

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Gripp, Karl

Zur jüngsten Erdgeschichte von Hörnum/Sylt und Amrum mit einer Übersicht über die Entstehung der Dünen in Nordfriesland

Die Küste

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI)

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100957>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Gripp, Karl (1968): Zur jüngsten Erdgeschichte von Hörnum/Sylt und Amrum mit einer Übersicht über die Entstehung der Dünen in Nordfriesland. In: Die Küste 16. Heide, Holstein: Boyens. S. 76-117.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Zur jüngsten Erdgeschichte von Hörnum/Sylt und Amrum mit einer Übersicht über die Entstehung der Dünen in Nordfriesland

Von Karl Gripp

Herrn Prof. Dr. F. OVERBECK zum 71. Geburtstag gewidmet

Abstract

Sylt and Amrum, islands of Northern Friesland, are formed to a large extent by downs. In order to explain these downs in a humid climate, their genesis is systematised.

The chronology of the down-series offers the possibility of elucidating the loss of land on the seaward side of the islands. To avoid further receding of the coast-line, the author proposes the construction of jetties exceeding the highest water-level. These piers should reach the bottom of the sea at 12 meters. It is supposed that stabile sands will be formed in the spaces between these artificial promontories.

Inhalt

Einleitung	77
A. Wirksame Faktoren	79
I. Eiszeitliche Ablagerungen	79
II. Das Meer	79
III. Flugsand	81
a. Zwei-Faktoren-Dünen	83
1. Strandsand-Zwei-Faktoren-Dünen	83
2. Dünensand-Zwei-Faktoren-Dünen (Riesenrippel-Dünen)	83
b. Vier-Faktoren-Dünen	83
1. Triticum-Dünen	85
2. Ammophila-Dünen	87
c. Drei-Faktoren-Dünen	90
Phytogene Dünensand-Dünen	90
d. Restformen	92
1. Strich-Dünen	94
2. Kupsten	94
e. Dünen-Gruppen	96
Tabelle	97
B. Erdgeschichtliches	98
I. Zur Entstehungs-Geschichte der Hörnum-Halbinsel	98
a. Der Untergrund	98
b. Die Dünen des südlichen Teiles der Hörnum-Halbinsel	99
c. Erdgeschichtliche Zusammenfassung	102
II. Zur Entstehungs-Geschichte Amrums	103
a. Die Geest	103
b. Die Odde	104
c. Das Alter des Norddorfer Dünenbogens	107
d. Der südliche Dünenbereich	109
1. Der Geestrand Steenodde-Leuchtturm	109
2. Die Dünen südlich der Landstraße Wittdün-Leuchtturm	109
3. Die Marsch im südlichen Amrum	110
4. Die jungen parallelen Kliff-Dünenzüge	110
5. Über das Alter der Kliff-Dünen Süd-Amrums	111
e. Der Kniepsand	112
C. Künftiges erdgeschichtliches Geschehen und Küstenschutz	113
a. Hörnum	113
b. Amrum	114
D. Zusammenfassung	115
E. Schriftenverzeichnis	116

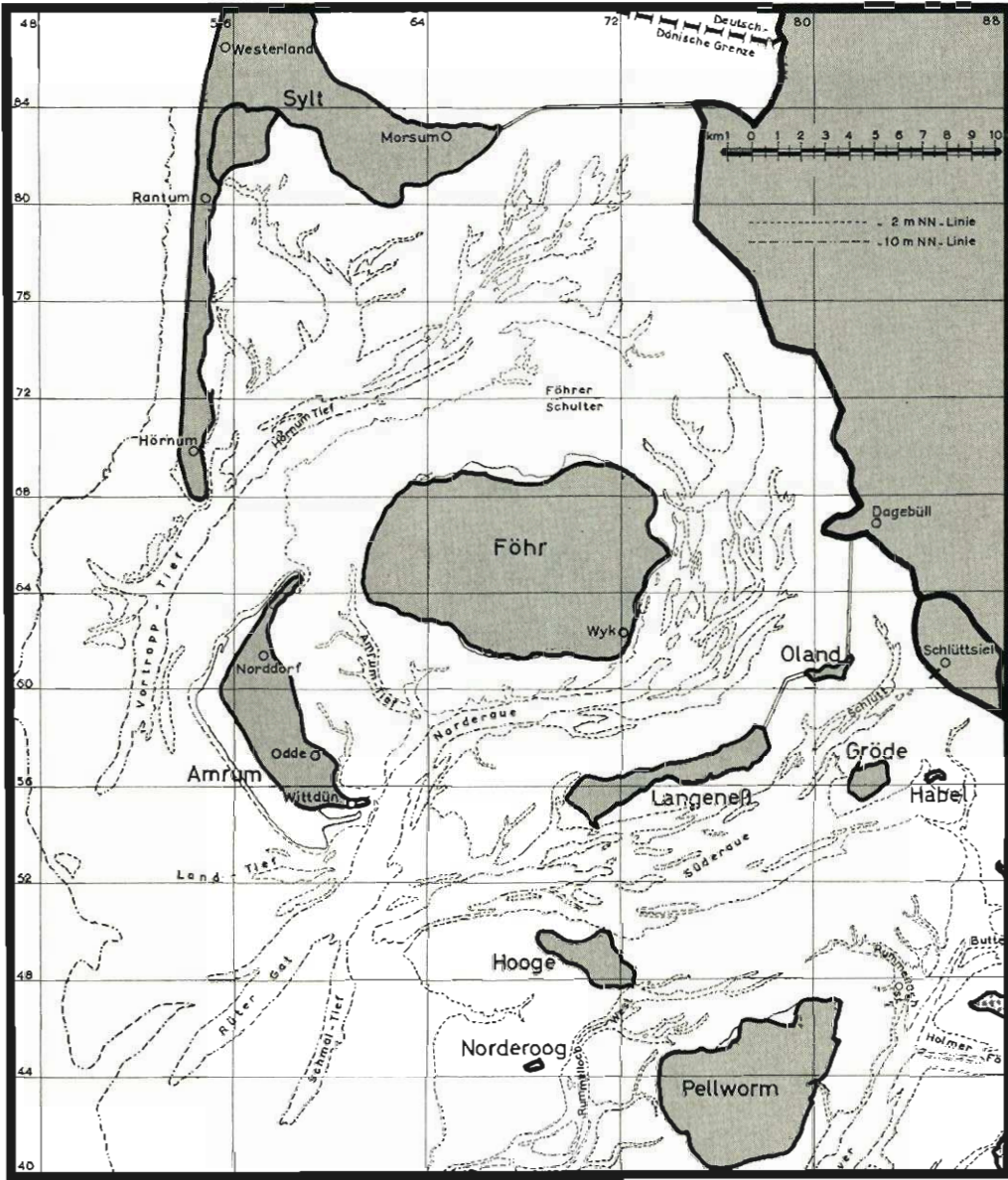


Abb. 1. Flut- und Ebbe-Stromrinnen um Hörnum und Amrum

Einleitung

Die Halbinsel Hörnum liegt zwischen der offenen See und dem Vortrapp-Tief. Amrum liegt auf der Ostseite dieses Tiefs und wird im Süden von der Norderau begrenzt, mit der sich die Süderau vereinigt (Abb. 1). Die Westküste bei Hörnum liegt stark im Abbruch. Das Meer ist bestrebt, seine Küste ostwärts zu verlagern. Der Bestand der Halbinsel erscheint für die

fernere Zukunft gefährdet, da eine Verbreiterung nach Osten bei dem heutigen Verlauf des Vortrapp-Tiefs unmöglich ist.

Amrum wird im Norden durch das gleiche Tief stark bedrängt. Der mittlere Teil der Insel wächst zur Zeit gegen Westen. Im Süden wäre die Insel stärkeren Verlusten ausgesetzt, wenn der Fuß der hohen Dünen bei Witt-dün nicht durch eine massive Strandmauer geschützt wäre.

Die erwähnten, zum Teil erheblichen Landverluste einerseits und die auffallende Lage der beiden Landgebiete zwischen tiefen Gats drängen die Fragen auf: Welches sind die Ursachen dieses Geschehens? Wie ist die Entwicklungs-Tendenz?

Antwort kann auf zweierlei Weise gewonnen werden. Einmal durch Beobachten des heutigen Geschehens, die dabei gewonnenen Angaben sind überwiegend exakt, aber örtlich und zeitlich beschränkt (Forschungsstelle Westküste 1936—39, Vortrappenstelle Sylt 1952—56). Der andere Weg ist der, auf Grund geologischer Befunde die Entwicklung während der letzten Jahrtausende aufzuzeigen. Dies ist durch Untersuchungen von E. DITTMER, O. ERNST, K. GRIPP, W. PRANGE, W. G. SIMON, TH. WEGENER und R. WIERMANN erfolgreich versucht worden. Überwiegend handelte es sich hierbei um die Auswertung von Bohrungen.

In erdgeschichtlicher Hinsicht sind nicht ausgewertet bislang die Dünen. Sie waren bisher überwiegend von Botanikern und Geographen untersucht worden. Seit 1959 — zum Teil mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft — in Schleswig-Holstein und Dänemark durchgeführte Untersuchungen über das Entstehen und das Schicksal der Dünen an der Nordseeküste ermuntern zu dem Versuch, die Erdgeschichte von Hörnum und Amrum und das Verhalten der benachbarten Meeresteile aufzuzeigen.

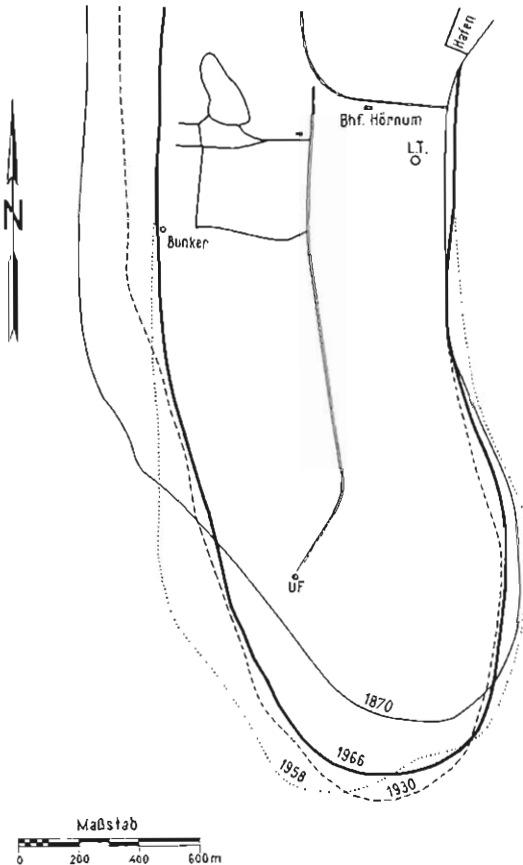


Abb. 2. Südtteil der Hörnum-Halbinsel; Veränderungen der Küstenlinie nach der topographischen Aufnahme von 1870 und drei späteren Luftbildvermessungen, zusammengestellt vom Ministerium für Ernährung, L. und F. (Obervermessungsrat DOLEZAL). Straßennetz der Kersig-Siedlung, UF = Unterfeuer. Die Reste des um 1943 in hoher Düne errichteten Bunkers liegen heute unterhalb MThw und der Dünenfuß 60 m östlich von ihnen

Diese Untersuchung hat als morphographische Unterlage die Grundkarte 1:5000, aufgenommen 1927. Sie wurde lesbar gemacht durch Farbgebung gewisser Höhenbänder: 5—6, 10—11, 15—16, 20—21 m. Die auf Hörnum seither eingetretenen Veränderungen: Landverlust an der Westküste, Aufreißen neuer Antidünen¹⁾ sowie Landzuwachs im Süden der

¹⁾ Antidüne ist die Bezeichnung für Windrisse, da in ihnen eine dünenzerstörende Windgeschwindigkeit herrscht. An sie schließt jeweils eine neue Hochdüne an.

Hörnum-Odde sind weitgehend aus den Abbildungen 2 und 29 zu erkennen. Für Amrum-Odde sind die Veränderungen durch FR. KNOP, 1963, aufgezeigt. Der Zuwachs an Strandkliff-Dünen auf Amrum sowie Umlagerungen in den Dünenbögen sind meines Wissens seit 1927 nicht kartographisch erfaßt worden.

A. Wirksame Faktoren

Die jüngste Erdgeschichte von Hörnum und Amrum wird zur Hauptsache bedingt durch das Vordringen des Meeres, also Landverlust, und durch Flugsand, der teils Neubildungen der See über den Meeresspiegel hinaus erhöhte, teils altes Land überwanderte. Diese verschiedenen Faktoren seien kurz betrachtet.

I. Eiszeitliche Ablagerungen

An der Westküste der Hörnum-Halbinsel trifft die Sturmflutbrandung nur Dünen sand an. Der Landverlust ist entsprechend groß, rund 100 m in den letzten 20 Jahren. Die diluviale Landoberfläche liegt hier so tief unter dem Meeresspiegel, daß nur die Riffbrandung und Uferströme die alte Landoberfläche erfassen. So war im Dezember 1965 der Weststrand bei Puan Klent bedeckt mit Hunderten von Kleigeröllen. Da die in Riff-Rinnen oder weiter auswärts freigelegten Kleischichten offenbar mit Sandlagen abwechseln, wurden sie unterspült und brachen ab. Somit bieten auch sie nur einen geringen Widerstand. Der südliche Teil der Hörnum-Halbinsel besteht bis 8 m und mehr Tiefe aus jungem Meeressand, der zwischeneiszeitlichen Absätzen aufgelagert ist (K. GRIPP, 1964, S. 370). Also bietet auch der Untergrund von Süd-Sylt keinen Widerstand gegen Zerstörung durch ein gebundenes oder gar festes Gestein. Nur die Menge des anfallenden Sandes bremst die Abtragung ein wenig.

II. Das Meer

Das Meer ist im Untersuchungsgebiet sowohl zerstörend wie in geringem Umfang und vorübergehend aufbauend tätig. Bei niedrigen und mittleren Wasserständen wirkt die Tideströmung als Sandverfrachter. Bei Sturmfluten tragen neben starken Tideströmen durch Windstau des Wassers bedingte ufernahe Strömungen ab und verfrachten; die Brandung kommt als abtragender und den Sand beweglich machender Faktor hinzu.

Ein grundlegender Vorgang im Meeresgeschehen wird hier ferner durch die Wechselwirkung zwischen der Inselreihe und dem Watt als dahinter gelegenen Tidehochwasserspeicher und dem Tief als die den Wasserstandausgleich ermöglichende Strömungsrinne bedingt. Im Untersuchungsgebiet haben wir zwischen Hörnum und Amrum das auffallend stark nach Süden abgelenkte Hörnum- und Vortrapp-Tief und südlich von Amrum das Tief der Norderaue. Beiden Tiefs ist im Westen eine Barre vorgelagert (s. Karte Abbildung 1). Eine Barre verändert ihre Gestalt dauernd im kleinen, denn sie ist das ständig wechselnde Ergebnis des Vierkampfes zwischen den von Tideströmen küstenparallel verfrachteten und den quer dazu vom Flut- und Ebbstrom des Gats mitgeschleppten Sanden. Auf der Barre erzeugen die in das Gat ein- und auslaufenden Wasser jeweils eigene Strömungsrinnen. Sie verlaufen beim Vortrapp-Tief nach Westen und Süden; bei der Norderaue sind es die tiefen Rinnen Landtief, Rütergat und Schmal-

tief, die in Richtung zwischen Ost—West bis NNO—SSW verlaufen. Der auslaufende Strom hat die größere Energie, daher sind die Barren seawärts vorgeschoben²⁾.

Ferner aber verändern die Gats ihre Lage in erdgeschichtlich in Erscheinung tretender Weise, wie C. HUNDT (1957, Abb. 24 und S. 36) für das Lister Tief aufzeigte und wie das durch Bohrungen nachgewiesene ehemalige Blidse-Tief belegt. Nur die tiefen Rinnen der Gats sind fossil erhaltungsfähig. Reste älterer Barren aber bleiben nicht erhalten, da sie mit der landwärts gerichteten Verlagerung der Küste verschwinden bzw. ostwärts wandern. Auch die bisweilen durch Dünen erhöhten Strandwälle, Sandhaken und Sandbänke sind aus gleichem Grunde vergangen. Nur deren jüngste Stadien können erdgeschichtliche Aussagen liefern. Wir werden später erörtern, daß das Auftreten großer Sandflächen in Küstennähe und die Ver-

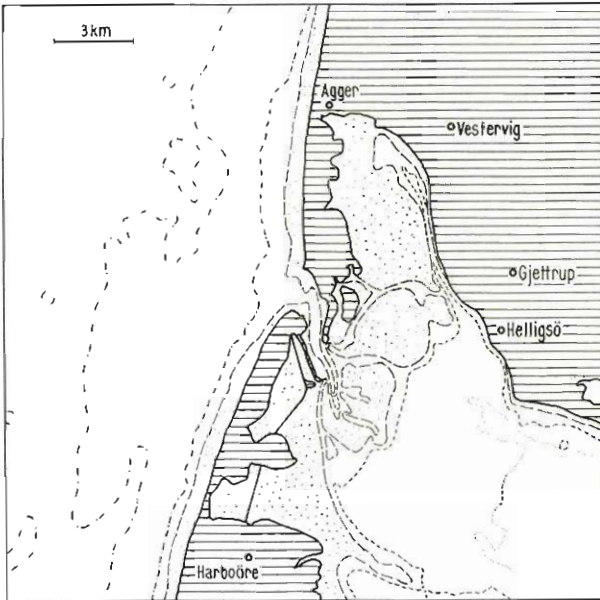


Abb. 3 u. 4. Wo der Limfjord in die Nordsee mündet, fehlen außen Gat und Barre. Diese liegen innen im Limfjord, weil der Ebbstrom aus dem verzweigten Limfjord zur Nordsee hin infolge der Westwind-Drift schwächer ist als der Flutstrom. Ebbstrom und Westwind-Drift haben aber vor der Kattegat-Mündung des Limfjordes Gat und Barre in See hinaus aufgeschüttet

sandung des Kniephafens vor Amrum für die Bildung von Dünen von Bedeutung waren.

