten statt, die dem jungen Koog bald das Vier- bis Sechsfache von der Artenzahl bringt, die im Vorland vorhanden ist (vgl. HEYDEMANN 1960b und 1962b).

## 12. Zonierung der Artenzahl und Artendichte

Da sich die Deiche nicht nur in ihren einzelnen Entwicklungsstadien untereinander, sondern auch in ihren verschiedenen Höhenstufen am selben Deich ökologisch-abiotisch unterscheiden (vgl. Kapitel über Ökoklima u. a. S. 95), ist eine Zonierung der Arten in ihrer Verbreitung an den Deichen geradezu voraussagbar. Eine unterschiedliche Populationsdichte von Zone zu Zone ist in allen Altersstufen der Deiche für nahezu sämtliche Arten das übliche Verteilungsbild. Eine Reihe von Arten ist ausschließlich auf bestimmte Zonen der Deiche konzentriert und fehlt anderen. Das ergibt eine charakteristische Zonierung der Artenzahl.

Bei den Spinnen sind in den ersten fünf bis sieben Jahren im Bestehen eines Deiches die verschiedenen Zonen durch ähnliche hohe Artenzahl ausgezeichnet. Auf den alten Schlafdeichen macht sich aber allgemein eine stärkere Bevorzugung der unteren Außenböschung wegen der größeren Feuchtigkeit bemerkbar (Abb. 16). Die haloxenen Arten sind nicht in der Lage, diese Zone bereits am Seedeich zu besiedeln, so daß die Erhöhung der Artenzahl durch diese Formen erst am äußeren Fuß der Schlafdeiche stattfindet.

Die Zonen größter Artenzahl fallen dabei durchaus nicht immer mit den Arealen größter Artendichte zusammen (vgl. dazu HEYDEMANN 1962a). Unter Artendichte versteht man die Zahl der je Zeiteinheit eine bestimmte Fläche oder Grenzlinie

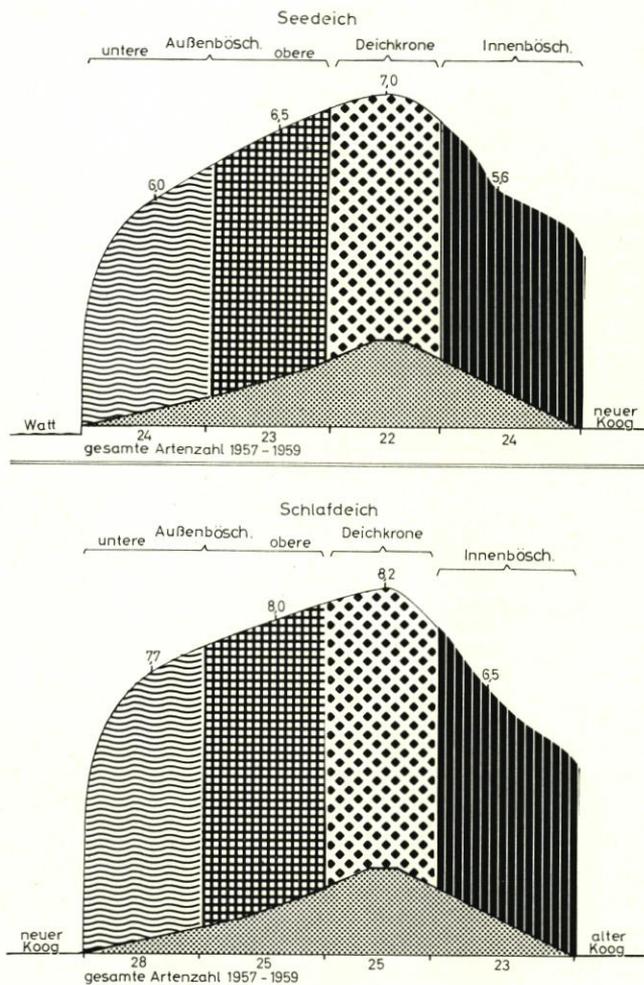


Abb. 17. Die durchschnittliche Artendichte (= Artenzahl je Falle/vier Wochen Standzeit) der Spinnen von 1957 bis 1959 in den verschiedenen Zonen vom Seedeich und Schlafdeich (Lübke-Koog und Neuer Wiedingharder Koog)

überschreitenden Arten. Während bei der Feststellung der Artenzahl das Vorkommen in größeren Arealen über längere Zeiträume berücksichtigt wird, ist das Erfassen der Arten je Falle in einer bestimmten Zeit (hier meist vier Wochen) die Maßeinheit für die Artendichte. Die Artendichte gibt eine bessere Vorstellung von der Aktivität der Arten innerhalb einer Biozönose, von der Vielseitigkeit einer Lebensgemeinschaft. Aus Abbildung 17 geht hervor, daß bei

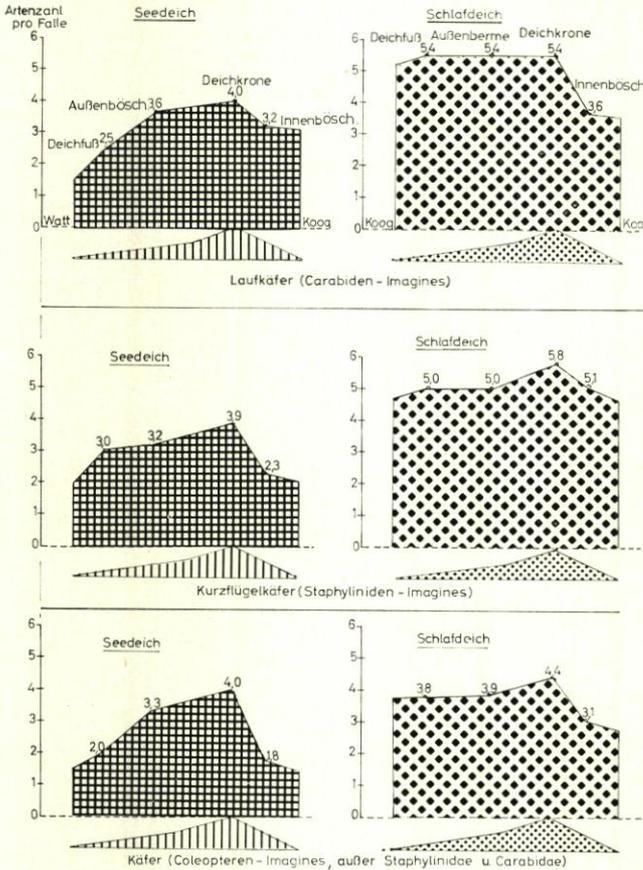


Abb. 18. Vergleich der (Aktivitäts-) Artendichte (je Falle/ vier Wochen Standzeit) der Laufkäfer, Kurzflügelkäfer und übrigen Käfergruppen in ihrer Zonierung am drei- bis fünfjährigen Seedeich und dreißigjährigen Schlafdeich (angegeben ist die Artendichte im Durchschnitt von 28 Monaten)

den Spinnen die Deichkrone des Seedeiches im Durchschnitt von 28 Monaten Untersuchungszeit die höchste Artendichte mit 7,0 Arten je Falle/vier Wochen Standzeit besitzt, während Außen- und Innenberme die höchste Artenzahl in diesem Zeitraum aufweisen. Auch der Schlafdeich weist die größte Artenzahl an der Außenberme auf, während die größte Artendichte wiederum auf der Deichkrone liegt. Um sich die Bedeutung dieser Angaben noch besser veranschaulichen zu können, darf man es vielleicht auch so ausdrücken: Die vielseitigsten Lebensbedingungen auf großer Fläche — gerade auch für einzelne seltene Arten — weist die Außenböschung auf, daher ist eine hohe Artenzahl vorhanden; die größte Zahl häufiger Arten, die zu einem sehr mannigfaltigen Faunenbild auf etwa quadratmetergroßer Fläche führen, besitzt die Deichkrone.

Dasselbe gilt auch für die Zonierung der Artendichte der drei größeren behandelten Käfergruppen. Aus Abbildung 18 geht hervor, daß sowohl bei den Laufkäfern, bei den Kurzflüglern als auch bei den übrigen

Käferfamilien (soweit man sie als eine statistische Einheit betrachtet) die Deichkrone in der Artendichte die anderen Zonen übertrifft. Nur bei den Carabidae halten sich am Schlafdeich der Deichfuß und die Außenböschung der Deichkrone in dieser Beziehung die Waage. Innen- und Außenböschung eines Deichtyps ähneln sich zumeist bei den Käfergruppen in der Artendichte, unverkennbar ist indessen eine erhebliche Zunahme der Artendichte vom Seedeich zum alten Deich, die zum Teil 100% und mehr beträgt. Darin ist eine deutliche biozönotische Reifung erkennbar, die auf die günstige Veränderung der ökoklimatischen und edaphischen Bedingungen bei der Umwandlung zum Schlafdeich, wie bereits eingangs besprochen, zurückzuführen ist. Der

Seedeich ist ökologisch in vieler Hinsicht für viele Tiergruppen extremer, aber durch sehr unterschiedliche Zonenbildung auch vielseitiger zusammengesetzt.

### 13. Entwicklung (Sukzession) und Zonierung der Individuendichte (Abundanz)

Sehr viel auffälligere Unterschiede als die der Artenzahl und Artendichte weist die Entwicklung und Zonierung der Individuendichte der meisten untersuchten Artengruppen auf. Die Laufkäfer zeigen in ihrer Populationsdichte im Laufe der Sukzessionen einen Höchststand auf dem drei- bis fünfjährigen Seedeich, der die zwei- bis dreifache Zahl an Individuen je Flächeneinheit besitzt als der ein- bis zweijährige Seedeich (Abb. 19). Bei der Entwicklung zum Schlafdeich macht sich dann wieder ein Rückgang auf 55% des drei- bis fünfjährigen Seedeichs bemerkbar. Bei der Analyse der Zonierung der Carabidenfauna fällt auf, daß die Außenböschungen stets am geringsten besiedelt sind; am ein- bis zweijährigen Seedeich liegt die Innenböschung zunächst in der Besiedlungsdichte der Laufkäfer noch vor der Deichkrone. Dieses Bild ändert sich aber bald zugunsten der höchsten Deichzone. Die Bevorzugung der Deichkrone durch so zahlreiche Arten der verschiedensten Gruppen kann wohl nur so erklärt werden, daß im Spannungsfeld der gegenläufigen, negativen ökologischen Kräfte zwischen Salzgehalt des Bodens, Windwirkung und Vegetationsstruktur auf der Außenböschung und der Ungunst der Inklinatation und Trockenheit auf der Innenböschung schließlich die Dreickrone doch noch die günstigste Kombination der ökologischen Faktoren für die meisten Arten aufweist. Vor allem ist hier eine nicht geneigte Lauffläche gegeben. Es ist interessant festzustellen, daß im Moment des Fortfalls der Meeresberührung am Schlafdeich die Laufkäfer der Außenböschung — vor allem wegen der größeren Bodenfeuchtigkeit — den Vorzug geben. Auch bei den Staphyliniden läßt sich die Erscheinung der Bevorzugung der Deichkrone am drei- bis fünfjährigen Seedeich klar erkennen; die Deichkrone erreicht eine um 40% höhere Besiedlungsdichte als die Außenberme. Allerdings gilt dies nicht für den ein- bis zweijährigen Seedeich, dessen Zonierung der Individuendichte aus Tabelle 1 hervorgeht.

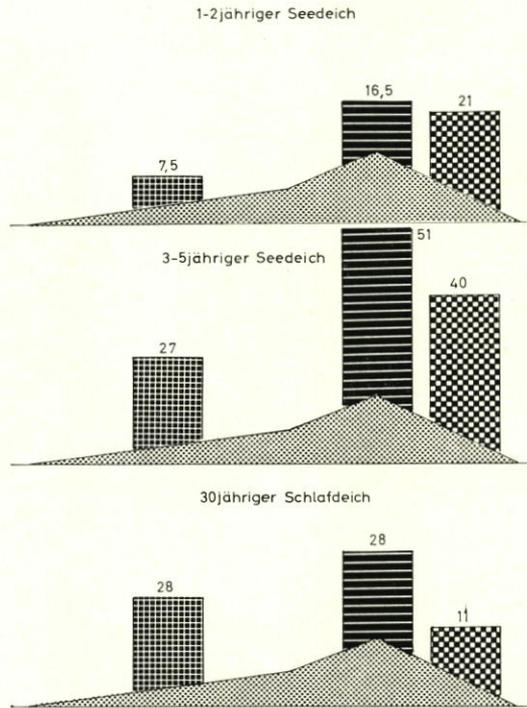


Abb. 19. Die Entwicklung der durchschnittlichen Individuendichte (= Aktivitäts-Individuendichte je Falle/vier Wochen Standzeit) bei den Laufkäfern (Carabidae) vom ein- bis zweijährigen über den drei- bis fünfjährigen Seedeich zum dreißigjährigen Schlafdeich im Vergleich der verschiedenen Deichzonen

Tabelle 1

Die Verteilung von Artenzahl und Aktivitäts-Individuendichte der Kurzflügler (Staphylinidae) auf zwei verschieden alten Seedeichen

		Außenböschung	Deichkrone	Innenböschung
ein- bis zweijähriger Seedeich (Hauke-Haien-Koog)	Gesamte Artenzahl der Staphylinidae	30	25	14
	Aktivitäts-Individuendichte (je Falle/vier Wochen Standzeit)	35	29	18
drei- bis fünfjähriger Seedeich (Lübke-Koog)	Gesamte Artenzahl der Staphylinidae	25	25	23
	Aktivitäts-Individuendichte (je Falle/vier Wochen Standzeit)	7	12	5

Am ein- bis zweijährigen Seedeich liegt sowohl die höchste Artenzahl als auch Individuendichte an der Außenböschung. Dies hängt mit der hohen Anzahl salzfreundlicher Kurzflüglerarten zusammen, die auf frisch besodeten Jungdeichen infolge des noch stärkeren Salzgehaltes der Bodenoberfläche (Salzwiesensoden an der Außenböschung!) zu starker Entwicklung kommen. Zum Teil wird die intensive Staphylinidenvermehrung, die im Durchschnitt der Zonen über das Dreifache des drei- bis fünfjährigen Deiches beträgt (vgl. Tab. 2), aber auch durch den geringeren Grad der Beweidung auf jungen Seedeichen bewirkt, deren Grasnarbe sich erst festigen soll. Auch die Artenzahl der Staphyliniden erreicht an der Außenböschung die doppelte Höhe von der der Innenböschung.

Wenn man die übrigen Käferfamilien in einer Sammelgruppe betrachtet, ergibt sich hier grundsätzlich das Bild vorherrschender Individuendichte an der Außenseite der Seedeiche schon von der Neubauphase an bis zu den Altdeichen hin. Die trockene Innenböschung ist hier individuenmäßig gesehen immer am geringsten besiedelt. Die Bevorzugung der feuchten, salzreicheren Außenzonen durch diese Käfersammelgruppe ist in erster Linie durch die zahlreichen terrestrischen Hydrophiliden-Arten der Gattungen *Helophorus* und *Cercyon* bedingt, die zum Teil halophil reagieren, und ebenso durch die zahlreichen, wahrscheinlich mycelfressenden Schimmelpilzkäfer (Lathridiidae) mit den Arten *Corticarina fuscata* und *Enicmus transversus* und die Moderkäfer (Cryptophagidae) mit den *Atomaria*-Arten u. a. Diese Sammelgruppe erreicht ihre absolut höchste Individuendichte im Ablauf der Entwicklung bereits am ein- bis zweijährigen Seedeich und fällt darauf bis zum Schlafdeich auf ein Drittel und mehr des Ausgangswertes ab. Trotz dieser negativen Entwicklung der Populationsdichte mit zunehmendem Deichalter findet bei allen Käfergruppen nach Tabelle 2 eine zum Teil erhebliche Erhöhung der Artenzahl statt.

Die Spinnen erreichen im Gegensatz zu den Käfern bereits am ein- bis zweijährigen Seedeich eine sehr hohe Individuendichte, die aber dann am trockenen und stärker beweideten drei- bis fünfjährigen Seedeich wieder auf 50 % reduziert wird und erst am Schlafdeich — besonders am Fuße der Außenböschung — wieder zur ursprünglichen Höhe ansteigt (vgl. Abb. 16). Dabei sind zur Zeit der hohen Siedlungsdichte auf dem frisch erbauten Jungdeich 30 % an Arten weniger vorhanden als im Schlafdeich-Stadium. Bei gesonderter Betrachtung der einzelnen Zonen im Ablauf dieser Entwicklungsvorgänge gilt für die Innenböschung eine

Tabelle 2

Die Entwicklung (Sukzession) von Artenzahl und (Aktivitäts-)Individuendichte verschiedener Käfergruppen und Spinnen vom ein- bis zweijährigen Seedeich über den drei- bis fünfjährigen Seedeich zum dreißigjährigen Schlafdeich (Pfeile deuten Zunahme von Arten- bzw. Individuenzahl an)

Gruppe	ein- bis zweijähriger Seedeich Hauke-Haien-Koog	drei- bis fünfjähriger Seedeich Lübke-Koog	dreißigjähriger Schlafdeich Neuer Wieding- harder Koog			
Carabidae	Gesamte Artenzahl	28	34	33		
	Aktivitäts- Individuendichte (je Falle/vier Wochen Standzeit)	11	50	26		
	Relation der Individuenzahlen	1	:	4	:	2
		→				
Staphylinidae	Gesamte Artenzahl	39	39	53		
	Aktivitäts- Individuendichte (je Falle/vier Wochen Standzeit)	29	8	16		
	Relation der Individuenzahlen	4	:	1	:	2
Übrige Coleopteren- Familien	Gesamte Artenzahl	45	54	70		
	Aktivitäts- Individuendichte (je Falle/vier Wochen Standzeit)	38	9	10		
	Relation der Individuenzahlen	4	:	1	:	1,3
Spinnen	Gesamte Artenzahl	25	29	36		
	Aktivitäts- Individuendichte (je Falle/vier Wochen Standzeit)	60	31	60		
	Relation der Individuenzahlen	2	:	1	:	2

andere Sukzessionstendenz. Die zunehmende Abtrocknung bzw. im Schlafdeich-Stadium die Trennung vom unmittelbaren Kontakt mit der feuchten Meeresluft bewirken hier einen ständigen Rückgang der Besiedlung oder, anders gesagt, eine Verlagerung der Populationen auf die Westseite des Altdeiches.

#### 14. Populationsverteilung der häufigeren Arten am drei- bis fünfjährigen Seedeich und am Schlafdeich

Die Entwicklung und Zonenverteilung der Besiedlungsdichte von Artengruppen kann die Tendenz zu einem bestimmten Dispersionstyp verdeutlichen. Über die Verbreitung der einzelnen Arten in den ökologisch verschiedenartigen Zonen und über die spezifischen Unterschiede zwischen Seedeich und Schlafdeich sagen diese allgemeinen Kurven nichts aus.

In den Abbildungen 48a—l sind darum die ökologischen Verteilungsbilder der häufigeren Arten aus den untersuchten Tiergruppen in einem Vergleich vom drei- bis fünfjährigen Seedeich und dem dreißigjährigen Schlafdeich nach den durchschnittlichen Werten der Individuendichte aus einem 28monatigem Zeitraum gegeben. Der „alte“ Deich ist ebenso lange „Schlafdeich“, wie der junge zum Vergleich herangezogene drei- bis fünfjährige Seedeich existiert. Drei Jahre vor dem Untersuchungsbeginn war demnach der Schlafdeich noch Seedeich für den Neuen Wiedingharder Koog. Bald nach Verlust der Meeresberührung ändern sich seine ökologischen Verhältnisse wesentlich, die Fauna reagiert kurzfristig und nachhaltig auf diese abiotischen Umstellungen der Umwelt. Sicher ist allerdings auch, daß der Schlafdeich bereits zum Zeitpunkt des früheren Meereskontaktes durch seinen andersartigen Aufbau (Kleikern, geringere Höhe, größere Grundwassernähe, vielseitigere Vegetation) einen wesentlich weiter vorgeschrittenen biozönotischen Reifegrad besaß, als ihn der heutige Seedeich nach fünf Jahren erreicht hat. Es bleibt offen, ob sich ähnliche Reifeprozesse auf den modernen, hohen Seedeichen mit ihrem starken Sanduntergrund abspielen werden. Für das Verständnis der Deichbesiedlung ist auf jeden Fall die Präferenz bestimmter Zonen seitens der Arten, der Einfluß der Lage zum Meer (Bildung von Vorland und vorgelagertem Koog) und das Deichalter im Sinne entwicklungsbestimmender Faktoren entscheidend. Die anfangs gegebenen ökologischen Charakteristika der einzelnen Deichzonen helfen die Verteilungsbilder verstehen. Die ökologische Ausdeutung wird sich natürlich in den meisten Fällen auf die Nennung bestimmter Faktorenkomplexe beschränken müssen, wobei allerdings erwähnt sein mag, daß sicherlich normalerweise für die Entstehung von Besiedlungstypen am Deich eben auch nicht Einzelfaktoren, sondern das Zusammenwirken verschiedener Faktoren ausschlaggebend ist.

##### I. Laufkäfer-Carabidae (Abb. 48a—c)

Es ergibt sich folgendes zusammenfassendes Ergebnis über die Besiedlung der verschiedenen Deichtypen (vgl. dazu die Abb. 48a—l; über den ein- bis zweijährigen Seedeich, der in den graphischen Darstellungen aus Platzgründen nicht mit erfaßt ist, werden zusätzliche Ergänzungen gegeben):

1. Von achtzehn häufigeren Arten bevorzugen nur zwei den ein- bis zweijährigen Seedeich: *Loricera pilicornis* und *Clivina fossor* (vgl. Abb. 22) (keine Halophilie!). *Clivina fossor* kann sich sicherlich deswegen am jungen Deich gut entwickeln, weil der Boden für diese grabende Form kurz nach dem Neubau noch weich genug ist und nicht durch Bodensetzung und Weidevertritt so erhärtet ist wie später.
2. Nur fünf Arten bevorzugen den drei- bis fünfjährigen Seedeich: *Nebria brevicollis*, *N. salina* (halophil), *Notiophilus substriatus*, *Bembidion minimum* (halophil) (vgl. Abb. 26) und *Dichirotrichus pubescens* (halobiont).
3. Acht Arten bevorzugen den Schlafdeich: *Trechus quadristriatus*, *Bembidion pro-perans* (vgl. Abb. 23), *Bembidion aeneum*, *Calathus melanocephalus*, *Pterostichus vulgaris*, *Amara plebeja*, *Harpalus pubescens* und *Harpalus aeneus*.