Die stärksten Veränderungen treten bei Sturmfluten ein. Dann sind die Tide- und Stauströme erheblich wirkungsvoller als bei mittleren Wasserständen. Dann wirkt die Brandung höher hinauf als bei ruhigem Wetter. Da dort oben die Hangschuttlage gering mächtig ist, werden anstehende Schichten schon früh angegriffen. Der dabei aufgewirbelte Sand wird von den brandenden Wellen ständig erneut in den Schwebzustand verbracht und mit den Windstau-Uferströmen küstenparallel in tieferes Wasser und von dort durch die Strömung in den Gats früher oder später der Sandbewegung auf der Barre zugeführt. Wie stark die Verfrachtung durch jene Stauströme ist, zeigen

- a) die weitgehende Aussonderung des Quarzsandes, so daß ein 3—4 m breiter schwarzer, von Ilmenitkörnern bedeckter Strand übrigbleibt
- b) das Auftreten von unbedeckten Abrasionsflächen aus anstehendem, kreuzgeschichtetem Kaolinsand (GRIPP 1967, Abb. 9)
- c) der Abtrag auf dem Kniepsand durch die Februarflut 1962 und 1967. Hier ragten die sonst von umgelagertem Flugsand eingedeckten Stümpfe der Pfähle der ehemaligen Badebahn auf langer Strecke aus der Sandoberfläche heraus (Abb. 5). Zum anderen waren von A-Hörn an gegen Süden in Lee der dem Kliff vorgelagerten Kleinstdünen Strudellöcher von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ m Tiefe ausgekolkt worden (Abb. 6).

²⁾ Dies bezuget eine Ausnahme von dieser Gesetzmäßigkeit, nämlich Tyborön, die Verbindung zwischen Limfjord und Nordsee. Hier ist die Barre in das Gat hinein aufgebaut. Am Ostende des Limfjordes aber, bei Hals, ist die Barre des Langerak in das Kattegat hinein vorgeschüttet. Offenbar bedingen die Weite des Limfjordes vereint mit der Westwinddrift das Überwiegen des Flutstromes bei Tyborön (Abb. 3 und 4).

Das Einschneiden frischer Kliffs ist also Folge der Brandung, die Verfrachtung des freigewordenen Sandes aber wird gleichzeitig von den Stauströmen besorgt. Bei ruhigen Wetterlagen und bei den niedrigen Wasserständen während der Ostwindperioden, die im Winter häufig Eisperioden sind, ist die Dynamik des Meeres im Untersuchungsgebiet gering. Nicht in allem gleichlaufend verhält sich der vom Winde getriebene Sand.

III. Flugsand

Seit langem ist bekannt, daß die Dünen im humiden Klimabereich unterschiedlicher Entstehung sind. Je nach Lage, Form und Bewuchs wurden von den Forschern verschiedene Bezeichnungen verwandt. Mit Recht klagt F. DEWERS (1941) darüber, daß fast jeder Dünenforscher eigene Bezeichnungen eingeführt hat. Auch der lateinischen Nomenklatur VAN DIERENS sei ein Erfolg versagt geblieben.

Voraussetzung für eine Anerkennung vorgeschlagener Bezeichnungen ist, daß sie die Dünen-Art kennzeichnen. Dies ist aber nur nach Kenntnis der Entstehung möglich. Daher sei zunächst betrachtet, wie die verschiedenen Arten von Dünen entstehen und danach eine Benennung und Einteilung der Dünen aus der Sicht der Geologen vorgeschlagen. Hierbei werden die vom Verfasser 1964 (= 1967b) und 1964 angewandten Bezeichnungen verbessert. Bei dieser Erörterung sollen nur die größere Sandmassen vereinigen, also landschaftsgestaltenden anemophytogenen Vorgänge untersucht werden. Daher bleiben die durch Pflanzen wie *Salsola*, *Cakile* usw. erzeugten kleinen Sandanreicherungen und ebenso diejenigen am Wattstrand außer Betracht.

Als Prinzip einer natürlichen Einteilung der Dünen bietet sich zunächst die Zahl der bei dem Aufbau einer Düne tätigen Faktoren an. Außer Sand und Wind wirken bei gewissen Dünen auch das Meer und die Pflanzen mit. Es können zwei, drei und auch vier dünenbildende Faktoren vorliegen. Ein zweiter grundlegender Unterschied ergibt sich daraus, ob der betreffende Sand erstmalig zur Düne aufgehäuft oder beim Wandern einer Düne umgelagert wurde; mit anderen Worten, ob es sich um eine Strandsand-Düne oder eine Dünensand-Düne handelt. Durch einen anfänglichen Salzgehalt sind Strandsand-Dünen, durch Neubildung von Rost und Beimengung von Humus sowie örtlich von Kalk und Phosphat (aus Möwengewölle) ist der Sand der Dünensand-Dünen gekennzeichnet.

Die auf den nordfriesischen Inseln beobachteten Vorgänge bei der Entstehung von Dünen stimmen erstaunlich weitgehend überein mit dem, was J. W. VAN DIEREN schon 1934 von Westfriesland berichtet hat. Abweichungen in der Deutung der Vorgänge und in der Gliederung

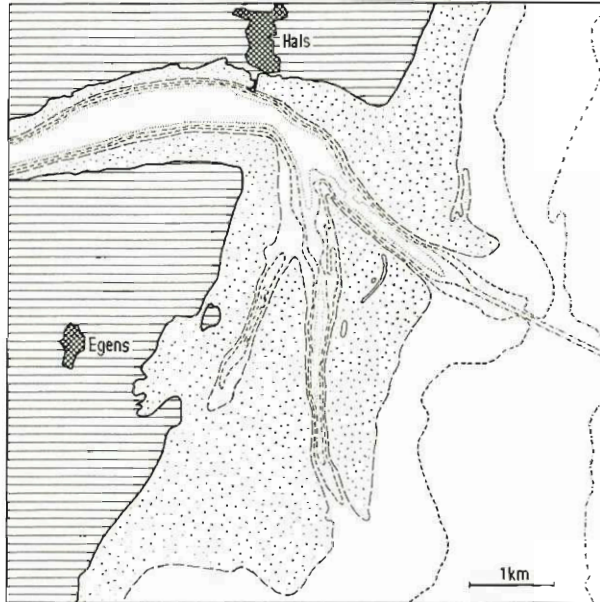


Abb. 4

gehen darauf zurück, daß VAN DIEREN aus örtlich beschränkten Bedingungen entstandene Spielarten bei der Entstehung von Dünen für besondere Dünen-Typen hielt, wie *Dunus erumpens*, *Dunus erumpens annularis*, *Dunus parabolicus*. Unberechtigt erscheint ferner die Trennung von *Dunus falcatus obsidionalis* (sekundärer Barchan) von *Dunus erumpens*, also von

Abb. 5.
Kniepsand. 1. 4. 1967. Pfähle
der ersten Badebahn am
Außenrand des Kniepsandes.
Ihre Zahl ist nach Sturmfluten
größer als im Sommer, wenn
Flugsand und ? Meer den
Strand aufhohen



Abb. 6.
Kniepsand vor Amrum.
18. 3. 1962. Triticum-Bulte
auf dem landnahen Teil des
Kniepsandes haben der
Sturmflut-Strömung wider-
standen; aber hinter den
Bulten sind Kolke bis $\frac{1}{4}$ m
Tiefe ausgestrudelt. Wird in
ihnen Flugsand gefangen, so
entsteht eine triebsandähnliche
Füllung



Anti- und Hochdüne. Ferner fehlt bei VAN DIEREN der Anteil des Meeres bei Schaffung der aufwärts führenden Sandwanderbahnen und bei der örtlichen Festlegung der Kliffdünen. Der Zusammenhang von Anti- und Hochdüne ist nicht genügend herausgestellt. Die Riesenrippel-Dünen werden nicht behandelt, vermutlich, weil sie nicht organogen sind. Der Begriff Wanderdüne wird von jenem Verfasser für reihenweise auftretende Anti- und Hochdünen verwandt. Sein „genetisches System der Dünenformen“ hat keine Anerkennung gefunden, weil die geologischen Bedingungen der Dünenbildung unbeachtet blieben und die lateinische Benennung zu wenig anschaulich ist.

a. Zwei-Faktoren-Dünen

1. Strandsand-Zwei-Faktoren-Dünen

Mannigfach gestaltet sind die niedrigen Sandanhäufungen, die nach Sandfegen auf den Platen und breiten Stränden hinterlassen werden. Bei entsprechender Windstärke — mag sie als Höchstgeschwindigkeit erreicht oder beim Abflauen heftigen Windes durchschritten sein — bilden sich

- a) flache Plattendünen (*Abb. 7*). Sie können Vorläufer von
- b) im Zickzack verlaufenden Sandbändern von 2–3 m Breite sein (*Abb. 8*).
- c) Wenn zungenförmige Plattendünen um 10 cm mächtig werden, so wird ihre Luvseite häufig zur Steilkante. Diese lenkt den Luftstrom nach oben ab, dessen Rückschlag erzeugt mehrere breite Furchen, die in eine gleichmäßige Rippelfolge übergehen (*Abb. 7*).
- d) bei längerer Zeit gleichbleibenden Winden Barchane (K. GRIPP, 1961) und
- e) bis rund 2 m hohe Großrippeln (*Abb. 9*).

Diese Strandsand-Dünen werden auf den Sänden auf Trischen, vor St. Peter-Böhl, dem Kniepsand, Römö und vermutlich auch Süderoogsand angetroffen. Infolge der Unbeständigkeit der Windrichtung sind sie von kurzer Dauer und werden zudem durch Sturmfluten stets restlos wieder fortgespült. Somit entstehen im humiden Klima aus Strandsand keine beständigen Zwei-Faktoren-Dünen.

2. Dünensand-Zwei-Faktoren-Dünen (Riesenrippel-Dünen)

Heutzutage ist die Wanderung von nacktem Dünensand in einem einzigen, quer zum Winde verlaufenden Wall von 10 bis 20 m und mehr Höhe selten. Die beste genetische Bezeichnung erscheint uns „Riesenrippel-Düne“. Die „Wanderdünen“ von Listland sind das bekannteste Beispiel. Es handelt sich bei ihnen um eine einzige Großrippel mit einem breiten, flach ansteigenden Luv- und einem schmalen, steilen Leehang (*Abbildung in GRIPP und SIMON 1939/40, S. 42*).

Bei der weitgewanderten und daher weniger steil ansteigenden „Wanderdüne“ von Raabjerg Mile, unweit von Skagen, zieht eine Reihe von Großrippeln (6 bis 9 m hoch) einen sanft ansteigenden Luvhang hinauf (H. KUHLMANN 1960). Die dortigen vegetationsfreien Sandrücken gleichen weitgehend den vom südlichen Kniepsand erwähnten Großrippeln (K. GRIPP 1963, *Abb. 21* und *Abb. 9*).

Ein weiteres Kennzeichen für diese Riesenrippel-Dünen sind die auf dem von ihnen überwanderten Feld quer zur Wanderrichtung hinterlassenen Strichdünen (*Abb. 10*). Bei diesen handelt es sich um die durch Pflanzenwuchs zurückgehaltenen Basisteile des breiten Luvhanges.

Ehemalige Riesenrippel-Dünen auf der Hörnum-Halbinsel verraten, daß sie später durch Aufreißen von Antidünen und Hochdünen umgeformt wurden. Vermutlich sind Sandmassen häufig als Riesenrippel relativ schnell gewandert und später nach Pflanzenbewuchs als Antidünen-Zug langsamer vorgedrungen.

b. Vier-Faktoren-Dünen

Hierher zählen jene Strandsand-Dünen, deren Lage vom Meere bestimmt wird, indem bei Hoch- oder Sturmfluten in von Pflanzen eingefangenen Sand immer erneut Kliffs

Abb. 7.
Kniepsand. 30. 9. 1960.
Plattendüne, geripelt. Rechts
vom Wind abgetragene und
dadurch erneut Sand liefernde
Steilkante. Dahinter breite,
vom zurückgeprallten Luft-
strom erzeugte Furche

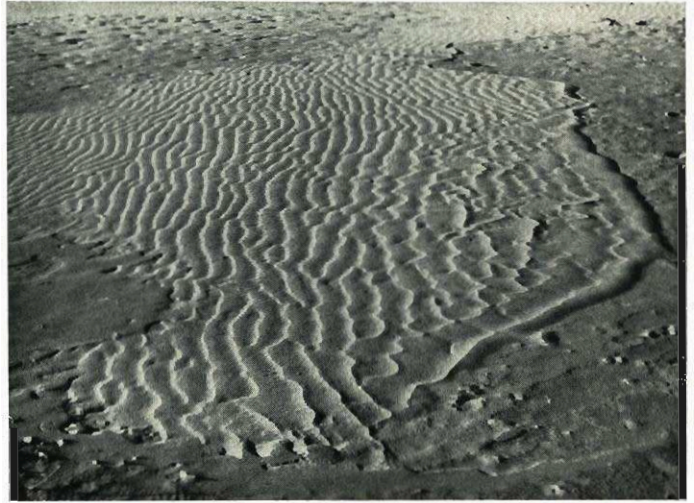


Abb. 8.
Kniepsand vor A-Hörn.
7. 10. 1961. Zickzack-Dünen.
Vorne Korrasionsleisten



Abb. 9.
Amrum, Kniepsand. 2. 6. 1960.
Großrippeln. Da während
mehrerer Jahre Hochfluten
hatten, bildete Flugsand Bar-
chane und langgestreckte,
1,5 bis 2 m hohe Großrippeln.
Der zuletzt von N (rechts)
gekommene Wind hat die
Hochwasser-Ablagerungen in
Lee der Großrippel bis 25 cm
tief korradiert



angeschnitten werden. Die Strandquecke *Triticum (Agropyron)* erzeugt erste Dünen von geringer Höhe; das Helmgras *Ammophila* sammelt unbegrenzt Sand.

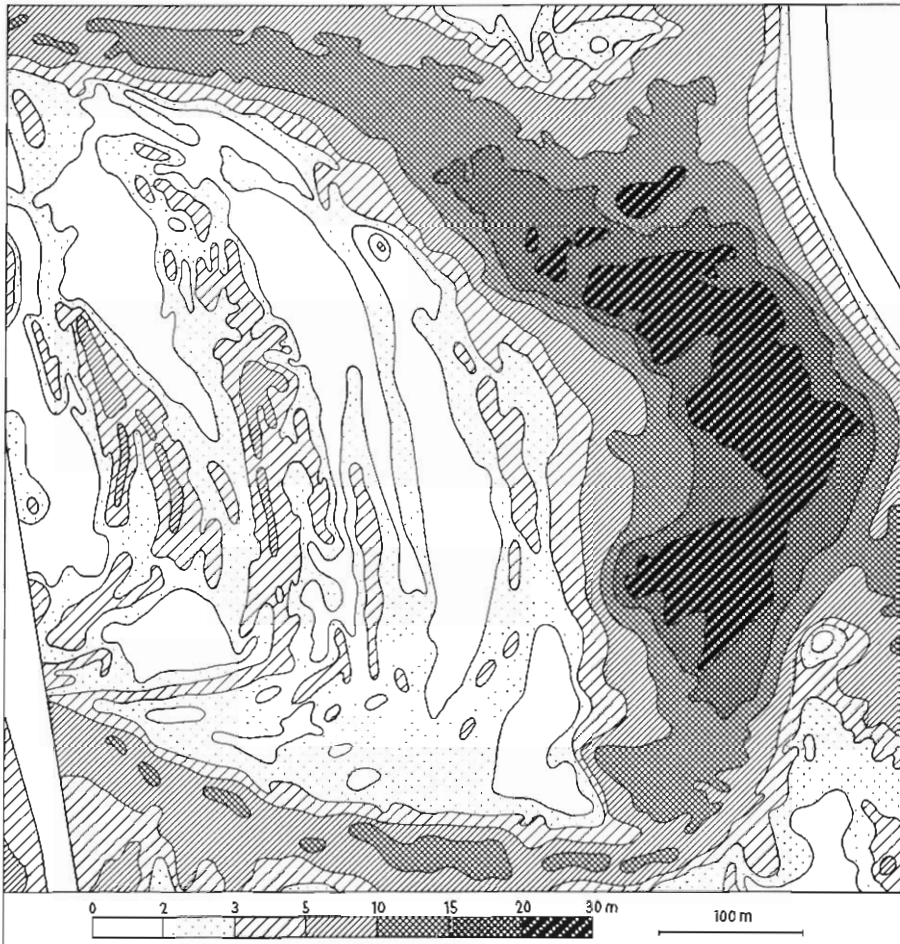


Abb. 10. Parallele Strich-Dünen — quer zur Windrichtung. Die „Neue Wasserkuhle“ (Grundkarte Sylt-Möskental und Sylt-Budersand) blieb zurück, nachdem eine nackte Großrippel-Düne (sog. Wanderdüne) über das Gebiet von W nach E dahingezogen war. Zahlreiche, dem Dünenbogen nahezu parallele niedrige Strich-Dünen blieben infolge Bewuchses der Basis des Luvhanges von den Ruhestadien der wandernden Düne zurück

1. *Triticum*-Dünen

Auf den höchsten Stellen vorgeschobener Sände oder von Strandwällen wird durch *Triticum* Sand nicht nur durch das Netzwerk der Pflanze in kleinen Hügeln eingefangen, sondern in deren Lee bilden sich Sandfahnen. Sind diese von ablandigem Wind erzeugt, so wirkt auch hier das Meer als vierter Faktor mit. Bei Hoch- und Sturmfluten erzeugt es an deren Seeseite ständig erneut steile Abrasionskanten (Abb. 11). Sie werden bald zur Wander-

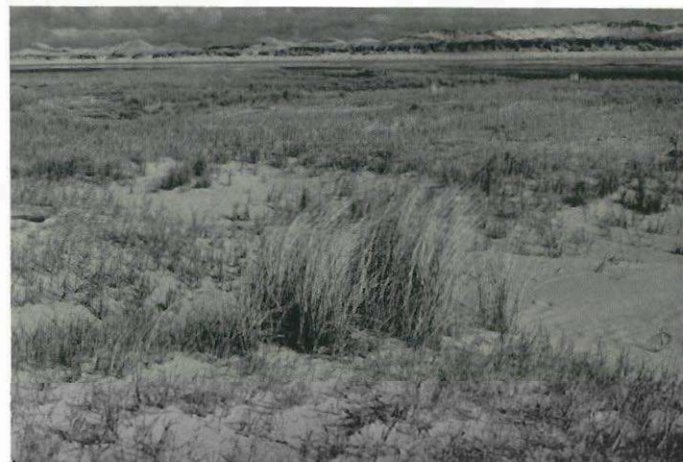
Abb. 11.
Havsand vor Römö. Triticum-
Dünen. 1. 8. 1964. Auf breitem,
flachem Strandwall haben sich
aus angeschwemmten Samen
verstreut Triticum-Pflanzen
angesiedelt. Sie fangen Sand
an ihrer Leeseite. Aus vom
Meere darin angeschnittenen
Steilhängen entstehen aufwärts
führende Sandwanderbahnen



Abb. 12.
Kniepsand, westlich vom
Quermarkenfeuer. Blick nach E.
30. 3. 1967. Triticum-Insel
nach den Winterfluten von
Prielen durchzogen; noch ohne
Flugsand, der später an den
Prielkanten aufwärtsführende
Bahnen erzeugt und den
winterlichen Sandverlust er-
gänzt. Im Hintergrund winter-
lich abradierte Kliff-Düne,
noch ohne neue Sandwander-
bahn



Abb. 13.
Ebenda. 30. 3. 1967.
Erste Helm-Pflanze (Ammo-
phila) inmitten des winterlich
zurückgegangenen Triticum-
Rasens



bahn, auf der nachfolgender Flugsand nach oben abgelenkt wird, so daß er verstärkt auf und in Lee des wenige dm hohen Hügels niederfällt.