4. Eine Art ist am ein- bis zweijährigen und am drei- bis fünfjährigen Seedeich gleich häufig: *Trechus discus*.
5. Zwei Arten sind am ein- bis zweijährigen Seedeich und am Schlafdeich gleich häufig und haben am drei- bis fünfjährigen Seedeich einen Individuentiefstand: *Pterostichus niger* und *Pterostichus strenuus*.
6. Acht Arten bevorzugen am drei- bis fünfjährigen Seedeich die Deichkrone, am Schlafdeich nur fünf, d. h. mit zunehmendem Deichalter und bei Abschneidung von der Meeresberührung erfolgt ein „Abrutschen“ der Vorzugszonen in die unteren Bereiche der Außenböschung.

#### Häufige Laufkäfer (Carabidae) der Deiche

(Hier werden nur solche Käfer abgebildet, die nicht in HEYDEMANN 1962b durch Fotos vertreten sind).  
Die Größenangaben beziehen sich auf die Körperlänge



Abb. 20.



Abb. 21.



Abb. 22.



Abb. 23.

Abb. 20. *Dyschirius salinus*, 4 mm, meist an der unteren Außenböschung der Seedeiche — Abb. 21. *Dyschirius globosus*, 3 mm, einer der kleinsten hier vorkommenden Laufkäfer; wie *D. salinus* in den oberen Bodenschichten grabend, aber in den höheren Deichzonen; mehr am alten Deich — Abb. 22. *Clivina fossor*, 6 mm, ebenfalls gern in den oberen Bodenschichten grabend, besonders in den oberen Zonen beider Deiche — Abb. 23. *Bembidion properans*, 3,5 mm, nur am alten Deich



Abb. 24.



Abb. 25.



Abb. 26.



Abb. 27.

Abb. 24. *Bembidion varium*, 4 mm, besonders an der Innenberme der Deiche an den Nebensielzügen — Abb. 25. *Bembidion ustulatum*, 5,5 mm, ebenso verbreitet wie *B. varium*, daneben aber auch in trockeneren Regionen der Innenböschung der Deiche — Abb. 26. *Bembidion minimum*, 2,5 bis 3 mm, neben *Dyschirius globosus* der kleinste Laufkäfer des Untersuchungsgebietes; besonders am Seedeich, hier auch in Scharen als Überwinterer aus dem Koog — Abb. 27. *Bembidion obtusum*, 3,5 mm, oft in großer Menge am alten Deich, in allen Zonen, besonders im Herbst und Winter

7. Am Seedeich bevorzugen allenfalls zwei Arten die Außenböschung: *Dichirotrichus pubescens* (halobiont) und *Calathus melanocephalus* (?), am Schlafdeich indessen zwölf (!) (vgl. auch Punkt 6).
8. Am Schlafdeich gibt es keine Art, welche die steile und trockene Innenböschung mit Exposition nach Osten bevorzugt.

## II. Kurzflügler — Staphylinidae (Abb. 48d—e)

1. Nur zwei Arten von insgesamt vierzehn häufigeren Kurzflüglern präferieren den ein- bis zweijährigen Seedeich: *Oxypoda brachyptera* und *Quedius simplicifrons* (halobiont).
2. Vier Arten haben ihre Vorzugszone am drei- bis fünfjährigen Seedeich: *Lathrobium fulvipes*, *Staphylinus aeneocephalus*, *Tachyporus hypnorum*, *Atheta gregaria*. Alle übrigen sind am Schlafdeich am häufigsten.

Für die Staphyliniden ist der Schlafdeich mit reich ausgebildeter Streuschicht (vor allem an der Außenberme), wegen seiner höheren Grasvegetation und des größeren Anfalls an verwertbarem Kot durch die Kuhbeweidung das günstigste Deichstadium.

### Häufige Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) der Deiche



Abb. 28.



Abb. 29.



Abb. 30.



Abb. 31.

Abb. 28. *Xantholinus linearis*, 7,5 mm, besonders auf der Innenböschung des alten Deiches, winteraktiv — Abb. 29. *Bledius tricornis*, ♀, 6 mm, in erster Linie an der Innenberme der Deiche, in der Nähe der Sielzüge — Abb. 30. *Omalium excavatum*, 3 mm, besonders im Filz der Bodenoberfläche — Abb. 31. *Stenus canaliculatus*, 3,5 mm, liebt feuchte Flächen (Vertrittstellen) mit schütterem Graswuchs

3. Am drei- bis fünfjährigen Seedeich bevorzugen acht Arten von vierzehn die Deichkrone, am Schlafdeich macht sich der gleiche „Abstieg“ in die tieferen Regionen der Außenböschung bemerkbar, wie bei den Carabiden, denn bis auf eine oder zwei Arten haben sämtliche Staphyliniden ihr Präferendum am westlichen, flach auslaufenden, grundwassernahen Deichfuß.
4. Nur drei größere Arten bevorzugen die Außenböschung am Seedeich: *Staphylinus aeneocephalus*, *Philonthus varius* und *Quedius simplicifrons* (halobiont), letzterer gewiß wegen seines höheren Anspruchs an den Kochsalzgehalt der Bodenoberfläche, die übrigen beiden Arten offenbar wegen des größeren Nahrungsangebotes (es handelt sich um Räuber) unter dem aufgeworfenen Anwurf und dem von den Deichflickarbeiten verwehten Stroh.

## III. Übrige Käferfamilien (Abb. 48f)

1. Eine klare Bevorzugung des ein- bis zweijährigen jungen Seedeiches ist von dieser Gruppe bei auffallend vielen Arten zu bemerken: *Megasternum boletophagum* (terrestrischer Wasserkäfer), *Helophorus brevipalpis* (terrestrischer Wasserkäfer [vgl. Abb. 32]), *Cantharis fusca* (Weichkäfer), *Longitarsus pratensis* (Blattfloh), *Phytobius zumpti* (Rüsselkäfer, halobiont).

*Megasternum* und *Helophorus* leben von faulenden Pflanzenstoffen, die nach der Besodung infolge Absterbens vieler Pflanzenteile reich anfallen. Der Nahrungsfaktor dürfte auch für *Longitarsus pratensis* (bevorzugt offenbar Rotschwengelgras als Nahrung) und *Phytobius zumpti*, einem charakteristischen Halophytenfresser (Bevorzugung der Cruciferen) ausschlag-

## Häufige Vertreter anderer Käferfamilien



Abb. 32.



Abb. 33.



Abb. 34.



Abb. 35.

Abb. 32. *Helophorus brevipalpis*, 2,5 mm, oft in großen Mengen im grundwassernahen Bereich des alten Deiches (landlebender Wasserkäfer) — Abb. 33. *Coccinella undecimpunctata* (Marienkäfer), 4 mm, an allen blattlaustragenden Pflanzen der Deiche, überwintert oft in Massen unter der Rinde der Weidepfähle — Abb. 34. *Necrophorus vespillo*, Totengräber, 17 mm, besonders an Feldmausleichen — Abb. 35. *Catops morio*, Moderkäfer, 4,5 mm, häufig in den Gangsystemen der Feldmäuse

gebend sein. Ob auch für *Cantharis fusca* der Nahrungsfaktor für die starke Vermehrung am jungen Seedeich entscheidend ist, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Gewiß aber ist, daß für die räuberischen, winteraktiven Weichkäfer-Larven am frischbesodeten Seedeich die günstigsten Habitate an allen Deichen überhaupt bestehen, da hier zunächst noch zahlreiche kleine Lücken zwischen den Grassoden als Verstecke und Jagdareale in dem sonst so wetterexponierten Lebensraum dienen können.

2. Zwei Arten sind in ihrer Häufigkeit charakteristisch für den drei- bis fünfjährigen Seedeich: *Simplocaria semistriata* (Pillenkäfer), *Corticarina fuscula* (Schimmelkäfer). Ersterer ist ausgesprochen anspruchslos, wahrscheinlich als Larve Moos- und Wurzelfilzfresser und besonders im Herbst und Winter aktiv.
3. Auf allen Deichtypen gleichermaßen findet man den nützlichen, halophilen Blattlausfresser *Coccinella undecimpunctata* (vgl. Abb. 33) und besonders auf dem Schlafdeich den auch auf trockenen Feldern des Binnenlandes häufigen „Wasserkäfer“ *Helophorus nubilus*, die einzige Art, die ausgesprochen die Deichkrone des trockenen Schlafdeiches bevorzugt. Diese Art ist stets sehr mit Dreck verkrustet; es ist möglich, daß es sich dabei um einen guten Verdunstungsschutz eines ursprünglich aus dem Süßwasser stammenden Hydrophiliden handelt. *H. nubilus* und *H. aquaticus*, der nur die grundwassernahen Zonen besiedelt, schließen sich ökologisch gegenseitig nahezu aus.

## Häufige Käferlarven



Abb. 36.



Abb. 37.



Abb. 38.



Abb. 39.

Abb. 36. *Carabus granulatus*, 25 mm, Larve des größten im Gebiet vorkommenden Laufkäfers —  
 Abb. 37. *Trechus discus*-Larve, 8 mm, lebt im Boden, trotz der Häufigkeit der Imagines selten zu finden —  
 Abb. 38. *Amara convexiuscula*-Larve, 12 mm, häufig auf der Bodenoberfläche — Abb. 39. *Amara plebeja*-Larve, 7 mm, neben *A. convexiuscula* häufigste *Amara*-Larve



Abb. 40.



Abb. 41.



Abb. 42.



Abb. 43.

Abb. 40. *Enochrus bicolor*-Larve, 7 mm, Wasserkäfer in den Sielzügen hinter den Deichen, kriecht zur Verpuppung an Land und gelangt so an die untere Deichböschung — Abb. 41. *Staphylinus aeneocephalus*-Larve, 20 mm, größte Kurzflügelkäfer-Larve des Gebietes, typisches Deichtier, räuberisch — Abb. 42. *Cantharis darwiniana*-Larve, 15 mm, halobionter Weichkäfer, Larve winteraktiv („Schneewurm“) —  
 Abb. 43. *Cantharis fusca*-Larve, 17 mm, ebenfalls winteraktiv, häufigste Weichkäfer-Larve, räuberisch

## IV. Spinnen — Araneae (Abb. 48g—l)

1. Von 28 mehr oder minder häufigen Spinnen finden sechs Arten am ein- bis zweijährigen Seedeich ihren Vorzugsbereich (vgl. Abb. 48m): *Pardosa purbeckensis* (halobiont), *Oedothorax apicatus*, *Oedothorax retusus*, *Erigone longipalpis* (halobiont) (vgl. Abb. 45), *Erigone arctica* (halobiont), *Bathyphantes gracilis*.