Auch vor *Triticum*-Kleindünen, die durch starken Wind bis zur Bildung von Korrasionsleisten ausgeblasen wurden, entsteht bei schwächeren, Sand verfrachtenden Winden eine aufwärts führende Sandwanderfläche.

Wo sich *Triticum*-Bestände jahrelang halten wie auf dem Kniepsand vor Amrum, westlich vom Quermarkenfeuer, dort entsteht ein morphologisches Durcheinander von flachen Prielien und sandigen *Triticum*-Kuppen. Aber das Meer wirkt hier weiterhin mit; zwar weitgehend zerstörend, aber auch aufbauend durch die Ausbildung von steilen Prielkanten, die stets zu aufwärtsführenden Sandwanderbahnen werden (Abb. 12).

Auf den derart entstandenen höchsten Kuppen wachsen schließlich erste *Ammophila*-Pflanzen empor (Abb. 13). Wenn sich diese Pflanze später hat ausbreiten können und dabei entstandene Dünen den winterlichen Überflutungen standhalten konnten und wenn seeseitig ein Abrasions-Kliff entstand, dann kann eine freie, d. h. von der Küste unabhängige *Ammophila*-Düne daraus werden (Trischen, Scharhörn). Eine unbedingte Voraussetzung für das Entstehen einer solchen ist das Vorhergehen eines *Triticum*-Stadiums aber nicht, wie später bei den an die Küste gebundenen *Ammophila*-Dünen ausgeführt werden wird. Die Entstehung von Kliff-Dünen und damit die kräftigste Sandanhäufung geht überwiegend nicht von *Triticum*-Dünen aus. Ein vorgeschobener Strandwall, so hoch, daß sich *Triticum* anzusiedeln beginnt, ist aber zusammen mit Grund- und Niederschlagswasser im landnahen Teil des Strandes Voraussetzung für das Entstehen von grünem Vorland wie vor St. Peter-Böhl und Nord-Fanö (K. GRIPP 1967b).

2. *Ammophila*-Dünen

In den z. T. aus *Triticum*-Dünen, z. T. aus Strandwällen mit *Ammophila*-Bewuchs hervorgehenden Dünen erzeugen winterliche Sturmfluten, auch wenn sie nur in mehrjährigem Abstand auftreten, für lange Zeit wirksame Kliffs. Diese erreichen bis 10 m Höhe. Eine solche, durch eine Sturmflut steil hinterlassene Kliffwand (Abb. 14), wird durch abgerutschte Pflanzenbulen und angewehten Sand in kurzer Zeit erneut zu einer aufwärtsführenden Sandwanderbahn (Abb. 15). Spitzwinklig auffallender Wind häuft Sand nur in deren unterem Teil an. Mehr oder weniger rechtwinklig auffallender Wind aber trägt den Sand nach oben. Dort fällt er teils zwischen den Helmpflanzen, teils auf dem Lehang nieder. Das beste Beispiel liefern die Dünenkliffs auf Amrum, so bei A-Hörn (Abb. 16 und 17) und nördlich Wriakhörn (siehe Luftbildatlas, S. 169³).

Hier wird also der vom Südost-Wind über den Kniepsand ausgebreitete Sand vom Südwest- oder West-Wind auf das Kliff hinaufgeschafft (Abb. 18). Dies geschieht, wenn der Wind stark genug ist, sowohl bei feuchtem Wetter als auch überraschenderweise an Frostragen, da in beiden Fällen der Wassergehalt als Bindemittel des Sandes, im lebhaften Luftstrom verdunstet.

³) Die Luftbilddaufnahme zeigt, von links unten ausgehend, den feuchten Kniepsand, hellgelblich: die aufwärtsführende Sandwanderbahn; gelbgrün: die durch Pfade zerschnittene Helmzone auf dem oberen Teil des Hanges der Kliffdüne; anschließend in blau-weißlichen Zügen: die oben und auf dem Lehang der Kliffdüne frisch abgelagerten Massen von Strandsand. Der anschließende Längsweg verläuft in der Senke hinter den jüngsten Kliff-Dünenzügen. Wo der Pfad nach NO abbiegt, sind ältere Kliff-Dünenzüge zwischen dunklen, von *Empetrum* und Mooren bedeckten Tälern zu erkennen.

Abb. 14.
Kniepsand, westlich vom Quer-
markenfeuer 30. 3. 1967.
Sturmfluten des Winters haben
die Sandwanderbahn vor
der Ammophila-Kliffdüne und
Teile der Düne selber fort-
gerissen. Neuer Sand wird vor
dem Kliff von entlangstreichenden
Winden zusammengetra-
gen, bis wieder eine aufwärts-
führende Sandwanderbahn
entstanden ist

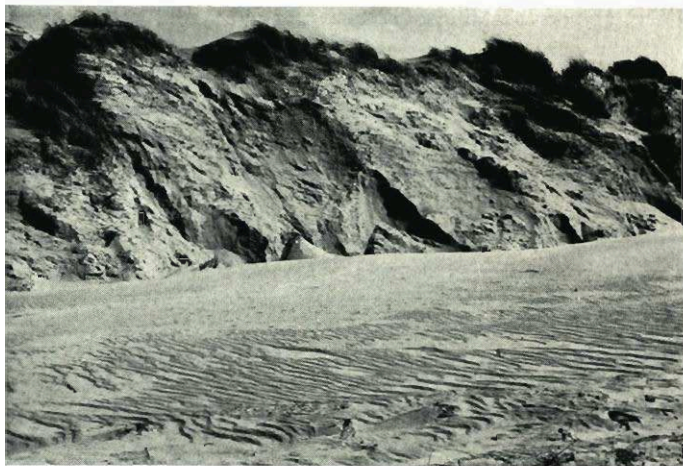


Abb. 15.
Amrum, Wriakhörn.
28. 12. 1962. Leicht ver-
schneite, bis an den Ammo-
phila-Bestand der Kliffdüne
aufwärts reichende
Sandwanderbahn

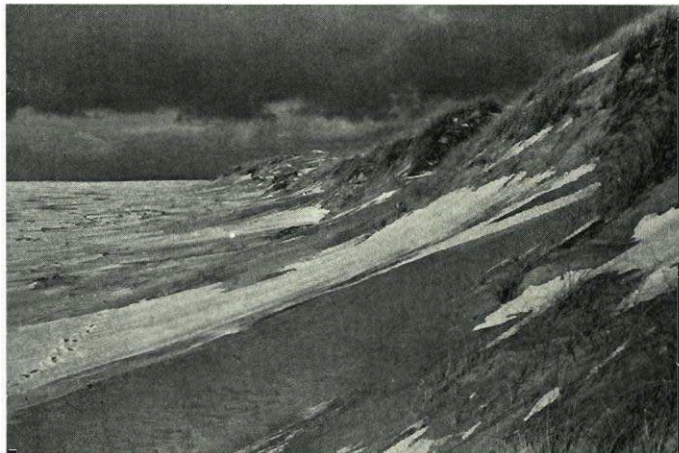


Abb. 16.
Amrum, Norddorfer Dünen,
Blick nach N. 1. 10. 1963.
Rechts auf der Geest abgewan-
derte, von Heide und etwas
Helm bedeckte Dünen. Rechts
von der Mitte ältere Ammo-
phila-Kliffdüne, links davon,
etwas niedriger, aktive Klif-
düne mit jüngst heraufgeweh-
tem Strandsand. Die Höhe
dieses Kliffes ist jenseits von
dessen Umbiegen zu erkennen.
Auf dem Strand, dunkel, ein
holzreicher Spülsaum, links
davon der Kniepsand



Ein so entstehender Dünenwall wächst nach oben und in die Breite so lange, wie die Zufuhr von Flugsand das Ausmaß von dessen Weiterverfrachtung überwiegt. Das heißt, solange der Helm (*Ammophila*) den Sand festhält.

Wenn die Sandzufuhr gering wird oder gar aufhört, gedeiht der Helm weniger gut, und heftiger Wind beginnt in das Sandkliff Windkanäle einzuschneiden. Die Sandzufuhr wird



Abb. 17.
Amrum bei Saeteldüne; Blick über Kliffdüne und Kniepsand. 30. 9. 1963. Der von rechtwinklig einfallendem Wind aufwärts verfrachtete Sand wird teilweise von Helmpflanzen gefangen, zum anderen Teil fällt er im windstillen Lee zu Boden

gehemmt, wenn ein davor entstandener Priel den Sand wegfängt, wenn sich vor dem Kliff entstandene, durch *Triticum* und häufig durch *Ammophila* bedingte Kleindünen unter Mitwirkung von Hochflutspülsäumen zu einem neuen Strandkliff vereinigen. Dies geschah am Strande nördlich des Amrumer Leuchtturms sechsmal. Sobald ein neues Sandkliff höher hinaufgewachsen ist, wird die Sandzufuhr zur älteren Kliffdüne unterbunden. In gleicher



Abb. 18. Amrum, 28. 12. 1962, rechts Unterfeuer des Leuchtturms, Blick nach S. Leichte Schneedecke. Rechts aktive *Ammophila*-Kliffdüne (Zug 4); Mitte bis links niedrige Kliffdüne (3); links davon niedriger Zug 2 und hoher Zug 1. Talungen dunkel durch *Empetrum* und Sumpf

Weise hält auf dem Kniepsand der Südost-Nordwest verlaufende Süddorfer Sandfangzaun den von westlichen Winden angefrachteten Flugsand zum erheblichen Teil von der Kliff-Düne ab. Diese ist notleidend und entsprechend tief zerschnitten.

Der Verlauf solcher Kliff-Dünenzüge ist vom Verlauf der Hochwassergrenze bedingt. Auf Amrum verlaufen sie, vom Kniepsand her mit Flugsand versorgt, rechtwinklig zur Haupt-

windrichtung; ebenso an der Westküste Fehmarns. Am Ufer des Ellenbogen verlaufen sie überwiegend in der Richtung der längs des Strandes dahinziehenden Nordwestwinde. Am Südrand der Hörnum-Halbinsel schnitten die Sturmfluten sogar bogenförmig ein und entsprechend wachsen dort die jungen Strandsanddünen. Diese wurden offenbar von Winden zusammengetragen, deren Richtung zwischen Süd und West schwankte. Es gibt somit Strandsanddünen, die quer zur Hauptwindrichtung (Amrum), und solche, die parallel zu dieser verlaufen (Ellenbogen). Dies ist von Bedeutung für ihr späteres Schicksal.

c. Drei-Faktoren-Dünen

Phytogene Dünensand-Dünen

Schon früh haben Botaniker den Wechsel in der Zusammensetzung der Pflanzendecke mit zunehmendem Alter derselben beschrieben. REINKE, JESSEN, ORDEMANN, CHRISTIANSEN, TÜXEN, HEYKENA, 1965. Über Silbergras (*Corynephorus*-Flur) führt die Entwicklung zur Krähenbeeren (*Empetrum*)-Heide. Schon im Tal hinter einem höheren, im Aufbau befindlichen Kliff-Dünenwall hört die Zufuhr von Strandsand auf. Jene Dünen würden also über lange Zeiträume ruhen, wenn nicht die Pflanzendecke schließlich hier und dort verschwände. Es soll hier bei der Entstehung dieser neuen Sandblößen von Menschenwerk (Wege, Pfade, Gruben) abgesehen werden. Auch Wohnbauten von Kaninchen und Wühlmäusen dürften unwesentlich zum Wiederaufleben der Sandwanderung beitragen. Jahrelang hatte der Verfasser vergebens nach einer geologischen Ursache für das Entstehen der neuen Windrisse mitten auf bewachsenen Alt-Dünen gesucht. Diese Quellen erneuter Sandlieferung treten in Ebenen, auf Hängen, auf Pässen, bisweilen drei benachbart, aber doch getrennt, auf. Sie können anfangs bei zwei Meter Durchmesser $\frac{3}{4}$ m tief sein. Wo die Pflanzendecke an ihrem Rande vom Winde unterhöhlt wird, sind sie häufig ringsum steilwandig (Abb. 19). Eine geologische Ursache ließ sich nicht finden. Die Erscheinung ist vielmehr, wie schon J. W. VAN DIEREN (1934, S. 183) aufzeigte und A. HEYKENA (1965, S. 49) erneut hervorhob, vegetationsbedingt. Moose und Flechten verdrängen an Stellen, die Sonne und Wind stark ausgesetzt sind, die Krautvegetation. Es entstehen Flächen, an denen zuletzt nur noch eine graue Flechtendecke vorhanden ist.

Diese trocknet aus, wird rissig und schließlich vom Winde fortgeführt. Dann liegt der Sand auf natürliche Weise wieder frei. Je nach der Lage zum wirksamsten Wind bleiben diese Windrisse entweder flach und werden erneut von Pflanzen besiedelt (HEYKENA, S. 62) oder aber dort, wo der Wind hinreichend kräftig angreifen kann, wird eine solche Windmulde zur Anti-Düne und damit Ausgang zu erneuter Wanderung des Sandes. Entweder ist es eine Strandsand-Düne, die erstmalig derart umgelagert wird, oder eine Dünensand-Düne wird erneut bewegt.

Wenn der Flechtenrasen, wie angegeben, durch Austrocknen in Scheiben von Dezimeter-Durchmesser zerrissen ist, genügt der Tritt eines Tieres oder ein Windstoß, um erstmalig Sand wieder freizulegen. Ist diese Stelle dem vorherrschenden Winde ausgesetzt, entsteht bald

- a) eine zunächst meist rundliche Senke (Abb. 19), deren Wände von im Winde pendelnden Wurzelbulten versteilt werden.
- b) in Lee anschließend eine junge Düne, auf der sich bald Helm ansiedelt (Abb. 20). Dies ist die erste Dünensand-Düne, falls sich der Vorgang auf einer Strandsand-Düne abspielt.

Wo Winde aus zwei Richtungen diese Wunde in der Pflanzendecke auskolken, entstehen zunächst winklige Windrisse mit zwei kleinen Dünen an deren Ende. Die so begonnene Zerstörung geht mehr oder weniger schnell weiter, je nach der Zähigkeit der Pflanzendecke und



Abb. 19.
Amrum, Norddorfer Dünen.
2. 4. 1961. Unvermutet, einzeln
oder zu mehreren, entstehen
steilwandige Windlöcher infolge
Absterbens der Pflanzendecke



Abb. 20.
Amrum, Norddorfer Dünen.
8. 10. 1962. Vorne Krähen-
beeren-Heide, am Hang
dahinter durchlöcherter Pflanzen-
decke, in der ein Windriß =
Anti-Düne neu entstanden ist.
Rechts davon der heraus-
gewehrte Sand = Beginn der
Hoch-Düne, auf der Helm
schon üppig gedeiht



Abb. 21.
Amrum-Odde. Blick über
Haken 5 auf das Wattenmeer.
30. 9. 1965. Der auf einem
schmalen Strandwall durch
Ammophila hoch aufgewach-
sene Dünenrücken verläuft in
Richtung des vorherrschenden
Windes. Da Sand nicht mehr
zugeführt wird, entstehen
hintereinandergelegene
Anti-Dünen

der Angriffsenergie des Windes. Sie führt bis zu 100 m langen Anti-Dünen (GRIPP 1963, Abb. 51). Anschließend an diese entstehen Hoch-Dünen, die über 20 m an Höhe erreichen können.

Der gleiche Vorgang kann sich bei Kliff-Dünen mit unzureichender Sandzufuhr abspielen. Beispiele für die Umformung des Dünen-Kliffs in eine Reihe von Hoch-Dünen liefert die Küste von Listland wie die der Hörnum-Halbinsel. Dies hat auch A. HEYKENA (1965, S. 37) hervorgehoben. Er betont, ähnlich wie VAN DIEREN (S. 168), daß auf diesem Wege durch seitliches Verwachsen neugebildeter Hoch-Dünen Reihen von Küsten-Dünen entstehen.

Die Westenden der sechs alten Vier-Faktoren-Dünenbögen von Hörnum-Odde (siehe Abb. 29) sind ein gutes Beispiel für die Umwandlung in einen neuen Drei-Faktoren-, küstenparallelen Dünenzug⁴).

Die abtragende, also morphologische Wirkung des Windes ist abhängig von der Lage des Dünenwalles zur wirksamsten Windrichtung. Fällt die Längsachse des Dünenzuges annähernd mit der Hauptwindrichtung zusammen, so reihen sich oben auf dem Dünenzug Windriß und anschließende Neudüne, also Anti-Düne und Hoch-Düne, *hintereinander*. Dies ist auf dem Haken 5 der Amrum-Odde der Fall. (Abb. 21). Ähnlich in der Heide nordwestlich der Vogelkoje bei Nebel.

Wenn die Längsachse des Dünenzuges quer zur wirksamsten Richtung des Windes verläuft, dann wird der einstmals geschlossene Dünenwall von sich *n e b e n e i n a n d e r* reihenden Anti-Dünen zerrissen. In Windrichtung daneben entstehen neue, zumeist niedrige Dünen- und Sand-Dünen. Ein für die Umlagerung älterer Kliff-Dünen gutes Beispiel liefern die Dünenzüge 6 und besonders 5 südlich des Amrumer Leuchtturms. Die bis 11 m hohen Sandmassen sind örtlich bis unter den winterlichen Grundwasserspiegel abgetragen (Abb. 22—24)⁵).

In den *Ammophila*-Kliff-Dünen werden die größten Mengen an Sand eingefangen, insbesondere wenn mehrere Wallzüge dieser Art hintereinander entstehen. Aus solchen Ansammlungen gehen wahrscheinlich die Riesenrippel-Dünen hervor, dort, wo bislang bei starker Sandzufuhr während längerer Zeit gewachsene Kliff-Dünen durch Fortfall des Sand liefernden Strandes nahezu gleichzeitig in Umlagerung geraten. Dann bleibt die Sandverfrachtung nicht auf Anti-Dünen mit gebündeltem Luftstrom beschränkt, sondern der lockere Sand wird in breiter Front als Riesenrippel unter zeitweiser Mitwirkung kleinerer Rippeln fortbewegt.

d. Restformen

Pflanzen können restloses Abwandern einer Düne verhindern, einmal als Pflanzendecke. Hierbei entstehen die sogenannten Strich-Dünen. Zum anderen können wenige und sogar einzelne Pflanzen einen Rest von Dünen- und Sand inmitten eines Abtragungsgeländes zurückhalten. So entstehen die Kupsten.