Bei drei von diesen sechs Arten ist sicher die Salzgebundenheit die Ursache für die Bevorzugung dieses Deichstadiums, bei den anderen Arten ist die Ursache zunächst noch nicht erkennbar.

2. Sieben Arten zeigen eine — wenn auch zunächst nur leichte — Präferenz des drei- bis fünfjährigen Seedeiches: *Pardosa agrestis*, *Pardosa amentata*, *Pardosa monticola*, *Trochosa ruricola*, *Meioneta rurestris*, *Lepthyphantes tenuis*, *Porrhomma pygmaeum*.

Keine dieser Arten ist halobiont. Die xerophilen Spinnen *Pardosa agrestis* und *P. monticola* bevorzugen die trockenen Innenböschungen und treten auf dem ein- bis zweijährigen Seedeich nicht in Erscheinung; es sind Formen der Dünen und auch der sandigen Felder (*P. agrestis*). *Meioneta rurestris* ist eine salzempfindliche, aber trockenheitsresistente Form. *Porrhomma pygmaeum* bevorzugt den Seedeich — wie viele winteraktive Arten — namentlich in der kalten Jahreszeit (Abwanderung aus dem Koog wahrscheinlich); ähnliches gilt auch für *Leptyphantes tenuis*.

Häufige Vertreter der Spinnen, Tausendfüßer (Diplopoda) und Hundertfüßer (Chilopoda)

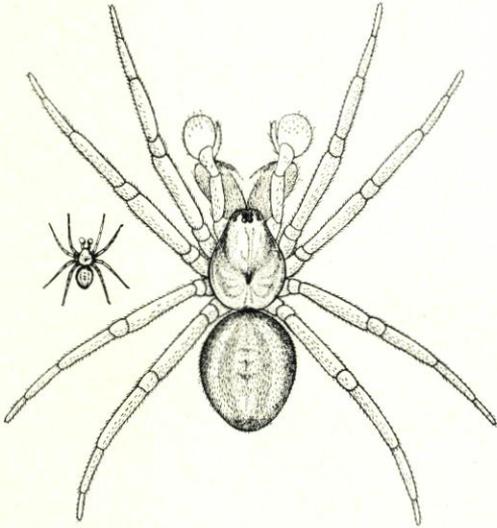


Abb. 44. *Pachygnatha clercki*, Kiefernspinne, 7 mm, feuchte Zone des alten Deiches bevorzugend

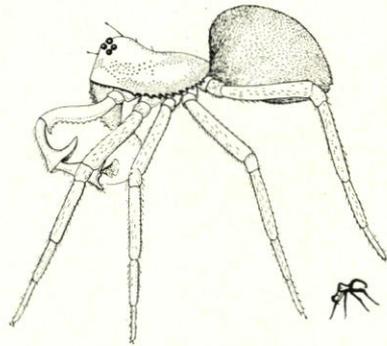


Abb. 45. *Erigone longipalpis*, 3,5 bis 4 mm, eine der häufigsten Zwergspinnen an den unteren Außenböschungen der Seedeiche

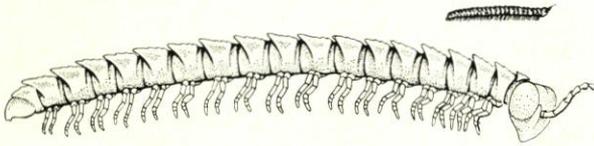


Abb. 46. *Polydesmus denticulatus*, Tausendfüßer, 12 mm, häufigste Art, die die jungen Kooggebiete meidet

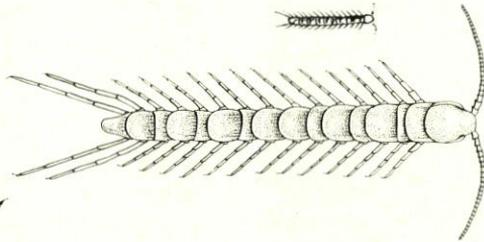


Abb. 47. *Lithobius forficatus*, Hundertfüßer, 25 mm, größte deutsche *Lithobius*-Art, lebt räuberisch, meidet ebenfalls die jungen Kooggebiete

3. Elf Arten (= 50 % der häufigeren Formen) kommen in besonderem Maße am Schlafdeich vor oder sind hier doch zumindest ebenso zahlreich wie auf dem ein- bis zweijährigen Seedeichstadium, wie die *Silometopus*-Arten und *Erigone atra*.
4. Drei Arten sind bisher auf keinem anderen Deichstadium als dem des Schlafdeiches gefunden worden: *Diplocephalus cristatus*, *Erigone vagans* (halobiont, hygrobiont; nur am äußeren Deichfuß), *Leptyphantes insignis* (Neufeststellung für den Kontinent, auch im Ursprungsland England bisher nur äußerst selten gefunden, daher ökologisch schwer einzuordnen).

In der Artenbesetzung durch Zwerg- und Baldachinspinnen hat jedenfalls der Schlafdeich unter den anderen Deichtypen eine absolute Vorrangstellung. Die höhere Vegetation und der ausgeglichene Feuchtigkeitszustand infolge Ausbildung einer Streuschicht dürften die entscheidenden Faktoren dafür sein.

Auffallend ist, daß keine Wolfsspinne den Schlafdeich präferiert. Er handelt sich um schnellaufende Jagdspinnen ohne Netzbau, die auf schwach bewachsenen, kurzgrasigen Flächen am besten ihre Lauf-tätigkeit entfalten können und daher auf den Seedeichen ein in dieser Hinsicht günstigeres Areal vorfinden.

5. Vom drei- bis fünfjährigen Seedeich zum Schlafdeich vollzieht sich bei auffallend vielen Spinnen-Arten ein Wechsel der Vorzugszone. Während noch am Seedeich die Innenberme mit zehn Arten das am meisten präferierte Areal darstellt, haben am Schlafdeich hier nur vier Arten ihr Präferendum, während die Außenböschung nun mit fünfzehn Arten weit an der Spitze steht. An der Außenböschung des Schlafdeiches ist es in erster Linie der flach auslaufende, stark feuchte und humose, breite Deichfuß, der die bodenlebenden Spinnen anlockt. Es sind hier noch drei halobionte bis halophile Arten darunter (*Erigone longipalpis*, *E. arctica* und *Silometopus curtus*). Vom Seedeich zum Schlafdeich gibt es demnach einen allgemeinen „Abstieg“ in die tieferen Zonen und außerdem eine Verlagerung der Präferenzdazonen von der Innenböschung zur unteren Außenböschung, da der Innenböschung der Deiche kein breiter Deichfuß vorgelagert ist, auf den ein Abstieg möglich wäre. Der entscheidende Faktor für die ökologische Verteilung der Spinnen ist neben dem Licht (das hier aber in überall gleichbleibender Intensität vorhanden ist) zumeist die Bodenfeuchtigkeit (TRETZEL 1952). Da sich aber der Grad der Bodenfeuchtigkeit auf Schlaf- und Seedeich ähnelt und die relative Luftfeuchtigkeit am Boden auf der Innenböschung des Seedeiches im Durchschnitt niedriger liegt als auf der Außenböschung des Schlafdeiches, ist nach Auffassung des Verfassers die Häufung der Präferenzdazonen am Seedeich auf der Innenböschung nur als eine Auswirkung des anstehenden Westwindes zu erklären, der hier die meisten Arten, die nicht des Salzes der Außenböschung bedürfen, auf der Leeseite zusammentreibt (vgl. Abb. 10). Am Schlafdeich können diese Arten in ihren „echten“ Vorzugsraum vorstoßen, die feuchten grundwassernahen Grünlandzonen, während es sich am Seedeich hier um eine „Notlösung“ handeln kann, da diese Zone nach ihren Feuchtigkeitseigenschaften für die meisten hier gehäuft auftretenden Arten gar nicht als Vorzugsraum in Frage kommen kann.
6. Es ist bezeichnend, daß die typischen „Deichkronen-Arten“: *Meioneta rurestris*, *Dicymbium nigrum* und *Erigone dentipalpis* keinen Wechsel der Zone in der Entwicklung zum Schlafdeich vornehmen.

#### V. Weberknechte — Opiliones

*Phalangium opilio* ist geradezu eine überall verbreitete Art, die sowohl im Wald (THIELE 1956) als auch auf den Feldern (HEYDEMANN 1953, TISCHLER 1958) in großer Zahl auftreten kann. An der Nordseeküste besiedelt sie stark nur den zurückliegenden Altdeich, dringt auch kaum in die jungen Köge ein, während sie in den alten Kögen reichlicher vorhanden ist. Zweifellos handelt es sich um eine salzempfindliche Art, die außerdem als besonders langbeinige Form in der nur wenige Zentimeter hohen Vegetation kaum genügenden Windschutz genießt. Die höhere Vegetation am alten Deich aber gewährt in dieser Hinsicht eine geeignete Lebensraumstruktur.

*Opilio parietinus* ist eine auffallend kurzbeinige Weberknechtart und dadurch in der Lage, dicht am Boden zu jagen. Es ist anzunehmen, daß die Körperstruktur in diesem Falle mit von Bedeutung für die Besiedlung des Seedeiches ist, denn bei dieser Art ist der Unterschied in der Individuendichte zwischen den beiden Deichtypen verschiedener Vegetationsstruktur nicht so erheblich. Beide Arten bevorzugen die höchstgelegenen Stellen der Deiche, bzw. *Phalangium opilio* am Seedeich den windgeschützten Innenhang.

#### VI. Asseln — Isopoda

Sie spielen niemals auf Deichen eine besondere Rolle. Ähnlich, wie unter den Käfern und Spinnen viele Arten der Äcker schweren Bodens des Binnenlandes auf Deichen auftauchen, ist auch *Tracheoniscus rathkei* eine bezeichnende Feldart (HEYDEMANN 1953, TISCHLER 1958). PALMÉN (1946) bezeichnet sie auch für Finnland als charakteristisch für Kulturstandorte und als „besonders in den Küstengegenden ungemein häufig“. Es fehlt hier aber auf Deichen der reichliche Bestandesabfall, und so kommt es selten zu starker Besiedlungsdichte.

#### VII. Tausendfüßer — Diplopoda

Die einzige häufige Art, *Polydesmus denticulatus* (vgl. Abb. 46), bevorzugt die trockensten Zonen der See- und Altdeiche; sie besiedelt die Jungkooggebiete erst vom fünften bis sechsten Jahr nach der Eindeichung an, wenn nur noch 1 bis 3 ‰ Salzgehalt an der Bodenoberfläche nachweisbar sind. Am frisch gebauten, ein bis zwei Jahre alten Seedeich sind stets nur einige sehr junge Exemplare zu finden, aber keine erwachsenen, was wohl darauf hindeutet, daß sich die Art trotz Verschleppens im Ei- und Jugendstadium in den ersten zwei bis drei Jahren auf jungen Deichen nicht halten kann. Im schleswig-holsteinischen Binnenland ist *P. denticulatus* besonders auf Kulturfeldern, aber nicht auf sandigem, trockenem Boden verbreitet. Böden von der Trockenheit der Seedeiche werden im Binnenland nirgendwo besiedelt, was wiederum dafür spricht, daß mangelnde Bodenfeuchtigkeit durch höhere relative Luftfeuchtigkeit in Meeresnähe kompensiert werden kann. Aus dem kontinentalen Brandenburg ist die Art praktisch nur aus Erlenbruchwäldern bekannt geworden, hier aber in großer Zahl (SCHUBART 1957), während sie dort nahezu gar nicht synanthrop vorkommt. In Ostpreußen aber ist *P. denticulatus* „in fast allen synanthropen Einsammlungen“ festgestellt worden (SCHUBART 1931), ebenso „an sonnigen, mit Buschwerk überzogenen Abhängen an der Meeresküste“ (SCHUBART 1931); dieser Standort hat schon viel Ähnlichkeit mit den Deichen der Westküste. In Finnland kommt die Art regelmäßig in Kulturbiotopen, aber auch in Wäldern vor (PALMÉN 1949). In Westeuropa (Holland) schließlich ist *P. denticulatus* auf trockenem Untergrund keine Seltenheit. Dort stellt er wenig Ansprüche an die Umwelt (JEEKELE 1958).