⁴) In dem Schema von HEYKENA, S. 37, möchte ich die Aufwärtsverfrachtung durch ein Kliff schon für 2 annehmen. Ferner ist es unwahrscheinlich, daß — wie in 4 angenommen — in der Anti-Düne eine neue Düne entsteht. Mit zunehmender Breite des Windrisses erlahmt der Luftstrom. Strandsand wird kaum hinzugeführt. Wäre dies in stärkerem Ausmaß der Fall, wäre der Windriß bald geschlossen. Nur Strandwall und Antreibsel bilden darin einen niedrigen Wall. Eine neue Anti-Düne und Hoch-Düne dürfte in gleicher Weise erst dann entstehen, wenn die Küste die zuerst erzeugte, inzwischen bewachsene Hoch-Düne eingeholt hat.

⁵) Die Abbildung auf S. 169 des Luftbildatlases läßt südwestlich des Leuchtturmes die drei durch Empetrum-Bewuchs dunklen Talungen erkennen. Sie begleiten die Dünenzüge 7 und 6. Zug 6 ist — wie die weißen Flecken zeigen — erheblich durch Anti-Dünen zerrissen. Der nach Osten folgende Dünenzug 5, auch „Rauhe Alpen“ genannt, ist weitgehend nur Ruine.



Abb. 22.
Amrum. 6. 10. 1961. Die weiße Seite der Dünen. Nordende des Nebeler Dünen-Bogens. Wo Sonne und Wind in gleicher Richtung am stärksten wirken, entstehen zahlreiche Anti-Dünen und anschließend die höchsten Dünensand-Dünen

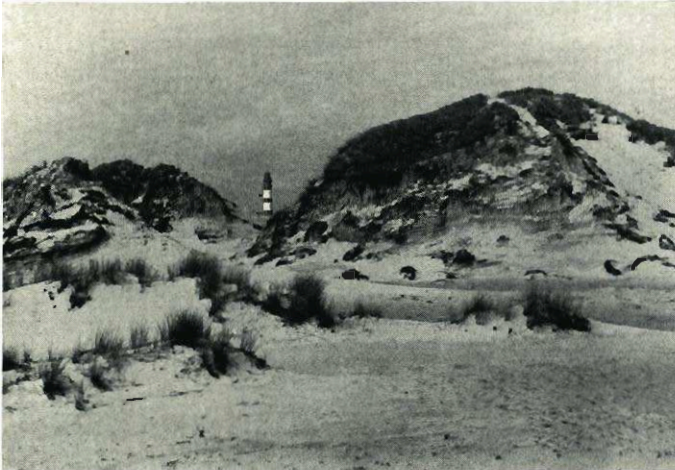


Abb. 23.



Abb. 24.

Abb. 23. u. 24.
Amrum, südlich des Leuchtturms. 2. 10. 1962. Der bis 15 m hohe, ursprünglich geschlossene Ammophila-Dünenwall verläuft quer zur Hauptwindrichtung. Er wird daher von Anti-Dünen zunächst quer und danach von Windkanälen schräg zur Längsrichtung zerschnitten und dies bis unter den winterlichen Grundwasserspiegel hinunter

1. Strich-Dünen

Im humiden Klimabereich ist der Grundwasserstand unter und neben den Dünen hoch. Im Winter tritt dieses in den Senken sogar verbreitet frei aus. Wo sich der Grundwasserspiegel infolge Zuwanderns hoher Dünen hebt, entstehen sogar Dünenmoore. Die Pflanzendecke

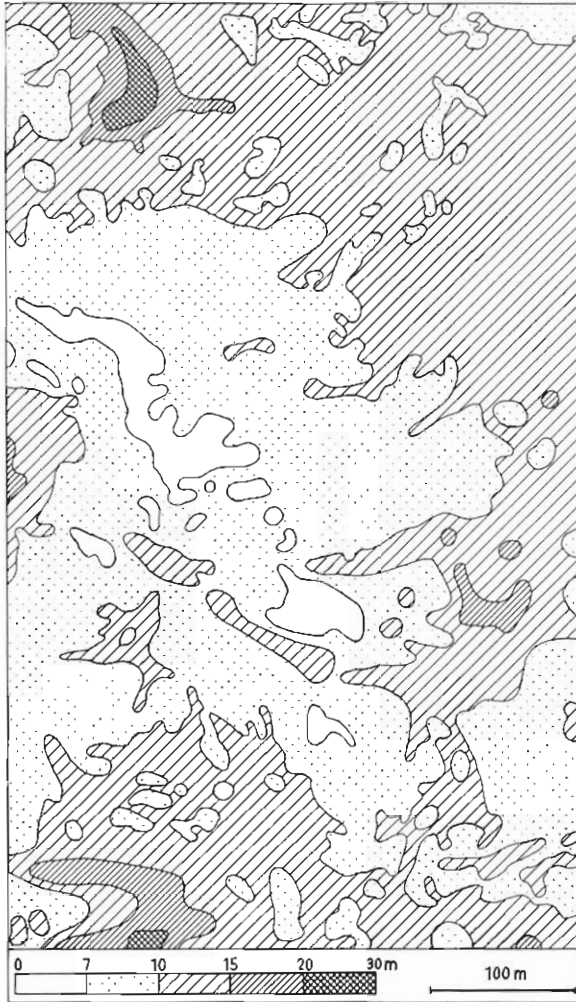


Abb. 25. Radiale Strichdünen. Flugsand ist in Anti-Dünen als Dünenbogen von W nach E gewandert. Auf der überwanderten Fläche blieben radial angeordnete Strich-Dünen zurück. Ausschnitt aus den Grundkarten Amrum-Quermarkenfeuer und Amrum-Norddorf

aus Gräsern, Heide, Weide, Moosen und Flechten schützt in vielen Fällen Teile abwandernder Dünen vor der Verfrachtung. Auf diese Art bleiben die Flanken der *Ammophila*- und der Riesenrippel-Dünen als in Windrichtung gestreckte, dachförmige Rücken zurück. Die zunächst kahle Innenseite wird von abgerutschten Pflanzbulben her bald überwachsen. Aber derart in Wanderrichtung entstandene Strich-Dünen liegen bei den Riesenrippel-Dünen weiter auseinander als selbst bei den größten Anti-Dünen. Bei den letztgenannten treten die Strich-Dünen nicht selten als radial angeordnete Gruppe auf (Abb. 25). Hingegen hinterlassen abgewanderte Riesenrippel-Dünen überwiegend quer zur Wanderrichtung verlaufende Strich-Dünen. Diese sind, wie oben erwähnt, aus dem durch Bewuchs festgehaltenen Basisteil des Luvhanges hervorgegangen.

Die Höhenlinien der Grundkarte (1:5000) mit 1 m Abstand ermöglichen, quer verlaufende Strich-Dünen und damit das frühere Auftreten von Riesenrippeln nachzuweisen. Bei beiden Arten von Strich-Dünen schwankt die Höhe zwischen 3 und — selten — 10 m (Abb. 10 und 25).

2. Kupsten

Anders in Höhe und Form sind jene Restdünen, die nicht von einem Pflanzenrasen, sondern von einer kleinen Gruppe von *Ammophila* und

häufiger nur durch eine einzige *Salix*-Pflanze zurückgehalten werden. *Ammophila*-Kupsten finden sich verstreut auf den Riesenrippeln. Weiden-Kupsten (Abb. 26—27) halten nicht selten den letzten Rest von Dünensand halbkugelartig über einer älteren Unterlage aus bindigem Boden fest.



Abb. 26.
Kupste aus Weidenstrauch —
Norddorf. Die steinige Ebene
ist die abgewehrte Oberfläche
der eiszeitlichen Ablagerungen

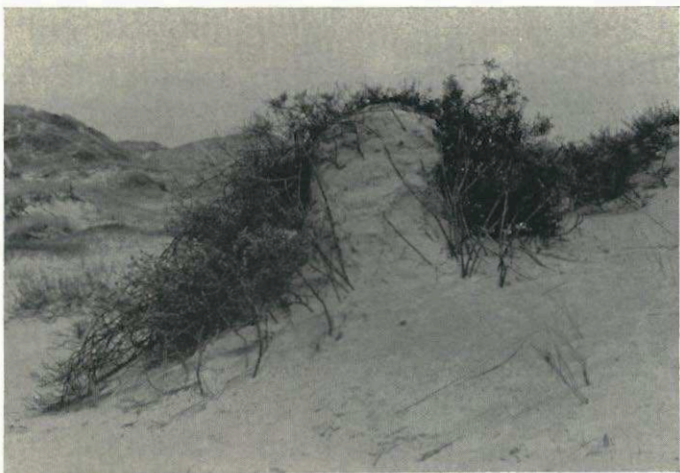


Abb. 27.
Amrum, „Rauhe Alpen“.
2. 10. 1962. Eine Kriechweide
hatte eine Kupste gebildet,
angelehnt an die Leeseite einer
Düne. Als diese von Luv her
abgetragen wurde, entstand
gleichsam ein Schnitt durch
die Kupste



Abb. 28.
Amrum, Nordende des
Nebeler Dünenbogens, westlich
der Vogelkoje. Blick nach SE.
1. 10. 1963. Der Dünenbogen
ist durch das Wandern zahl-
reicher Anti- und Hochdünen
entstanden

Zwischen der winzigen *Triticum*-Erstlings-Düne und dem von einer *Salix* zäh zusammengehaltenen Sandrest kann ein langer und bis 20 m in die Höhe führender Wanderweg des Sandes liegen.

e. Dünen-Gruppen

Ausgangsort für die über Land wandernden Dünen ist nach bisheriger Erkenntnis die *Ammophila*-Kliff-Düne. In dem Maße, wie deren Sandzufuhr nachläßt, nimmt die Zerstörung und dadurch das Weiterwandern des Sandes zu.

Dies geschieht anfangs von den zumeist gradlinig verlaufenden Küsten aus. Hierbei werden zunächst ältere Wall-Dünen umgelagert, wie in den „Rauhen Alpen“ südlich des Amrumer Leuchtturms. Sobald diese abgetragen sind, werden die aus den Wall-Dünen hervorgegangenen Anti- und Hoch-Dünen angegriffen, so an der Westküste der Sylter Haken. In beiden Fällen entstehen nahezu gerade Reihen von Anti-Dünenzügen. Wo aber Sandmassen auf flacher Ebene (wie Amrumer Geest und den nach Westen sich verbreiternden Inseln Fanö und Römö) als Anti- und Hoch-Dünen wandern, dort entstehen zumeist bogenförmige Dünen-Reihen (Abb. 28).

Die Ursache für die Entstehung des bogenförmigen Außenrandes bei der Wanderung so zahlreicher morphologischer Einzelkörper dürfte sein:

- a) die Windbehinderung durch hohe Dünenreste an der Flanke des Bogens,
- b) der Verlust von Sand, der an den Außenseiten der Flanken unter Vegetation zurückgehalten wird.

Die Bogenform ist besonders ausgeprägt in den Dünenzügen auf der Geest von Amrum. Der Umstand, daß diese Bögen auf Amrum in verschiedener Richtung gewandert sind, dabei aber ersichtlich von dem Verlauf der Küste gelenkt wurden, legt den Gedanken nahe, daß nicht die Hauptwindrichtung, sondern die für die erste Anlage der Anti-Dünen maßgebende Windrichtung deren Wanderrichtung bestimmt. Die erste gestreckte Anti-Düne wirkt als Schiene für deren spätere Stadien. Wenn diese Auffassung zutrifft, müßten nachfolgende Dünenbögen jeweils in der gleichen Richtung gewandert sein. Dies dürfte auf Amrum zutreffen.

Anmerkung zu der nebenstehenden Tabelle über die Küsten-Dünen Nordfrieslands

Wir treffen beim Wandern der Dünen dreimal auf parabel-ähnliche Formen und die dementsprechende Benennung:

1. Bei den einzelnen Anti-Dünen mit zurückgebliebenen Flanken; Beispiel: von Bülow, K.: Geologie für jedermann. 5. Aufl., S. 103;
2. bei den abgewanderten Riesenrippel-Dünen mit stehengebliebenen Flanken;
3. bei den bogenförmigen Reihen von Anti- und Hochdünen.

K. J. V. STEENSTRUP (1894) hat als erster den Ausdruck Parabel-Düne gebraucht. Die beigegebene und von A. NORDMANN (Geol. Dänemark 1928, S. 151) erneut als Beispiel für Parabel-Dünen gebrachte Karte der Dünen von Svinkløv (Nord-Jütland) zeigt Dünenbögen 1500:800 und 1100:500 m messend. Verfasser vermutet, daß es sich um ursprünglich als Riesenrippel-Düne gewanderte und später antidünierte Dünen handelt. Die Bezeichnung Parabel-Düne hat somit von Anfang an für verschiedene Arten von Dünen gedient. Sie erscheint — da vieldeutig — nicht mehr verwendbar.

Die Küsten-Dünen Nordfrieslands

Petrologie	Faktoren			Pflanzen bedingen	Vorgeschlagene Bezeichnungen	Andere und ältere Bezeichnungen
	Sanddünen	Wind	Meer Pflanz. Zahl			
Stranddünen	+	+	—	—	Strand-Dünen a) quere Zickzackbänder b) Platten-Dünen, häufig geripelt c) Barchane d) Großrippel-D.	Wüsten-D.; physikalische D. a) Sandmäander, Sandschlangen b) Schild-Dünen c) Sichel D.; Bogen-D.
Dünensand-Dünen	+	+	—	—	Riesenrippel-Dünen	„Wander-Dünen“
	+	+	+	+	Triticum-Düne (Klein-Dünen, einzeln und in Feldern)	Primäre D. (Reinke); Embryonal-D. (Braun)
	+	+	+	+	Ammophila-Düne Kliff-Düne, Wall-Düne	Sekundäre D. (Reinke); Vordüne; Ur-D. (Isbary) Dunus anticus, Dunus abruptus retractus (van Dieren)
	—	+	—	—	Hohdüne mit Ammophila anschließend an Anti-Düne	Halden-D. mit Verjüngungswall (van Dieren) Sekundärer Barchan (van Dieren)
	—	+	—	+	Flanken von abgewanderten Antidünen und Riesenrippel-D.	Strichdünen in Windrichtung
	+	+	+	+	Riesenrippel-Basis-Reste	Strichdünen quer zur Wind- = Wander-Richtung
	—	+	—	—	Kupsten	Auf 2 durch Ammophila, auf Dünen-Untergrund durch Salix zurückgehaltener Deflationsrest

Die Küste. 19
1961) 76-117
aplyroge D.

anemophyrogene Sandanhäufungen
Gras-Dünen p. p.
weiße D.

Dünen-Gruppen

- I gerade Dünen-Reihen
 - a) ältere, durch davor neu entstandene Kliffdünen (4) von der Sandzufuhr abgeschnittene Kliff-Dünen
 - b) abgewanderte Kliff-Dünen = Anti- + Hochdünen (5+6) in geraden Reihen
- II bogenförmige Dünen-Reihen
 - a) Bögen aus aneinandergereihten Anti- + Hochdünen (5+6)
 - b) als Riesenrippel (2) gewanderte und später bewachsene und antidiünerte Groß-Düne (Parabel-Düne p. p.)

Wenn nur ein kleiner Dünenwall von der Seite her zerrissen wird, so bilden sich nur wenige, niedrige Kuppen. Diese werden bald aus Mangel an Sand unter der Pflanzendecke endgültig erstarren. Wo aber eine wandernde Sandmasse auf ihrem Wege ältere Dünen antrifft, nimmt sie diese nach Überschreiten und Abtöten der Pflanzendecke in sich auf. Nur dadurch kommt sie in die Lage, weiterzuwandern. Dies geschieht so lange, bis die nacheinander entstandenen Formen zu klein geworden sind, um abermals Anti- und Hoch-Dünen zu liefern. Wo wir aber Dünenbögen beträchtlicher Höhe weit entfernt vom Ort der ersten Sandanhäufung vorfinden, dürfen wir annehmen, daß jene zur Ruhe kamen, weil sich Wald auf ihnen angesiedelt hatte. Der steinzeitliche Ackerbau und zunehmender Brennholzbedarf dürften den Waldbestand der Nordfriesischen Inseln allmählich vernichtet haben.

Da vorstehend auf genetischer Grundlage für die Küsten-Dünen mehrfach neue Zusammenhänge und demzufolge neue Bezeichnungen eingeführt wurden, ist nachstehend der Versuch gemacht, die Eigenarten der Küsten-Dünen und zugehörigen Dünen-Gruppen in einer Übersicht zusammenzustellen unter Anführung der früher gebrauchten Bezeichnungen.

Für die jüngste Erdgeschichte von Hörnum und Amrum kommen die Dünen-Arten 2—8 sowie die Dünen-Gruppen Ib und IIa und b in Betracht.

B. Erdgeschichtliches

I. Zur Entstehungsgeschichte der Hörnum-Halbinsel

a. Der Untergrund

Der Untergrund der Hörnum-Halbinsel ist in deren Nordteil durch einige Bohrungen, die zwischen Westerland und Rantum liegen, bekanntgeworden (GRIPP und BECKER 1939/1940, S. 84, sowie auf Fig. 1 S. 71, dort als 526 und 529 bezeichnet; Erläuterung Geologische Spezialkarte Süd-Sylt). Danach liegt südlich der Westerländer Geest bis Rantum hin die Oberkante des Diluviums 3—6 m unter Strandniveau. Zudem tritt nahe der Geest Torf und auf der ganzen Strecke Klei oberhalb jener Grenzfläche auf.

Die Bohrung Puan Klent (Erläuterung Geol. Karte Süd-Sylt: Nr. 52) läßt die Untergrenze des Alluviums leider nicht erkennen. Jedoch lagen Ende Dezember 1965 (wie in GRIPP 1967a, S. 180 erwähnt), am dortigen Weststrand Dutzende von Kleigeröllen bis 40 cm Durchmesser und 10 cm mächtig. Also auch hier liegt die Oberfläche der eiszeitlichen Absätze, d. h. die ehemalige Landoberfläche unterhalb des Meeresspiegels.

Im Ort Hörnum selber fehlt die Kleilage. Bohrung Brunnen 3 in Hörnum Nord (GRIPP 1964, S. 370) traf bei einer Geländehöhe von + 2,54 NN

- 8,2 m junge Meeresabsätze
- (22,5) m Feinsand und Ton der Eemzeit, reich an Molluskenschalen an.

Bohrung Hörnum-Krahn des Fliegerhorstes (GRIPP 1964, S. 226) ergab

- 11,7 m — NN junge Meeresabsätze
- 19,9 m — NN Eemabsätze mit Austernbank
- 24,2 m — NN eiszeitliche Ablagerungen
- (26,6) m — NN pliozäner Sand.

Da hier die eemzeitlichen Absätze erheblich anders ausgebildet sind als in der weiter östlich unter dem Wattenmeer verlaufenden damaligen „Nordfriesischen Rinne“, handelt es sich nach E. DITTMER (1941, S. 182) um eine von West gegen Ost vorspringende Bucht der damaligen Nordsee. Die darüber einstmals abgelagerten Schmelzwasser- oder Talsande sind von der jüngeren Nordsee bzw. dem Vortrapp-Tief abgetragen worden. Daher liegen hier

jüngste Meeresabsätze unmittelbar auf denen des zwischeneiszeitlichen Meeres. Da die aus dem Norden der Halbinsel angeführten Bohrungen die eiszeitlichen Absätze bei 6 m unter Strand, unter Hörnum-Krahn aber erst fast 10 m tiefer antrafen, befinden wir uns hier offenbar schon am Rande des Hörnum-Tiefs. Es kann also nicht davon die Rede sein, daß Reste eines Festlandes, wie es noch F. MAGER (1927, S. 41) mit Nachdruck betonte, für die Entstehung der Hörnum-Halbinsel maßgeblich seien. Vielmehr ist diese, einschließlich ihres Sockels, in ihrer ganzen Länge ein Erzeugnis der heutigen Nordsee.

Über das erste Auftreten des Hörnum-Hakens lassen sich nachstehende Annahmen vorbringen: Die Hörnum-Halbinsel hängt an dem Sylter Hochgebiet aus pliozänen und eiszeitlichen Absätzen. Über die Ausdehnung dieses alten Landes nach W zur Zeit, da die nacheiszeitliche Nordsee wiederkehrte, können wir noch keine Aussagen machen, da Bohrungen im Seegebiet fehlen. Aber es läßt sich nachstehender Ablauf vermuten:

1. Der damals einige km weiter im Westen gelegene Rand jener Geestinsel war gerundet und von würmzeitlichen Schmelzwasserablagerungen umgrenzt.
2. Das wiedergekehrte Meer schuf dort ein Abrasions-Kliff. Daraus ergab sich:
- 3a. früher oder später ein Aufsteigen von Flugsand auf die Geest über eine aufwärtsführende Sandwanderbahn. Dadurch entstand je nach Art der Vegetation eine Flugsanddecke oder *Ammophila*-Dünen;
- 3b. an den beiden Enden des Abrasions-Kliffs die Bildung von Sandhaken, die von der Strömung nach N und S in See hinaus aufgebaut wurden.
4. Die anfangs vermutlich landwärts gebogenen Haken wurden um so gestreckter, je länger das Abrasions-Kliff wurde.
5. Da auf der Hörnum-Halbinsel (anders als auf der Amrumer Odde) Reste älterer Haken nicht zu erkennen sind, darf auf eine erhebliche nacheiszeitliche Rückverlagerung der Sylter Westküste geschlossen werden.

b. Die Dünen des südlichen Teiles der Hörnum-Halbinsel

Um der Entstehungsgeschichte entsprechend vorzugehen, beginnen wir mit der Betrachtung der Dünen auf der Ostseite der Halbinsel und zwar im Raume um Puan Klent (Abb. 29). Hier liegt der älteste erkennbare Dünenzug (schrägschraffiert). Die Mitte der Halbinsel nimmt ein später entstandener Dünenzug ein (kreuzschraffiert). An der Westküste verläuft der jüngste, heute durch vom Strande gegen Ost aufgerissene Antidünen mehr im Umbau als im Aufbau begriffene Dünenzug. Auf Abb. 29 zeigt der nördliche Teil der linken Seite, daß der mittlere Dünenzug örtlich bis an den älteren herangewandert ist. Östlich vom Möskental hat er ihn sogar überschritten.

Weiter südlich (rechts auf Abb. 29) setzt der mittlere Dünenzug im Bereich des Grauen Tales aus. Der Westküsten-Dünenzug entfernt sich zunehmend von der Küste. Weiter gegen Süden tritt ein neuer Küsten-Zug in Ansätzen auf.

Östlich des Streintales liegt ein über 20 m an Höhe erreichender Dünenbogen, dessen zurückgebliebene Flanken von Eisenbahn und Landstraße vereint durchschnitten werden. Beide, Nord- wie Südflanke sind vom erwähnten Westküsten-Dünenzug deutlich abgesetzt. Daher kann es sich bei diesem Dünenbogen nicht um einen weit nach Ost vorgedrungenen Teil des Westküsten-Dünenzuges handeln. Man muß vielmehr annehmen, daß hier ein Teil des weiter im Norden mittleren Dünenzuges vorliegt. Wie Abb. 29 zeigt, müssen ihm der West-Ost-Rücken mit dem Leuchtturm und eine Zwickeldüne südlich von der jüngeren Wittdüne zugerechnet werden. In dieser Wittdüne erreicht der sich vom Möskental an gegen Süden zunehmend von der Küste entfernende Westküsten-Dünenzug die Ostseite der Halbinsel. Querab von der Leuchtturm-Düne setzt an der Westküste ein neuer Dünenzug ein (schlicht schräg schraffiert),

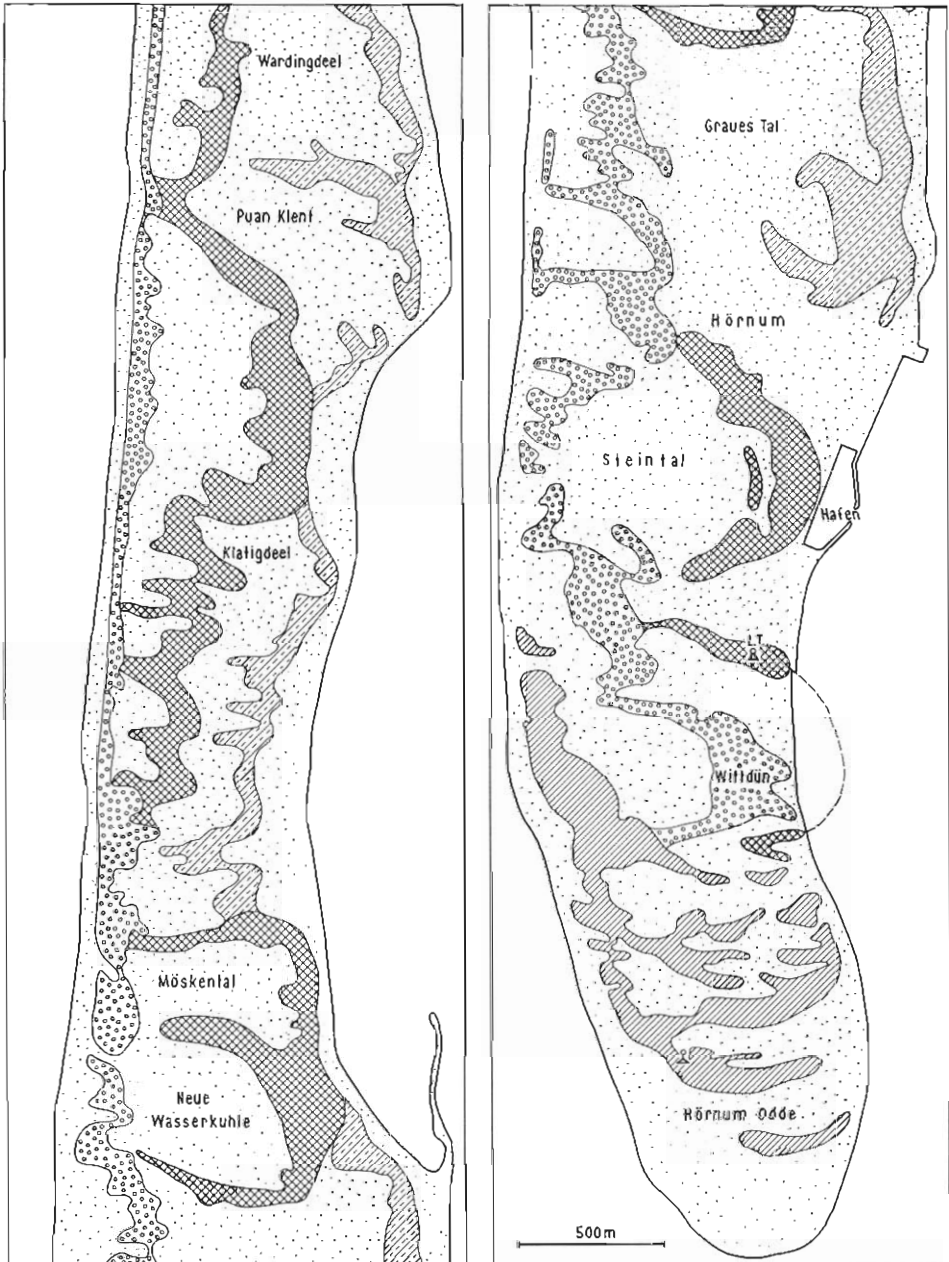


Abb. 29. Erdgeschichtliche Gliederung der Dünen bei Hörnum. Von Puan Klent bis Möskental sind fast durchgehend drei verschiedene alte Dünenreihen zu unterscheiden. Bei Möskental hat der mittlere Dünenbogen als nackte Großrippel-Düne (Wanderdüne) den älteren Dünenbogen überlaufen. Dieser tritt aber östlich des Grauen Tales abermals auf. Entweder diesem älteren Dünenzug oder dem mittleren gehören die Dünen östlich des Steintales, ferner die Düne mit dem Leuchtturm und eine winkelförmige Düne weiter südlich an. Äquivalente des Westküsten-Dünenzuges erreichen in der Weißen Düne (Wittdün) die Ostseite der Insel. Weiter südlich folgen, von der West- zur Ost-Küste durchlaufend, sechs junge, bogenförmige Kliffdünen-Züge. Ein neuer war seit Aufnahme der Grundkarte weiter im Süden vorübergehend entstanden

von dem nacheinander 7, als bogenförmige Kliffdünen, also als Strandsand-Dünen entstandene Züge von der West- bis zur Ostküste verlaufen. Bei diesen Dünenbögen liegt die Luvseite außen. Dadurch unterscheiden sie sich von den vorher erwähnten Dünenbögen, bei denen die Luvseite stets innen im Bogen liegt.

Die Entstehung jener sieben Züge aus Strandsand-Kliff-Dünen hat uns deren jüngster, am Südrand von Hörnum Odde in den letzten Jahren entstandener Bogen aufgezeigt (Abb. 29). Sandbänke wandern von Süden an die Odde heran. Sie bilden einen breiten Strand, auf dem in zeitlichem und räumlichem Abstand Strandwälle höher aufgeworfen werden. Auf ihnen lief die oben erwähnte Folge von Ereignissen ab: vielleicht *Triticum junceum*-Bestand, vermutlich aber zumeist gleich *Ammophila*-Bewuchs, dann Hochflutsteilkante und nachfolgend Sandwanderbahn nach oben. Bei der reichlichen Sandzufuhr und dessen Weiterverfrachtung durch West- und Südwinde wuchsen diese neuen Dünen erstaunlich schnell an Höhe und Breite.

Da der Helm (*Ammophila arenaria*) in ihrer Pflanzendecke noch überwiegt, ist die Verheidung der älteren dieser Strandkliff-Dünen noch nicht sehr weit vorgeschritten und daher das Ausmaß der Umlagerung durch Anti-Dünen noch gering.

Für die großen Dünenbögen, welche Ebenen wie „Neue Wasserkuhle“, „Graues Tal“, „Steintal“ usw. im Osten umgrenzen, sei die Frage nach ihrer Entstehung erörtert. Betrachtet man die Grundkarte 1:5000, so lassen sich in den Niederungen innerhalb der Dünenbögen an dem Verlauf der Höhenlinien 2—5 m die zurückgebliebenen niedersten Teile der Luvhänge erkennen. Sie verraten, daß der Sand nicht durch einzelne Anti-Dünen als Dünenbogen gewandert ist, sondern daß der Sand in ganzer Breite als pflanzenfreier Riesenrippel-Wall, d. h. mit nur einem Luv- und Leehang wanderte (s. S. 83). Wind aus Westsüdwest bis West hat die Riesenrippel

im Mösken-Tal	in 400 m Breite 550 m weit
in Neue Wasserkuhle	in 500 m Breite 600 m weit
im Steintal	in 750 m Breite 700 m weit

wandern lassen.

Auch für den der ältesten Dünenreihe zugehörigen Dünenzug östlich des Grauen Tales bezeugen quer zur Windrichtung verlaufende, zurückgebliebene niedrige Strichdünen (Abb. 10), daß hier ursprünglich Sand in einer nackten Riesenrippel gewandert ist. Diese Riesenrippel-Dünen sind später von einer Pflanzendecke überzogen worden. Als diese örtlich abgestorben war, entstanden Anti-Dünen und daran anschließend Hochdünen. Die unruhigen Kleinformen jener bis 30 m Höhe erreichenden Dünen bezeugen diese zweite Entwicklungsphase.

Es sind noch weitere dünengeschichtliche Einzelheiten zu beobachten, z. B. die Verdoppelung der Steintal- oder Hafen-Düne durch die 12 m hohe Düne zwischen Hang- und Buderstrandstraße, die Nahtstellen zwischen zwei Dünengruppen u. a. Auf diese weniger wichtigen Einzelheiten sei hier verzichtet. Wichtig erscheint, daß die morphologische Analyse der Hörnum-Dünen folgende Dünenarten nachweisen kann:

- a1) Sieben junge *Ammophila*-Dünenbögen im Süden
- a2) südlich des Leuchtturms eine junge, von Ostwind erzeugte Kliffdüne (Abb. 30)
- b) mehrere zur Ruhe gekommene Riesenrippel-Dünen (Abb. 31)
- c) Drei-Faktoren-Dünenbögen, aus Anti- und Hochdünen aufgebaut:
 1. als Ostküstenreihe, aus verheideten Dünen hervorgegangen
 2. als Westküsten-Dünenzug, entstanden aus vom Strande her in das Kliff eingerissenen Anti-Dünen. Der Anteil von Strandsand dürfte bei ihnen gering sein.

Als Altersfolge der Hörnum-Dünen ergibt sich:

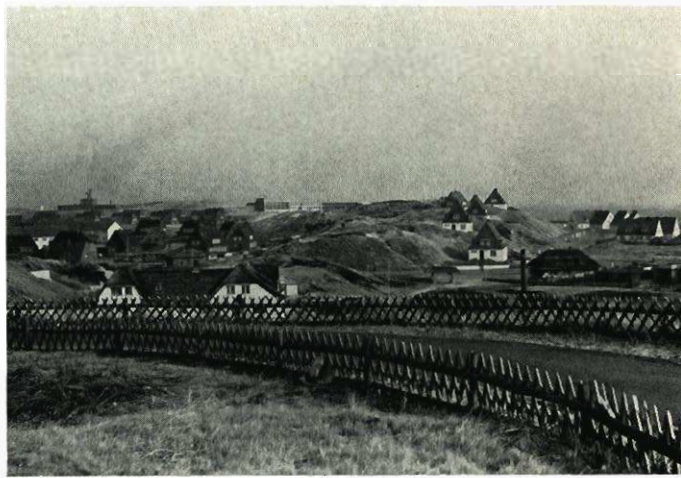
4. Westküsten-Dünenzug, in Wanderung begriffen
3. *Ammophila*-Kliff-Dünenbögen von Hörnum Odde und an der Ostküste südlich des Leuchtturmes

- 3 und 4 sind in ihren älteren und jüngeren Teilen gleichaltrig
2. Zwischen Möskental und Weißer Düne ehemalige Riesenrippel-Dünen
1. Ostküsten-Dünenzug
 - b) südlicher Abschnitt, die Höhen östlich des Grauen Tales und des Budersandberges umfassend
 - a) nördlich vom Möskental.

Abb. 30.
Hörnum, Blick nach E.
6. 3. 1967. Der Leuchtturm
steht auf dem Nordschenkel
eines im Wattenmeer ver-
schwundenen Dünenbogens.
Rechts vom Leuchtturm ein
neuer niedriger Ostwind-
Kliffdünenzug



Abb. 31.
Hörnum, Blick nach NE auf
den Budersand-Dünenbogen.
6. 3. 1967. Rechts das Tal
mit dem Bahnhof



c. Erdgeschichtliche Zusammenfassung

Für die Hörnum-Halbinsel selber ergibt sich aus der Morphologie der Dünen an erdgeschichtlichen Aussagen:

1. Der Hauptteil der Halbinsel überlagert Wattabsätze, ist also von Westen gegen Osten gewandert.
2. Der den Meeresspiegel überragende Teil nördlich vom Möskental besteht aus einem alten östlichen und einem stärker in Umlagerung befindlichen Westküsten-Dünenzug. Dieser wandert lebhaft ostwärts, insbesondere, da das Brandungskliff von Anti-Dünen zerschnitten

wird. Wegen der geringen Breite der Halbinsel haben sich auf ihr kaum Dünenbögen ausbilden können.

3. Im Gebiet vom Möskental an, südlich jedoch, treten bogenförmige Riesenrippel-Dünen bis zur Weißen Düne hin auf. Sie haben im Norden den Ostküsten-Dünenzug überschritten. So breite Wanderdünen setzten einen Sandspender voraus, der erheblich leistungsfähiger als der heutige Strand gewesen ist. Wir müssen daher annehmen, daß vom Möskental an südlich früher zeitweise trockenfallende Sandflächen vor der damaligen Westküste den Aufbau der Dünen vom Möskental bis zur Weißen Düne ermöglicht haben. Es liegt nahe, hierbei an Teile der damaligen Barre des Vortrapp-Tiefs zu denken.
4. Wenn jene Annahme zutrifft, muß erwartet werden, daß unter dem Südteil der Hörnum-Halbinsel die Grenze zwischen dem über das Watt wandernden Teil des Hörnum-Hakens und den Rinnen der vormals weiter nördlich gelegenen Barre liegt. Wie oben angeführt, liegt die Unterfläche der Meeresablagerungen in Nordhörnum im allgemeinen zwischen 3 und 6 m, im Bereiche des Ortes Hörnum aber bei 10 m und mehr unter NN. In keiner dieser Bohrungen ist Marschklei angetroffen. Dies spricht dafür, daß wir uns hier teils am Rande des Gats, teils im Bereich der früheren, ähnlich wie heute das Hörnumloch in Ostwest-Richtung die Barre querenden Rinnen befinden. Das ehemalige Auftreten von Sandbänken der Barre vor der früheren Westküste Süd-Hörnums ist also aus zwei Gründen wahrscheinlich.
5. Für die Hörnum-Halbinsel ergibt sich somit erdgeschichtlich eine Zweiteilung:
 - a) Im Nord- und Mittelteil West-Ost-Wandern eines begrünzten Sandhakens über Absätze des Wattenmeeres
 - b) im südlichen Teil außer jener Ostwanderung eine Verlagerung des Nordzweiges des Vortrapp-Tiefs gegen Süden.