Eine weitere trockenheitsresistente Form ist *Schizophyllum sabulosum*; sie erreicht aber nirgendwo hohe Individuenzahlen.

*Polydesmus inconstans* und *Brachyiulus littoralis*, Formen der Kulturfelder auf schwerem Boden im Binnenland, kommen zu keiner großen Entfaltung und treten nur am feuchten Grund der Außenböschung des Schlafdeiches auf.

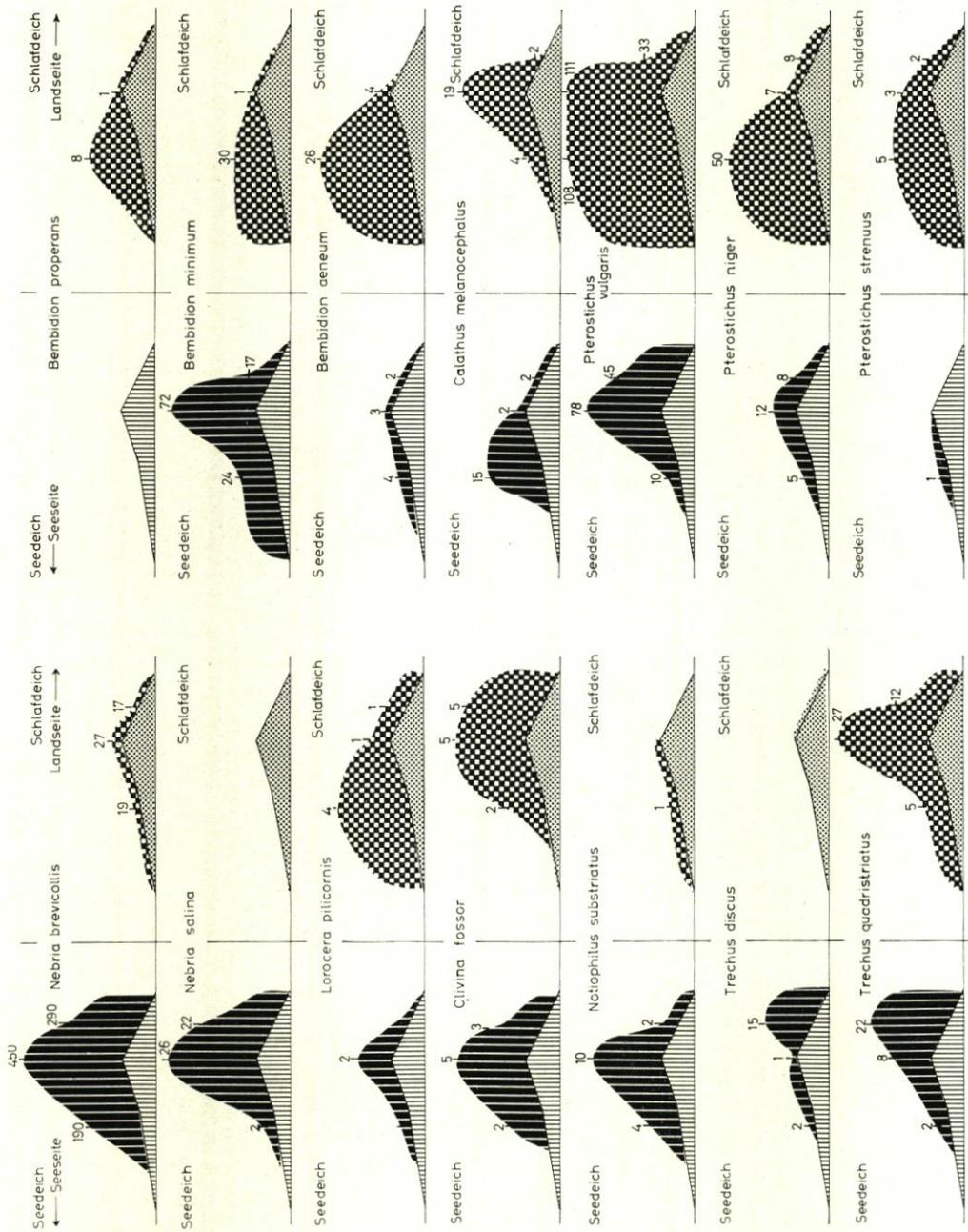


Abb. 48a. Laufkäfer — Carabidae

Abb. 48b. Laufkäfer — Carabidae

Zu Abb. 48a—1. Entwicklung (Sukzession) und Zonierung der Populationsdichte häufigerer Arten im Vergleich vom drei- bis fünf-jährigen Seedeich und dreißigjährigen Schlafdeich. Angegeben ist die Individuenzahl je zehn Fallen/vier Wochen Standzeit im Durchschnitt der 28 Monate Untersuchungszeit (aus graphischen Gründen (aus graphischen Gründen gilt für jede Art ein anderer Maßstab!))