Dieser Vorgang dauert heute noch an, wie die Anlagerung von Strandsand-Kliffdünen bezeugt.

II. Zur Entstehungs-Geschichte Amrums

a. Die Geest

Amrum besteht überwiegend aus Schmelzwasser-Absätzen der vorletzten Vereisung. Geschiebelehm wird kaum angetroffen. Nur im Kliff bei Steenodde treten gebundene Gesteine, nämlich gestauchte rostfarbige, glimmerreiche Sande und Schluffe sowie Tone auf. Dort nach Sturmfluten als Seltenheit gefundene kalkhaltige Geschiebe lassen das Anstehen von Geschiebemergel vermuten. In allen anderen Aufschlüssen und den Kliffs wurden nur Sande beobachtet. In der Kiesgrube nördlich des Leuchtturms sind diese durch Eisdruck gestauchte. Somit hat das Inlandeis durch Pressen bei der Formgestaltung mitgewirkt. Es ist möglich, daß die Südost-Nordwest-Richtung der Höhenzüge der Geestoberfläche dem Verlauf eines Eisrandes entspricht. Von Steenodde (19,5 m + NN) über den Rücken mit der Nebeler Mühle bis in die Westerheide nahe der Vogelkoje werden Höhen über 15 m erreicht. Westlich davon verläuft vom Gußkölk eine flache Talung bis östlich der Satteldüne. Diesem Tal ist beim Leuchtturm ein Hochgebiet vorgelagert. Es zieht sich möglicherweise unter den Dünen bis Satteldüne hin.

Den Verlauf der Grenze des Geestkernes im westlichen Dünengebiet hat W. JESSEN 1932 klargelegt. Deren scharfes Umbiegen nach Ost, gleich südlich des Leuchtturmes, konnte in mehreren frischen Windrissen bestätigt werden.

Die langgestreckte Amrumer Geest wird während der Eem-Warmzeit unruhig gestaltet

gewesen sein. Wie W. G. SIMON und E. DITTMER aus Bohrerergebnissen aufzeigten, war das Gebiet östlich von Amrum und südlich von Föhr bis an den Fuß der Bredstedter Höhen heran zur gleichen Zeit vom Meere, der „Nordfriesischen Rinne“ bedeckt. Kliff-Küsten dieses Meeres sind auf Amrum und Föhr nicht bekannt. Später wurden jene Meeresabsätze von den Schmelzwassersanden der nachfolgenden Vereisung mehrere Meter hoch eingedeckt. Zugleich verloren die rißzeitlichen Höhen, die — wie auf Amrum — jene jüngeren Schmelzwassersand-Ebenen überragten, ihre Formen infolge der periglazialen Vorgänge. Es entstand damals über tief gefrorenem Boden ein neues, heute weithin trocken liegendes Netz von breiten Tälern. Dies geht im Ideal-Fall vom höchsten Punkt radial nach allen Seiten aus, wie z. B. auf dem Glockenberg zwischen Hude und Fresendelf, unweit von Schwabstedt. Auf Amrum wird es von den zwei erwähnten Höhenzügen gelenkt. Das Trockental von Satteldüne bis an den Gußkölk ist fast zwei Kilometer lang. Ein vom Süden zum Anlunn (Nordost-Ecke der Geest) ziehendes Tal erreicht rund ein Kilometer an Länge. Durch diese umformenden Vorgänge während der Kaltzeit mit sehr geringem Pflanzenwuchs erhielt der Geestkern Amrums seine ausgeglichenen Oberflächenformen.

Als in der Nacheiszeit das Meer in unser Gebiet zurückkehrte, stieg es in dem Zeitraum 5000—3000 v. Chr. verhältnismäßig schnell von 15 auf 5 m unter dem heutigen Meeresspiegel an. Um 1000 v. Chr. dürfte es annähernd den heutigen Stand erreicht haben. Frühestens von dieser Zeit an, vermutlich aber erst später, schnitt die Brandung die Küste auf der Süd- und der Westseite Amrums an und schuf die Geestkliffs, die heute, mehr oder weniger von Dünen bedeckt, als kiesreiche, rostfarbene Hänge zwischen Leuchtturm und Satteldüne und, nach einer Unterbrechung in der Senke mit dem Nebeler Plattenweg, über A-Hörn hinaus bis Norddorf hin auftreten; siehe auch unter „Litorina-Kliff“ auf der Karte von W. JESSEN 1932. Nur um das Ende des Batjestigs ist der nördliche Teil des Geestkliffs durch eine Senke unterbrochen.

Von diesem Kliff war während der letzten Jahre zwischen Satteldüne und Leuchtturm teils auch der untere Hang, teils der ehemalige steinbedeckte Strand freigeweht. Reste von Kalkschalen waren nicht zu finden. Auch wurden Wälle von Strandgeröll, von denen W. JESSEN berichtet, nicht beobachtet.

Das nächstjüngere erdgeschichtliche Element sind jene Dünen, die auf die Geest hinauf geraten und auf deren Oberfläche weitergewandert sind. Da der Knick des Geestkliffs bei A-Hörn (um 60 Grad) von den auf die Geest vorgedrungenen Dünenbögen nachgeformt wird, sind jene jünger als das dortige Geestkliff. Diesem sind ferner weithin bedeutend jüngere Dünen vorgelagert.

Die hier und im Raume südlich des Leuchtturms vorhandenen Gegebenheiten ermöglichen es, Lage, Entstehung und Schicksal der Dünen geologisch klarzulegen.

Auf Amrum haben wir es mit drei Dünenbereichen zu tun:

auf der Odde

auf der Geest

zwischen Grootdün mit dem Leuchtturm und Wittdün.

b. Die Odde

Die Odde ist ein Dünenkomplex, der in seinem nördlichen Teil die Art seiner Entstehung aus von *Ammophila*-Dünen bedeckten Haken eindeutig erkennen läßt. Der äußerste, heute noch im Aufbau befindliche Haken 6 (Abb. 32) verläuft in Richtung des Südwest-Windes. Dieser nimmt bei seinem Weg längs des Strandes Sand auf und bedeckt damit den Hang des Hakens. Der Südwest-Sturm schafft vermutlich wenig Sand bis oben auf den von gut wachsender

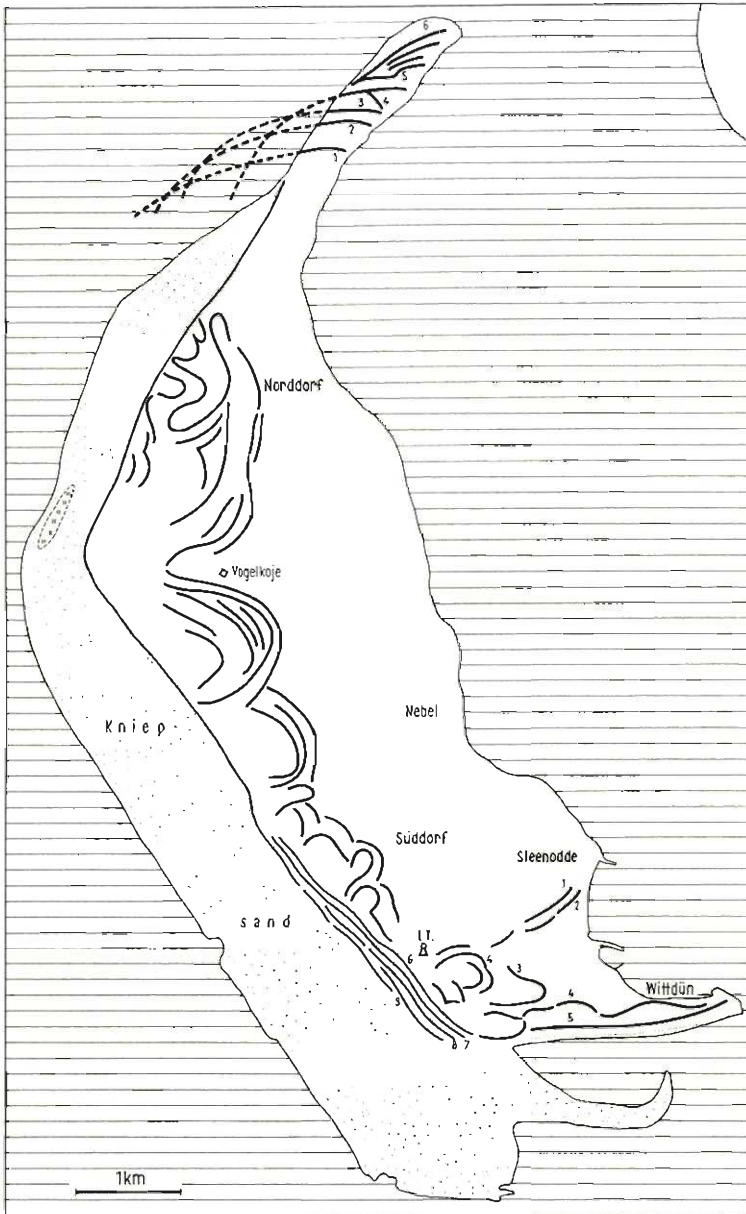


Abb. 32. Die verschiedenen Dünengruppen auf Amrum. Im Norden: Reste von Haken, die von Dünen überhöht wurden. Diese Haken gingen von früher erheblich weiter im W gelegenen Geestküsten West-Amrums aus. Auf der Geest von Norddorf bis östlich vom Leuchtturm überwiegend aus Anti-Dünen entstandene Dünenbögen. Nur selten sind nackte Großrippeln (Wanderdünen) aufgetreten, wie westlich von Süddorf. Auf dem Geestrand Leuchtturm—Steenodde liegen die ältesten Dünen von Süd-Amrum. Auf Haken, die von dem Geestkliff westlich des Leuchtturms gegen E aufgeschüttet wurden, waren Kliffdünen entstanden. Deren Sand ist inzwischen in Dünenbögen bis an die heutige Landstraße ostwärts gewandert. Junge Kliffdünen sind, besonders nachdem der Kniepsand zunehmend nach N verlängert ist, an dessen Binnenrand in mehreren Reihen nebeneinander entstanden. Deren älteste ist südlich des Leuchtturms schon wieder weitgehend von Anti-Dünen zerrissen. Neue Kliffdünen wachsen bei A-Hörn und weiter nördlich bis zum Norddorfer Geestrand hin empor

Ammophila begrünten Rücken. Erst der breitsandig einfallende Nordwest-Wind, der vom schmalen, steinbedeckten Strand nur wenig Sand aufnehmen kann, dürfte den am Hang bereitgestellten Sand bis auf die Höhe (um 13 m + NN) hinauftragen. Vermutlich infolge dieser Sandverfrachtung sind dem Nordwest-Wind Einbrüche in den Rücken des Hakens 6 nicht gelungen. Nur am äußersten Ende wird Sand durch einen Windriß auf die Wattseite verfrachtet und so dem Meere zurückgegeben.

Der südliche Beginn dieses bedünten Hakens 6 ist mit dem Westende von Dünen-Haken 5 vereint.

In der Niederung zwischen den Dünenzügen 6 und 5 sind die strandwallartigen Haken 5a und 5b eher an dem Zustand der Vegetation als durch die Höhe zu erkennen. Haken 5 selber erreicht im allgemeinen 13 m an Höhe; nur im Westen ist er durch eine Anti-Düne auf



Abb. 33. Luftbild der Odde von Amrum. Blick nach NE, rechts Insel Föhr (käufliche Aufnahme). Dunkel der Asphalt-Deich, der vorne von Flugsand bedeckt hell erscheint. Der hinterste Haken-Dünenzug 6 ist begrünt; er verdeckt durch seine Höhe den breiten Strand an der Nordspitze. Haken 5 ist links von Anti-Dünen aufgerissen und zeigt in der Mitte vier kleine Anti-Dünen. Haken 4 ist von dem der Länge nach aufgerissenen Haken 3 nicht zu trennen. Haken 2 weist helle Pfade auf; von Haken 1 sind nur geringe Dünenreste erhalten

etwas über 20 m emporgewachsen. Der Dünenzug dieses Hakens zeichnet sich dadurch aus, daß in ihm mehrfach *in seiner Längsrichtung* verlaufende Anti-Dünen aufgerissen sind. Dieser Haken 5 ist an der Wattseite vom Meere verkürzt worden. Im Westen wurde er nach der Grundkarte, also im Jahre 1927, vom jüngeren Haken 6 quer abgeschnitten.

Im Gelände treffen wir südlich von Haken 5 einen strandwallartigen Rücken 4a und weiter südlich den Haken 4. Dieser reicht bis an das Wattenmeer. Sein Westende geht in einem Komplex neuer Anti-Dünen und Hochdünen verloren. Von Haken 4 durch eine breite Niederung getrennt, folgt im Süden Haken 3. Seine Hauptrichtung verläuft schon Südsüdost—Nordnordwest. Haken 2 und 1 sind im Gelände roh zu erkennen, aber weitgehend umgelagert, so daß ihr ursprünglicher Verlauf nicht mehr festzulegen ist.

Die Odde entspricht also einem einseitig ausgerichteten Bündel von begrünten Haken (Abb. 33). Es fragt sich, wo lag jeweils die Küste, von der sie ausgingen? Der in Richtung Südsüdost verlaufende Rest von Haken 3 gehört zum Endstück eines in das damalige

Wattenmeer zurückbiegenden Hakens. Dieser muß von einem erheblich weiter südwestlich gelegenen Ansatzpunkt ausgegangen sein. Der sandige Kleiboden, der am Weststrand etwas südlich der Reste von Haken 1 ansteht, wird, wie die gesamte Norddorfer Marsch, im Schutze von Haken 1 entstanden sein. Damit wird ersichtlich, daß Haken 1 und ebenso die nachgefolgten am Norddorfer Geestkern angesetzt haben (Abb. 32). Die Folge der Haken der Odde setzt somit eine Rückverlagerung eines Geestkliffs voraus, das westlich der Strecke A-Hörn—Norddorf lag. Das Alter des heutigen Geestkliffs auf der Westseite von Nord-Amrum entspricht dem älteren Teil des jüngsten Hakens der Odde = Haken 6. Auch auf diesem Wege wird ersichtlich, daß die Haken 5—1 zu den weit im Westen gelegenen, verlorengegangenen Küsten gehören.

c. Das Alter des Norddorfer Dünenbogens

Das A-Hörn—Norddorfer Kliff wird bei Westwind durch Wellenschlag weiter abgetragen. Der dadurch gelöste Sand wurde und wird teilweise nach Norden in die Haken unter und vor der Odde verfrachtet. Flugsand und *Ammophila* haben dort im Laufe der Zeit auf den vom Meere aufgeschütteten Haken hohe Dünen entstehen lassen. Aber zur gleichen Zeit hat der Nordwest-Wind auch Sand auf die Geest verfrachtet. Diese wird den Meeresspiegel nicht um mehr als 12 m überragt haben. Beim Haus Batjestig (auf den Karten Schp nördlich des Quermarkenfeuers) reicht, wie erwähnt, eine Talung bis unter den Meeresspiegel hinab. Ein Überwandern durch Dünen konnte somit unschwer geschehen, solange genug Flugsand angefrachtet wurde. Die Verhältnisse liegen also anders als am Roten Kliff (Sylt). Die Dünen auf dessen Höhe erhalten heute keinen Nachschub mehr (K. GRIPP 1967b, S. 240).

Der Sand in dem östlichen Teil der Geest-Dünen kann als Dünensand mit dem in den alten Haken der Odde gleichaltrig sein. Der Sand in den küstennahen höheren Dünen wird zu gleicher Zeit wie der in Haken 4 und 5 als Flugsand verfrachtet sein. Haken 6 aber entspricht weitgehend den sich in jüngerer Zeit bis heute vor dem Geestkliff neu bildenden Strandsand-Dünen (Abb. 32).

Da die vorgeschichtliche Bestandsaufnahme auf Amrum durchgeführt ist, können wir aus KERSTEN & LA BAUME entnehmen, daß das heutige Dünengebiet von der Mitte der Jungsteinzeit durch die Bronze- bis weit in die Eisenzeit besiedelt war. Im Düvedal westlich von Norddorf sind Funde aus der Zeit von 1500 vor bis 350 nach Chr. gemacht (KERSTEN & LA BAUME, S. 95). Aus nicht geklärten Gründen fehlen auf den Nordfriesischen Inseln sowie auf Teilen des benachbarten Festlandes Funde aus dem 6. und 7. Jahrhundert; jedoch im Skalnas-Tal liegt der aus der Zeit vor oder um 700 angelegte Wikinger-Friedhof (ebenda, S. 90). Um diese Zeit hatten die Dünen auf der Nord-Amrumer Geest ihre heutige Lage also noch nicht eingenommen. Jüngere Kulturspuren unter den Dünen sind teilweise die im letzten Jahrzehnt häufig freigewehten „mittelalterlichen Ackerbeete“. Unweit des Esenhugh bei Steenodde ist zu belegen, daß deren Alter jünger als Bronzezeit und älter als karolingisch anzusetzen ist (ebenda, S. 94). Jedoch ist durch Funde von Wenningstedt und Nieblum gesichert, daß beetförmige Äcker bis in die Neuzeit benutzt wurden⁶⁾.

K. KERSTEN 1964, S. 7 meldet, daß Ackerbeete, unterhalb des Leuchtturms nahe dem Geestkliff gefunden, nach den darin enthaltenen Scherben im 14. Jahrhundert noch frei von Dünen gewesen sind (siehe auch KERSTEN & LA BAUME 1958, S. 221). KERSTEN schließt daraus, daß die

⁶⁾ Die Versuche aus auf jenen Äckern gefundenen Ziegelbrocken eine Altersangabe zu gewinnen, mißlang, da auf Amrum früher Ziegel von gestrandeten Schiffen durch den Dünengürtel zu den Dörfern gebracht wurden. Dabei verlorener Ziegelbruch endet schließlich auf den freigewehten Äckern (K. GRIPP 1967b, S. 229).

Dünen teils nach dem 10. Jahrhundert, teils nach dem 14. Jahrhundert über die Geest gewandert seien.

H. VOIGT (1964, S. 29) leitet aus der Lage der heutigen Dörfer im Osten der Insel ab, daß bei deren Gründung Furcht vor den Dünen die Ortswahl mitbedingt habe. St. Clemens im heutigen Nebel bestand 1240. Im Zusammenhang mit den vorgeschichtlichen Daten setzt dieser Autor den Anmarsch der Dünen in die Zeit zwischen dem 9. und 13. Jahrhundert.

Wir wissen kaum etwas über die Geschwindigkeit, mit der Riesenrippel-Dünen und die durch Pflanzenwuchs gehemmten Antidünen-Bögen über das Land wandern. Im letzten Jahrhundert ist das Vordringen gegen Osten auf Amrum auch dort, wo der Mensch nicht bremste, nur gering gewesen, z. B. um die Nebeler Vogelkoje. MÜLLER-FISCHER (Amrum, S. 186) geben folgende Beschreibung der Dünen für 1789:

„Gegenwärtig ist der Flugsand ziemlich befestigt, hauptsächlich durch den Helm . . . an zwei Stellen und in geringerem Umfang an drei weiteren sind Sandberge versetzt.

Dies heißt doch wohl in heutiger Ausdrucksweise: Mit Ausnahme einiger weniger aktiver Antidünen herrschte damals Ruhe. In Norddorf ist noch kein Haus von Dünen verschüttet worden. Im Gegenteil, neue Häuser werden ständig näher am Fuße der Dünen errichtet. Auch nördlich des Leuchtturms sind Häuser unmittelbar vor dem Dünenfuß entstanden.

Während der letzten 1½ Jahrhunderte sind somit die Dünen infolge natürlicher wie künstlicher Festlegung durch Helm und Heide sehr langsam gewandert. In früheren Jahrhunderten wird es trotz Beschädigung der Pflanzendecke durch Wege, Vieh und Helm-Gewinnung zur Reep-Herstellung kaum anders gewesen sein. Wir können also zunächst aussagen: Zum mindesten zeitweise sind die von Pflanzen bedeckten Dünen sehr langsam gewandert. Sie haben dabei nur einen schmalen Streifen Landes gefährdet. Daher heißt es schon 1797 zutreffend:

„Die an die Sanddünen grenzenden Ländereien werden schon von alten Zeiten her und auch alle Jahre ab und zu mit Flugsand bedeckt und dadurch beschädigt.“ MÜLLER-FISCHER (Amrum, S. 187).

Es ist somit berechtigt, anzunehmen, daß Ackerbau bis nahe an die Dünen heran betrieben werden konnte und daß die Dünen nur sehr langsam nach Osten vordrangen . . . wie heute.

Ein Gleiches gilt von den zwei Dünenbögen, die zwischen Vogelkoje und Satteldüne nach Osten vorgedrungen sind.

In Gebieten, die weithin von Meeresdünen überdeckt sind, hat man häufig versucht, Zeiten verstärkter Dünenwanderung herauszufinden. Schwankungen des Meeresspiegels, Entwaldung u. a. wurden als Ursache angenommen. Die Untersuchungen der nordfriesischen Dünen zeigen auf, daß nicht regionale, sondern lokale Verhältnisse entscheiden, ob Strandsand zunächst langfristig in einem breiten Walldünen-Gürtel angehäuft wird und später verhältnismäßig plötzlich als Ganzes abwandert. Am Strande liegt die Entscheidung für beide Vorgänge. Bleibt der Strand vor der wachsenden Düne breit und reichlicher Sandspender, so wächst die Sandmenge in der Kliffdünenzone. Nimmt das Meer aber den Sandlieferer fort, indem sich eine Rinne dicht unter der Küste ausbildet, so überwiegt die Sandverfrachtung die Zufuhr erheblich. Das aber heißt, eine örtliche Ursache hat eine bedeutende Sandwanderung ausgelöst. Der Wechsel, bald Rinne, bald reichlich Sand liefernder Strand, und dies in der Nachbarschaft im entgegengesetzten Ablauf, läßt sich aus späterer Zeit nicht in Einzelvorgänge zerlegen. Daher dürfte leicht als regional angesehen werden, was zu verschiedenen Zeiten lokal eintrat.

Ein Gleiches gilt auch für den Eingriff des Menschen. Man darf annehmen, daß in der Nacheiszeit zunächst Wald die Inseln bedeckte, zumal damals die Küste noch weit im Westen lag. In der jüngeren Steinzeit, also ab 3000 vor Chr., wird der zum Ackerbau übergegangene

Mensch den Wald auf der Geest zunehmend gerodet haben. Schon landeinwärts vorgedrungene Dünen werden gleichfalls bewaldet und dadurch festgehalten gewesen sein. Erst als der Mensch den Wald der Geest vernichtet hatte und das benötigte Holz auch in den Dünen gewann, konnten jene Dünen erneut wandern. Je dichter die menschliche Besiedlung, desto höher der Feuerungsbedarf, desto weitgehender die Zerstörung der Pflanzendecke und desto stärker die Sandverfrachtung. Da die westlichen Teile der Geestinseln inzwischen vom Meere abgetragen sind, ist es nicht mehr möglich, durch Pollenanalyse jene Veränderungen der Vegetation nachzuweisen. Die erwähnten vorgeschichtlichen Funde bezeugen, wann die heutigen Dünen die Geest frühestens überwandert haben.

d. Der südliche Dünenbereich

Südlich der Linie Steenodde—Leuchtturm lassen sich an erdgeschichtlich wichtigen morphologischen Einheiten unterscheiden:

Das Geest-Kliff zwischen Leuchtturm und Steenodde,
die älteren Dünen südlich der Landstraße Wittdün—Leuchtturm,
die Marsch,
die jungen parallelen Kliffdünen-Züge.

1. Der Geestrand Steenodde—Leuchtturm

Diesem Geestrand sind im Ostteil geringmächtige Dünen randlich aufgelagert = Zug 1. Dem Fuß des Geesthanges vorgelagert ist Dünenzug 2. Dieser erreicht bis 5 m Höhe. Nach Lage und Höhe ist er am Ufer der heutigen Nordsee entstanden. Danach dürfte der heutige Geestrand nicht das Ergebnis eiszeitlicher Schmelzwässer, sondern das des Meeres sein, das vor wenigen Jahrtausenden bogenförmig um den Südrand der Insel entlangstrich.

2. Die Dünen südlich der Landstraße Wittdün—Leuchtturm

Jünger als die ebengenannten werden Strömungen gewesen sein, die das Kliff an der Westseite der Amrumer Geest entstehen ließen. Das Meer dürfte bestrebt gewesen sein, vom Kliff Steenodde—Leuchtturm Haken gegen Westen vorzuschütten, quer zu dem späteren Kniepsand. Diese wurden aber von der Nord-Süd-Strömung vor dem Westkliff ständig zerstört. Dabei müssen Haken von der Leuchtturm-Höhe gegen Südost und Ost vorgeschüttet worden sein, entsprechend denen, die auf der Odde von Nord-Amrum heute noch erhalten sind. In Süd-Amrum sind diese Haken nicht mehr als einzelne Züge zu erkennen. Vermutlich waren es die quer zu ihnen einfallenden Südwest-Winde, welche die auf den Haken entstandenen Dünenzüge zerschnitten und verlagerten. Der hierher gehörende Zug 3 geht von der Grootdün aus und bleibt südlich der Landstraße. Ihm scheint in Nähe des Leuchtturms ein vierter Zug vorgelagert zu sein. Nach West folgt ein breites Tal, das durch einen niedrigen Wall (= Zug 5) in zwei Teile getrennt wird. Der nächste Dünenzug 6 ist ganz anderer Entstehung (Abb. 32).

Zwei Umstände weisen darauf hin, daß die Dünen-Komplexe 3—5 ihre Entstehung ursprünglich Haken verdanken. Einmal ist es der bogenförmige Verlauf dieses Dünenkomplexes und besonders dessen zwei Dünenzüge im Bereich des Ortes Wittdün selber. Weiter im Westen sind diese Dünenzüge ersichtlich durch Anti-Dünen-Verfrachtung ungleichmäßig

nordostwärts gewandert, so daß die Herkunft von Haken nicht mehr zu erkennen ist. Aber deren Sockel müßten erhalten geblieben sein. Es fragt sich daher, ob aus Bohrungen ein Unterschied im Aufbau des Untergrundes zwischen den Bereichen der Dünen und der Marsch und damit ein zweiter Hinweis auf Haken zu ersehen ist.

3. Die Marsch im südlichen Amrum

Im Winkel zwischen der Geest und den von Dünen besetzten Sandhaken finden wir Marsch abgesetzt, so nördlich von Kampen (Sylt), wie schon auf MEYERS Karte aus der Mitte des 17. Jahrhunderts verzeichnet ist, ferner nördlich von Norddorf und in entsprechender Weise zwischen Wittdün und Steenodde. Solche Marsch kann nur dort aufwachsen, wo Strömung und Brandung weitgehend abgehalten werden. Das Vorkommen einer Marsch zwischen Wittdün und Steenodde setzt voraus, daß nicht mehr überflutete, also bedünzte Haken Schutz gegen Westen und Süden geboten haben.

Über den Untergrund Süd-Amrums gab freundlich gewährte Einsicht in die Bohr-Verzeichnisse des Geologischen Landesamtes zu Kiel-Wik Aufschluß.

Eine Bohrung an der Landstraße nahe dem südlichsten Punkt der Marsch ergab bis 1 m — NN kiesigen Sand und darunter bis 4,5 m — NN Klei mit Schalenbruch. Zwei Bohrungen um den Hafen und eine am Wege zum Hafen, 50 m von der Landstraße entfernt, trafen Klei bis 4,5 und 6 m Tiefe unter Gelände, also bis 2,5 und 4 m — NN an.

Drei Bohrungen in Wittdün unweit der Kapelle nördlich der Hauptstraße ergaben bis 11, 13 und 15 m Tiefe sandige Meeresabsätze und darunter eiszeitliche Ablagerungen. Eine im westlichen Wittdün am Grunde des Tales zwischen den beiden Dünenzügen bei etwa 2 m + NN angesetzte Bohrung erbrachte bis 3 m — NN Sand mit Schalenbruch. Somit können wir für das unter Wittdün gelegene Ostende dieses Dünen-Gebietes aussagen, daß Klei fehlt, also ein von Dünen besetzter Sandhaken vorliegt.

4. Die jungen parallelen Kliff-Dünen-Züge

Die Entstehung der im Westen anschließenden, 4 bis 6 jüngeren und noch in weiterem Aufbau befindlichen Küstenkliff-Dünen ist eingangs behandelt worden, ebenso der Umstand, daß sie durch Aufreißen von Antidünen zunehmend zerstört werden, sobald die Sandzufuhr unterbunden wird.

Der Unterschied zwischen dem ältesten und am weitesten zerstörten, aber noch am Ort der Entstehung befindlichen Kliffdünenzug und dem im vorigen Abschnitt behandelten Dünengebiet ist erheblich. Da die Entstehung die gleiche gewesen sein dürfte, liegt es nahe, an einen erheblichen Altersunterschied zu denken.

In diese Alterslücke dürfte die Entstehung des *Kniepsandes* fallen. Erst nachdem dieser Sandlieferant entstanden war, konnte der Aufbau der Kliffdüne aus der Gegend von Wriakhörn gegen Norden zunehmend geschehen. Westlich vom Leuchtturm hört der älteste Zug („Rauhe Alpen“?) auf. Der zweite (Zug 7) wird nunmehr der stärkste. Er endet südlich des Süddorfer Weges. Jüngere Züge reichen weiter nach Norden. Vor dem Wege von Satteldüne her findet diese Serie von Kliffdünen ihr nördliches Ende. Dies wird damit zusammenhängen, daß im Jahre 1928 wenig weiter nördlich die Reste des Kniephafens noch vorhanden waren. Siehe MÜLLER-FISCHER (Amrum, Abb. 3 bei S. 16 und Abb. 7 bei S. 44). Im Jahre 1960 waren

7) In der Gesamtzählung der 6. Zug der Süd-Amrumer Dünen

nur noch die beiden südlichen der auf dem Zusammendruck 1:25 000 vom Jahre 1955 angegebenen Tümpel vorhanden. Sie waren steilwandig, ihr Ufer bestand aus Schwemmsand. Die Einwohner berichteten von reichem Aalfang in ihnen. 1964 spätestens waren auch sie von Flugsand und Flutsand aufgefüllt worden.

5. Über das Alter der Kliff-Dünen Süd-Amrums

Die Bildung der Kliff-Dünen fand statt:

- a) nach Beendigung des Aufbaues der gegen Südosten und Osten gerichteten südlichen Haken,
- b) nach Beginn der Bildung des Kniepsandes.

Dieser entstand durch Auffüllung der Bucht hinter einem Uferwall, der einem gegen Norden gerichteten Fluthaken entspricht. Der so entstandene südliche Kniepsand wurde, besonders während der Frühjahrs-Trockenheit, von Ost- bis Südost-Winden mit Flugsand eingedeckt. Nachfolgende Winde aus Südwest bis West warfen einen Teil des Sandes in die Kliffdüne. Dieser Vorgang spielt sich noch heute ab; er kann auch bei Frostwetter in erheblichem Umfang geschehen.

Absolute Zeitangaben über den Beginn der Abschnürung der Bucht, die später zum Kniepsand wurde, sind aus alten Karten nicht zu gewinnen. Das amphibische Gebiet wurde von den



Abb. 34.

Amrum, Süddorfer Dünen
1. 10. 1965. Bimssteinstücke,
von denen über 100 zusammen
mit Dampferschlacken in einer
erneut aufgerissenen Düne
gesammelt wurden.

Kartographen damals nicht beachtet. Für die Zeit von 1799 bis 1960 geben MÜLLER-FISCHER (Amrum, bei S. 16 und H. VOIGT 1964, S. 41) kartographische Angaben. H. VOIGT läßt ebenda den Kliffdünen-Zug seit 1870 entstehen.

Von datierbaren Funden liegt aus den Kliffdünen nur einer vor. Der mittlere Dünenzug südlich des Süddorfer Plattenwegs war 1963/65 stark ausgeblasen. Auf der freigelegten Sohle und im tieferen Teil der Dünen fanden sich: eine bis 10 cm dicke Lage breitblättrigen Seegrases, 120 Stück grauen Bimssteins bis 5 cm Durchmesser (Abb. 34), zahlreiche Stücke von Dampferschlacke und die Schale einer Napfschnecke (*Patella*). Hieraus ergibt sich, daß in diese heute rund 100 m vom Kliff landeinwärts gelegenen Dünen das Meer zur Zeit der Dampfschiffahrt eingebrochen ist. Der Bimsstein dürfte isländischer Herkunft sein. Nach Ausbrüchen, z. B. des Hekla 1947, war die angrenzende See mit breiten Bändern von Bimsstein bedeckt (NOE NYGAARD 1951). Bisweilen wurde solcher Bimsstein bis an unsere Küste verdriftet. 1965 fand sich am Fuße des Roten Kliffs gleichfalls ein einzelnes Stück dieses hellgrauen Gesteins. Ein Alter

läßt sich aus ihnen bislang nicht erkennen. Aber die Dampferschlacke bezeugt, daß jener Dünenzug zur Zeit lebhafter Dampfschiffahrt, also wohl zwischen 1880 und 1920 am Meere gelegen war und von diesem angegriffen wurde.

e. Der Kniepsand

Anlaß zur Entstehung des Kniepsandes ist — wie erwähnt — ein Haken. Dieser tritt uns im Süden als Uferwall, westlich von Norddorf als eine Serie von schwach bogenförmig auslaufenden Haken entgegen (F. KNOP 1963, S. 13). Der südliche Kniepsand erhält ständig neuen Sand zugeführt, da hier im Winkel zwischen zwei Gats (wie bei Hörnum) Sandbänke, vermutlich als Äquivalent des Riffs, auf die Küste zu wandern. F. KNOP, S. 11, berichtet für das Ostende des Kniepsandes über die Veränderungen sowohl der Außenkante = Strandwall wie des inselwärts wandernden und nach 30 Jahren ersetzten Hakens, genannt „Kapitän“.

Für den Abschnitt zwischen den beiden von F. KNOP näher untersuchten Gebieten, also zwischen der Odde und Wittdün, läßt sich nach den Erfahrungen der letzten sechs Jahre angeben:

- 1) Ein einzelner Pfahl der jüngsten ehemaligen, vom Leuchtturm kommenden Badebahn stand jahrelang in gleicher Weise auf halber Höhe des Strandhanges. Seit 1965 wurde er nicht mehr angetroffen. Nach dem Winter 1967 aber waren dort 3 Pfähle freigespült.
- 2) Das Westende der Pfahlreihe der älteren, von Wriakhörn ausgegangenen Badebahn ließ nach der Februar-Flut 1962 durch Freilegung weiterer Pfähle eine landeinwärts gerichtete Verlagerung des Ufers erkennen. Ebenso war es 1967. Diese Verluste durch Sturmfluten werden vom Meere und durch Flugsand ausgeglichen.
- 3) Auch die Fundamente der Badeeinrichtungen von Nebel und Süddorf bezeugten eine im großen gesehen stabile Lage des Ufersaums.

Brandung und quer zum Ufer laufende Winde rufen bisweilen Abtrag des Außenstrandes hervor. Ost- und Südost-Winde aber können Sand an jenen Uferabschnitt herantragen. Dieser fällt teils im seeseitigen Lee des Strandwalles, teils im Wasser nieder.

Der Kniepsand war also ursprünglich eine durch einen Haken abgeschnürte Bucht. Dieser Haken entstand in entgegengesetzter Richtung als die früher erwähnten, von dem Geestvorsprung beim Leuchtturm gegen Osten vorgeschütteten Haken. Der Kniep-Haken mag ursprünglich an deren Ostende angesetzt haben. Dieses Nahtgebiet ist aber heute durch die mit dem „Kapitän“ genannten Haken zusammenhängenden Brandungs- und Strömungserscheinungen zerstört. Die heute, wie erwähnt, von anwandernden Bänken herangeführten Sandmassen gehen teilweise nach Osten in Gat-Rinnen verloren, nach Nordwesten aber wurden sie anfangs in das Becken hinter dem Kniep-Haken und, als dieser aufgefüllt war, auf den Kniepsand geworfen. Diese Sandmassen erhöhen den Südteil und füllen den Nordteil auf, soweit wie sie dorthin gelangen. Ein weiterer Anteil erhöht die Kliffdünen. Der Formenschatz des Flugsandes (K. GRIPP 1963) kann sich stets nur bis zur nächsten Überflutung halten. Die Sandmassen werden dann umgelagert, erhöhen den Kniepsand und lassen die Reste des Kniephafens zunehmend versanden. Kräftige Sturmfluten aber tragen erheblich ab. Dieser Verlust wird früher oder später durch Zufuhr von Flugsand wieder ausgeglichen.

Ein neuer erdgeschichtlicher Abschnitt wird um A-Hörn entstehen, falls die dort draußen auf dem Strandwall entstandene *Triticum*-Insel sich auf die Dauer halten kann. Wie von K. GRIPP (1967b, S. 239) dargelegt, erzeugt ein solcher Wellenbrecher größerer Ausdehnung eine Senke, auf deren landseitigem Hang das austretende Grundwasser Salzwiesenwuchs ermöglicht. Von jener Vegetation wird Schlick gefangen, so daß allmählich eine von Wasserlöchern und Prielen unterbrochene, begrünte sandige Seemarsch entsteht. Beispiele finden wir in St. Peter-Böhl und Fanö-Nord.