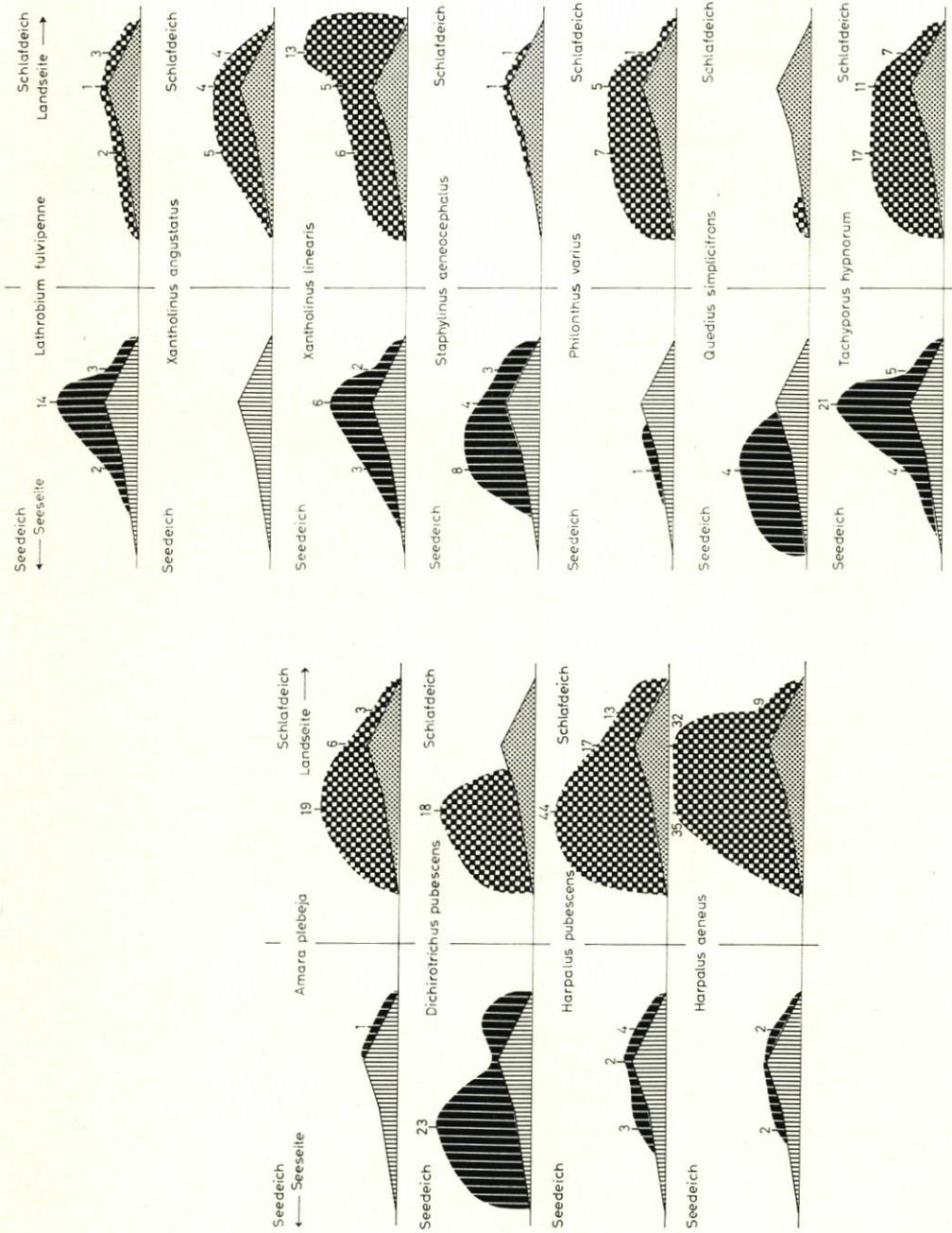


Abb. 48c. Laufkäfer — Carabidae

Abb. 48d. Kurzflügelkäfer — Staphylinidae

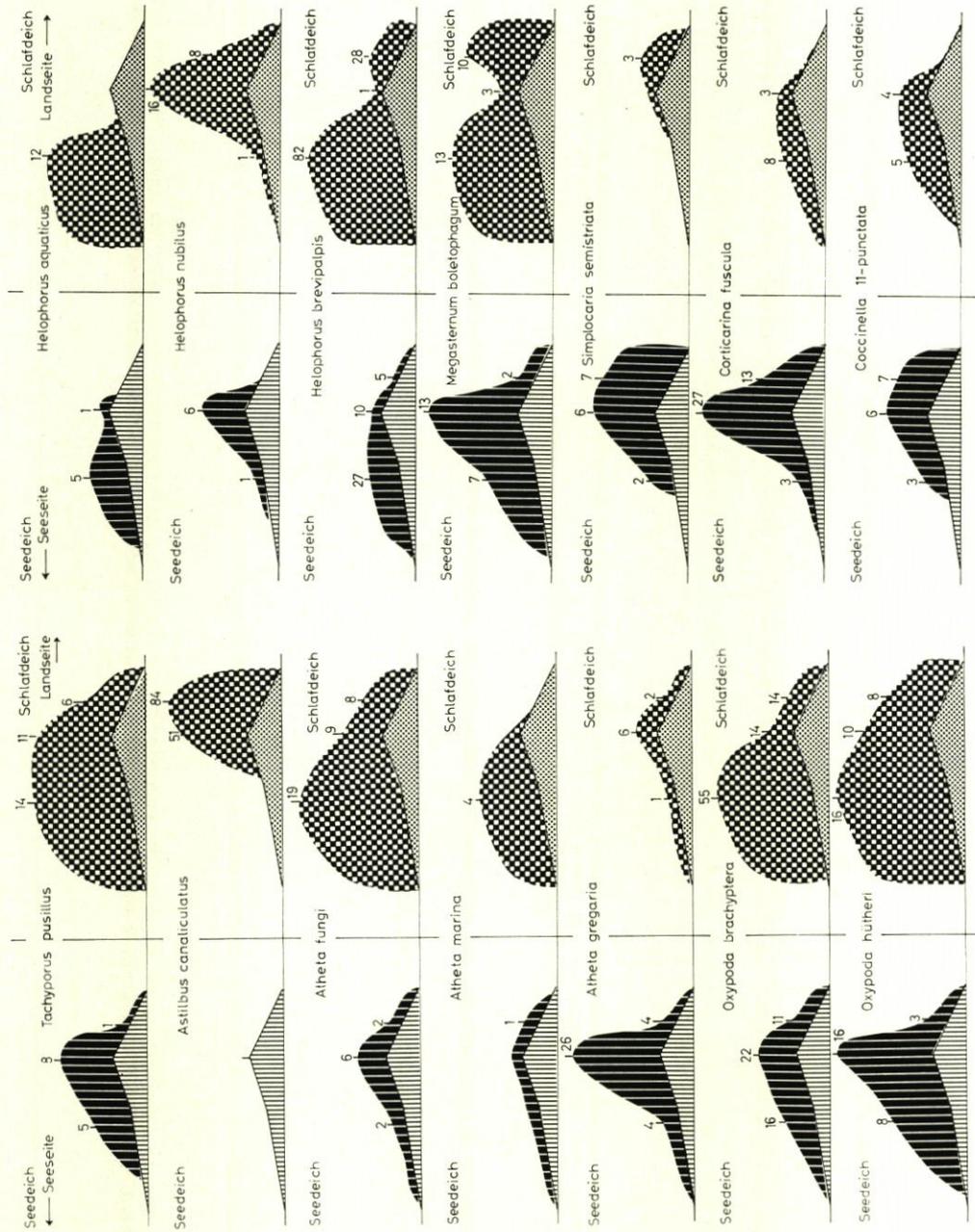


Abb. 48e. Kurzflügelkäfer — Staphylinidae

Abb. 48f. Übrige Käfergruppen

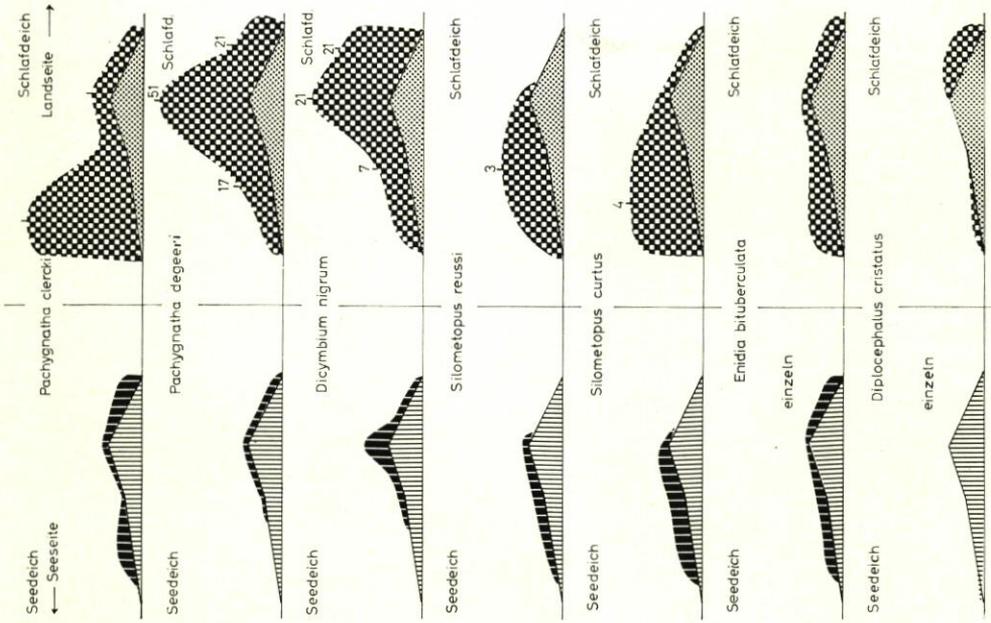


Abb. 48h. Spinnen — Araneae

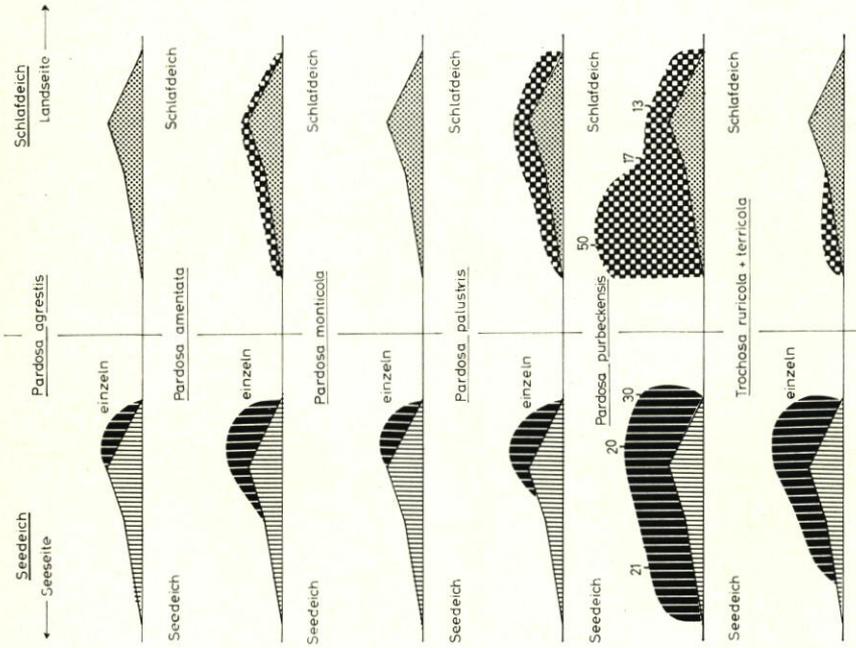


Abb. 48g. Spinnen — Araneae

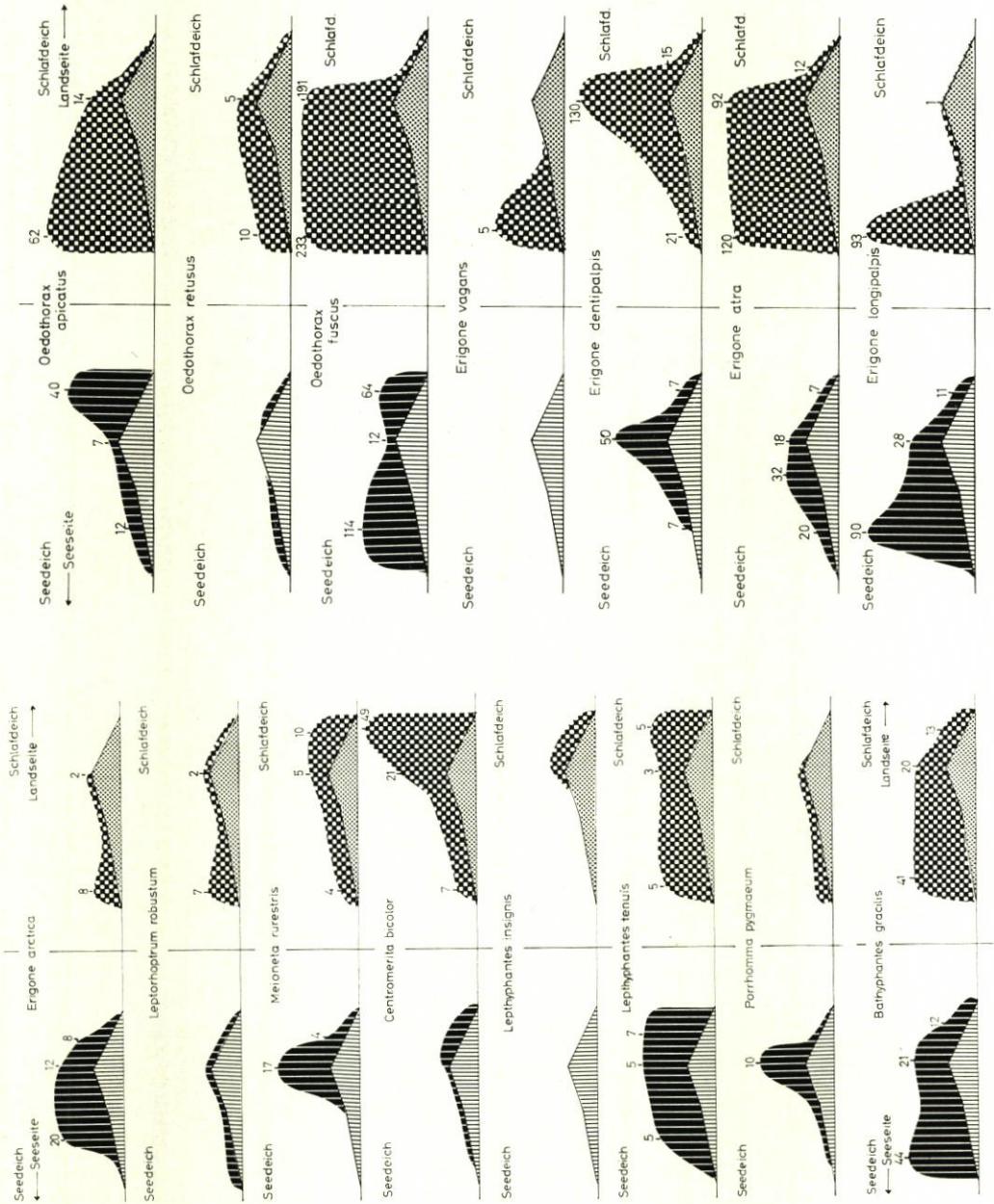


Abb. 48i. Spinnen — Araneae

Abb. 48k. Spinnen — Araneae

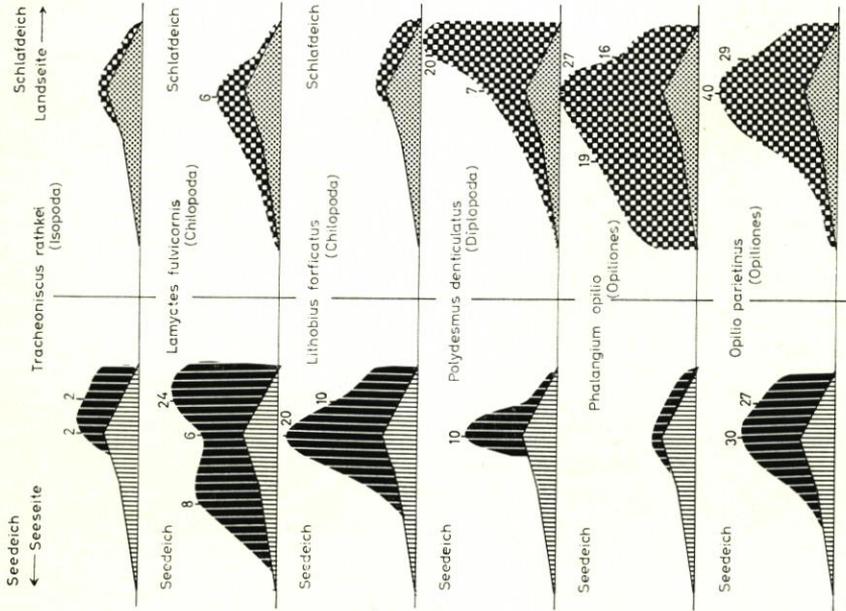


Abb. 481. Asseln — Isopoda, Hundertfüßer — Chilopoda, Tausendfüßer — Diplopoda, Weberknechte — Opiliones