C. Künftiges erdgeschichtliches Geschehen und Küstenschutz

a. Hörnum

Die Hörnum-Halbinsel entstand seinerzeit durch zwei Vorgänge. Zunächst verfrachteten die Meeresströmungen Sand in Verlängerung des Mittelsylter Diluvial-Kliffs nach Süden. Dadurch entstand ein untermeerischer Haken. Danach warfen die Westwinde Strandwälle und Dünen auf diesem Haken auf. Die Dünen wanderten gegen Osten auf die dortigen Wattablagerungen hinauf und verbreiterten dadurch den übermeerischen Teil des Hakens. Auf der Westseite ist der ursprüngliche Haken längst vom Meere abgetragen. Von jungem Wandersand überdeckter älterer Sand und Wattablagerungen bauen den heutigen Westabfall der Hörnum-Halbinsel auf. Dort schreitet der Landverlust ständig fort.

Da Bebauung, Straßen und Eisenbahn heute eine Überwanderung der Halbinsel durch Dünen nicht zulassen, wird Flugsand der Ostküste nicht mehr zugeführt, die Halbinsel auf natürliche Weise also nicht mehr verbreitert. Um so wichtiger ist es, dem Landverlust an der Westküste der Halbinsel Halt zu bieten.

Zum Küstenschutz angelegte Bühnen mannigfacher Bauart haben es bislang nicht vermocht, die Küste in einer gewünschten Lage festzuhalten.

Kürzlich wurde dargelegt (Die Küste Jg. 14, H. 2, S. 170), daß eine dauerhafte Festlegung der Inselküste nur erreicht werden kann, wenn diese zur Felsküste oder billiger zur Ausgleichsküste zwischen Aufhängeorten aus künstlichen Felsvorsprüngen umgestaltet würde. Diese Erkenntnis auf künftigen Küstenschutz angewandt, führt zu folgenden Überlegungen:

1. Die gesamten Vorgänge zwischen Strand und 12 m Tiefe müssen einheitlich gelenkt werden, d. h. es sind nicht wie bisher Bühnen, sondern lange Molen oder Dämme zu errichten, die mit ihrem Kopf bis zur 12 m Tiefenlinie reichen.
2. Der Erfolg dieser Dämme besteht darin, daß sie die Strömung und Sandverfrachtung in geschwungenem Verlauf zum Kopf des Dammes hinlenken.
3. Diese Wirkung wird am schnellsten erreicht, wenn nach Fertigstellung des Dammes baldmöglichst Sand in die Winkel zwischen Damme und Küste aufgespült wird.
4. Dieser Sand wird sich entsprechend einer Bogenküste verteilen; deren bogenförmiger Verlauf wird eine gleichmäßig Strömung vom Ufer fort zum Dammkopf hin bedingen.
5. Beiderseits eines solchen Dammes wird Sand für dauernd festgehalten werden, d. h. es entstehen dort neue Sandstrände. Entsprechendes kennen wir von Neufahrwasser, der Südmole Niendorf (Ostsee) und auch schon vom Puttgardener Fährhafen. Etwa fortgeschwemmter Sand dürfte bei geringerer Strömung und Brandung durch neu hinzugeführten ersetzt werden, soweit wie es sich um eine Küste mit Sandwanderung handelt. Dies ist vor der Hörnum-Halbinsel der Fall*). Am Kopf der Mole wird der dorthin verfrachtete Sand zwar abgebaut, aber ständig ergänzt, so daß hier größere Auskolkungen nicht zu erwarten sind. Die Konstruktion und besonders die Höhe des Dammes wird man besonders untersuchen und so gestalten müssen, daß keine wesentliche Überströmung stattfinden kann.

Dem Landverlust an der Westseite der Hörnum-Halbinsel steht der Anwachs nach Süden gegenüber. Der dort vom Winde zu Kliff-Dünen neu aufgehäufte Meeressand wird durch

*) Anm.: Die vorstehende Betrachtung gilt dem Bemühen, die Küste in ihrer heutigen Lage zu erhalten. Mit Hilfe langer, in die See hineingebauter Dämme müßte es möglich sein, die Küste örtlich wieder seawärts zu verlagern. Zweifelsohne werden die Kosten solcher Dämme sehr hoch sein, aber der besonders in der Inselmitte unablässig schwindende Strand wird, wenn man Westerland und seine benachbarten Strandbäder auf die Dauer überhaupt erhalten will, zu ungewöhnlichen und kostspieligen Maßnahmen zwingen.

Strömung und Wellen sowohl von Norden wie von Süden herangefrachtet. Eine weitere Verlängerung des Hörnum-Hakens gegen Süden wird jedoch durch das spitzwinklig zur Küste mündende Hörnum-Tief erschwert. Nur in dem Maße, wie sich dieses gegen Osten verlagert, kann Hörnum gegen Süden weiterwachsen.

Die Bilanz für die Hörnum-Halbinsel lautet also: Keine Verbreiterung mehr gegen Osten, dazu ständiger Verlust im Westen. Die Halbinsel wird also verschwinden, wenn ihre Westküste nicht „demnächst“ für dauernd festgelegt wird. Dies kann nur Erfolg haben, wenn die Schutzbauten sich dem natürlichen Geschehen so weit wie möglich einfügen. Auch hier sind Dämme quer über die Riffzone und dazwischen sandige Buchten, also eine girlandenartige Ausgleichsbogen-Küste zu erstreben.

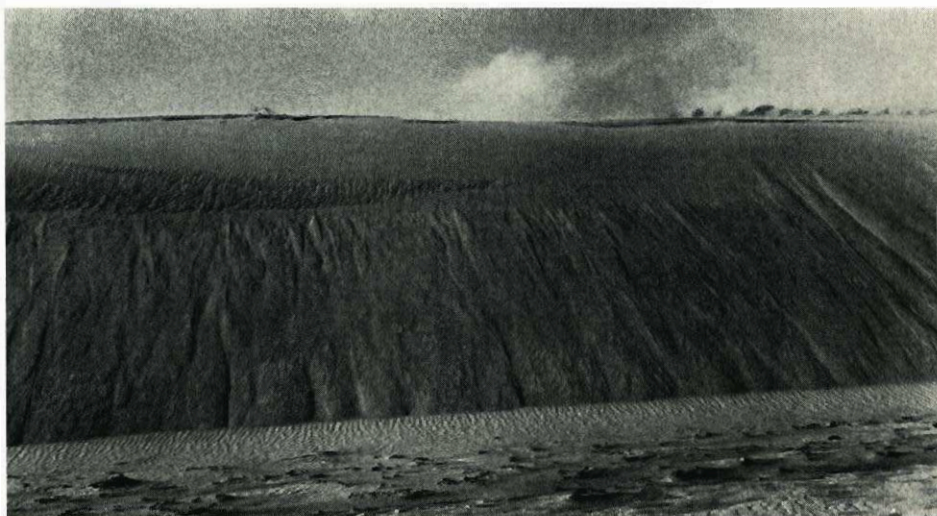


Abb. 35. Amrum-Odde 1. 4. 1961. Leehang an der Wattseite bei Sandtreiben. Oben Sandwächte, aus der Flugsand über Altsand in Zungen ständig abrutscht. Windrippeln am Fuß des Hanges bezeugen, daß der Wind schräg von links nach rechts über den Hang weht. Das nächste Hochwasser wird einen großen Teil des über die Odde verfrachteten Sandes für immer entführen

b. Amrum

Der Kern der Insel erscheint durch die Auffüllung des Kniephafens zum Kniepsand gesichert. Der erste, vielleicht noch vorübergehende Ansatz zu seiner Verlandung ist in den letzten Jahren durch das Entstehen des *Triticum*-Feldes westlich vom Quermarkenfeuer zu erkennen.

Im Süden, bei Wittdün, ist ein geringer Landverlust zu verzeichnen. Er ist nur dadurch von Belang, da Häuser unverantwortlich dicht an das Abrasions-Kliff aus Dünen sand heran errichtet wurden. Hier dürften Schutzmaßnahmen unschwer Erfolg haben, zumal Anschluß an eine bewährte Ufermauer zu erreichen ist.

Ungleich ungünstiger sind die Verhältnisse auf der Odde in Nord-Amrum. Dort sind nur noch Reste von Haken vorhanden. Deren Ergänzung nach Westen lehrt, daß hier seit langem Landverlust und dies in beträchtlichem Ausmaß eingetreten ist. Die Erfahrung der letzten Jahre ergab, daß dieser Vorgang leider fort dauert.

Die im Hörnum- und Vortrapp-Tief ein- und auslaufenden Wassermassen erfordern ein Bett bestimmter Breite. Da dieses Bett durch die Verlängerung des Hörnum-Hakens nach Süden von Nordwesten her eingeengt worden ist, dürfte der Angriff auf die Odde von Westen her unausbleiblich und schwer einzuschränken sein.

Was der Mensch hier tun könnte ist, den Vorgang zu verlangsamen, indem er dafür sorgt, daß Sand in möglichst großem Ausmaß erhalten bleibt. Es muß also verhindert werden, entweder daß Sand in das Wattenmeer gelangt oder daß der in das Wattenmeer verfrachtete Flugsand von Uferströmungen in das Hörnum-Tief zurückverfrachtet wird.

Das erstgenannte Vorhaben erfordert nicht nur routinemäßige Helmpflanzungen, sondern Fangzäune in größerer Zahl und am richtigen Ort. Der Versuch, Windrisse durch Helmpflanzung zu schließen, kann nur erfolglos bleiben. Der Zustand wie ihn Abbildung 35 vom

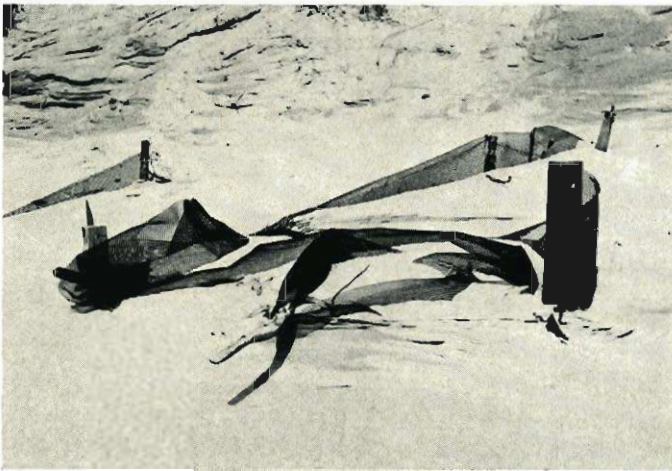


Abb. 36.
Amrum—Odde. 31. 3. 1967.
Kunststoffnetz als Sandfang
in ungepflegtem Zustand
und daher wirkungslos.
9 Monate später wurde der
gleiche Zustand angetroffen

April 1961 wiedergibt, sollte durch Fangzäune unmöglich gemacht werden. Diese müßten ständig gepflegt und wirksamer gesetzt werden, besonders zur Zeit der stärksten Sandwanderung während des Winters (Abb. 36).

Anders als auf Hörnum bestehen hier keine Bedenken, den Sand ganz über die Odde hinüber wandern zu lassen und so die Halbinsel zu verbreitern. Hier könnte man also dem Gedanken nachgehen, den Verlust im Westen durch Sandfang im Bereich des heutigen Watts auszugleichen. Ob Lahnungen oder ein Fangdamm das Richtige wären, mögen die Fachleute entscheiden. Die Odde schützt Föhr. Ihre Erhaltung durch Anwachs im Osten dürfte eine billige Lösung des Erforderlichen sein.

D. Zusammenfassung

1. Umfangreiche Strandsand-Dünen entstehen nur durch *Ammophila* (Helm) und nur an stabilen oder seewärts sich verlagernden Küsten.
2. Voraussetzung für solche Sandanreicherung ist, daß der Strand mehr Sand liefert als aus den anschließenden Dünen fortgeweht wird.
3. Läßt die Sandzufuhr in die *Ammophila*-Kliff-Dünen nach (Priel vor Küste, Strandverschmälerung, Verschlickung, neue Kliff-Düne vorgelagert, Kunstbauten), so schwindet *Ammophila* und die Sandmasse beginnt, früher oder später als Dünensand zu wandern.

4. Sandwanderung findet im krautbewachsenen Dünenbereich statt als Anti- und Hochdüne:
 - a) an vom Meere zurückgedrängten Dünenkliff-Küsten,
 - b) in vegetationsbedeckten Altdünen-Gebieten durch Aufreißen neuer Windrisse.
5. Wo gleichzeitig und benachbart mehrere Windrisse und Hochdünen entstehen, können sich die Hochdünen zu Riesenrippel-Dünen vereinigen.
6. Da sowohl das Gedeihen der Kliff-Dünen wie das Aufleben des Wanderns in von Pflanzen bedeckten Altdünen örtliche Erscheinungen sind, ist anzunehmen, daß es nicht Zeiten verstärkten Dünenwanderns infolge regionaler Ursachen gegeben hat, sondern daß ständig, bald hier bald dort, das Wandern eintrat. Mit anderen Worten: Die Dünen an der Nordseeküste sind stets gewandert, je nach Art der Düne und deren Pflanzendecke langsamer oder schneller und dies zunehmend, seitdem der Mensch den küstennahen Wald zerstörte.
7. Da sich die Nordsee vor Uferschutzbauten weiter eintieft, wird der Strand dort langsam schmaler und die Sandanlieferung zur Bildung von Dünen geringer.
8. Die Hörnum-Halbinsel wächst nicht mehr gegen Osten, hat aber an der Westküste große Verluste. Sie wird bei Fortdauer des heutigen Kräftespiels schließlich verschwinden.
9. Schutz kann für die Hörnum-Halbinsel nur erreicht werden, wenn der Küstenabfall bis 12 m Tiefe festgelegt wird. Es sollte daher erprobt werden, ob Molen oder Dämme Aufhängeorte für Küstenbögen ergeben, zwischen denen Buchten mit stabilem Sandhaushalt entstehen. Mit anderen Worten: Es sollte versucht werden, die bisherige geradlinige Abrasionsküste in eine stabile girlandenartige Schwingungsküste zwischen Felsvorsprüngen zu verwandeln. Es dürfte auf diesem Wege ein Küstenschutz zu erreichen sein, der dauerhaft und im Endergebnis billiger ist als der durch Buhnen versuchte.

E. Schriftenverzeichnis

- DEGN, CHR. und MUUS, U.: Topographischer Atlas von Schleswig-Holstein. Neumünster i. H. 1963.
- DEGN, CHR. und MUUS, U.: Luftbild-Atlas Schleswig-Holstein. Neumünster i. H. 1965.
- DEWERS, F.: Das Alluvium in: Das Känozoikum in Niedersachsen. Geologie und Lagerstätten Niedersachsens. 3. Teil Schr. Wirtschaftswiss. Ges. Niedersachsen, N. F. 3, Oldenburg 1941.
- VAN DIEREN, J.: Organogene Dünenbildung (Diss. Amsterdam). Den Haag 1934.
- DITTMER, E.: Erdgeschichte der nordfriesischen Inseln in: Kersten & La Baume s. unten. Neumünster 1958, S. 13—16.
- GRIPP, K.: Über Werden und Vergehen von Barchanen an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins. Zeitschr. für Geomorphologie 5, 1, S. 24—36, 1961.
- GRIPP, K.: Wenn die Natur im Sande spielt... Hamburg 1963.
- GRIPP, K.: Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster i. H. 1964.
- GRIPP, K.: Ursachen und Verhinderung des Abbruchs der Insel Sylt. Die Küste 14, 2, S. 170—182, 1967a.
- GRIPP, K.: Flugsand, Dünen, Vorgeschichte. Fundamenta Bd. 2, Teil 2 (Rust-Festschrift), S. 228—243, 1967b.
- GRIPP, K., SIMON, W. G., BECKER, W.: Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt. Die Westküste II, 2/3, 1940.
- HEYKENA, A.: Vegetationstypen der Küstendünen an der östlichen und südlichen Nordsee. Mitt. Arbeitsgem. für Floristik in Schles.-Holst. und Hamburg 13, 1965, S. 1—135.
- HUNDT, C.: Die Abbruchursachen an der Nordwestküste des Ellenbogens auf Sylt. Die Küste 4, 2, S. 3—38, 1957.
- JESSEN, O.: Morphologische Beobachtungen an den Dünen von Amrum, Sylt und Röm. Landeskundl. Forschungen. H. 21. München 1914.
- JESSEN, W.: Die postdiluviale Entwicklung Amrums und seine subfossilen und rezenten Muschelpflaster — unter Berücksichtigung der gleichen Vorgänge auf den Inseln Sylt und Föhr. Jahrb. Preuss. Geol. Landesanstalt Bd. 53, S. 1—69, 1932.

- KERSTEN, K.: Die Vorzeit der Insel Amrum in: Amrum. Geschichte und Gestalt einer Insel. Hansen, M. und Hansen, N., Itzehoe 1964.
- KERSTEN, K. & LA BAUME: Archäolog. Landesaufn. von Schlesw.-Holst., Bd. 4: Vorgeschichte der nordfriesischen Inseln. Neumünster i. H. 1958.
- KNOP, FR.: Küsten- und Wattveränderungen Nordfrieslands. Methoden und Ergebnisse ihrer Überwachung. Die Küste 11, S. 1—33, 1963.
- KUHLMANN, H.: Microenvironments in a Danish Area Raabjerg Mile. Medd. Dansk. Geol. Forening 14, S. 253—258, 1960.
- NOE-NYGAARD, A.: Subfossil Hekla pumice from Danmark. Medd. Dansk. Geol. Forening 12, S. 35, 1951.
- PRANGE, W.: Das Holozän und seine Datierung in den Marschen des Arlau-Gebietes. Meyniana 13, S. 47—76, 1963.
- SIMON, W. G.: Der voralluviale Untergrund des nordfriesischen Wattenmeeres. Kieler Meeresforschungen V, S. 146—168, 1941.
- VOIGT, H.: Die Insel Amrum: Landschaft und Entwicklung in: Amrum. Geschichte und Gestalt einer Insel. Hansen, M. und Hansen, N., Itzehoe 1964.
- WIERMANN, R.: Botanisch-moorkundliche Untersuchungen in Nord-Friesland. Meyniana 12, S. 97—146, 1962.
- Weiteres Schrifttum über Pflanzenwuchs und Dünen:
- STRAKA, H.: Über die Veränderungen der Vegetation im nördlichen Teil der Insel Sylt in den letzten Jahrzehnten. Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst. 34, S. 39—41, 1963.