### VIII. Hundertfüßer — Chilopoda

Mit *Lamycetes fulvicornis* herrscht auf Deichen bei den Chilopoda eine typische Art der Kulturlandschaft vor. Sie kann sowohl Trockenheit als auch Feuchtigkeit vertragen, liebt aber eine gut durchgängige Bodenoberfläche, wie sie auf dem Seedeich gegeben ist. Ein Salzgehalt von 5 bis 10‰ wird toleriert, denn selbst die Anwurfzone der Seedeiche wird schon im ersten Jahr nach der Fertigstellung besiedelt; auch PALMÉN (1948) erwähnt sie für die Meeresküste. Als einzige Chilopoden-Art mit vorzugsweise (oder nur?) parthenogenetischer Vermehrung (es wurde vom Verfasser bisher noch kein ♂ in Schleswig-Holstein unter mehreren hundert Exemplaren von *L. fulvicornis* gefunden) ist sie geradezu als Pionierart im Neuland prädestiniert.

#### 15. Zur Frage der Überwinterung

Die Überwinterung ist für alle auf den Deichen vorkommenden Arten ein schwieriges Problem. Sie müssen zumeist an ihrem Standort bleiben, überwintern in dichteren Streukonzentrationen, in Bodenrissen, unter Steinen, unter der Rinde von Zaunpfählen und an ähnlichen Habitaten. Ein Ausweichen in das Bodeninnere kommt bei dem harten Kleiboden mit seinem geringen Porenvolumen praktisch kaum in Frage. Echte „Überwinterungsbiotope“ im Sinne von Waldrändern und Feldgehölzen gibt es in der Marsch nicht. Die Winterverluste scheinen oft dementsprechend hoch zu sein. Noch schwieriger ist die Überwinterung für die Arten der Köge, da diese im Winter oft unter mehr oder minder langanhaltenden Überschwemmungen (durch Niederschlag) zu leiden haben. So kommt es zu stärkeren Wanderungserscheinungen im Herbst von den Kögen zu den umgebenden Deichen: die Deiche dienen als Überwinterungsgebiete für

die auf dem niedrig gelegenen Acker- und Weideland vorkommenden Arten. Dies trifft für zahlreiche Carabiden zu, aber gerade auch für Spinnen, Blattkäfer, Glanzkäfer, Rüsselkäfer. In Abbildung 49 werden solche Wanderungserscheinungen zum Zwecke der Überwinterung von dem Laufkäfer *Bembidion minimum* deutlich gemacht. Im Sommer ist er im Koog einer der

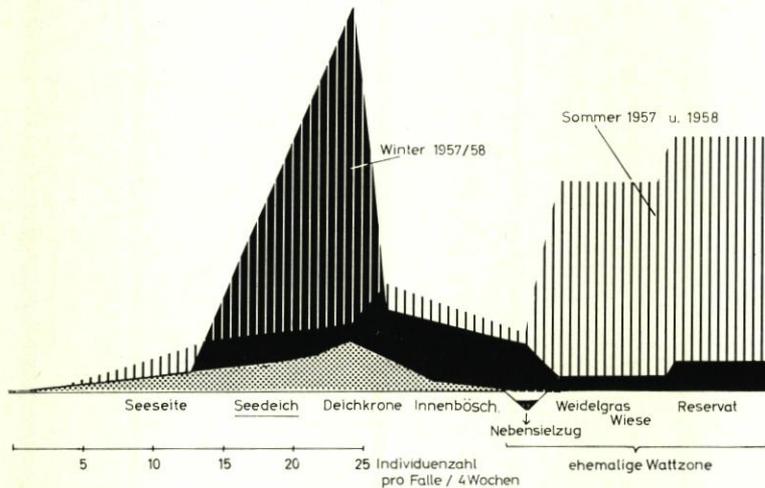


Abb. 49. Seedeiche als Überwinterungsbiotop von Laufkäfern am Beispiel von *Bembidion minimum*. Vergleich der Aktivitätsdichte dieser winteraktiven Form in den Wintermonaten (2. 10. 1957—28. 4. 1958) und den Sommermonaten (8. 8. 1957—1. 10. 1957 und 29. 4. 1958—18. 9. 1958) zwischen dem Seedeich am Lübke-Koog und einem anschließenden 500 m breiten Streifen der ehemaligen Wattzone (gemessen an der durchschnittlichen Individuenzahl je Falle / vier Wochen Standzeit)

häufigsten Carabiden, im Winter tritt er auf dem Deich aktiv auf und geht in der Individuendichte im Koog auf etwa 10% zurück. Ebenso zieht sich *Bembidion minimum* aus den unteren Bereichen der Außenberme des Seedeiches während der Wintermonate in die höheren Regionen hinauf.

## 16. Zur Frage der Schädlichkeit und Nützlichkeit der Deichfauna

Da in dieser Arbeit noch nicht über die Fliegen- und Mückenfauna der Deiche berichtet wird, ist der Anteil der real und potentiell schädlichen Arten, die hier behandelt werden, relativ gering.

Als Schädling unter den Käfern kennt man von *Phyllobius piri* Schadfraz am Wurzelhals der Deichgräser (WOHLENBERG 1949), in erster Linie an Anandelgras (*Puccinellia maritima*) und am Rotschwinkel (*Festuca rubra litoralis*), wenn sie in einer Deichhöhe angepflanzt oder angesät werden, die schon zu ausgesüßt und zu trocken ist. Der Schadfraz von *Phyllobius piri* tritt also nach WOHLENBERG (1949) nur dann auf, wenn die Salzwiesengräser wegen Umweltänderung bereits eine wesentlich eingeschränkte Vitalität besitzen. Meine Ergebnisse bestätigen dies. Daß dieser Rüsselkäfer bei kräftigem Graswuchs und normaler Lebensgemeinschaft nicht aus dem Konnex der Biozönose ausbrechen kann, beweist sein geringes, aber ständiges Vorkommen an

Deichen, allerdings nicht nur im Bereich der salzfreien Zone der Seedeiche, sondern auch im *Lolium perenne*-Areal der Schlafdeiche. Die anderen Rüsselkäfer sind, außer dem halobionten *Phytobius zumpti*, zu selten, um besonders hervorzutreten. *Phytobius zumpti* beschränkt sich auf die kreuzblütigen Halophyten am Deich.

Als häufigste Blattkäfer kommen die *Longitarsus*-Arten in Frage. Aber auch hier wurde nicht oft ein Blattfraß beobachtet, bei dem man von einem unmittelbaren Schadbefall sprechen könnte.

Schließlich bleiben noch als Phytophage die *Amara*-Arten unter den Laufkäfern, die aber als gelegentliche Gramineen-Samenfresser keine direkten Deichschädiger sind.

Die größte Masse aller vorhandenen Arten aus den besprochenen Gruppen sind rein oder vorwiegend räuberische Arten (Laufkäfer, viele Kurzflügler, Weichkäfer, Spinnen, Weberknechte, Hundertfüßer) und auf diese Weise als Larvenvertilger bei ihrer enormen Vorkommensdichte von hoher Bedeutung als regulierendes Element in der Lebensgemeinschaft. Daß es sich bei den Artenkombinationen um typische Lebensgemeinschaften handelt, die kein Produkt des Zufalls darstellen, beweisen die beiden Vergleichsuntersuchungen des Seedeiches vom Lübke-Koog 1957 bis 1959 und des Seedeiches vom Hauke-Haien-Koog 1960/1961: bis auf zwei in je einem Individuum auftauchende Arten war trotz eines Materials von 7000 Individuen bei 141 Arten vom Seedeich Hauke-Haien-Koog keine einzige neue Art darunter, die nicht auch am Lübke-Koog-Seedeich gefunden worden war — trotz einer Entfernung der beiden Untersuchungsorte von etwa 30 km.

Dann spielen Detritusfresser in weitem Sinne eine gewisse Rolle: viele Kurzflügler und die übrigen Kleinkäfer aus den Familien der Cryptophagidae, Lathridiidae u. a. Kotfresser sind zahlreich, z. B. die *Aphodius*-Arten und viele Hydrophilidae (*Cercyon*). Sie sorgen für einen schnellen Abbau der anfallenden Kotsubstanz und arbeiten mit an der schnelleren Mineralisation der in Zersetzung befindlichen Pflanzensubstanzen. Der Aufbau einer Humusdecke hat zweifellos für die Ausgeglichenheit der biologischen Existenz eines Deiches, die Vitalität seines Graswuchses usw. eine große Bedeutung. Die zersetzte Kotsubstanz ist hierfür in den ersten Jahren eines neu gebauten Deiches eine wichtige Voraussetzung. Erst nach fünf bis zehn Jahren nehmen in den höheren Partien der Seedeiche auch Tausendfüßer und Regenwürmer — letztere ausgesprochen kochsalzempfindlich — an der Vorbereitung der Humifizierungsprozesse teil. Sie bedürfen für ihre erfolgreiche Tätigkeit bereits einer gewissen Schicht von Bestandesabfall. Aber schon in den ersten Jahren nach dem Neubau der Deiche treten Springschwänze (Collembolen) in größerer Fülle auf und nehmen an den Humifizierungsprozessen teil. Hornmilben (Oribatei), die sonst im Boden und an der Bodenoberfläche eine große Rolle spielen, treten dagegen — mit wenigen lokalen Ausnahmen — ganz zurück.

Aus allem ergibt sich, daß eine wichtige Bedingung für die Herausbildung einer dichten, vitalen Grasnarbe, die auch längere Trockenzeiten übersteht, ein Boden und eine Bodenoberfläche großer biologischer Aktivität ist. Erst diese bewirkt und erhält das abiotisch und biotisch gut „gepufferte System“ einer Humusdecke. Ein gut funktionierender biozönotischer Zusammenhang, in dem zahlreiche räuberische Organismen das Ausbrechen potentieller Schädlinge verhindern, hat große Bedeutung für den Deich als lebendige Wehrmauer gegen die Wassermassen. Man muß sich davor hüten, Deiche nur als kulturtechnische Produkte aufzufassen, denen allein mechanisch-strukturelle Qualitäten dauernde Stabilität verleihen. Ihre Stabilität beruht auch auf ihrem biologischen Gleichgewicht in Pflanzen- und Tierwelt. Dort wo dieses infolge moderner Bauweise (Bau der Deiche weit ins Wattenmeer) in bestimmten Höhenzonen überfordert ist, bleibt nur der Mehraufwand für einen festen, biologisch sterilen Deichfuß.

### 17. Läßt sich durch bestimmte Bauweisen und Pflegemaßnahmen die biologische Vitalität der Deiche vergrößern?

Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen können dafür folgende Vorschläge gemacht werden:

1. Die Süßgraszone der Seedeiche (oberhalb MThw + 1,5 m) sollte aus möglichst vielen Arten bestehen. Ein gewisser Prozentsatz an zweikeimblättrigen Weidebegleitpflanzen auf der Innenböschung würde die Humifizierung fördern, so der Erosionsgefahr der Innenböschung besser begegnen und vor allem eine vielseitigere Biozönose nach sich ziehen.
2. Eine geringere Neigung der Innenböschung würde die Besiedlung durch verschiedene nützliche Organismen wahrscheinlich wesentlich begünstigen. Die ständige Abtragung durch Niederschläge bei einem Gefälle von 1:2 ist zu stark, um der Innenböschung die gleiche biologische Vitalität zu geben wie den geringer geneigten Außenflächen.
3. Die Beweidung erweist sich für die gesamte Lebensgemeinschaft nur bis zu einem gewissen Grade als förderlich. Durch Festlegung einer bestimmten Beweidungsnorm bzw. Höchstgrenze der Tierbesetzung würde die Gefahr einer Überbeweidung, die in Trockenzeiten fast zum Erliegen der biologischen Aktivität der Bodenoberfläche führt, vermieden. Weiden sind ohnehin — biologisch gesehen — auch auf bestem Untergrund nur Fragmentvarianten der entsprechenden Mähwiesen. Ein Übermaß an Beweidung fördert unter den extremen Bedingungen der Deichhanglage die biologische Destruktion, zumindest die starke Verzögerung biologischer Aufbauprozesse. Das wurde besonders im trockenen Sommer 1959 deutlich.
4. Für die gesamten Köge und auch für die Deiche ist das Problem der Überwinterung der zahlreichen nützlichen Organismen groß. Die Anlage von 2 bis 4 m breiten Windschutzpflanzungen binnendeichs im Abstand von 10 bis 20 m vom Deichfuß würde durch den gegebenen Bestandsabfall, durch eine verfilzte, nicht beweidete Pflanzendecke darunter eine ganz wesentliche Förderung der zahlreichen Arten bedeuten, die geschützt, baumbedeckter und nicht offener Winterquartiere bedürfen (z. B. Laufkäfer, Kurzflügelkäfer, parasitische Schlupfwespen). Gleichzeitig ergäbe die Baumpflanzung auch einen vorzüglichen weiteren Windschutz für die angrenzenden Felder.

### 18. Zusammenfassung

Die Abhängigkeit der Entwicklung und Zonierung wesentlicher Gruppen (Käfer, Spinnen, Weberknechte, Asseln, Tausendfüßer, Hundertfüßer) der Arthropodenfauna verschiedener Deiche an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste wurde untersucht (Fauna der Bodenoberfläche). Den Auswertungen lag ein Material von 19859 Individuen (ohne Köge) und von 267 Arten zugrunde, wovon der Hauptteil auf Käfer und Spinnen entfällt. Es besteht eine starke Abhängigkeit der Besiedlungsdichte und oft auch der Artenzahl von Alter und Lage der Deiche (Unterschied Seedeich-Schlafdeich). Die Artenzahl ist oft schon auf ein- bis zweijährigen Seedeichen im Verhältnis zu den alten Deichen beträchtlich hoch. Für die meisten Arten besteht eine charakteristische Zonierung der Populationsdichte, die mit den unterschiedlichen ökologischen Verhältnissen der verschiedenen Hangzonen zusammenhängt. Im allgemeinen sind die alten Kleideiche, namentlich wenn sie keine Meeresberührung mehr haben, den modernen Sandkerndeichen bezüglich der biologischen Vielfalt der Lebensgemeinschaft und der Biomasse überlegen. In günstigen (feuchten) Jahren kommen auch die Seedeiche zu starker Besiedlungsdichte, die aber infolge der extremeren Standortbedingungen schneller wieder zusammenbrechen kann.

Die zonenartige Besiedlung der Deiche kann je nach Männchen-Weibchen-Verhältnis der Arten, nach Jahreszeit und Witterung wesentliche Veränderungen erfahren.

Der größte Teil der Arten und Individuen der behandelten Tiergruppen gehört nicht zu den Schädlingen, sondern ist räuberisch oder an der Bodenaufbereitung tätig und damit nützlich. Vorschläge zur Stärkung der biologischen Stabilität der Deiche werden gemacht.

### 19. Schriftenverzeichnis

- HEINÄJOKI, M.: Die Opilioniden-Fauna Finnlands. Acta zool. Fenn. **42**, 1—26, 1944.
- HEYDEMANN, B.: Agrarökologische Problematik, dargetan an Untersuchungen über die Tierwelt der Bodenoberfläche der Kulturfelder. Diss. Kiel 1953.
- HEYDEMANN, B.: Die biozönotische Entwicklung vom Vorland zum Koog. I. Teil. Spinnen (Araneae). Abh. Akademie Mainz math. naturw. Klasse Nr. 11, 169 S., 1960 a.
- HEYDEMANN, B.: Verlauf und Abhängigkeit von Spinnensukzessionen im Neuland der Nordseeküste. Verh. deutsch. Zool. Ges. Bonn, **54**, 431—457, 1960 b.
- HEYDEMANN, B.: Vergleichend-ökologische Populationsanalysen an Micryphantiden (Araneae) von Nordseedeichen. Verh. XI. Internat. Kongr. Entom. Wien 1960 I, 762—767, 1961.
- HEYDEMANN, B.: Der Einfluß des Deichbaues an der Nordsee auf Larven und Imagines von Carabiden und Staphyliniden. Ber. 9. Wandervers. deutsch. Entomologen Berlin 1961, 237—274, 1962 a.
- HEYDEMANN, B.: Die biozönotische Entwicklung vom Vorland zum Koog. II. Teil. Käfer (Coleoptera). Abh. Akademie Mainz math. naturw. Klasse **11**, 171—370. Franz Steiner Verlag, Wiesbaden. 1962 b.
- HEYDEMANN, B.: Untersuchungen über die Aktivitäts- und Besiedlungsdichte bei epigäischen Spinnen. Verh. deutsch. Zool. Ges. Saarbrücken, **55**, 1962 c.
- JEEKEL, C. A. W.: De Millioenpoten (Diplopoda) van Nederland. Wetensch. Med. Kon. Nederland. Naturhist. Ver. **9**, 1—23, 1958.
- LARSSON, S. G.: Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten der dänischen Carabiden. Ent. Medd. **20**, 273—560, 1939.
- PALMÉN, E.: Die Landisopoden Finnlands. Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn. „Vanamo“ **11** (6), 1—36, 1946.
- PALMÉN, E.: The Chilopoda of Eastern Fennoscandia. Ibid. **13** (4), 1—45, 1948.
- PALMÉN, E.: The Diplopoda of Eastern Fennoscandia. Ibid. **13** (6), 1—54, 1949.
- ROEWER, C. F.: Weberknechte oder Afterspinnen, in BROHMER, EHRMANN, ULMER: Tierwelt Mitteleuropas III. S. 1—10, 1929.
- SCHUBART, O.: Ein Beitrag zur Diplopodenfauna Ostpreußens. Schrift. phys. ökon. Ges. Königsberg i. Pr. **67**, 3—19, 1931.
- SCHUBART, O.: Die Diplopoden der Mark Brandenburg. Mitt. Zool. Mus. Berlin **33**, 3—94, 1957.
- THIELE, H. U.: Die Tiergesellschaften der Bodenstreu in den verschiedenen Waldtypen des Niederbergischen Landes. Zeitschr. angew. Entomol. **39**, 316—167, 1956.
- TISCHLER, W.: Synökologische Untersuchungen an der Fauna der Felder und Feldgehölze. Z. Morph. Ökol. Tiere **47**, 54—114, 1958.
- TODD, V.: The habits and ecology of the British harvestman, with special reference to those of the Oxford district. J. Anim. Ecol. **18**, 209—228, 1949.
- TRETZEL, E.: Zur Ökologie der Spinnen (Araneae). Autökologie der Arten im Raum von Erlangen. Sitzgber. phys. med. Soc. Erlangen, **75**, 36—131, 1952.
- WOHLENBERG, E.: Die Gefährdung einer Halligwarft durch Käferlarven. Verh. Deutsch. Zool. Ges. Kiel 1948. 432—440, 1949.
- WOHLENBERG, E. u. SNUIS, H.: Anwachs, Landgewinnung und Deichbau in Nordfriesland. Schr. Nissenhaus Husum. **3**, 40 S., 1955.

### 20. Erklärung zoologischer Fachausdrücke

- abiotisch = zur leblosen Umwelt gehörig
- Aktivitätsdichte = Zahl der Arten (Aktivitätsartendichte) oder Zahl der Individuen (Aktivitätsindividuendichte), die je Zeiteinheit eine bestimmte Fläche oder Linie überschreiten

Arthropoda	= Gliederfüßer (hierher gehören: Spinnentiere, Krebse, Tausendfüßer, Hundertfüßer, Insekten)
Biozönose	= Lebensgemeinschaft
Dispersion	= Verbreitung der Arten oder Individuen in einem oder in verschiedenen Arealen
edaphisch	= den Erdboden betreffend
epigäisch	= auf der Bodenoberfläche lebend
euryök	= in großer ökologischer Vorkommensbreite
halobiont	= an Salz gebunden
halophil	= salzliebend
haloxen	= salzfeindlich
hygrobiont	= auf höhere Feuchtigkeit angewiesen (sowohl bezüglich Luftfeuchtigkeit als auch Bodenfeuchtigkeit verwendet)
hygrophil	= feuchtigkeitsliebend (siehe auch hygrobiont)
Imago (Plural: Imagines)	= erwachsenes, fertig entwickeltes Insekt
Inklination	= Neigungsgrad der Bodenoberfläche
interspezifische Konkurrenz	= Wettbewerb zwischen artverschiedenen Organismen
Jahresperiodizität	= Erscheinung jahreszeitlich gebundener Rhythmik in der Aktivitätszeit der Organismen
Ökoklima	= Klima in einem bestimmten Lebensraum
Ökologie	= im weiten Sinne: die Lehre vom Haushalt der Natur
ökologisch	= im engeren Sinne: die Beziehung der Organismen zur Umwelt betreffend (und umgekehrt)
Parthenogenese	= geschlechtliche Fortpflanzungsart ohne Befruchtung
Populationsdichte	= Besiedlungsdichte
Präferendum	= Vorzugsbereich der Organismen innerhalb einer Reihe ökologisch verschiedener Zonen
Präferenz	= Bevorzugung
Sexualindex	= (Sex-Rate) zahlenmäßiges Verhältnis der Geschlechter
stenök	= mit geringer ökologischer Vorkommensbreite
Sukzession	= zeitliche Folge verschiedener Lebensgemeinschaften
synanthrop	= in der Nähe menschlicher Siedlungen lebend
Vikarianz	= Erscheinung der gegenseitigen geographischen oder ökologischen „Stellvertretung“ (Ablösung) verschiedener Arten
xerophil	= trockenheitsliebend